

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 - 1ERE ANNEE DE THESE

Présenté par Olivier CHATEAU

Mars 2005

LABORATOIRE DES RESSOURCES VIVANTES ET DE L'ENVIRONNEMENT MARIN

UNIVERSITE DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

INTRODUCTION.....	2
RESUME DU PROJET	2
COMPTE RENDU DES ACTIVITES REALISEES DEPUIS LE 01 FEVRIER 2004 DANS LE CADRE DE L'ETUDE ZONECO SUR LE FONCTIONNEMENT DES AIRES MARINES PROTEGEE	3
CHOIX DES MARQUES EXTERNES ET COMPTE RENDU DES TESTS DE MARQUAGE SUR DES INDIVIDUS MORTS.....	5
COMPTE RENDU DES TESTS D'IMPLANTATION DES MARQUES ACOUSTIQUES SUR DES INDIVIDUS MORTS.....	7
INTRODUCTION	7
PROTOCOLE EXPERIMENTAL	7
RESULTATS	7
CONCLUSION.....	10
COMPTE RENDU DES TESTS D'ANESTHESIE	11
INTRODUCTION	11
PROTOCOLE EXPERIMENTAL	11
COMPTE RENDU DES TESTS D'ANESTHESIE	12
COMPTE RENDU DU SUIVI POST-ANESTHESIE.....	13
CONCLUSION.....	13
COMPTE RENDU DE L'EXPERIENCE TEST DE MARQUAGE ACOUSTIQUE DANS LA ZONE DE MOUILLAGE DE LA RESERVE DE L'ILOT LAREGNERE	14
INTRODUCTION	14
MATERIEL ET METHODES	14
<i>Zone d'étude</i>	14
<i>Matériel acoustique</i>	15
<i>Capture des poissons, marquage et suivi post-opératoire</i>	16
<i>Traitement des données</i>	17
RESULTATS PRELIMINAIRES : CAS DE <i>LETHRINUS NEBULOSUS</i>	18
<i>Présence/Absence sur la période de suivi</i>	18
<i>Influence du vent sur la fréquentation de la zone</i>	21
<i>Présence horaire moyenne</i>	22
<i>Conclusions</i>	24
CONCLUSIONS	25
CALENDRIER PREVISIONNEL DES DEUX PROCHAINES ANNEES	26
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	28
LISTE DES FIGURES	29
LISTE DES TABLEAUX.....	29
ANNEXE I. DESCRIPTION DES DIFFERENTES PHASES D'ANESTHESIE DES POISSONS.....	30
ANNEXE II. RESUME PROPOSE POUR LE 7TH IPFC, TAIWAN, MAI 2005.....	31

INTRODUCTION

Ce rapport présente le compte rendu des activités de recherche réalisées depuis le 01 février 2004 dans le cadre du Programme ZoNéCo sur le fonctionnement des aires marines protégées en milieu corallien.

RESUME DU PROJET

En Nouvelle-Calédonie, les aires marines protégées du Parc du Lagon Sud sont régulièrement suivies depuis leur création en 1989. 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. 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*. On citera notamment (1) un accroissement de la fécondité des populations protégées et, par conséquent, du potentiel de recrutement dans les zones environnantes, (2) une protection de la diversité génétique des stocks face à la pression sélective exercée par la pêche, ou (3) une 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. Les réserves pourraient être, d'une part, une source de propagules et de poissons adultes et, d'autre part, agir comme un puit pour accueillir les jeunes recrues. L'absence de données de terrain continue d'entretenir des incertitudes quant au fonctionnement réel des réserves marines et ce, d'autant plus que certaines études ont abouti à des résultats confus, voire clairement opposés aux modèles théoriques. Dans le but de statuer sur l'existence ou non d'un phénomène de débordement de biomasse ichthyique aux frontières de ces réserves, la première partie du travail sera consacrée à l'étude des mouvements de poissons juvéniles et adultes par marquage acoustique et par marquage visuel. La seconde partie du travail s'intéressera aux différentes modalités des processus post-recrutement des espèces cibles, dans le système réserve/non réserve étudié. Ce protocole expérimental permettra de statuer sur certains aspects du fonctionnement d'une aire marine protégée, notamment sur ses interactions avec les formations non protégées adjacentes. Localement, l'application des résultats devrait permettre d'optimiser la politique de gestion et de protection du complexe récifo-lagonaire de Nouvelle-Calédonie, en terme de nombre, de taille et de localisation des réserves marines.

COMPTE RENDU DES ACTIVITES REALISEES DEPUIS LE 01 FEVRIER 2004 DANS LE CADRE DE L'ETUDE ZONECO SUR LE FONCTIONNEMENT DES AIRES MARINES PROTEGEE

Phase préparatoire	Fev.04	Mar.04	Avr.04	Mai.04	Jun.04	Jui.04	Aut.04	Sep.04	Oct.04	Nov.04	Dec.04	Jan.05
Projet de thèse												
Commande du matériel												
Aménagement de la salle d'élevage												
Apprentissage des techniques de marquage												
Expérience Calédonienne du programme Anacoret												

Expérience test de marquage acoustique	Fev.04	Mar.04	Avr.04	Mai.04	Jun.04	Jui.04	Aut.04	Sep.04	Oct.04	Nov.04	Dec.04	Jan.05
Test de la portée du matériel acoustique VEMCO							2 j					
Pêche des poissons												
Maintenance des poissons en bassin, entretien salle												
Test anesthésie et d'implantation de simulacres, suivi										5 j		
Marquage et suivi post-opératoire (15 jours)												
Installation du matériel sur site										1 j		
Test du matériel en place,										1 j		
Lâcher des poissons,											1 j	
Téléchargement des données, maintenance (1/15jours)												
Traitement des premières données												

Expérience de marquage acoustique	Fev.04	Mar.04	Avr.04	Mai.04	Jun.04	Jui.04	Aut.04	Sep.04	Oct.04	Nov.04	Dec.04	Jan.05
Commande matériel VEMCO												
Pêche												
Maintenance des poissons en bassin, entretien salle												

Divers	Fev.04	Mar.04	Avr.04	Mai.04	Jun.04	Jui.04	Aut.04	Sep.04	Oct.04	Nov.04	Dec.04	Jan.05
Ecriture d'une publication dans le journal Cybium*												
Traitement des données post-Erica pour le 7th IPFC**												
Réalisation d'un poster pour les assises de la recherche												
Choix des marques externes, tests sur individus morts												
Géoréférencement de la photo de la zone d'étude												
Préparation du congrès : 7th IPFC, Taiwan, mai 2005												

* **Chateau & Wantiez (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.*

** **Wantiez, Chateau et Le Mouellic (2005)**. *Immediate and mid-term impacts of tropical cyclone "Erica" on coral reef fish communities and habitat in the south Lagoon Marine Park of New Caledonia*

CHOIX DES MARQUES EXTERNES ET COMPTE RENDU DES TESTS DE MARQUAGE SUR DES INDIVIDUS MORTS

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 va être estimé par marquage externe. Cette expérience consiste à appliquer des marques colorées sur des poissons adultes et juvéniles. Un code associant la couleur et l'emplacement de la marque sur le poisson sera défini par récif étudié voire par zone au sein d'un même récif. Un suivi en plongée (relevé des occurrences) sera ensuite effectué de façon régulière.

Deux types de marques externes ont été retenus :

- o des marques externes de type spaghetti (Hallprint¹, type TBA plastic t-bar standard anchor tags) (Figure 1),



Figure 1. Tests des marques Hallprint sur *Plectropomus leopardus* (A), *Naso unicornis* (B) et *Chlorurus microrhinos*.

- o des implants visibles d'élastomères fluorescent (NMT², Visible Implant Fluorescent Elastomer). Les implants d'élastomère ont été développés pour disposer de marques internes, visibles de l'extérieur. Le principe de l'élastomère est basé sur l'utilisation de deux matériaux biocompatibles. Après mélange, l'élastomère est un liquide visqueux qui peut être injecté dans les tissus grâce à une seringue hypodermique (Figure 2). À température ambiante, l'élastomère devient un solide flexible en moins de 24 heures. La paupière adipeuse de certaines espèces, les espaces entre les rayons des nageoires ainsi que la plupart des tissus translucides sont marquables s'ils ne sont pas associés à des orifices extérieurs.

¹ Hallprint Pty Ltd15 - Crozier Road, Victor Harbor, South Australia 5211, Australia. www.hallprint.com.

² Northwest Marine Technology - Box 427-Ben Nevis Rd, Shaw Island, Washington 98286, USA. www.nmt.us



Figure 2. Marquage de *Gnathanodon speciosus* avec des implants visibles d'élastomère.

Les implants d'élastomères peuvent également être placés en dessous d'une peau pigmentée mais seront difficiles à voir à la lumière ambiante. En revanche, ils seront visibles fluorescents (Figure 3).

