



MASTER EN SCIENCES – TECHNOLOGIES – SANTE

Mention : ECOLOGIE

Spécialité : Écosystèmes Tropicaux Naturels et Exploités

Effets des déplacements de *Lethrinus harak* (Lethrinidés) sur l'efficacité des réserves marines au Vanuatu

Harmonie GABRIAULT



Directeurs de stage : Marc LEOPOLD^{1,2} & Olivier CHATEAU³

Stage effectué de janvier à juin 2012

¹ IRD, 101 Promenade Roger Laroque, BP A5 – 98848 Nouméa, Nouvelle-Calédonie

² Département des pêches du Vanuatu, Private Bag 9045 Port Vila, Vanuatu

³ Aquarium des lagons, 61 Promenade Roger Laroque, BP 8185 Nouméa, 98807 Nouvelle Calédonie

Mémoire soutenu le **27 juin 2012**



REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier tout d'abord l'université de la Guadeloupe ainsi que l'IRD, l'aquarium des lagons et le département des pêches du Vanuatu de m'avoir permis de faire ce stage.

Merci à Marc LEOPOLD, pour m'avoir proposé ce stage, de m'avoir suivie pendant toute la durée du stage et pour ses nombreux conseils.

Merci à Olivier CHATEAU, pour son suivi et ses conseils malgré la distance mais aussi pour m'avoir permis de participer à la vie de l'Aquarium des lagons.

Je remercie aussi Daniel IMBERT pour avoir répondu à mes nombreuses questions.

Je remercie ensuite Pascal DUMAS, toute l'équipe du département des pêches du Vanuatu ainsi que celle de l'aquarium pour leur bonne humeur aussi bien au bureau que sur le terrain.

Merci aux trois italiens et à Cyril, pour leur compagnie lors de cette journée japonaise et merci à Emmanuelle RAFFY, pour son accueil après mes nombreuses heures de vol.

Merci à tous les "lofteurs" de Nouméa, pour tous ces excellents (et trop courts) moments passés à vos côtés.

Je remercie aussi toutes les personnes que j'ai rencontrées au Vanuatu, qui me permettent d'apprécier pleinement tous mes moments libres.

Je remercie enfin ma famille et mes amis d'être là même si je suis loin. Et merci à Kevin, pour tout.

Sans oublier les 30 poissons qui ont joué le jeu en nageant à proximité des hydrophones sans que ce rapport n'aurait pas pu exister. Et en espérant que les huit autres poissons les ont tout simplement évités !

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. MATERIEL ET METHODES	4
2.1. <i>Site d'étude</i>	4
2.2. <i>Matériel biologique</i>	5
2.3. <i>Collecte des données</i>	7
2.3.1. Marquage des poissons	7
2.3.2. Suivi acoustique passif des déplacements	7
2.3.3. Zones de détection des hydrophones	8
2.4. <i>Analyses des données</i>	9
2.4.1. Caractéristiques des détections	10
2.4.1.1. Typologie des déplacements des poissons.....	10
2.4.1.2. Définition et utilisation du domaine vital	10
2.4.2. Influence du rythme jour/nuit et de la marée	12
2.4.3. Traversées des frontières des réserves marines	12
3. RESULTATS	13
3.1. Caractéristiques des détections	14
3.1.1. Typologie des déplacements des poissons.....	14
3.1.2. Utilisation du domaine vital.....	14
3.2. Influence du rythme jour/nuit et de la marée	21
3.3. Déplacements hors des réserves et entre les villages	21
3.3.1. Traversées des frontières des réserves marines	21
3.3.2. Déplacements entre les villages	21
4. DISCUSSION	22
4.1. <i>Utilisation du domaine vital</i>	22
4.1.1. Une ressource sédentaire	22
4.1.2. Déplacements hors de la zone de fidélité	23
4.2. <i>Utilisation du domaine vital en fonction de l'habitat</i>	26
4.3. <i>Gestion des ressources</i>	26
4.3.1. Efficacité des réserves marines des villages d'Emua et de Takara	26
4.3.2. Cas de la réserve marine de Paonangisu	26
4.3.3. Gestion à l'échelle inter-villages	27
4.4. <i>Apports et limites de la télémétrie acoustique</i>	27
5. CONCLUSION	28
6. BIBLIOGRAPHIE	29
7. LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX	32
8. ANNEXES	33

1. INTRODUCTION

Les réserves marines sont considérées comme les principaux outils de conservation des écosystèmes côtiers et peuvent permettre d'améliorer la gestion de la pêche (Tanja *et al.* 2011, Claudet *et al.* 2006). L'objectif de ces réserves est généralement de protéger la biodiversité, de sauvegarder la santé des écosystèmes et/ou de maintenir leur capacité à fournir des biens et des services écosystémiques comme la pêche et le tourisme (Bellwood *et al.* 2004, Hockings 2003). Des études ont montré qu'à l'intérieur de certaines réserves, les poissons pouvaient être plus abondants et de plus grande taille que dans des zones non protégées (Roberts & Polunin 1993). Les Aires Marines Protégées (AMPs) peuvent également protéger les stocks reproducteurs et faciliter l'émigration de poissons adultes de la réserve vers les zones de pêche par effet de débordement, améliorant ainsi les captures de pêches dans les zones adjacentes aux réserves (Grüss *et al.* 2011, Russ 2002, Roberts *et al.* 2001, Roberts & Polunin 1993, Alcalá & Russ 1990).

Les réserves marines ne protègent les poissons que si ces derniers ont des mouvements individuels restreints et passent au moins une partie de leur cycle de vie à l'intérieur de la réserve (Kramer & Chapman 1998). Il est donc recommandé d'étudier les déplacements des poissons, de connaître les caractéristiques de l'habitat, d'avoir une approche multi-espèces, de combiner les outils spatiaux, d'inclure les zones de frai et d'utiliser les limites de l'habitat naturel des espèces cibles afin de concevoir les limites des réserves et de minimiser l'exposition des poissons aux pêcheries adjacentes (Meyer *et al.* 2010, Aswani & Lauer 2006, Aswani & Hamilton 2004, Chapman & Kramer 2000, Samoily 1997). Un réseau de nombreuses petites réserves peut être préféré à une seule réserve de grande taille pour valoriser la pêche (Aswani & Hamilton 2004, Bellwood *et al.* 2004). L'efficacité de réserves marines d'une superficie inférieure à 1 km² a été prouvée pour la protection contre la pêche des rougets endémiques d'Hawaii et sur des ressources locales d'invertébrés récifaux au Vanuatu (Dumas *et al.* 2010, Meyer *et al.* 2000). Même si quelques succès locaux ont été observés, les objectifs des réserves marines semblent plus difficiles à atteindre à grande échelle (Bellwood *et al.* 2004) et sont très variables entre les taxons (Claudet *et al.* 2006).

Il apparaît nécessaire de combler les nombreuses lacunes observées dans les connaissances biologiques en développant des collaborations solides entre scientifiques et gestionnaires et en harmonisant les méthodes d'évaluation marines (Sale *et al.* 2005). La principale méthode d'évaluation de l'efficacité des réserves marines est la comparaison de critères d'abondance,

de biodiversité, de biomasse et de structure démographique par comptages visuels avant et après la mise en place des réserves et entre les réserves et les zones adjacentes non protégées (Harmelin *et al.* 2008, Claudet *et al.* 2006, Russ 2002). L'utilisation de la télémétrie acoustique est de plus en plus utilisée afin de définir la fidélité au site, les mouvements quotidiens et les migrations, la répartition spatiale et temporelle de l'utilisation de l'habitat et la taille et la forme des domaines vitaux des espèces cibles (Alfonso *et al.* 2011, Alos *et al.* 2011, Basset & Montgomery 2011, D'Anna *et al.* 2011, Hitt *et al.* 2011, Steyn & Schleyer 2011, Zeller & Russ 2011, Chateau & Wantiez 2009, Heupel *et al.* 2006a et 2006b, Pople & Hunte 2005, Meyer 2003, Bolden 2001, Meyer *et al.* 2000, Hocutt *et al.* 1994). Cette méthode, bien adaptée aux poissons des récifs peu profonds pour l'étude des modèles de mouvements à fine échelle, est généralement couplée aux méthodes classiques de suivis visuels (Claisse *et al.* 2011, Fox & Bellwood 2011, Marshall *et al.* 2011, Topping & Szedlmaver 2011) et peut être complétée par la cartographie des fonds marins (Hitt *et al.* 2011). La télémétrie acoustique offre un potentiel intéressant pour aider dans la conception et l'évaluation de l'effet des réserves marines (O'Dor *et al.* 2001).

Au cours de la dernière décennie, plus de 12 000 km² de réserves marines dans le Pacifique Sud auraient été gérées de manière communautaire, parfois avec le soutien par les gouvernements locaux et nationaux et d'agences internationales (Govan 2009, Alcalá & Russ 2006). Ces petites réserves, de moins de 1 voire 0,1 km² de superficie, représentent souvent le principal outil de gestion des pêches dans cette région où les populations locales ont pris conscience des risques de la pression croissante sur les ressources naturelles, due à l'augmentation des populations et au développement de la pêche commerciale (Pascal 2010). Au Vanuatu, un essor des réserves marines, mises en place par les autorités villageoises, est observé depuis les années 1990 (Johannes 2002). Leur but est principalement de réduire la surpêche et les autres impacts anthropiques. Les fortes disparités géographiques de l'effort de pêche à l'échelle de l'archipel entraînent des variations spatiales de l'état des stocks des principales espèces exploitées. On compterait aujourd'hui plusieurs centaines de petites réserves marines d'une superficie inférieure à 1 km² réparties sur l'ensemble de l'archipel. Ces réserves, qui n'ont pas d'équivalent dans les zones tempérées, ont des règles de gestion très variées avec des interdictions (espèces, périodes, méthodes de capture) spécifiques à chaque village (Bartlett *et al.* 2010). Même si la perception de ces réserves est globalement favorable au sein des populations locales, leur efficacité est rarement confirmée scientifiquement (Dumas *et al.* 2010, Bartlett *et al.* 2009). Les rares études disponibles rapportent des effets

écologiques contrastés sous l'influence directe des caractéristiques intrinsèques des réserves, comme la taille et les pratiques autorisées.