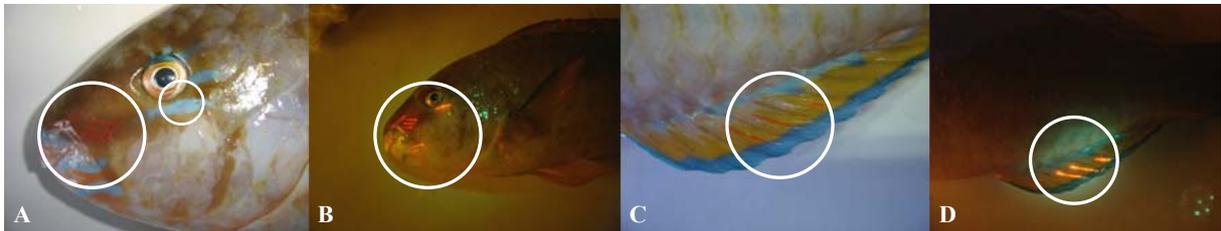


Figure 3. Marquage de *Scarus ghobban* avec des implants visibles d'élastomère. A, C : lumière ambiante ; B, D : lumière bleue associée à un filtre UV-A.

La fluorescence est particulièrement utile pour détecter les marques. Une lumière bleue associée à un filtre UV-A polarisant permet à un plongeur de détecter un implant d'élastomère fluorescent à plusieurs mètres. Le repérage des marques peut être facilité en augmentant leur taille et leur nombre par individu (Vander Haegen com. pers.). Ce système permet également d'obtenir un grand nombre de marques uniques.

Les tests montrent que les marques réalisées grâce aux aiguilles hypodermiques fournies par NMT² sont très petites et donc difficiles à observer *in situ* (Figure 2). Il conviendrait : soit de changer la taille des aiguilles, soit de réaliser plusieurs marques rapprochées pour augmenter la surface d'élastomère en un point précis (Figure 3). La taille des poissons étudiés (15 cm à 60 cm) permet de réaliser des marques plus grandes. Par contre, cela demandera un temps de marquage plus long. Une légère anesthésie sera alors nécessaire pour limiter le stress des poissons et immobiliser les gros individus le temps nécessaire à l'implantation des marques.

COMPTE RENDU DES TESTS D'IMPLANTATION DES MARQUES ACOUSTIQUES SUR DES INDIVIDUS MORTS

INTRODUCTION

Une série de tests d'implantation ont été réalisés sur des individus morts (9 espèces). Cette étape était nécessaire pour valider le mode d'implantation de la marque et la technique opératoire optimale (emplacement de l'incision, technique de suture). Suite aux études réalisées par Cappiot (2002) et Potin et Devaharne (2003), l'implantation intrapéritonéale a été retenue. Peu contraignante d'un point de vue opératoire, cette méthode semble avoir peu d'incidence sur le comportement des poissons, notamment sur leurs performances de nage. Le taux de rétention semble très satisfaisant (CATAG 2002) et la mortalité post opératoire faible voire nulle (Willis et al. 2001, Cappiot 2002, Potin & Devaharne 2003).

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Un simulacre de marque acoustique a été implanté chez 2 ou 3 individus de chaque espèce étudiée. Après l'opération, les poissons ont été disséqués pour observer le positionnement de la marque dans la cavité générale et pour rechercher d'éventuelles lésions liées à l'incision, à l'introduction de la marque ou à la réalisation des points de suture.

RESULTATS

Le mode d'implantation intrapéritonéale semble possible pour la majorité des espèces. Pour *Epinephelus maculatus*, *Plectropomus leopardus*, *Gymnocranius* sp., *Lethrinus nebulosus*, *Lethrinus miniatus*, *Chlorurus microrhinos* et *Scarus ghobban* une incision est réalisée le long de la ligne ventrale, 1 à 3 cm en avant de l'anus (Figure 4).



Figure 4. Implantation intrapéritonéale d'un simulacre de marque acoustique chez un carangidae.

Une attention particulière doit être apportée aux Scaridae et aux Labridae qui possèdent de grosses écailles qui rendent plus difficile l'incision au scalpel (Figure 5).



Figure 5. *Scarus ghobban* : vue d'ensemble et détail des écailles de la ligne ventrale.

Il est généralement nécessaire d'enlever une écaille pour débiter l'incision. Ensuite, des ciseaux fins sont utilisés pour couper les écailles suivantes (Chateau obs. pers.). Pour *Gnathanodon speciosus* (carangidae), l'incision est possible dans le sillon ventral mais peut gêner le repli des nageoires ventrales lors de nages rapides (Soria com.pers.) (Figure 4). Pour cette espèce, l'incision peut se faire sur la partie inférieure du flan en arrière des nageoires pectorales (Figure 6).

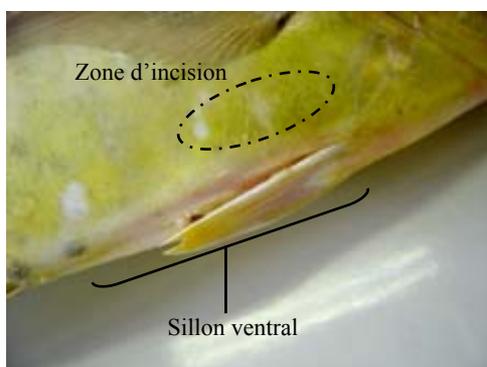


Figure 6. Sillon ventral et emplacement possible de l'incision pour l'implantation intrapéritonéale d'une marque acoustique chez un carangidae.

Le mode d'implantation intrapéritonéale ne semble pas optimal pour *Naso unicornis*. En effet, le risque de léser les organes pendant l'opération est important car cette espèce herbivore possède une petite cavité générale qui renferme des organes relativement fragiles (Chateau et Pottin obs. pers.) (Figure 7).

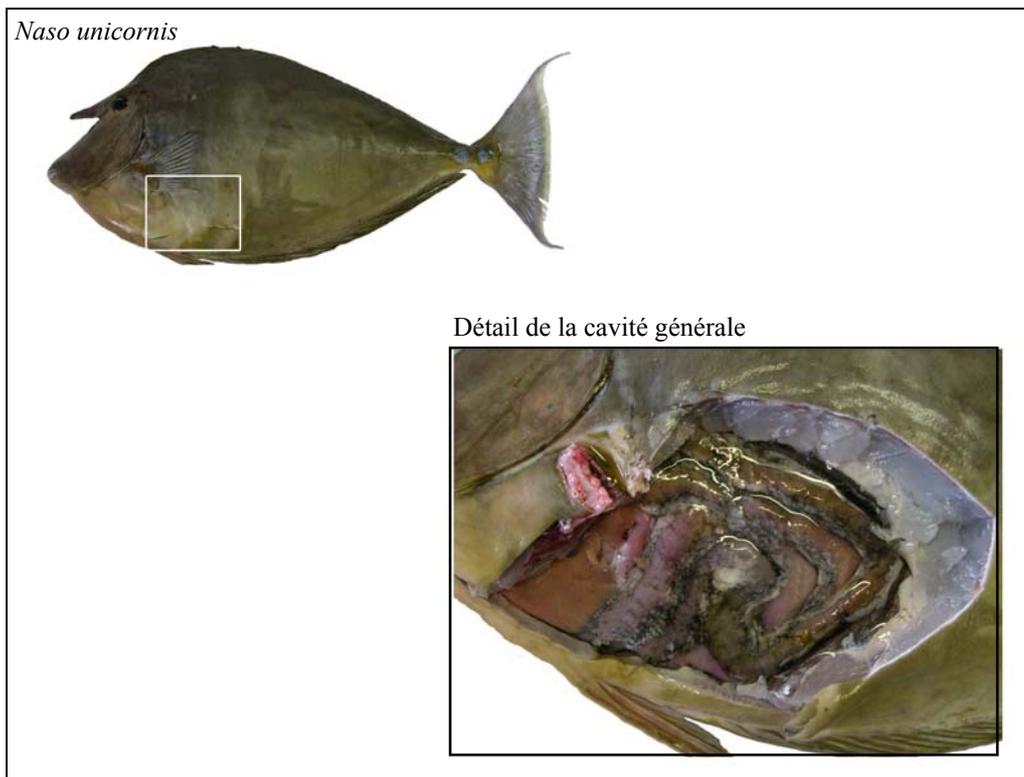


Figure 7. Détail de la cavité générale chez *Naso unicornis*.

En revanche, *Naso unicornis* possède une peau très épaisse (aspect de cuir) qui rend éventuellement possible une implantation sous cutanée (Figure 8). Après l'incision, l'utilisation d'une sonde cannelée est préférable pour désolidariser la peau des muscles sous-jacents dans la zone d'implantation (Chateau obs. pers.). La marque doit être placée sous la nageoire dorsale en avant du corps afin de ne pas gêner la nage (Figure 8).

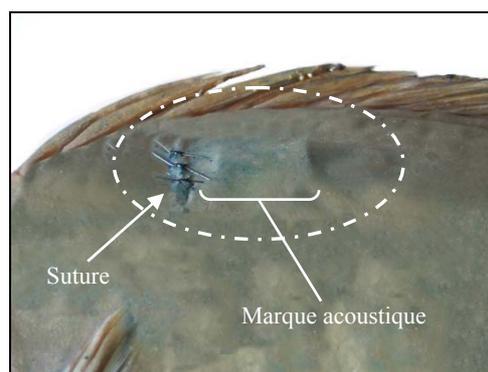


Figure 8. Implantation sous cutanée d'une marque acoustique chez *Naso unicornis*.