La présente étude s'intègre au projet EFITAV (Efficiency of small Tabu Areas in Vanuatu), lancé en 2010 par l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), l'aquarium des lagons (Nouvelle-Calédonie) et le département des pêches du Vanuatu. Elle a pour objectif d'évaluer les capacités des petites aires marines protégées du Vanuatu à restaurer et maintenir efficacement le niveau des ressources côtières (poissons et invertébrés pêchés) et de proposer des critères d'objectif permettant d'optimiser leur efficacité (taille minimale des réserves, durée optimale de la protection en fonction des espèces ciblées).

L'objectif de cette étude est de comparer les échelles spatiales de gestion et de l'écologie des ressources pour évaluer les moyens d'améliorer l'efficacité des petites aires marines protégées villageoises du Vanuatu.

L'hypothèse de cette étude est que la mobilité des ressources au stade adulte a un effet sur l'efficacité de la protection offerte par les réserves. Or, au Vanuatu comme dans de nombreux pays d'Océanie, la mise en place de réserves marines par les communautés est soumise à un ensemble de contraintes sociales, culturelles et économiques qui déterminent en grande partie leur localisation et leur superficie, et donc potentiellement leur fonctionnement et leur efficacité.

L'objectif de la présente étude est de savoir si les petites réserves marines du Vanuatu protègent efficacement une espèce récifale exploitée, *Lethrinus harak* (Lethrinidés), de la pêche. Pour répondre à cette question majeure, il est nécessaire de savoir si les individus sortent des réserves, à quelle fréquence, pendant combien de temps et dans quelles conditions. Les caractéristiques du domaine vital (taille, utilisation de l'espace) de 38 individus de *Lethrinus harak* et les facteurs qui influencent leurs déplacements dans cette zone seront analysés à partir des données obtenues par une méthode de télémétrie acoustique passive pendant douze mois en 2011-2012.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site d'étude

Le Vanuatu est un archipel formé de 83 îles volcaniques dont 67 sont habitées. Cet archipel est situé dans le Pacifique Sud (entre 116 et 172°E et entre 13 et 20°S) au milieu du triangle formé par les îles Fidji à l'Est, les îles Salomon au Nord et la Nouvelle-Calédonie au Sud-Ouest. D'une superficie terrestre totale de 12 000 km², l'archipel s'étend sur 850 km du Nord au Sud. Sur les 255 500 habitants répartis dans 790 villages, 78% dépendent de la pêche côtière pour leur subsistance et leurs revenus (NSO 2006).

La mise en place des petites réserves marines du Vanuatu a commencé par la fermeture de la pêche pour une espèce d'invertébré (le troca *Trochus niloticus*) initiée par le département des pêches dans quelques villages. La popularité de ces réserves a incité les autres villages à faire la même chose et à étendre les interdictions de pêches sur d'autres espèces de poissons et d'invertébrés (Hickey & Johannes 2002, Johannes 1998).

Cette étude a eu lieu au niveau de trois villages (Emua, Paonangisu et Takara) de la côte Nord de l'île d'Efaté (Figure 1).

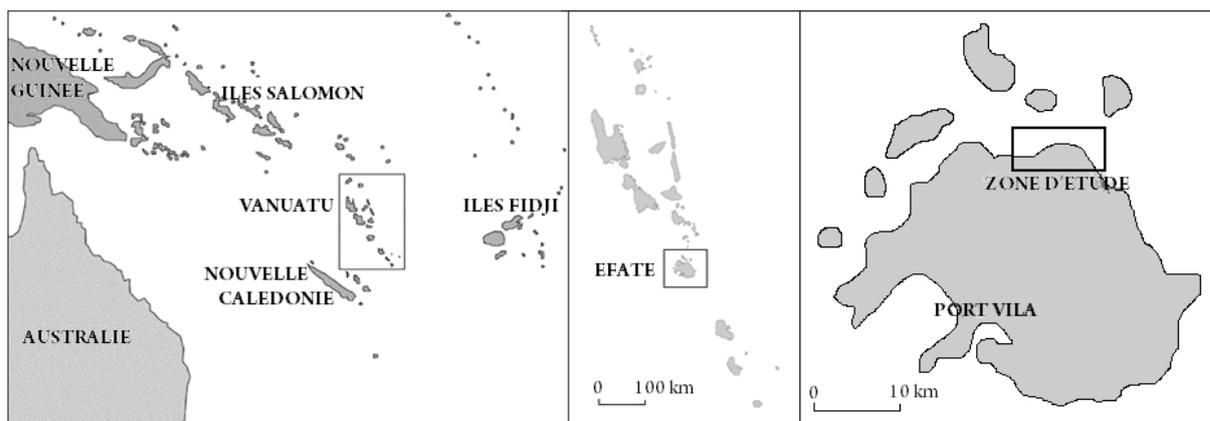


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude au Nord de l'île d'Efaté (Vanuatu).

La zone d'étude, de 10 m de profondeur maximum, s'étend sur une superficie d'environ 15 km². Elle est constituée du platier récifal, et d'un lagon au niveau du village de Paonangisu. Alors que les AMPs d'Emua et de Takara sont déjà mises en place, trois projets de mise en place d'une AMP à Paonangisu sont envisagés (Figure 2).

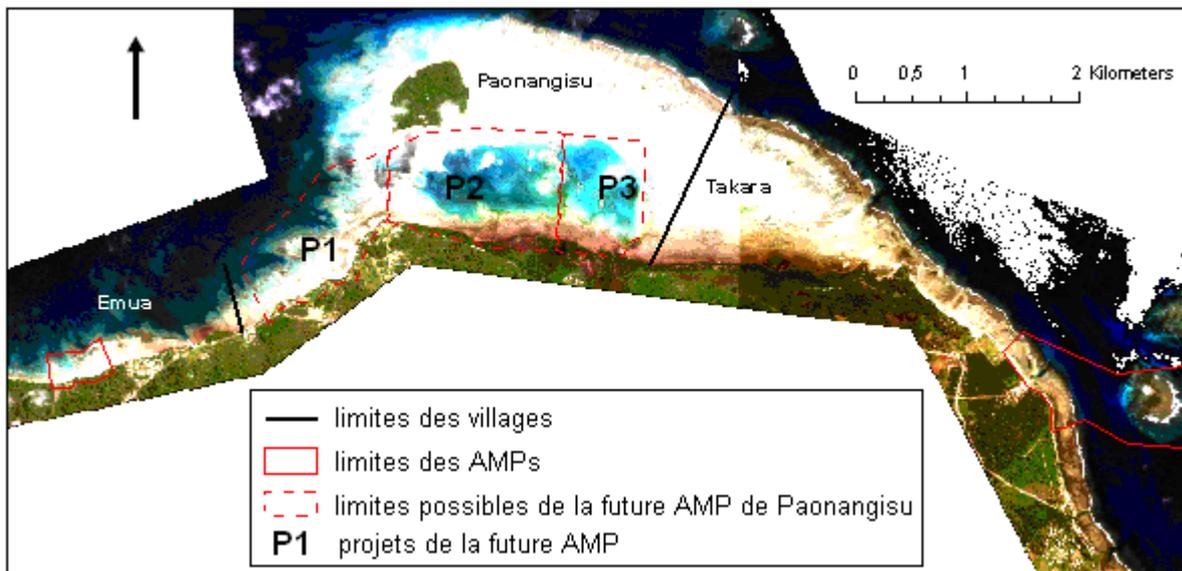


Figure 2 : Délimitation des villages et des réserves marines de la zone d'étude.

2.2. Matériel biologique

Classe : Actinoptérygiens

Ordre : Perciformes

Famille : Lethrinidae

Genre et espèce : *Lethrinus harak* (Forsskål 1775)

Noms communs : Empereur Saint-Pierre, Bossu d'herbe.

Le corps du bossu d'herbe est de couleur blanc argenté à olive avec une tache noire elliptique, souvent bordé de jaune, sous la ligne latérale (Figure 3).



Figure 3 : *Lethrinus harak* (Photo: Libourel 2009).

Lethrinus harak a une durée de vie de 15 ans maximum et mesure en moyenne entre 20 à 30 cm avec un maximum de 50 cm (Carpenter & Allen 1989). C'est l'une des 22 espèces de poissons les plus importantes de la pêche côtière du Vanuatu (Amos 2007).

Cette espèce tropicale est présente dans l'Océan Indien et l'Ouest de l'Océan Pacifique (Figure 4). Elle vit le plus souvent en solitaire et parfois en petit groupe de deux à cinq individus.

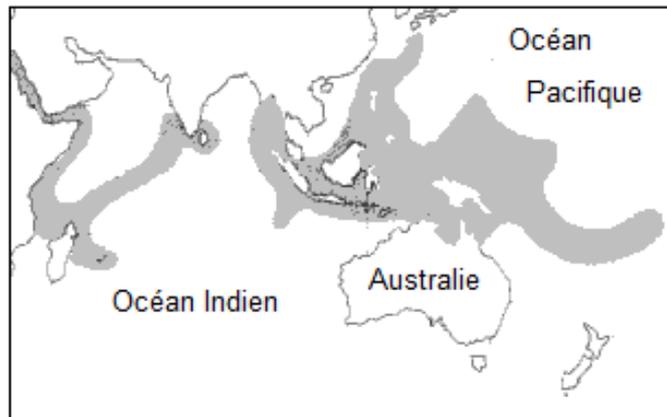


Figure 4 : Répartition géographique de *Lethrinus harak* (Carpenter & Allen 1989).