Vivier (com. pers.) précise néanmoins qu'une insertion sous cutanée peut accélérer le rejet de la marque et qu'une implantation intra musculaire donnerait de meilleurs résultats à long terme. L'implantation intra musculaire pourrait être réalisée au moyen d'un trocart (Figure 9).



Figure 9. Trocart utilisé pour l'implantation intra musculaire des marques acoustique.

CONCLUSION

Les tests valident l'implantation intrapéritonéale des émetteurs acoustique pour l'ensemble des espèces étudiées sauf *Naso unicornis*. Une étude plus approfondie (animal vivant) devra être réalisée sur cette espèce afin de sélectionner le mode d'implantation optimal.

COMPTE RENDU DES TESTS D'ANESTHESIE

INTRODUCTION

L'implantation par chirurgie nécessite une anesthésie générale du poisson pour éviter tout mouvement et limiter le stress lié à la manipulation. L'huile essentielle de clou de girofle a été testée sur 14 individus (6 espèces) afin de valider son emploi comme anesthésiant pour cette étude. Les différents stades de l'anesthésie ont été décrits par Mac Farland et Kloutz (1969) et sont généralement repris par la plupart des auteurs (Etienne 1989, Potin & Devaharne 2003). Quatre stades successifs sont observés lors d'une anesthésie chez les poissons (Etienne 1989), allant de la sédation légère (stade I) au collapsus médullaire (stade IV) (annexe 1). Ce dernier conduit généralement le poisson à la mort par arrêt cardiaque. Au cours de l'anesthésie, le poisson traverse ces stades qu'il parcourt en sens inverse pendant la phase de réveil (Bowser 2001). De nombreux facteurs externes tels que la température, le pH et de la dureté de l'eau modifient la sensibilité des poissons à l'anesthésie (Etienne 1989). Aux facteurs externes (contrôlables) s'ajoutent des variations de sensibilité spécifiques (métabolisme basal, surface branchiale) et individuelles (état physiologique, état sanitaire, stress). Même si la taille, le poids et l'âge des poissons semblent avoir une influence sur l'anesthésie, les résultats sont encore controversés (Etienne 1989). Plusieurs études utilisent l'huile essentielle de clou de girofle comme anesthésiant (Durville & Collet 2001, Cappiot 2002, Potin & Devaharne 2003). Son action est caractérisée par une induction³ douce et rapide, une bonne efficacité à faible dose, un emploi facile et un prix peu élevé. Potin et Devaharne (2003) préconisent son utilisation à une concentration de 0.3 ml.l⁻¹. Cette concentration, utilisée sur *Selar crumenophthalmus*, *Lutjanus quinquelineatus* et *Lutjanus kasmira* s'est avérée très satisfaisante sur des poissons pesant entre 100 et 500 g (Pottin & Chateau, données non publiées).

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Trois *Gnathanodon speciosus* (carangidae), 2 *Epinephelus maculatus* (serranidae), 1 *Gymnocranius* sp. (lethrinidae), 3 *Lethrinus nebulosus* (lethrinidae), 3 *Lethrinus miniatus* (lethrinidae) et 2 *Scarus ghobban* (scaridae) ont été testés avec 2 concentrations d'huile essentielle de clou de girofle (0.3 ml.l⁻¹ et 0.2 ml.l⁻¹).

³ Le temps d'induction correspond au temps entre le début de l'anesthésie et le stade d'anesthésie chirurgicale.

L'expérience consiste à plonger le poisson dans un bac oxygéné de 100 l contenant de l'anesthésiant à la concentration souhaitée (Figure 10-A1). Quand le poisson atteint la phase III d'anesthésie chirurgicale (Figure 10-A3), il est placé environ 3 minutes dans un bac à dissection contenant un peu d'eau afin de simuler l'opération. Une fois ce temps écoulé, le poisson est mesuré, pesé puis replacé dans le bassin (Figure 10-B1). Par un mouvement de va et vient, l'expérimentateur va créer un courant d'eau dans les branchies du poisson pour accélérer l'élimination de l'anesthésiant et favoriser ainsi son réveil (Figure 10-B3).

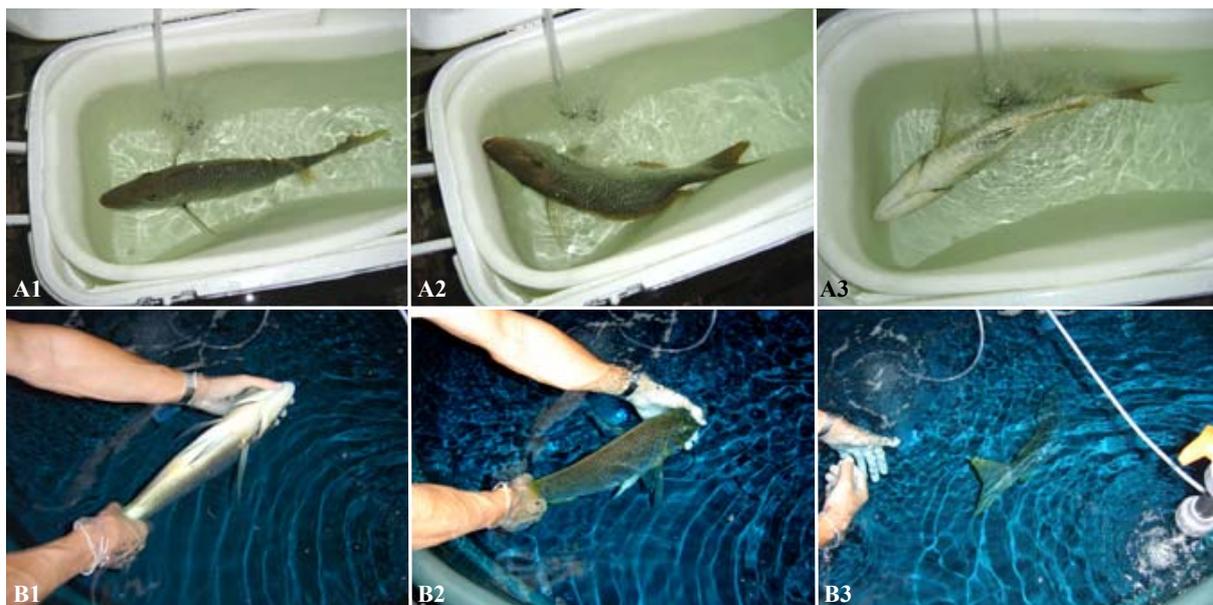


Figure 10. Succession des différentes phases de l'anesthésie (A) et du réveil (B) d'un *Lethrinus nebulosus*.

Un suivi des poissons testés a été réalisé afin d'observer un éventuel effet à court terme de l'anesthésie sur leur comportement. Le niveau d'agressivité, l'activité de nage, la place des individus dans le bassin et leur comportement alimentaire ont été observés deux fois par jour (9h et 18h) pendant 5 jours.

COMPTE RENDU DES TESTS D'ANESTHESIE

La concentration 0.3 ml.l^{-1} permet un temps d'induction moyen (et donc un temps de manipulation) 3 fois plus court (68.5 s) qu'avec la concentration 0.2 ml.l^{-1} (219 s). En revanche, les poissons parcourent trop rapidement les différentes phases de l'anesthésie, qui sont alors difficilement identifiables. De plus, l'induction est souvent brutale et la plupart des poissons testés paniquent, se cognent contre les parois du bac et hyperventilent. Quatre individus (2 *Gnathanodon speciosus* et 2 *Scarus ghobban*) sont morts lors des tests avec la concentration 0.3 ml.l^{-1} alors que toutes les anesthésies avec la concentration 0.2 ml.l^{-1} se sont déroulées sans dommage. Par manque de poisson, aucun Scaridae n'a pu être testé à la

concentration 0.2 ml.l⁻¹. L'anesthésie de gros individus est délicate. Pour les individus de plus de 2.5 kg, la concentration 0.2 ml.l⁻¹ permet une phase d'induction douce mais assez longue (entre 3 et 5 minutes) et il est parfois difficile de distinguer les stades III d'anesthésie chirurgicale et IV (mort). Dans ce cas, Vivier (com. pers.) préconise d'amener les poissons entre les stades III d'anesthésie légère et d'anesthésie chirurgicale pour les immobiliser, puis de réaliser une anesthésie locale dans la zone d'incision par injection intramusculaire de 0.5 ml de lurocaïne. Cette technique s'avère moins traumatisante pour des individus sensibles ou nerveux tel que les gros Carangidae (Chateau obs. pers.).

COMPTE RENDU DU SUIVI POST-ANESTHESIE

Aucun comportement agressif contre un individu de la même espèce, d'une espèce différente ou de l'homme n'a été observé à la suite de l'anesthésie. Les individus nagent calmement ou sont postés (loches) dans le bassin. Ils ne fuient pas l'homme et ne cherchent pas à se cacher dans le bullage. Une faible quantité de nourriture (crevette fraîche) a été distribuée environ 5h après l'expérience. Les poissons anesthésiés à la concentration 0.2 ml.l⁻¹ se sont nourris le jour de l'expérience alors que les poissons anesthésiés à la concentration 0.3 ml.l⁻¹ n'ont mangé que 24 h après. Les Carangidae et les Serranidae (0.2 ml.l⁻¹) ont consommé rapidement (< 15 min) les crevettes alors que les Lethrinidae ont attendu qu'il n'y ait plus ni lumière ni bruit dans la salle. Ce comportement est certainement plus lié au stress engendré par la capture (difficile) des individus à tester dans les bassins qu'à l'anesthésie elle même.

CONCLUSION

Les tests d'anesthésie confirment l'utilisation de l'huile essentielle de clou de girofle (0.2 ml.l⁻¹) comme anesthésiant. La concentration 0.3 ml.l⁻¹ utilisée sur *Selar crumenophthalmus*, *Lutjanus quinquelineatus* et *Lutjanus kasmira* lors du programme Anacoret s'avère trop forte pour des poissons nerveux et facilement stressés par les manipulations tels que les Carangidae et les Scaridae. Les individus testés à la concentration 0.2 ml.l⁻¹ ont montré moins d'agitation lors de leur introduction dans le bac d'anesthésie. Ils semblent avoir mieux supporté l'anesthésie malgré un temps de manipulation plus important.

COMPTE RENDU DE L'EXPERIENCE TEST DE MARQUAGE ACOUSTIQUE DANS LA ZONE DE MOUILLAGE DE LA RESERVE DE L'ILOT LAREGNERE

INTRODUCTION

Une expérience est menée depuis le 30 novembre 2004 dans la zone de mouillage de l'îlot Larégnère (réserve) dans le but de valider la méthode de suivi acoustique. Cette expérience a permis d'étudier le rythme de fréquentation de cette zone par un groupe de poissons nectobenthiques. L'observation systématique de nombreux poissons près des bateaux, notamment de gros *Lethrinus nebulosus* (Forsskål, 1775), fait penser que l'importante fréquentation de l'îlot sédentariserait certains individus dans un biotope qui n'est habituellement pas le leur. Cette expérience aura également permis de parfaire l'apprentissage des techniques de marquage, de tester le matériel et de se familiariser avec son installation et son fonctionnement.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

La zone étudiée (50 ha) englobe la zone de mouillage aménagée par la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud sous le vent de l'îlot Larégnère (Figure 11).

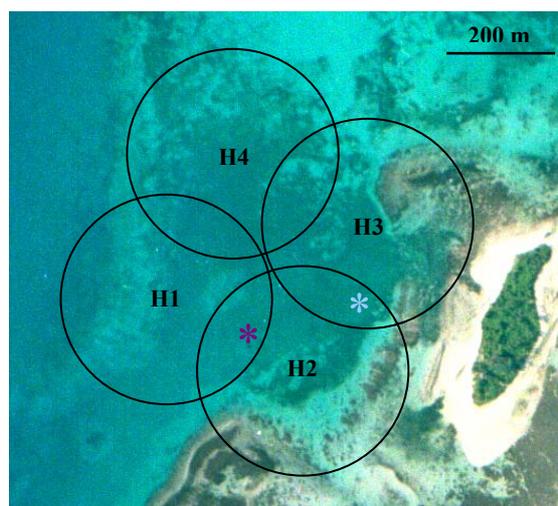


Figure 11. Position et zone de réception minimale du signal de chaque hydrophone, site de relâche des poissons dans le milieu. Site de libération des poissons : * 30/11/2004, * 28/12/2004

Cet îlot est situé à environ 10 km de la côte et à 7 km du récif barrière (récif Aboré). Il fait partie des réserves du Parc du Lagon Sud créées en 1989 où toute récolte d'organismes est interdite. La zone de mouillage est située sur un herbier ponctué de massifs coralliens épars. Elle est bordée par le récif frangeant de l'îlot au Sud et par des fonds meubles au Nord.

Matériel acoustique

Depuis le 30 novembre 2004, 4 hydrophones VR2 (Vemco Ltd.) omnidirectionnels ont été installés entre 3 m et 6 m de profondeur dans la zone de mouillage de la réserve de l'îlot Larégnère (Figure 11). Les hydrophones ont été placés sur du sable dans l'herbier de sorte que tout signal émis dans la zone est reçu par au moins un hydrophone. La distance de réception par l'hydrophone varie en fonction du milieu. Des tests réalisés *in situ* montrent une distance de détection minimale d'environ 200 m (Chateau, données non publiées). La surface couverte par le réseau d'hydrophones est d'environ 50 ha.

Un dispositif a été construit pour protéger l'hydrophone et le maintenir sur le substrat (Figure 12). Une gaine protectrice a été fabriquée à partir d'un tube PVC dans lequel des fentes verticales ont été découpées pour garantir une bonne réception des marques. Ce premier tube vient s'emboîter dans un autre, solidaire d'un socle de béton coulé dans un pneu qui servira de base d'ancrage à la station d'écoute ainsi montée. Ce système permet de positionner rapidement la station sur son socle. Les hydrophones étant placés dans une zone fréquentée par les plaisanciers, une tige inox boulonnée par un plongeur empêche la station de sortir de sa base.



Figure 12. Montage des stations d'écoute.

Les marques acoustiques utilisées sont le modèle 'V8SC-6L coded pinger' (Vemco Ltd.) (Figure 13-A). Elles émettent de façon aléatoire toutes les 60 à 180 secondes 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 vie d'environ 229 jours (données constructeur). Le numéro identifiant de la marque (ID) est codé dans le message émis par la marque. Les hydrophones VR2⁴ (Vemco Ltd.) (Figure 13-B) enregistrent le numéro identifiant de la marque, la date et l'heure de la détection.

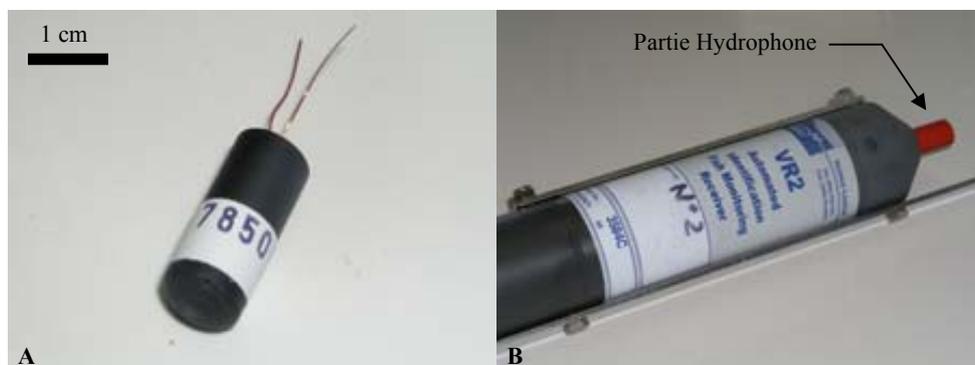


Figure 13. Marques acoustiques modèle 'V8SC-6L (Vemco Ltd.) (A) et Hydrophone VR2 (Vemco Ltd.) (B).

Le VR2 (Vemco Ltd.) peut stocker jusqu'à 2 Méga bits de données (300 000 détections) qui sont téléchargées *in situ* (hors de l'eau) grâce à une interface VR-PC reliée à un ordinateur portable.

Capture des poissons, marquage et suivi post-opératoire

Entre le 29 octobre 2004 et le 17 décembre 2004, 12 poissons nectobenthiques commerciaux ont été pêchés (ligne à main) dans la zone d'étude : 2 *Epinephelus maculatus* (Serranidae), 1 *Gymnocranius* sp. (Lethrinidae), 6 *Lethrinus nebulosus* (Lethrinidae), 2 *Lethrinus miniatus* (Lethrinidae) et 1 *Chelinus undulatus* (Labridae) (Tableau I).

Avant l'opération, les poissons ont été maintenus entre 3 et 21 jours dans la salle d'élevage du laboratoire. Les individus ont été marqués entre le 19 novembre et le 20 décembre 2004. Après activation des marques, les poissons ont été anesthésiés (huile essentielle de clou de girofle 0.2 ml.l⁻¹), opérés puis replacés dans un bac « propre » fortement oxygéné. Les tests réalisés sur des individus morts ont validé l'implantation intrapéritonéale des marques pour ces espèces. L'opération consiste à effectuer une incision précise 1 à 3 cm en avant de l'anus, à insérer la marque puis à suturer la plaie avec du fil résorbable après application d'une pommade cicatrisante à usage vétérinaire (Lotagen[®] gel). Le poids de la marque dans l'eau n'excède jamais 0.5% du poids des poissons marqués.

⁴ VR2 single channel monitoring receiver (VEMCO)

Tableau I. Caractéristiques des individus marqués. ID : numéro identifiant de la marque. Lf : longueur à la fourche.