Dans l'hémisphère Sud, la période de frai de ce poisson hermaphrodite protogyne a lieu d'avril à novembre (saison fraîche) les cinq premiers jours du mois lunaire et se fait dans des rassemblements de 200 à 500 individus. La ponte a lieu d'octobre à avril (saison chaude) avec des pics en octobre et en février (Juncker & Granger 2007, Ebisawa 2006, Kulmiye *et al.* 2002).

Alors que les juvéniles de *Lethrinus harak*, dont la taille est inférieure à 5 cm, vivent dans les eaux peu profondes au niveau des herbiers et des mangroves, les adultes peuvent vivre jusqu'à 50 m de profondeur, au niveau des récifs coralliens et des vasières de profondeur. Il existe une grande variabilité temporelle de l'utilisation de l'habitat par cette espèce (Kimirei *et al.* 2010, Unsworth *et al.* 2009, Laroche *et al.* 1997). Même si *Lethrinus harak* est présent dans tous les habitats en abondance différente, on le retrouve principalement dans les herbiers alors qu'il est quasiment absent à proximité des mangroves. Une étude réalisée par Nanami & Yamada (2009) montre que cette espèce est fidèle au site la journée sur des fonds de sable et des herbiers où elle se nourrit d'animaux benthiques comme des polychètes, des crustacés, des mollusques, des échinodermes ainsi que de petits poissons. Il existe peu d'informations sur ses déplacements la nuit. La taille du domaine vital calculée sur quatre mois de suivi actif (hydrophones embarqués) varie de 691 à 4 865 m². La surface des espaces vitaux calculée par suivi actif peut toutefois être sous évaluée après comparaison avec du suivi passif (hydrophones fixes) (Welsh & Belwood 2011). En effet, même si le suivi actif permet de d'avoir des points GPS de la position d'un individu pendant toute la durée du suivi, cette méthode contraignante ne permet pas un suivi sur le long terme. Le suivi passif a l'avantage

d'être réalisable sur une longue durée mais les positions du poisson sont moins précises (zone de détection de l'hydrophone) et il est impossible de savoir où l'individu est situé lorsque celui-ci n'est pas détecté.

Une étude de marquage acoustique passif (réseau de 18 hydrophones) a été réalisée sur 27 Lethrinidés (*Lethrinus obsoletus* et *Lethrinus harak*) aux îles Fidji par Grober-Dunsmore *et al.* (non publié) dans une zone formée d'un platier récifal traversé par un canal. Le but de cette étude était de savoir si les mouvements en dehors des limites des petites AMP nuisent ou non à la conservation de ces espèces. Les résultats montrent que l'étendue linéaire parcourue par les poissons varierait entre 100 m et 700 m avec une moyenne de 263 m. La fidélité au site des Lethrinidés semble assez variable. Ils ne quitteraient leur site de fidélité que la nuit pour de rares et brèves excursions. Comme les excursions hors de l'AMP semblaient rares, brèves et avaient lieu la nuit, l'étude a conclu que les petites réserves marines des îles Fidji protégeraient efficacement les deux espèces.

2.3. Collecte des données

2.3.1. Marquage des poissons

Pour cette étude, 38 individus de *Lethrinus harak*, de 16,2 à 32 cm de long, ont été équipés de marques acoustiques entre mai et août 2011 sur sept sites de marquage (Figure 5).

Après avoir été pêchés à la ligne ou au filet non maillant, sans les blesser, les poissons sont placés dans une bassine où ils sont anesthésiés avec de l'huile de clou de girofle ($0,2 \text{ ml.L}^{-1}$). Une fois endormis, un émetteur (Figures 5A) est placé dans la cavité péritonéale des poissons par chirurgie. Ces marques, d'une durée de vie estimée de 200 jours, émettent aléatoirement toutes les $90\text{s} \pm 40\text{s}$ les 60 premiers jours et toutes les $240\text{s} \pm 70\text{s}$ les jours suivants. Après suture de l'incision, le poisson est placé dans une cage, à l'abri des prédateurs, pendant au moins deux heures le temps que les effets de l'anesthésie se dissipent. Pour limiter le stress lié à la capture et à l'opération, le poisson est manipulé le moins possible et est relâché si possible dans la journée, ou le lendemain matin de sa capture, là où il a été pêché.

2.3.2. Suivi acoustique passif des déplacements

Un réseau de 16 hydrophones omnidirectionnels immergés de type VR2W Vemco a été installé dans la zone d'étude. Les hydrophones sont situés entre 1,5 et 5 m de profondeur, dans les trois villages, au niveau des AMPs et des zones non protégées et sur des habitats variés (platier, cuvettes, lagon) (Figure 5). Lorsqu'une marque émet dans le rayon de

détection de l'hydrophone, ce dernier enregistre le numéro identifiant de la marque ainsi que la date et l'heure de détection. Pour éviter le mouvement de l'hydrophone lié à la marée et aux courants et ainsi garantir une qualité de détection constante, les hydrophones sont fixés sur le substrat.

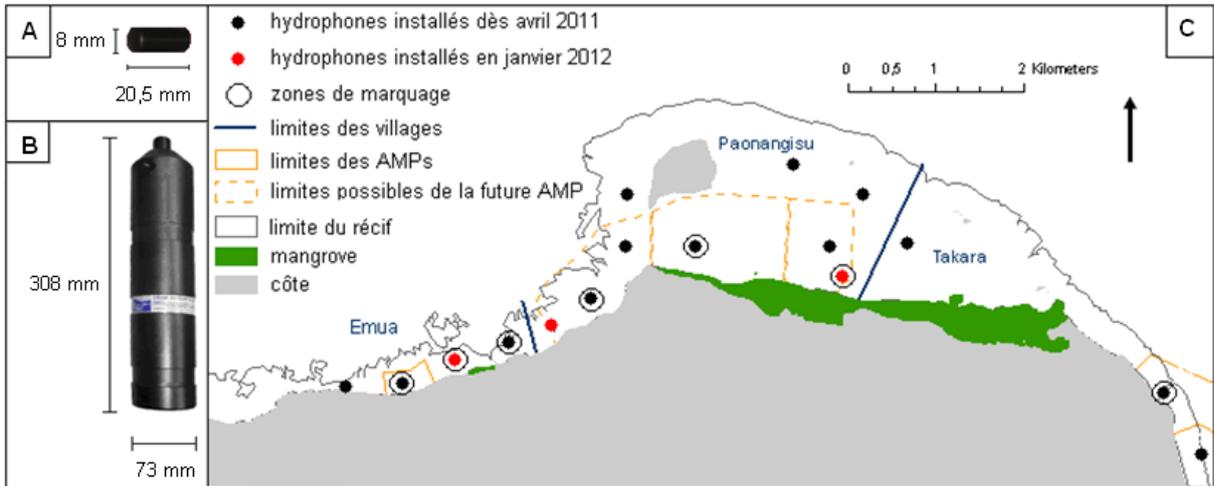


Figure 5 : Marque V8-4L (A), hydrophone VR2W (B) et réseau acoustique de la zone d'étude (C).

Après récupération des hydrophones, les données enregistrées ont été téléchargées grâce au logiciel VUE par un système de *bluetooth*. Cette opération a été réalisée directement sur les sites des hydrophones une fois par mois de juin 2011 à avril 2012.

2.3.3. Zones de détection des hydrophones

Afin de connaître la surface de détection de chaque hydrophone, une marque test VEMCO-V8 (fréquence d'émission d'une seconde) immergée a été accrochée à un support tracté à la nage ou par bateau à la vitesse de un nœud en faisant huit radiales jusqu'à 200 m à 500 m de distance de l'hydrophone (distance maximale théorique de détection suivant l'habitat). Lors de cette opération, un GPS enregistre chaque seconde la position de la marque. En combinant les données de l'hydrophone et du GPS, il est possible de localiser la marque lorsque celle-ci était détectée. Un polygone de détection est estimé en reliant les limites de détection sur chacune des radiales dans un système d'information géographique (SIG) (Figures 6 et 7).

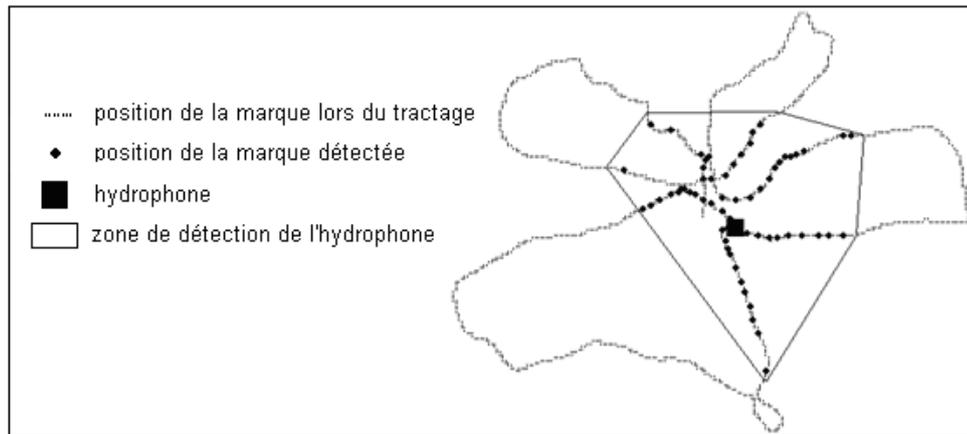


Figure 6 : Tests des zones de détection des hydrophones.

Cette opération a été réalisée pour l'ensemble des hydrophones à marée haute. Les zones de détections varient de 0,003 à 0,2 km² (médiane : 0,04 km²).

La cartographie des zones émergées de la zone d'étude à marée basse a été réalisée avec un GPS au niveau du village d'Emua ainsi qu'au Nord du lagon de Paonangisu. Les points obtenus ont ensuite été reportés sur *ArcView*.