Espèce	Numéro de la marque (ID)	Date marquage	Taille Lf (cm)	Poids (g)
<i>Epinephelus maculatus</i>	7846 D (208)	19/11/04	29	402
<i>Epinephelus maculatus</i>	7850 D (212)	19/11/04	33	594
<i>Gymnocranius</i> sp.	7839 D (201)	19/11/04	29	450
<i>Lethrinus nebulosus</i>	7844 D (206)	19/11/04	34	572
<i>Lethrinus nebulosus</i>	7848 D (210)	19/11/04	35	790
<i>Lethrinus nebulosus</i>	7851 D (213)	19/11/04	50	1940
<i>Lethrinus nebulosus</i>	7847 D (209)	20/12/04	50.5	1816
<i>Lethrinus nebulosus</i>	7845 D (207)	20/12/04	52	2490
<i>Lethrinus nebulosus</i>	7841 D (203)	20/12/04	54	2620
<i>Lethrinus miniatus</i>	7843 D (205)	19/11/04	31	569
<i>Lethrinus miniatus</i>	7842 D (204)	19/11/04	32	591
<i>Cheilinus undulatus</i>	7849 D (211)	19/11/04	45	1546

Selon les individus, le suivi post-opératoire a duré entre 7 et 11 jours. Pendant cette période, aucune mortalité n'est survenue. Tous les poissons se sont nourris dès le 2^{ème} jour après l'opération sauf le *Gymnocranius* sp. qui ne s'est jamais nourri pendant toute la durée de l'expérience. Les poissons marqués ont été relâchés par un plongeur, dans leur lieu de capture et au niveau d'une zone corallienne offrant de nombreux abris.

Traitement des données

Chaque marque émet de façon aléatoire dans un intervalle de temps compris entre 60 et 180 secondes. La durée de présence a été calculée par tranche de 10 minutes en considérant qu'un poisson est présent 10 minutes dans la zone si son signal est reçu par un des hydrophones dans cet intervalle de temps.

Présence/absence sur la période de suivi

- o Le nombre de poissons qui fréquentent quotidiennement la zone a été étudié en considérant qu'un poisson est venu dans la zone s'il y a été détecté au moins une fois dans la journée.

- o Une corrélation de rang de Spearman a été réalisée sur les temps de présence journalier des individus dans la zone.

o Le nombre et la durée moyenne de présence des individus marqués ont été comparées statistiquement par un test non paramétrique de Wilcoxon Mann-Whitney afin de voir si ces poissons viennent plus nombreux et restent plus longtemps dans la zone de mouillage le week-end (effet du nourrissage).

Influence du vent sur la fréquentation de la zone

o L'influence du vent sur le comportement des individus marqués a été étudiée en réalisant une corrélation linéaire entre le temps de présence (8 classes tri-horaires par jour) des poissons sur l'ensemble du suivi et la vitesse moyenne (8 mesures par jour) des vents sur la zone (données météo France, phare Amédée).

o Les variations du temps de présence (minutes) en fonction de la force du vent ont été étudiées par une analyse de variance à 2 critères de classification sans réplication. Dans le cas où les variations étaient significatives, un test *a posteriori* de Tukey a été réalisé pour identifier quels groupes étaient statistiquement différents.

Présence horaire moyenne

La présence horaire moyenne a été calculée en faisant la moyenne de la durée de présence des individus les jours où ils sont détectés au moins une fois dans la zone. La distribution des durées de présence a été étudiée par une corrélation de rang de Spearman.

RESULTATS PRELIMINAIRES : CAS DE *LETHRINUS NEBULOSUS*

Ce chapitre présente les résultats préliminaires du suivi de 6 *Lethrinus nebulosus* dans la zone de mouillage de l'îlot Larégnère. L'ensemble des résultats de cette expérience test seront exposés en mai 2005 lors de la 7^{ème} IPFC⁵ et seront soumis pour publication dans le 'Raffles Bulletin of Zoology'.

Présence/Absence sur la période de suivi

Trois individus ont été relâchés le 30 novembre 2004 (Figure 11). L'analyse des premières données montre que ces poissons sont restés moins de 6h dans la zone d'étude (Tableau II). Le poisson ID 213 est sorti immédiatement de la zone car aucun signal n'a été détecté par les hydrophones. Aucun de ces poissons n'est revenu dans la zone d'étude depuis (66 jours de suivi) (Tableau II).

⁵ Indo-Pacific Fish Conference (7th) - May 16/20 2005 - Taipei, Taiwan - www.ipfc7.org.

Tableau II. Caractéristiques de la fréquentation de la zone d'étude par les *Lethrinus nebulosus* ID 206, ID 210, ID 213.

	ID 206	ID 210	ID 213
Date de remise dans le milieu naturel	30/11/2004	30/11/2004	30/11/2004
Durée du suivi (jour)	66	66	66
Nombre de jours présents (jour)	0	0	0
Durée cumulée de présence en minute (heure)	310 (5.2)	210 (3.5)	<5
Nombre de jours absents (jour)	66	66	66

Trois autres individus ont été relâchés dans l'herbier le 28 décembre 2004 à environ 200 m de l'îlot (Figure 11). Sur les 34 premiers jours de suivi, les 3 poissons ne sont venus ensemble dans la zone que pendant 5 jours (14.7%). Aucun individu n'a fréquenté la zone pendant 10 jours (29.4%) (Tableau III).

Tableau III. Fréquence d'occupation de la zone par les poissons ID 203, ID 207 et ID 209.

Nombre de poisson dans la zone	Nombre de jours	Pourcentage
0	10	29.4
1	13	38.2
2	6	17.6
3	5	14.7

Les poissons sont venus respectivement 9 jours (ID 203), 15 jours (ID 209) et 16 jours (ID 207) dans la zone d'étude (Tableau IV). Les individus ID 207 et ID 209 sont restés 2.5 et 3.2 fois plus de temps dans la zone étudiée que le 203 (Tableau IV). Les individus fréquentent la zone au rythme moyen de 3 jours de présence⁶ pour 4 jours d'absence⁷ (Tableau IV). Le ID 207 est l'individu le plus mobile car il montre le temps d'alternance présence/absence le plus court (présence max. : 4 jours ; absence max. : 6 jours) (Tableau IV).

Malgré la grande variabilité de la durée de présence de chaque poisson dans la zone, il existe une corrélation positive significative entre la présence du ID 203 et la présence des deux autres individus (corrélation de rang de Spearman sur les 34 premiers jours de suivi ; $p \leq 0.05$ avec ID 207 ; $p \leq 0.01$ avec ID 209). Ce résultat est probablement dû à la fréquentation diurne de la zone par les trois poissons entre le dernier et le premier quartier de lune (nouvelle lune)

⁶ Est considéré jour de présence les jours où le poisson a été détecté au moins une fois (sans notion de durée).

⁷ Est considéré jour d'absence les jours où le poisson n'a jamais été détecté.

(Figure 14). L'hypothèse d'une influence du cycle lunaire sur le comportement des individus suivis devra être vérifiée les prochains mois.

Tableau IV. Caractéristiques de la fréquentation de la zone d'étude par les *Lethrinus nebulosus* ID 203, ID 207 et ID 209. Présence : le poisson a été détecté au moins une fois par un des hydrophones dans la journée (sans notion de durée). Absence : le poisson n'a jamais été détecté dans la journée.

	ID 203	ID 207	ID 209
Date de remise dans le milieu naturel	28/12/2004	28/12/2004	28/12/2004
Durée du suivi (jour)	34	34	34
Nombre de jours présents (jour)	9	16	15
Durée cumulée de présence en minute (heure)	1400 (23.3)	3550 (59.2)	4490 (74.8)
Nombre moyen de jours présents entre 2 jours d'absence (jour)	3	2.3	3.8
Nombre minimal de jours présents entre 2 jours d'absence (jour)	1	1	1
Nombre maximal de jours présents entre 2 jours d'absence (jour)	5	4	8
Nombre de jours absents (jour)	25	18	19
Nombre moyen de jours absents entre 2 jours de présence (jour)	8.3	3	4.8
Nombre minimal de jours absents entre 2 jours de présence (jour)	1	1	1
Nombre maximal de jours absents entre 2 jours de présence (jour)	10	6	11

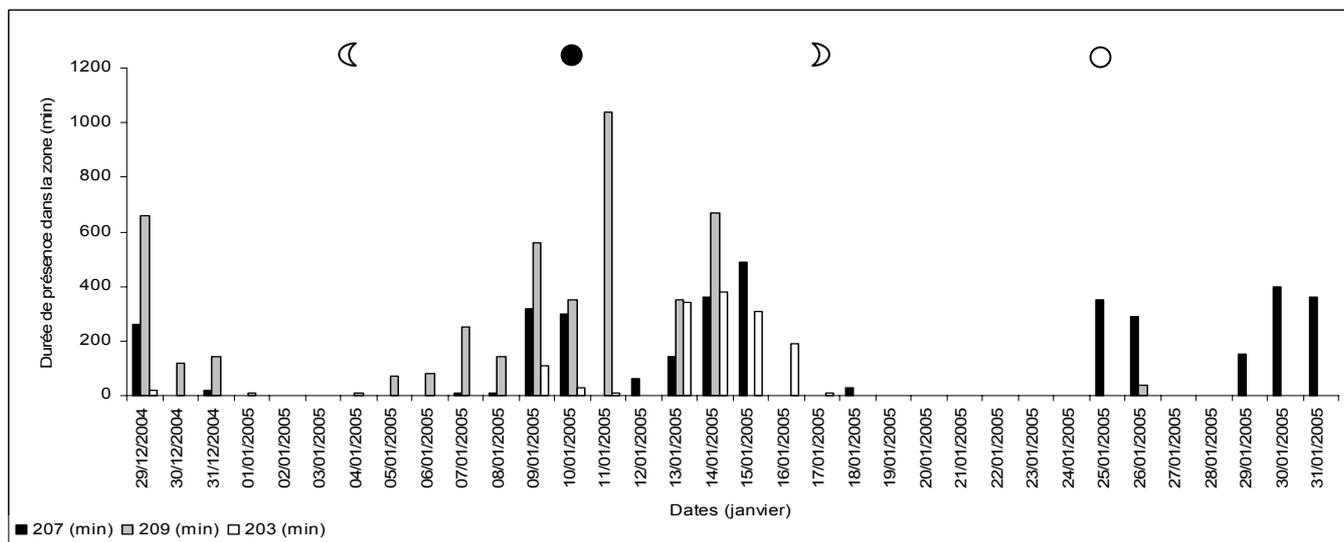


Figure 14. Temps de présence journalier des individus ID 203, 207, 209 (janvier) et cycle lunaire. ☽ : premier quartier de lune ; ☾ : dernier quartier de lune ; ● : nouvelle lune ; ○ : pleine lune.

Le nombre moyen d'individus présents dans la zone en semaine a été comparé au nombre moyen d'individus présents le week-end afin de voir si ces poissons viennent préférentiellement ou non dans la zone de mouillage les jours où la fréquentation plaisancière

est la plus importante. Il n'y a pas de différences significatives de fréquentation entre la semaine et le week-end sur les 34 premiers jours de suivi (test de Wilcoxon Mann-Whitney ; $p > 0.05$) (Tableau V). De même, la durée de présence moyenne des individus ID 203, 207 et 209 a été comparée afin de voir si ces poissons restent plus longtemps dans la zone de mouillage le week-end (effet du nourrissage). Il n'y a pas de différences significatives de la durée de présence des poissons ID 203, 207 et 209 entre la semaine et le week-end sur les 34 premiers jours de suivi (test de Wilcoxon Mann-Whitney ; $p > 0.05$) (Tableau V).

Tableau V. Comparaison du nombre de poissons et de la durée moyenne de présence des individus ID 203, 207, 209 dans la zone. Les valeurs ont été comparées par un test U de Mann-Whitney. ns : non significatif ($p \geq 0.05$).

	Semaine	Week-end	Test U de Mann-Whitney
Nombre moyen de poisson dans la zone	1.3	1.1	ns
Durée de présence moyenne ID 203 (min)	32.9	61	ns
Durée de présence moyenne ID 207 (min)	90.8	137	ns
Durée de présence moyenne ID 209 (min)	157.5	71	ns

Influence du vent sur la fréquentation de la zone

Il existe une corrélation négative entre la durée de présence des individus dans la zone et la force moyenne du vent (Figure 15, Tableau VI).

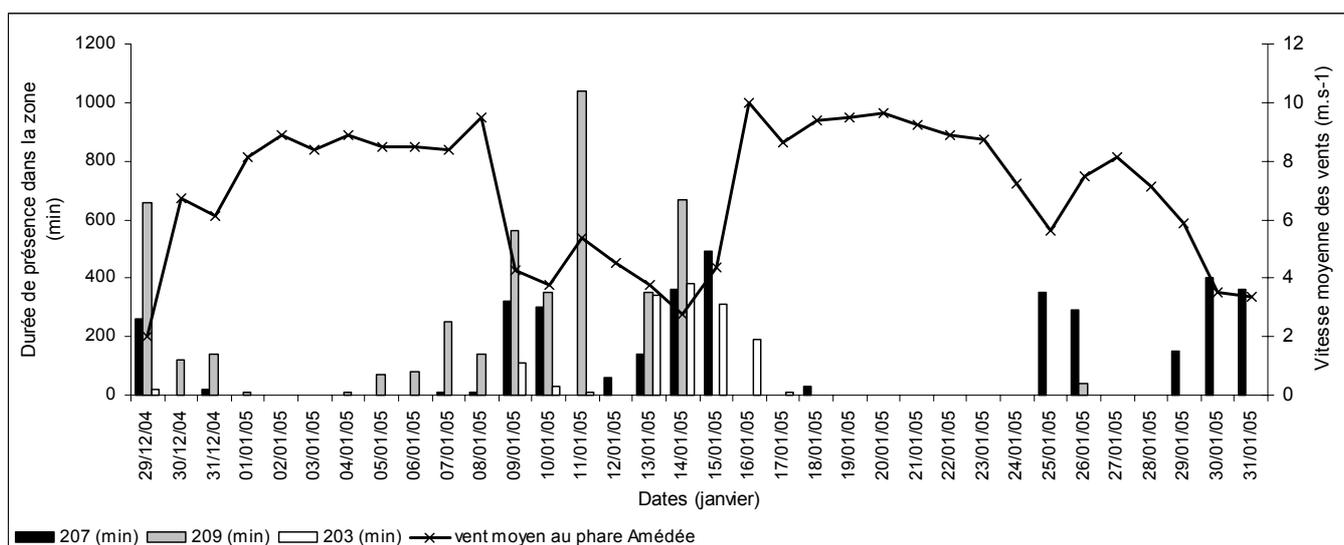


Figure 15. Temps de présence journalier des individus ID 203, 207, 209 (janvier) et vitesse moyenne des vents sur la zone (données météo France, phare Amédée).

Tableau VI. Résultats de la corrélation linéaire réalisée entre le temps de présence des individus ID 203, 207, 209 en janvier et la vitesse moyenne des vents sur la zone (données météo France, phare Amédée). *** : hautement significatif ($p \leq 0.001$).

	207	209	203
R (coefficient de corrélation)	-0.38	-0.20	-0.40
	***	***	***

Le temps de présence des individus ID 203, 207 et 209 montre des différences très significatives selon la force du vent dans la zone d'étude (Anova à 2 facteurs sans réplication, $p \leq 0.01$). En revanche, le test *a posteriori* de Tukey n'a pu déterminer quels groupes sont statistiquement différents (test de Tukey, $p > 0.05$). Néanmoins, les poissons fréquenteraient préférentiellement la zone quand le vent est faible. Les individus passent 83% à 91% de leur présence totale dans la zone étudiée quand la vitesse du vent est inférieure à 15 nœuds (Tableau VII). Le ID 207 montre plus de 70% de sa présence dans la zone pour des vents inférieurs à 10 nœuds (Tableau VII). Les individus n'ont passé qu'entre 0.4% et 6.4% de leur présence dans la zone quand la force du vent est supérieure à 20 nœuds (Tableau VII). L'hypothèse d'une influence du vent sur le comportement des individus testés devra être vérifiée les prochains mois.

Tableau VII. Durée de présence des individus ID 203, 207 et 209 en fonction de la force du vent (données météo France, phare Amédée). % : pourcentage de la durée totale.

Vitesse du vent (nœuds)	Présence 203 en minutes (%)	Présence 207 en minutes (%)	Présence 209 en minutes (%)
< 5	460 (32.9%)	1390 (39.2%)	1470 (32.7%)
5-10	420 (30%)	1230 (34.6%)	1560 (34.7%)
10-15	330 (23.6%)	620 (17.5%)	690 (15.4%)
15-20	100 (7.1%)	210 (5.9%)	750 (16.7%)
> 20	90 (6.4%)	100 (2.8%)	20 (0.4%)

Présence horaire moyenne

Le rythme de présence journalier a été étudié pour les individus ID 203, 207 et 209. A partir de ces données, la présence horaire moyenne a été calculée pour chaque poisson suivi (Figure 16).