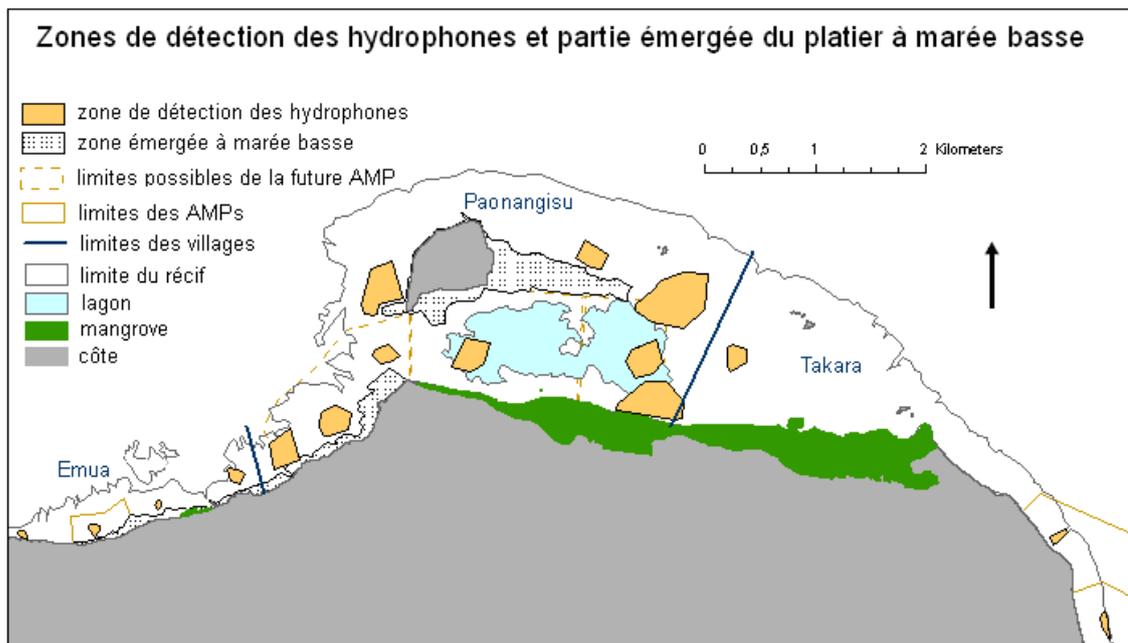


Figure 7 : Zones de détection des hydrophones.

2.4. Analyses des données

Les données obtenues les premières 24h après le relâché des poissons ne sont pas prises en compte car elles correspondent à la période d'acclimatation des poissons (Marshall *et al.* 2011, Chateau & Wantiez 2009, Zeller 1997).

La durée de détection totale correspond à la différence entre le jour de la dernière détection et le lendemain de la réintroduction dans le milieu. La durée de détection réelle correspond au nombre de jours avec au moins une détection.

Afin de connaître l'influence de la taille sur les durées de détection, une régression linéaire des durées réelles et totales de détection en fonction de la taille a été réalisée sur les 38 individus marqués et sur les 30 détectés au moins une fois.

2.4.1. Caractéristiques des détections

2.4.1.1. Typologie des déplacements des poissons

Une ordination par graduation multidimensionnelles (MDS), basée sur une similarité de Bray-Curtis, a été réalisée pour analyser les ressemblances entre les poissons en fonction de leur durée de détection et du nombre d'hydrophones visités. Les données utilisées pour cette analyse correspondent au nombre d'heures de détection enregistrées par poisson sur chaque hydrophone (on compte 1h de détection à partir d'une détection pendant cette heure). A partir de cette analyse, des classes de un à cinq individus ont été différenciées.

2.4.1.2. Définition et utilisation du domaine vital

Un poisson est dit fidèle à un site s'il est détecté principalement et sur une longue période sur ce site, c'est-à-dire avec un nombre élevé de détections sur le (les) hydrophone(s) de fidélité et un faible nombre de détections sur le (les) autre(s) hydrophone(s) (Marshall *et al.* 2011, Chateau & Wantiez 2009). L'hydrophone de fidélité est défini comme l'hydrophone sur lequel les individus présentant un comportement de fidélité sont le plus détectés. Un poisson peut ainsi être considéré comme fidèle si le nombre de jours détectés sur un récepteur sur le nombre de jours total détectés est proche de 1 (Hitt *et al.* 2011, Marshall *et al.* 2011, Topping & Szedlmayer 2011, Mason & Lowe 2010, Pastor *et al.* 2009). Le nombre d'heures de détection par hydrophone sur le nombre d'heures totale de détection a été calculé pour les individus les plus détectés.

Comportement de fidélité :

La fréquence et la durée réelle de détection sur l'hydrophone de fidélité ont été calculées pour tous les individus présentant un comportement de fidélité. Une représentation graphique temporelle des périodes de détection sur et hors des sites de fidélité a également été réalisé pour ces individus.

Comportements dispersifs :

Le comportement dispersif des individus est caractérisé par la taille du domaine vital et par les déplacements effectués dans cette zone à partir de la zone de fidélité. Des cartes du nombre moyen d'heures de détection par hydrophone ont été réalisées pour les classes composées d'individus fidèles.

- Etendue linéaire des domaines vitaux

La surface du domaine vital est généralement calculée en créant des polygones à partir des positions où les individus sont observés, comme le polygone convexe minimum (MCP) et la distribution d'utilisation de Kernel (KUD) (Welsh & Belwood 2011, Hitt *et al.* 2011, Marshall *et al.* 2011, Topping & Szedlmayer 2011, Mason & Lowe 2010, Namadi & Yamada 2009, Pastor *et al.* 2009, Bellquist *et al.* 2007, Zeller 1997). Cependant, le réseau acoustique passif utilisé dans cette étude ne permet pas de définir ces polygones. Afin d'avoir une dimension du domaine vital, son étendue linéaire a été calculée pour les individus détectés sur plusieurs hydrophones. Cette variable correspond à la distance linéaire minimale entre les limites des zones de détection des deux hydrophones les plus éloignés parmi ceux ayant enregistré des détections (Grober-Dunsmore *et al.* non publié, Meyer *et al.* 2010, Chateau & Wantiez 2009, Chateau & Wantiez 2007).

- Excursions

Pour les poissons montrant un comportement de fidélité, une excursion correspond à un déplacement aller-retour de l'hydrophone de fidélité vers un (des) autre(s) hydrophone(s) où le poisson est détecté. La durée d'une excursion correspond à la différence entre la date et l'heure de la première détection sur l'hydrophone de fidélité après l'excursion et la date et l'heure de la dernière détection sur l'hydrophone de fidélité avant l'excursion. Cette durée prend donc en compte le temps de déplacement et le temps de résidence sur le(s) lieu(x) de destination (Chateau 2008). Le nombre, la fréquence, la durée ainsi que la distance parcourue par excursion et par mois ont été calculés pour chaque individu fidèle. Un test de corrélation de Spearman a été réalisé entre la durée et la distance des excursions. De plus, les vitesses des déplacements ont été mesurées.

- Périodes de non détection sur le site de fidélité

Le nombre et la durée des périodes de non détection ont été calculés pour l'ensemble des individus fidèles et comparés au nombre et à la durée des excursions de ces individus.

Pour savoir s'il y avait une différence ou non de l'utilisation du domaine vital par les classes dans lesquelles les individus présentent un comportement de fidélité, une ANOSIM (analyse de similarité) a été réalisée entre ces classes sur les trois variables suivantes : présence (en jours) sur le site de fidélité, nombre et durée (en heures) des périodes de non détection.

- Individus peu détectés

Neuf individus ont été faiblement détectés. Les étendues linéaires des domaines vitaux ont été mesurées pour les quatre individus détectés sur au moins deux hydrophones. Pour ces individus, les distances parcourues par mois ont aussi été calculées.

Une régression linéaire de l'étendu du domaine vital en fonction de la taille des individus a été réalisée pour les 16 individus pour lesquels des déplacements ont été enregistrés.

2.4.2. Influence du rythme jour/nuit et de la marée

Afin de savoir si le rythme nyctéméral et/ou la marée ont influencé l'utilisation du domaine vital par les poissons, le nombre d'heures de détection le jour et la nuit, à marée haute (heure de marée haute \pm 2 heures), à marée basse (heure de marée basse \pm 2 heures) et à marée intermédiaire, a été calculé pour chaque individu et pour chaque hydrophone.

2.4.3. Traversées des frontières des réserves marines

Pour cette analyse, le déplacement entre l'hydrophone de relâché et l'hydrophone de première détection (s'ils sont différents) a été pris en compte. Le nombre de déplacements à travers les frontières des AMPs et des villages a été calculé pour tous les individus.

Les tests statistiques ainsi que les graphiques ont été réalisés avec le logiciel *R* version 2.13.1. Les MDS et l'ANOSIM ont été réalisées sous *Primer 6* version 6.1.6. Le logiciel *ArcGis 9* version 9.13.1 a été utilisé pour le SIG (mesure des distances et réalisation des cartes).

3. RESULTATS

Sur 38 poissons marqués, huit (21,1%) n'ont jamais été détectés après leur réintroduction dans le milieu et 30 (78,9%) ont été détectés au moins une fois dans la zone d'étude entre avril 2011 et février 2012. Les analyses suivantes ne porteront que sur les 30 individus détectés au moins une fois.

La durée de détection réelle de ces 30 individus varie de 1 à 187 jours (médiane de 64 jours) et est supérieure ou égale à 10 jours pour 80% d'entre eux (Figure 8). Leur durée de détection totale varie de 1 à 229 jours (médiane de 153 jours) et est supérieure à 60 jours pour 80% de ces individus (Annexe 1).