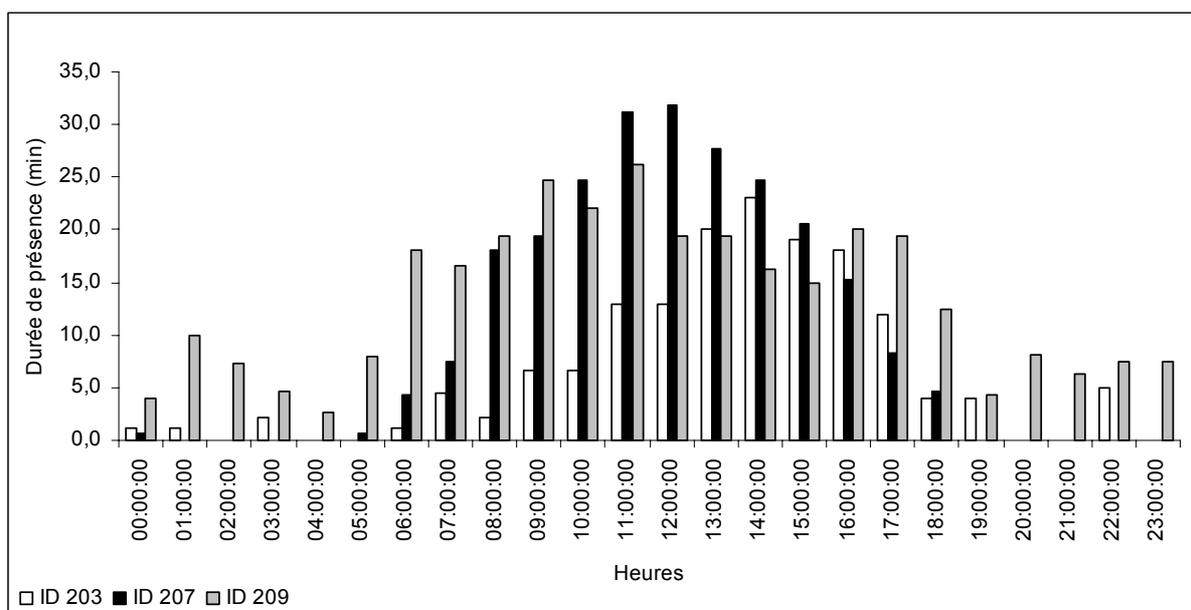


Figure 16. Durée de présence horaire moyenne des individus ID 203, ID 207 et ID 209 dans la zone d'étude.

Pour les trois individus, la fréquentation de la zone suit une distribution unimodale centrée entre 11h et 14h (Figure 16, Tableau VIII). Quand il vient dans la zone, ID 209 est l'individu qui reste en moyenne le plus longtemps (320 minutes par jour). Sa présence nocturne (19.6 % de sa présence moyenne totale) est 2 et 65 fois supérieure à celle de ID 203 et ID 207. Seul ID 207 fréquente la zone presque exclusivement la journée (99.7% de la présence journalière moyenne) (Tableau VIII).

Tableau VIII. Caractéristiques de la fréquentation journalière de la zone d'étude par les *Lethrinus nebulosus* ID 203, ID 207 et ID 209. Durée du jour décembre 2004 : 05h à 19h (données météo France, Nouméa).

	ID 203	ID 207	ID 209
Présence journalière moyenne (min)	157	240	320
Heure de fréquentation moyenne maximale	14	12	11
Présence diurne moyenne (% de la présence journalière moyenne)	91.4	99.7	80.4
Présence nocturne moyenne (% de la présence journalière moyenne)	8.6	0.3	19.6

Malgré la grande variabilité de la fréquentation de la zone par les poissons sur la période de suivi, il existe une corrélation positive hautement significative entre la présence horaire des individus ID 203, 207 et 209 (corrélations de rang de Spearman ; $p \leq 0.001$). Les poissons ne viennent donc pas nécessairement dans la zone les mêmes jours mais chaque individu suit le même profil de fréquentation journalière.

Conclusions

Le traitement partiel des résultats des premiers mois de suivi montre une grande variabilité du rythme de fréquentation de 6 *Lethrinus nebulosus*. Deux grands types de comportements ont été observés à ce jour. Le premier concerne des poissons qui ont immédiatement quitté la zone d'étude et qui n'y ont pas été détectés depuis. Ces individus, apparemment peu attachés à cette zone, sont plus petits (66% des individus) et ont été pêchés dans la zone pendant la période de reproduction. Le deuxième concerne des individus plus gros (> 50 cm) qui semblent plus attachés au site d'étude. Ces poissons ont été pêchés après la saison de reproduction et appartiennent probablement à une sous-population fréquentant régulièrement la zone de mouillage de la réserve de l'îlot Larégnère. Les poissons ne fréquentent pas forcément la zone en même temps mais leur présence moyenne suit le même profil de distribution. Aucun effet week-end n'a été mis à jour sur les 34 premiers jours de suivi des individus dans cette zone. L'effet du nourrissage (statut) existe probablement pour le deuxième groupe d'individu mais est probablement masqué par l'influence de facteurs environnementaux dominants sur leur comportement. L'hypothèse d'une influence de la lune et du vent sur le comportement des poissons devra être vérifiée les prochains mois. La notion d'échelle d'observation est fondamentale dans l'explication de tels résultats et c'est probablement à l'échelle de la distribution horaire de la durée de présence qu'il faudrait rechercher un effet du statut.

CONCLUSIONS

Cette expérience test valide l'efficacité du protocole expérimental mis en place. Bien que délicates, les phases de transport, de stabulation, de marquage et de post-marquage sont relativement bien maîtrisées. En revanche, la pêche d'une espèce particulière en un endroit donné reste une étape difficile qui nécessite un coût humain et financier important. Ceci doit être largement pris en compte lors de la mise en place d'une telle expérience.

Les résultats préliminaires obtenus lors de cette « expérience test » confirment :

- Les techniques de capture et de transport des espèces cibles,
- l'utilisation de l'huile essentielle de clou de girofle (0.2 ml.l^{-1}) comme produit anesthésiant,
- le mode d'implantation intrapéritonéale pour l'ensemble des espèces à l'exception de *Naso unicornis*,
- l'utilisation du matériel acoustique VR2 (Vemco Ltd.) pour l'étude à plus grande échelle des interactions entre la réserve de l'îlot Larégnère et la zone pêchée adjacente.
- L'efficacité du protocole de collecte des données et d'installation du matériel sur le site.

En revanche, le traitement des premiers résultats montre que l'interprétation des données serait optimisée par un double marquage des poissons (acoustique et externe) ou par l'utilisation d'un ou deux VR2 de réserve. Ce système permettrait en effet de retrouver des poissons hors zone de couverture ou de vérifier certaines hypothèses relatives au départ inexplicé d'individus marqués (e.g. confirmer ou non l'émigration de *Chelinus undulatus* vers la passe fin décembre pour s'y reproduire).

CALENDRIER PREVISIONNEL DES DEUX PROCHAINES ANNEES

Année 2	Fev.05	Mar.05	Avr.05	Mai.05	Jun.05	Jui.05	Aut.05	Sep.05	Oct.05	Nov.05	Dec.05	Jan.06
Expérience de marquage acoustique												
Pêche	■	■										
Marquage et suivi post-opératoire			■									
Installation du matériel sur site			■									
Lâcher des poissons, suivi, maintenance			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Expérience de marquage externe												
Pêche et marquage	■	■										
Relevé des occurrences (marques externes)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Suivi des processus post-recrutement												
Sélection des sites de suivi		■										
Comptages visuels (5 jours par mois)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Divers année 2												
Création d'une base de données, résultats préliminaires	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Abstract <i>7th IPFC Taipei, Taiwan*</i> (Annexe II)		■										
Congrès : <i>7th IPFC Taipei, Taiwan</i> (15 jours)				■								

* *Chateau & Wantiez (2005). Mooring area frequentation by coral reef fish in a marine protected area (New Caledonia), as determined by acoustic telemetry*

Année 3	Fev.06	Mar.06	Avr.06	Mai.06	Jun.06	Jui.06	Aut.06	Sep.06	Oct.06	Nov.06	Dec.06	Jan.07
Suivi acoustique et maintenance												
Relevé des occurrences (marques externes)												
Suivi des processus post-recrutement												
Traitement des données et rédaction												
Stage (1 à 2 mois)	Non déterminé											
Soutenance	février/mars 2007											

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bowser PR (2001) Anaesthetic option for fish, International veterinary information service, Ithaca, New York, USA
- Cappiot N (2002) Implantation de simulacres d'émetteurs acoustiques individuels sur un lot de *Lutjanus argetimaculatus*, Rapp. stg. DESS, Université de Perpignan, France
- CATAG (2002) Tagging methods for stock assessment and research in fisheries, Report of concerted action, FAO Ct. 96.1394
- Durville P, Collet A (2001) Clove oil used as an anaesthetic with juvenile tropical marine fish. SPC Live Reef Fish Information Bulletin 9:17-19
- Etienne T (1989) L'anesthésie des poissons, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, Nantes, France
- Mac Farland WN, Kloutz G (1969) Anaesthesia in fishes. Fed. Proc 28:1535-1540
- Potin G, Devaharne J (2003) Mise en place d'un protocole d'implantation d'émetteurs acoustiques sur des lots de *Selar crumenophthalmus* et de *Lutjanus kasmira*, Rapp. stg. Maîtrise, Université de la Réunion, France
- Willis TJ, Parsons DM, Babcock RC (2001) Evidence for long term site fidelity of snapper (*Pagrus auratus*) within a marine reserve. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 35:581-590