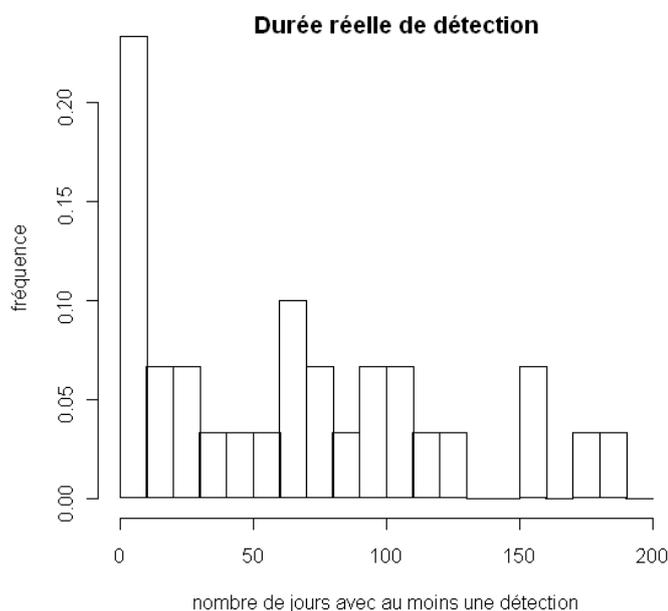


Figure 8 : Distribution de la durée réelle de détection des 30 poissons détectés au moins une fois.

Il y a une corrélation linéaire entre la taille des poissons et les durées réelles et totales de détection ($R^2=0,136$ et $p=0,013$; $R^2=0,1528$ et $p=0,008$ respectivement). Cependant, comme peu d'individus de petite taille ont été détectés (16,7% des individus ont une taille inférieure à 20 cm), cette corrélation n'est plus significative ($p>0,05$) lorsque seuls les 30 individus détectés au moins une fois sont pris en compte.

Sur ces 30 individus, 14 (46,7%) n'ont été détectés que sur l'hydrophone où ils ont été relâchés et 16 (53,3%) ont été détectés sur au moins deux hydrophones (6 sur 2 hydrophones, 3 sur 3 hydrophones, 6 sur 4 hydrophones et 1 sur 5 hydrophones).

3.1. Caractéristiques des détections

3.1.1. Typologie des déplacements des poissons

Deux groupes ont pu être identifiés à partir du MDS en fonction des hydrophones sur lesquels ils ont été détectés : les individus détectés sur R24 (village de Takara) et les autres (Figure 9A). Deux autres MDS ont donc été réalisés pour chacun de ces deux groupes afin d'analyser plus précisément les ressemblances entre individus sur l'ensemble du réseau acoustique (Figure 9B et 9C). Onze classes ont pu être créées à partir de ces deux MDS lorsque la ressemblance était supérieure à 20% (détections sur les mêmes hydrophones et pendant une durée voisine). En se basant sur le nombre moyen d'heures de détection, les classes peuvent être réparties en deux groupes :

- 6 classes concernent 21 individus (70%) détectés de 135h à 882h en moyenne, et dont 81% sont mûres (taille totale ≥ 24 cm de long).
- 5 classes concernent 9 individus (30%) trop faiblement détectés (de 2h à 69h en moyenne) pour analyser précisément leurs patterns spatio-temporels de déplacement. Seuls 5 de ces individus (55,6%) sont mûres.

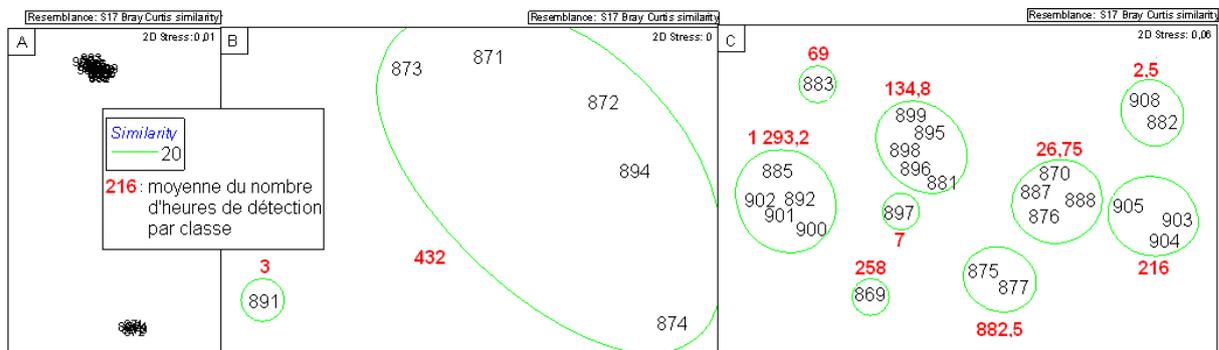


Figure 9 : Résultats des ordinations par graduation multidimensionnelles (MDS). Ensemble des individus (A), individus détectés sur l'hydrophone R24 (B), tous les individus sauf ceux détectés sur R24 (C).

3.1.2. Utilisation du domaine vital

L'utilisation du domaine vital a été étudiée pour les 21 individus les plus détectés. 20 (95,2%) sont détectés à plus de 89% sur un seul hydrophone. Un individu est détecté à 51,2% et 47,7% sur deux hydrophones dont les zones de détection sont éloignées de 0,1 km de distance. Tous ces individus peuvent donc être considérés comme fidèles à un site (un ou deux hydrophones). Pour 15 de ces individus (71,4%), l'hydrophone de fidélité correspond à l'hydrophone où ils ont été relâchés. L'hydrophone de fidélité des 6 autres individus est situé à proximité de l'hydrophone où ils ont été relâchés (0,8 km maximum).

Les six classes de la typologie sont composées d'un à cinq individus fidèles à un même hydrophone. Les six hydrophones de fidélité sont répartis dans les trois villages, au niveau des AMPs et des zones non protégées, sur le platier et dans le lagon (Figure 11).

Comportement de fidélité :

Quinze des 21 individus fidèles (71,4%) sont détectés sur leur hydrophone de fidélité plus d'un jour sur deux. La durée réelle passée sur les hydrophones de fidélité est comprise entre 24h et 3 364h, avec une médiane de 242h (soit de 1 jour à 140 jours, médiane : 10 jours). Cette durée représente moins de 16% de leur durée totale de détection pour 76,2% de ces individus, et moins de 50% pour 90,5% d'entre eux (Figure 10, Tableau 1).

Plus particulièrement, cinq individus (23,8%) sont détectés plus de 25% de leur période de suivi sur leur hydrophone de fidélité. Deux de ces individus (appartenant à la classe R10) ont été présents sur leur hydrophone de fidélité 97,8 et 100% des jours et 68,5 et 75% de la durée réelle.

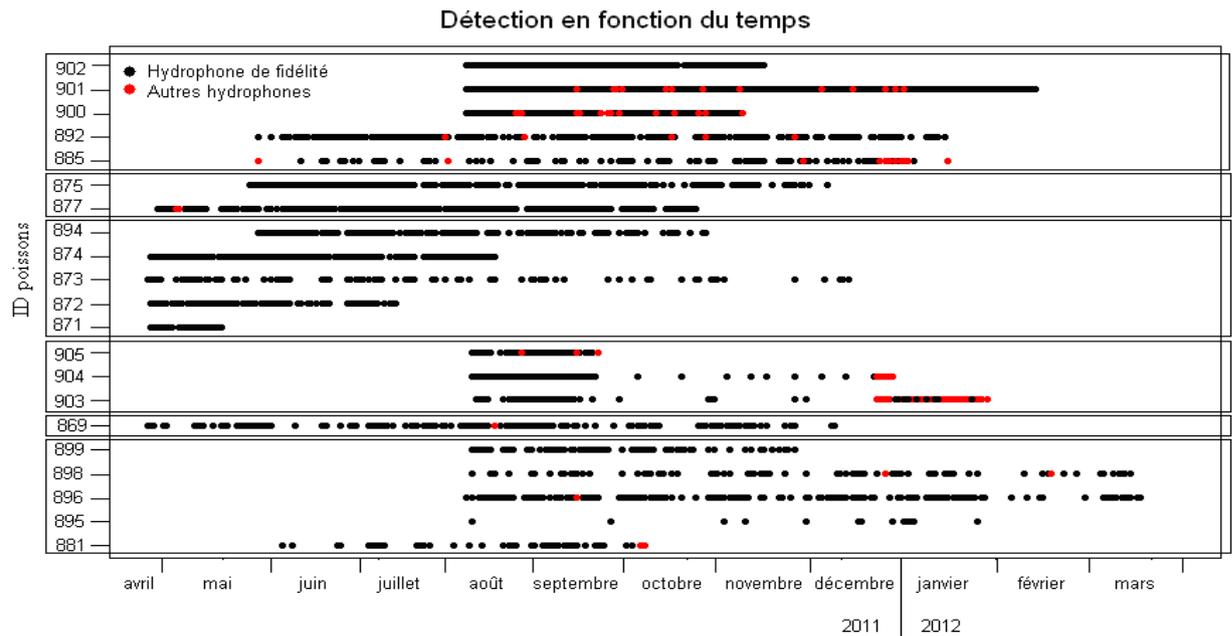


Figure 10 : Détection en fonction du temps pour les 21 individus présentant un pattern de fidélité. Les six classes de la typologie sont représentées (cf. Figure 11).

Tableau 1 : Pourcentage de détection sur l'hydrophone de fidélité. Durée réelle (en heure) : nombre d'heures cumulé de détection sur l'hydrophone de fidélité. Durée (en %) : durée réelle (en heure) / durée totale de détection. Durée réelle (en jour) : nombre cumulé de jours avec au moins une détection sur l'hydrophone de fidélité. Fréquence : durée réelle (en jour) / durée totale de détection.