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. TESTS DES MARQUES HALLPRINT SUR <i>PLECTROPOMUS LEOPARDUS</i> (A), <i>NASO UNICORNIS</i> (B) ET <i>CHLORURUS MICRORHINOS</i>	5
FIGURE 2. MARQUAGE DE <i>GNATHANODON SPECIOSUS</i> AVEC DES IMPLANTS VISIBLES D'ELASTOMERE.....	6
FIGURE 3. MARQUAGE DE <i>SCARUS GHOBBAN</i> AVEC DES IMPLANTS VISIBLES D'ELASTOMERE. A, C : LUMIERE AMBIANTE ; B, D : LUMIERE BLEUE ASSOCIEE A UN FILTRE UV-A.....	6
FIGURE 4. IMPLANTATION INTRAPERITONEALE D'UN SIMULACRE DE MARQUE ACOUSTIQUE CHEZ UN CARANGIDAE.....	7
FIGURE 5. <i>SCARUS GHOBBAN</i> : VUE D'ENSEMBLE ET DETAIL DES ECAILLES DE LA LIGNE VENTRALE.....	8
FIGURE 6. SILLON VENTRAL ET EMBLEMMENT POSSIBLE DE L'INCISION POUR L'IMPLANTATION INTRAPERITONEALE D'UNE MARQUE ACOUSTIQUE CHEZ UN CARANGIDAE.....	8
FIGURE 7. DETAIL DE LA CAVITE GENERALE CHEZ <i>NASO UNICORNIS</i>	9
FIGURE 8. IMPLANTATION SOUS CUTANEE D'UNE MARQUE ACOUSTIQUE CHEZ <i>NASO UNICORNIS</i>	9
FIGURE 9. TROCART UTILISE POUR L'IMPLANTATION INTRA MUSCULAIRE DES MARQUES ACOUSTIQUE.....	10
FIGURE 10. SUCCESSION DES DIFFERENTES PHASE DE L'ANESTHESIE (A) ET DU REVEIL (B) D'UN <i>LETHRINUS NEBULOSUS</i>	12
FIGURE 11. POSITION ET ZONE DE RECEPTION MINIMALE DU SIGNAL DE CHAQUE HYDROPHONE, SITE DE RELACHE DES POISSONS DANS LE MILIEU. SITE DE LIBERATION DES POISSONS : * 30/11/2004, * 28/12/2004.....	14
FIGURE 12. MONTAGE DES STATIONS D'ECOUTE.....	15
FIGURE 13. MARQUES ACOUSTIQUES MODELE 'V8SC-6L (VEMCO LTD.) (A) ET HYDROPHONE VR2 (VEMCO LTD.) (B).....	16
FIGURE 14. TEMPS DE PRESENCE JOURNALIER DES INDIVIDUS ID 203, 207, 209 (JANVIER) ET CYCLE LUNAIRE. : PREMIER QUARTIER DE LUNE ; : DERNIER QUARTIER DE LUNE ; : NOUVELLE LUNE ; : PLEINE LUNE.....	20
FIGURE 15. TEMPS DE PRESENCE JOURNALIER DES INDIVIDUS ID 203, 207, 209 (JANVIER) ET VITESSE MOYENNE DES VENTS SUR LA ZONE (DONNEES METEO FRANCE, PHARE AMEDEE).....	21
FIGURE 16. DUREE DE PRESENCE HORAIRE MOYENNE DES INDIVIDUS ID 203, ID 207 ET ID 209 DANS LA ZONE D'ETUDE.....	23
FIGURE 17. EVOLUTION DE L'ANESTHESIE CHEZ <i>LETHRINUS NEBULOSUS</i> . (A) STADE I ; (B) STADE II ; (C) STADE III... 30	

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU I. CARACTERISTIQUES DES INDIVIDUS MARQUES. ID : NUMERO IDENTIFIANT DE LA MARQUE. LF : LONGUEUR A LA FOURCHE.....	17
TABLEAU II. CARACTERISTIQUES DE LA FREQUENTATION DE LA ZONE D'ETUDE PAR LES <i>LETHRINUS NEBULOSUS</i> ID 206, ID 210, ID 213.....	19
TABLEAU III. FREQUENCE D'OCCUPATION DE LA ZONE PAR LES POISSONS ID 203, ID 207 ET ID 209.....	19
TABLEAU IV. CARACTERISTIQUES DE LA FREQUENTATION DE LA ZONE D'ETUDE PAR LES <i>LETHRINUS NEBULOSUS</i> ID 203, ID 207 ET ID 209. PRESENCE : LE POISSON A ETE DETECTE AU MOINS UNE FOIS PAR UN DES HYDROPHONES DANS LA JOURNEE (SANS NOTION DE DUREE). ABSENCE : LE POISSON N'A JAMAIS ETE DETECTE DANS LA JOURNEE.....	20
TABLEAU V. COMPARAISON DU NOMBRE DE POISSONS ET DE LA DUREE MOYENNE DE PRESENCE DES INDIVIDUS ID 203, 207, 209 DANS LA ZONE. LES VALEURS ONT ETE COMPAREES PAR UN TEST U DE MANN-WHITNEY. NS : NON SIGNIFICATIF ($P \geq 0.05$).....	21
TABLEAU VI. RESULTATS DE LA CORRELATION LINEAIRE REALISEE ENTRE LE TEMPS DE PRESENCE DES INDIVIDUS ID 203, 207, 209 EN JANVIER ET LA VITESSE MOYENNE DES VENTS SUR LA ZONE (DONNEES METEO FRANCE, PHARE AMEDEE). *** : HAUTEMENT SIGNIFICATIF ($P \leq 0.001$).....	22
TABLEAU VII. DUREE DE PRESENCE DES INDIVIDUS ID 203, 207 ET 209 EN FONCTION DE LA FORCE DU VENT (DONNEES METEO FRANCE, PHARE AMEDEE). % : POURCENTAGE DE LA DUREE TOTALE.....	22
TABLEAU VIII. CARACTERISTIQUES DE LA FREQUENTATION JOURNALIERE DE LA ZONE D'ETUDE PAR LES <i>LETHRINUS NEBULOSUS</i> ID 203, ID 207 ET ID 209. DUREE DU JOUR DECEMBRE 2004 : 05H A 19H (DONNEES METEO FRANCE, NOUMEA).....	23
TABLEAU IX. DESCRIPTION DES DIFFERENTES PHASES DE L'ANESTHESIE ET DES MODIFICATIONS COMPORTEMENTALES QUI EN RESULTE (D'APRES ETIENNE 1989).....	30

ANNEXE I. DESCRIPTION DES DIFFERENTES PHASES D'ANESTHESIE DES POISSONS.

Tableau IX. Description des différentes phases de l'anesthésie et des modifications comportementales qui en résulte (d'après Etienne 1989).

Stade	Catégorie	Modifications comportementales
0	Normal	Nage ; réaction aux stimuli ; équilibre et tonus musculaire normaux
I	Sédation légère	Diminution des réactions aux stimuli (Figure 17-A)
	Sédation profonde	Nage volontaire stoppée ; plus de réactions aux stimuli
II	Narcose légère	Perte d'équilibre avec des efforts pour se redresser (Figure 17-B)
	Narcose profonde	Perte d'équilibre ; chute de la fréquence respiratoire
III	Anesthésie légère	Perte totale du tonus musculaire
	Anesthésie chirurgicale	Perte totale du tonus musculaire ; fréquence respiratoire et cardiaque très basse (Figure 17-C)
IV	Collapsus médullaire	Arrêt des mouvements branchiaux suivi d'un arrêt cardiaque en quelques minutes



Figure 17. Evolution de l'anesthésie chez *Lethrinus nebulosus*. (A) stade I ; (B) stade II ; (C) stade III.

ANNEXE II. RESUME PROPOSE POUR LE 7TH IPFC, TAIWAN, MAI 2005.

Mooring area frequentation by coral reef fish in a marine protected area (New Caledonia), as determined by acoustic telemetry

CHATEAU Olivier¹, WANTIEZ Laurent¹

¹: LERVEM, University of New Caledonia, BP 4477, 98847 Noumea cedex, New Caledonia, Email: chateau@univ-nc.nc

The present study was planned to test the use of automated ultrasonic tracking system (Vemco) and formulate assumptions on the mooring area frequentation by nectobentic fish in a marine reserve. Between December 2004 and April 2005, four Vemco VR2 omnidirectional hydrophones were deployed in 3-6 m depth around the mooring area of a marine reserve (Larégnère islet, New Caledonia South Lagoon Marine Park). The area covered by the hydrophones network was 50 ha. Twelve individuals of nectobentic commercial species in New Caledonia (FL: 29-54 cm) were caught in the study site and surgically implanted with individually coded ultrasonic transmitters (V8SC): 2 *Epinephelus maculatus*, 1 *Gymnocranius* sp., 6 *Lethrinus nebulosus*, 2 *Lethrinus miniatus* and 1 *Chelinus undulatus*. Short-term site fidelity was studied by species and individuals. Correlations were tested between frequentation patterns and environmental parameters such as wind, rain, sunrise and sunset hours. Links between Nyctemeral, daily and lunar cycles and fish presence in the mooring area were tested. First results validate the use of automated ultrasonic tracking system (Vemco) for the study of reef fish movement patterns between MPAs and fished reefs. Different frequentation patterns were identified between and within species (e.g. Lethrinids population) and suggest a heterogeneous behaviour in the frequentation of the MPA's mooring area.