Classes	ID poisson	Durée réelle (en heure)	Durée (en %)	Durée réelle (en jour)	Fréquence (en %)
R03	905	96	9,5	37	88,1
	904	242	7,3	54	39,1
	903	146	3,6	45	26,6
R08	896	318	6,3	130	61,9
	899	113	4,4	62	57,4
	898	99	2,0	72	35,0
	881	72	1,9	42	26,4
	895	34	0,6	13	80
R10	885	228	4,4	81	37,2
	901	3 364	75,0	187	100
	900	1 495	68,5	89	97,8
	902	779	33,1	97	99,0
	892	532	9,8	172	76,1
R13	869	257	4,8	119	52,9
R14	875	1 127	26,4	155	87,1
	877	614	12,1	154	73,0
R24	874	1 284	47,3	106	93,8
	871	91	15,8	23	95,8
	872	224	11,5	65	80,2
	894	400	11,3	107	72,8
	873	154	2,8	78	34,1

Comportements dispersifs :

Douze des 21 individus fidèles (57,1%) sont détectés sur plusieurs hydrophones et ont donc réalisé des excursions à partir de leur site de fidélité. Si les sites de fidélité ne se chevauchent pas entre les six classes d'individus, les hydrophones de détection visités au cours de ces excursions peuvent être communs entre les classes (Figure 11).

Moyenne du nombre d'heures de détection par récepteur pour les 6 classes de fidélité

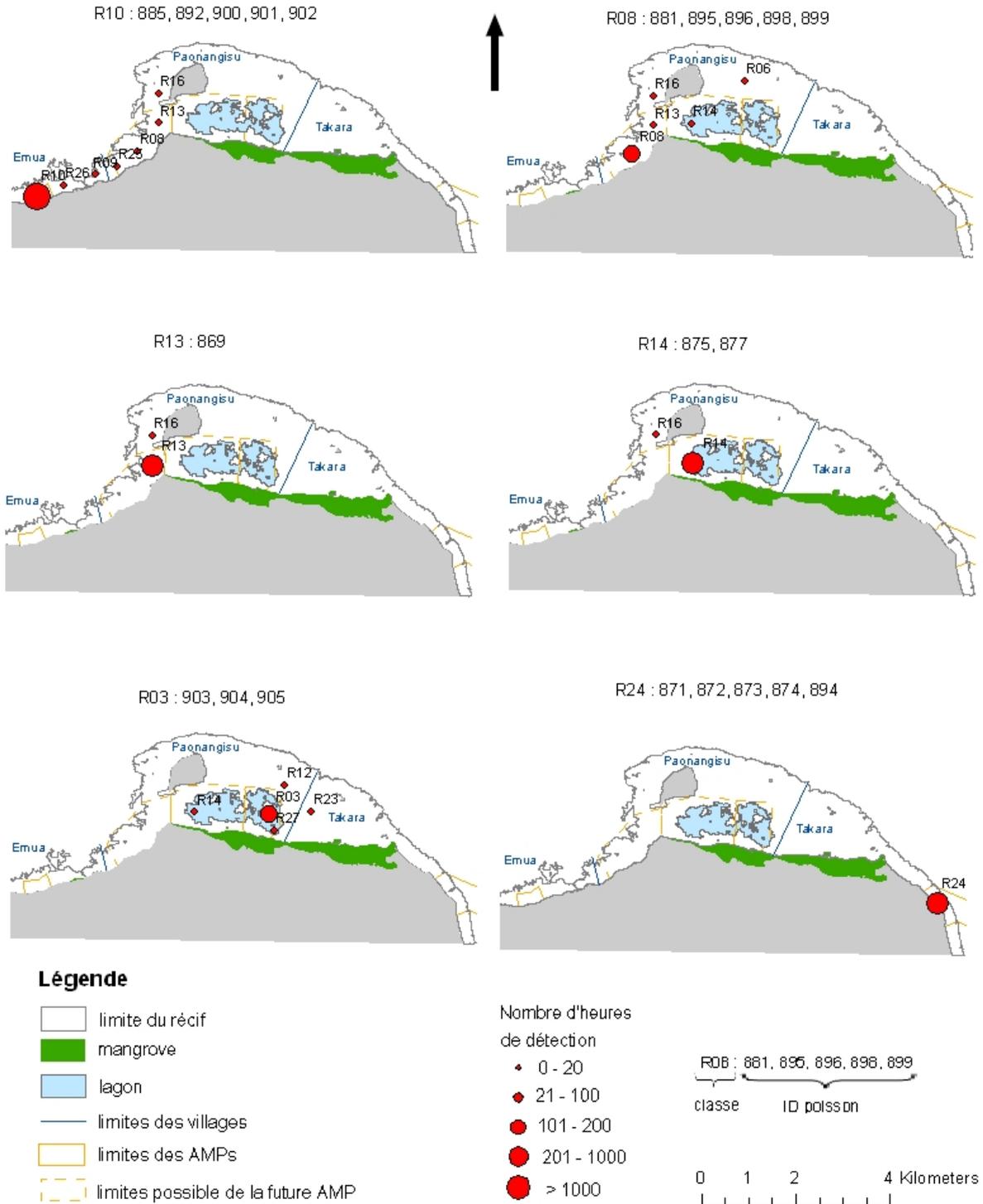


Figure 11 : Moyenne du nombre d'heures de détection par hydrophone pour les six classes composées d'individus fidèles.

- Étendue linéaire des domaines vitaux

L'étendue linéaire des domaines vitaux a pu être mesurée pour ces 12 individus répartis dans cinq classes. Elle est comprise entre 0,1 et 3,5 km et est inférieure à 2,5 km pour 75% d'entre eux (Figure 12, Annexe 2). La classe de fidélité R10 (Emua) se distingue des autres classes par une étendue linéaire très élevée (médiane : 3,2 km, 1 km maximum pour les autres classes).

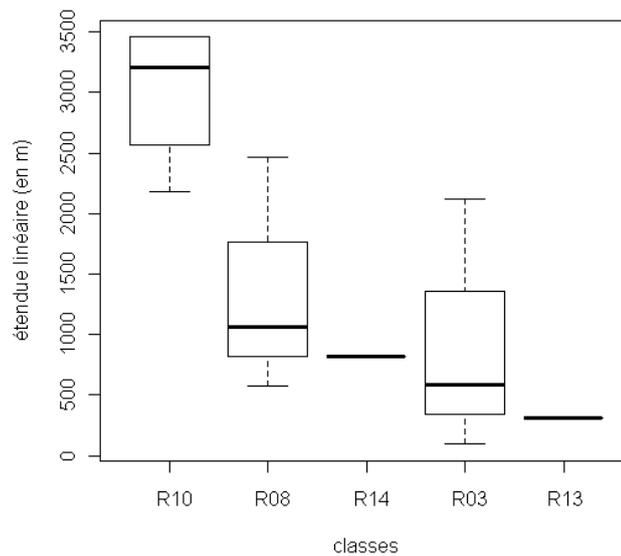


Figure 12 : Étendue linéaire des domaines vitaux des 21 individus fidèles. Les boîtes représentent 50% des valeurs, les traits en pointillés s'étendent pour que 90% des valeurs soient représentées et les traits épais représentent la médiane

- Excursions

Cinquante-sept excursions ont été formellement détectées pour ces 12 individus. Les caractéristiques des excursions sont très variables : la durée (entre 2 heures 18 minutes et 6 jours, voire de 10 à 12 jours pour 2 excursions et 29 jours pour une excursion) et la fréquence (entre 1 et 5 excursions par mois), le nombre de déplacements au cours d'une excursion (entre 2 et 6) et la distance parcourue par excursion (entre 0,1 et 6,9 km, médiane : 2,5 km) (Figure 13). On remarque que 63,2% des excursions enregistrées ont duré moins de 24 heures, et 94,6% moins de 6 jours.

Les distances minimum parcourues varient de 0,6 à 25,9 km par mois (médiane : 2,4 km), soit de 1 à 9 km pour 66,7% d'entre eux (Annexe 2).

La variabilité intraclasse apparaît aussi élevée que la variabilité interclasse au niveau du nombre et de la durée des excursions (facteur de 2,6 à 4 et de 2,8 à 5,8 respectivement). En particulier, les distances parcourues par excursion par les individus de la classe R10 apparaissent significativement plus élevées que pour les autres individus (Test de Mann-Whitney, $p=9,9.10^{-9}$).

La durée et la distance des excursions sont corrélées négativement (Corrélation de Spearman, $p=1,4.10^{-3}$) en raison des déplacements extrêmes de quatre poissons de la classe R10. La corrélation n'est plus significative (Corrélation de Spearman, $p=0,32$) si on retire ces déplacements de l'analyse.

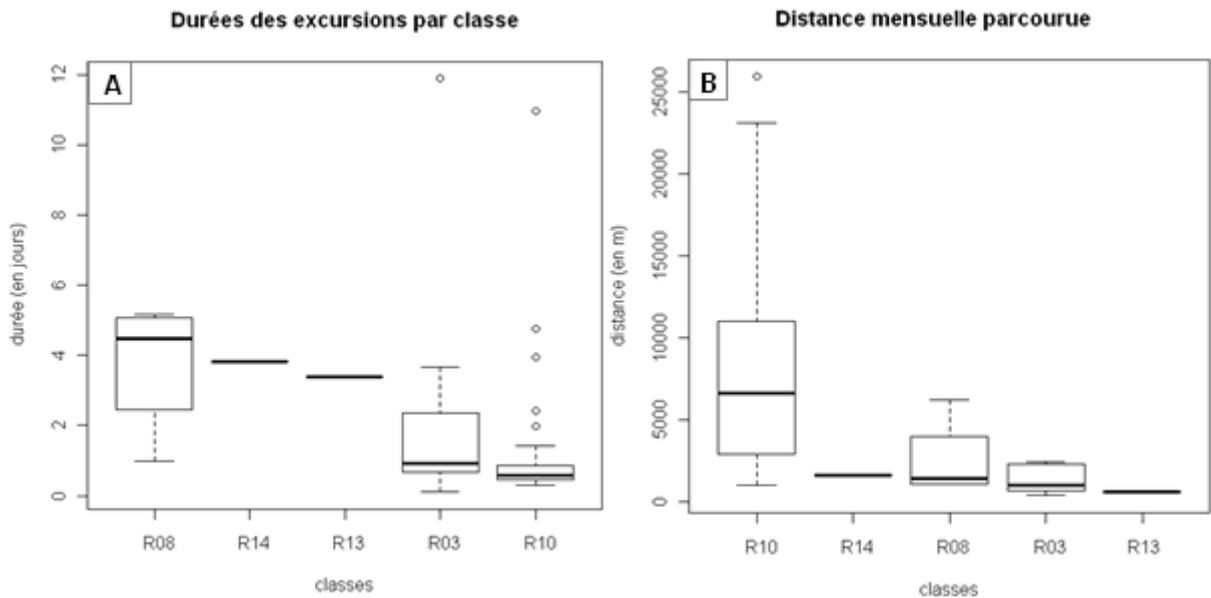


Figure 13 : Durées des excursions (l'excursion de 29 jours, réalisée par l'individu 903 de la classe R03, a été retiré du graphique) (A) et distances parcourues par mois (B). Les boîtes représentent 50% des valeurs, les traits en pointillés s'étendent pour que 90% des valeurs soient représentées et les traits épais représentent la médiane

Dix-sept déplacements entre récepteurs ont été enregistrés à une vitesse supérieure à 1 km.h^{-1} (de $1,1$ à $1,7 \text{ km.h}^{-1}$). Ces déplacements ont été réalisés sur une distance de $0,5$ à $3,3 \text{ km}$ ($1,4$ et $1,5 \text{ km.h}^{-1}$ respectivement).

- Périodes de non détection sur les sites de fidélité

Les durées cumulées des périodes de non détection sur le site de fidélité représentent 25% à 94% de la durée totale de détection (en heure) des 21 individus fidèles.

Au total, 4 238 périodes de non détection ont été enregistrées pour ces individus. Ces périodes ont une durée comprise entre 1 heure et 45 jours consécutifs (médiane : 4,3 h). La quasi-totalité de ces périodes (98,3%) ont une durée de moins de 6 jours, 87,5% durent moins de 24 heures et 32,3% ont une durée inférieure à 2 heures (Figure 14A).

On remarque que les distributions des durées des périodes de non détection et des excursions sont similaires (Figure 14). Toutefois, 30% des périodes de non détection ont une durée inférieure à 2h alors qu'aucune excursion de moins de 2h n'a été enregistrée. Si on considère

les périodes de non détection de plus de 2h comme des probables excursions, les 57 excursions détectés au total ne représenteraient que 2% du nombre de périodes de non détection sur les hydrophones de fidélité (n=2870). Comme les 21 individus fidèles présentent 12 à 301 périodes de non détection de plus de 2 heures (médiane : 114), entre 0 à 8,8% de leurs excursions (médiane : 0,53%) auraient alors été enregistrées (Annexe 3).

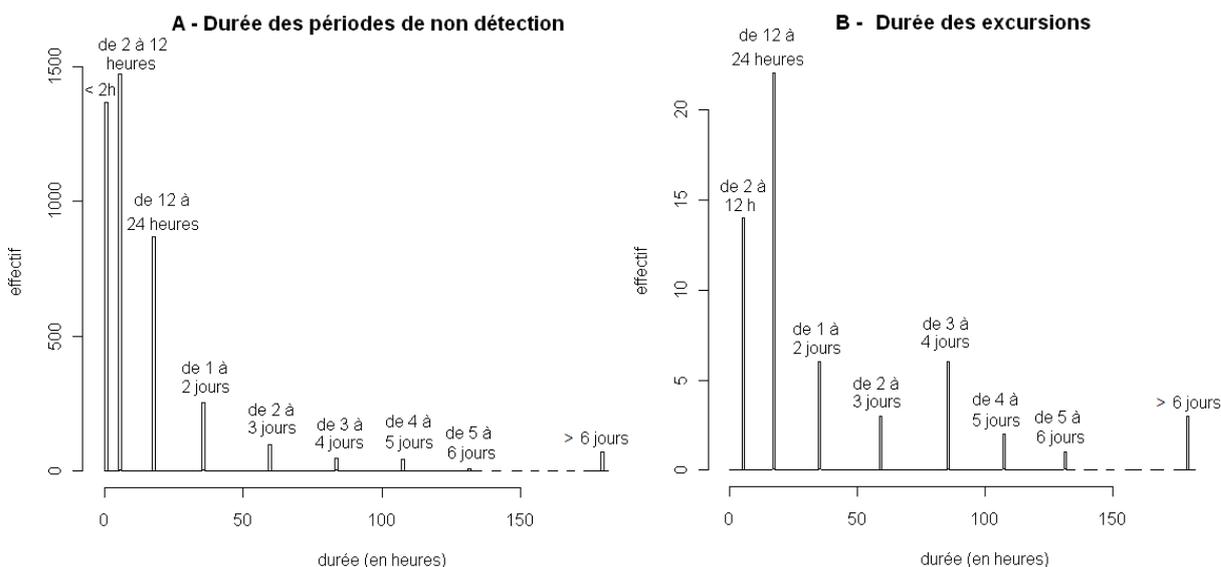


Figure 14 : Durée des périodes de non détection (A) et des excursions (B) pour les individus présentant un comportement de fidélité. Noter la différence d'échelle entre les deux histogrammes.

Il n'y a pas de différences significatives entre les six classes de poissons fidèles si l'on considère la durée de présence sur l'hydrophone de fidélité ainsi que le nombre et la durée des périodes de non détection (ANOSIM, $p=0,147$).

- Comportement dispersif des individus peu détectés

Parmi les neuf individus trop faiblement détectés pour qu'un pattern de déplacement y soit associé, 4 (44,4%) sont détectés sur au moins deux hydrophones. Ces individus ont parcouru de 0,2 à 3 km par mois sur une étendue linéaire de 0,2 à 1,3 km (Annexe 2). En particulier, l'un de ces individus a effectué 8 allers-retours d'un côté à l'autre du lagon de Paonangisu (1,2 km de distance entre les zones de détection des deux hydrophones situés à chaque extrémité du lagon).

Il n'y a pas de corrélation significative entre la taille des individus et l'étendue linéaire de leur domaine vital ($p=0,57$).

3.2. Influence du rythme jour/nuit et de la marée

Les détections au niveau de la majorité des hydrophones sont similaires le jour et la nuit et sont plus élevées à marée intermédiaire qu'à marée haute ou à marée basse. On remarque cependant que trois hydrophones (R14 et R03, localisés dans le lagon, et R13) ont détecté des individus principalement la nuit (plus de 77% des détections). L'hydrophone R08 a quant à lui été principalement visité à marée basse (49,3%) et très peu à marée haute (8,1%). Le faible nombre d'excursions enregistré par individu ne permet pas de savoir si ces dernières sont liées à la marée et/ou au rythme nyctéméral.

3.3. Déplacements hors des réserves et entre les villages

3.3.1. Traversées des frontières des réserves marines

Douze des 16 individus pour lesquels des déplacements ont été enregistrés (75%) ont traversé au moins une fois la frontière d'une réserve. Les quatre individus de la classe R10 (réserve d'Emua) pour lesquels des déplacements ont été enregistrés sont sortis 5 à 13 fois de la réserve, pour aller 1 à 8 fois jusqu'au projet P1 de la future AMP de Paonangisu. Quatre individus dont 2 appartenant à la classe R08 sortent 1 à 2 fois de P1 vers une zone non protégée et une fois en direction de P2. Deux individus détectés majoritairement dans P2 en sortent 1 à 3 fois. Deux des 3 individus de la classe R03 sortent chacun 3 fois de P3 vers une zone non protégée. Aucun déplacement de la réserve de Takara vers une zone non protégée n'a été enregistré.

3.3.2. Déplacements entre les villages

L'analyse des déplacements montre que 9 des 16 individus pour lesquels des déplacements ont été enregistrés (56,3%) ont avec certitude traversé la frontière d'un village. Les observations montrent par ailleurs que ces déplacements ont été effectués dans des directions particulières. Deux poissons fidèles à un site dans le village de Paonangisu (classe R03) se déplacent vers le village de Takara (3,8 et 16,7% de leurs déplacements) et 7 poissons fidèles à un site dans le village d'Emua se déplacent vers le village de Paonangisu (de 25 à 50% de leurs déplacements). Parmi ces 7 individus, 4 appartiennent à la classe R10. Aucun individu fidèle à un site de Paonangisu n'a été détecté dans le village d'Emua, et aucun individu fidèle à un site de Takara n'a été détecté dans le village de Paonangisu.

4. DISCUSSION

Sur les 38 poissons marqués, 30 ont été détectés au moins une fois dans la zone d'étude. Les poissons de petite taille ont été peu voire pas du tout détectés après leur relâché dans le milieu. La manipulation de ces individus lors de la mise en place des marques a pu les fragiliser. Il est aussi possible que la mortalité de ces individus soit naturelle, que la marque soit tombée en panne ou que ces individus se soient déplacés à l'extérieur du réseau acoustique (Meyer *et al.* 2010).

Les 30 individus détectés au moins une fois sont réparties dans onze classes en fonction de leur durée réelle de détection (en heure) et des hydrophones sur lesquels ils ont été détectés. Ces classes peuvent être séparées en deux groupes en fonction des durées réelles de détection. Le premier, formé de cinq classes, est composé de neuf individus (30%), dont cinq mâtures (≥ 24 cm), trop faiblement détectés pour analyser précisément leurs patterns spatio-temporels de déplacement. Le second, formé de six classes, contient 21 individus (70%), dont 17 mâtures, présentant tous un comportement de fidélité.

4.1. Utilisation du domaine vital

4.1.1. Une ressource sédentaire

Tous les individus détectés plus de 80 heures ont présenté un comportement de fidélité durant leur période de suivi. Ils sont en effet détectés à plus de 89% sur un seul hydrophone (deux pour un individu). Ce type de comportement est fréquent chez les poissons récifaux (Alos *et al* 2012, Marshall *et al* 2011, Mason & Lowe 2010, Pastor *et al* 2009, Bellquist *et al* 2008, Chateau 2008, Zeller 1997, Holland *et al* 1996), comme chez les Lethrinidés (Grober-Dunsmore non publié) et a déjà été démontré pour *Lethrinus harak* (Nanami & Yamada 2009). Le rythme jour/nuit n'a pas la même influence sur tous les individus et sur toute la zone d'étude, il semblerait donc que des individus d'une même espèce peuvent avoir une zone de fidélité pour différentes activités (zone d'alimentation, refuge). Les études réalisées par Nanami & Yamada (2009) mais aussi par Grober-Dunsmore *et al* (non publié) mettent ainsi en évidence une fidélité importante au site la journée pour des Lethrinidés qui ont un comportement trophique le jour, et des brèves excursions la nuit.

Chaque classe est formée d'au moins deux individus de taille similaire, des individus de même taille peuvent donc cohabiter au sein d'une même zone de fidélité, ce qui est contraire

aux observations de Nanami & Yamada (2009), qui montrent que des individus de même taille ont entre eux un comportement agonistique et un domaine vital bien séparé.

Les six classes de fidélité sont composées d'un à cinq individus. Les individus d'une même classe n'ont pas tous été relâchés au même endroit, et auraient donc été prélevés sur leur site de fidélité ou pendant un de leurs déplacements. L'existence de ces zones de fidélité (un ou deux hydrophones rapprochés) spécifiques à chaque classe, situées dans les trois villages, aussi bien dans les AMPs que dans des zones non protégées et dans différents habitats (platier, cuvettes, lagon), révèle l'établissement d'un domaine vital stable sur la période d'étude (individus résidents) et une segmentation de la population de bossus à l'échelle de la zone d'étude. Il est probable que les individus peu détectés aient aussi un comportement de fidélité mais que leur site de fidélité soit situé en dehors du réseau acoustique de notre étude et que seuls quelques uns de leurs déplacements aient pu être enregistrés.

Même si les individus fidèles sont détectés régulièrement sur leur hydrophone de fidélité (plus d'un jour sur deux pour 71,4% d'entre eux), ils ne passeraient pas la majeure partie de leur temps sur ce site (moins de 16% de la durée totale pour 76,2% des individus). Seuls deux individus, fidèles à l'AMP d'Emua, y sont détectés plus de 68% de leur durée totale de détection (en heure). La zone de fidélité correspond alors à une zone stable à partir de laquelle les poissons peuvent se déplacer fréquemment. Cette zone de refuge et/ou d'alimentation appelée « core areas », est généralement définie comme la zone dans laquelle les individus passent au moins 50% de leur temps. L'existence d'une ou plusieurs « core areas » de faible superficie a été démontrée chez de nombreuses espèces de poissons coralliens (Alos *et al.* 2012, Marshall *et al.* 2011, Topping & Szedlmayer 2011, Welsh & Belwood 2011, Mason & Lowe 2010, Pastor *et al.* 2009, Meyer *et al.* 2007 (a et b), Heupel *et al.* 2004, Parsons *et al.* 2003, Zeller 1997) et démontre une utilisation non uniforme du domaine vital.

4.1.2. Déplacements hors de la zone de fidélité

Comme Nanami & Yamada (2009) l'ont déjà mis en évidence chez cette espèce pour des individus de tailles différentes, les domaines vitaux de *Lethrinus harak* peuvent se chevaucher (Figure 15).

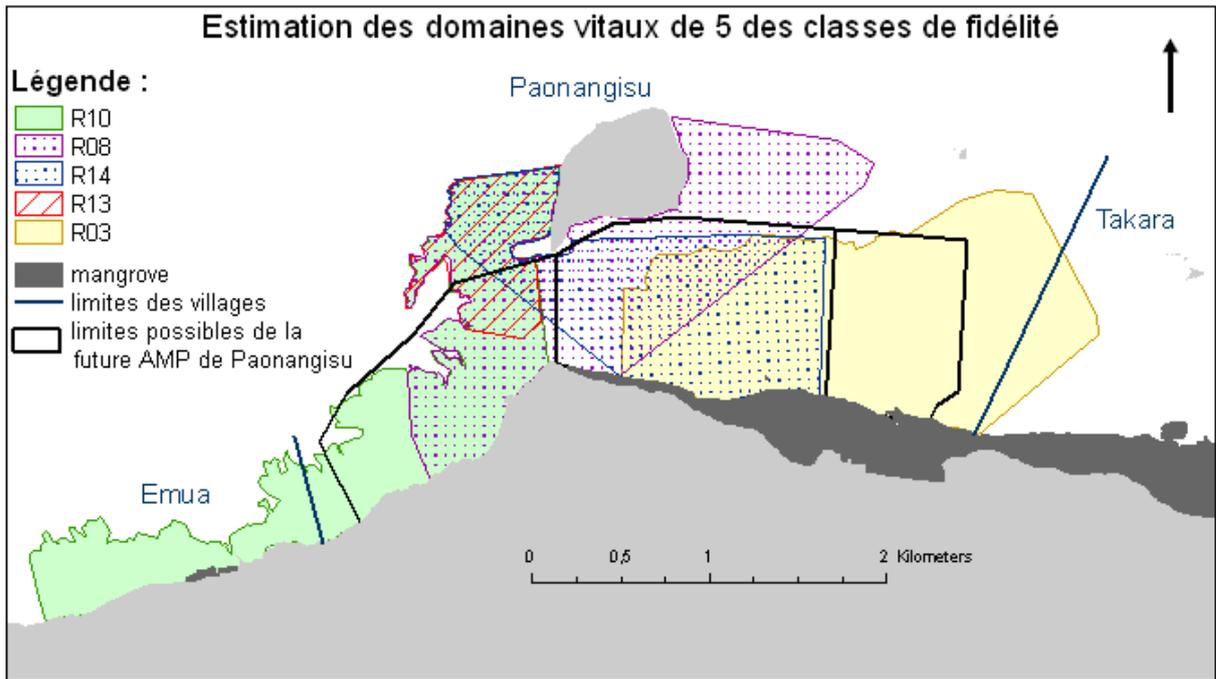


Figure 15 : Estimation des domaines vitaux de cinq des classes de fidélité. Cette estimation n'a pas été réalisée pour la classe R24 car aucun déplacement n'a été enregistré pour les individus de cette classe.

L'étendue linéaire estimée du domaine vital est comprise entre 0,1 et 2,5 km pour 81,3% des individus, et peut atteindre 3,5 km. Cette dimension, qui est directement dépendante de la disposition des hydrophones, peut être sous-estimée par la méthode de calcul (distance linéaire minimale entre les zones de détection). En effet, lorsqu'un individu est détecté par un hydrophone, il peut se trouver n'importe où dans sa zone de détection.

Même si quelques études dont une sur *Lethrinus harak* (Nanami & Yamada 2009) ont mis en évidence une corrélation positive entre la taille des individus et la taille du domaine vital (Marshall *et al* 2011, Topping & Szedlmayer 2011), cette corrélation n'est pas toujours vérifiée (Alfonso *et al* 2011, Bellquist *et al* 2007). Dans notre étude, cette corrélation n'est pas significative mais ceci peut être du au faible nombre d'individus pour lesquels des étendues linéaires ont pu être calculées (n=16) ainsi qu'à la faible proportion d'individus de petite taille.

Dans leur domaine vital, les individus peuvent parcourir un minimum de 0,2 à 25,9 km par mois (de 0,9 à 9 km par mois pour 68,8% d'entre eux) en se déplaçant jusqu'à 1,7 km.h⁻¹. Les données des étendues linéaires des domaines vitaux et des déplacements (distance parcourue par mois et vitesses de déplacement) calculés pour *Lethrinus harak* sont de même ordre de grandeur que celles calculées pour d'autres poissons récifaux (Grober-Dunsmore *et al* non

publié, Mason & Lowe 2010, Meyer *et al* 2010, Chateau & Wantiez 2009, Chateau & Wantiez 2007, Meyer *et al* 2007(a et b), Holland *et al* 1996).

Six excursions maximum par mois ont été enregistrées par individu fidèle. Ces excursions, qui ne semblent liées ni à la marée, ni au rythme jour/nuit, ne sont probablement pas liées à la reproduction de l'espèce puisqu'elles interviennent tout au long de l'année. Elles peuvent correspondre à des mouvements exploratoires car certains hydrophones ne sont visités qu'une seule fois, mais n'ont pas donné lieu à des relocalisations de domaine vital. Elles peuvent aussi être liées à un comportement trophique.

Lors des périodes de non détection, l'individu peut se trouver n'importe où, hors des zones de détection des hydrophones mais aussi à l'intérieur de ces dernières, par exemple caché par un récif. Cependant, plus la durée de non détection est longue, plus la probabilité qu'un poisson soit dans la zone de détection est faible. Comme aucune excursion de moins de 2 heures n'a été enregistrée, les nombreuses courtes périodes de non détection sur l'hydrophone de fidélité, enregistrées pour l'ensemble des individus fidèles, correspondent vraisemblablement à des déplacements de proximité autour de l'hydrophone de fidélité. Ces périodes de non détection s'expliquent notamment par la surface de la zone de détection des hydrophones (souvent faible). Cela suggère que la surface de détection de l'hydrophone de fidélité sous-estime plus ou moins l'étendue réelle du site de fidélité ou « core area ». Cette sous-estimation est notamment mise en évidence par l'identification d'une zone de fidélité composée de deux hydrophones dont les zones de détection sont très proches pour un des individus fidèles.

Un faible nombre d'excursions a été enregistré par individu et pour seulement 57,1% des 21 individus fidèles. Cependant, si on considère les périodes de non détection de plus de 2h comme des probables excursions, seules 0 à 8,8% des excursions auraient alors été enregistrées par individu. Les 21 individus fidèles effectueraient donc tous des déplacements beaucoup plus réguliers à l'extérieur de leur zone de fidélité que ne l'estiment les excursions détectées. Cela renforce le fait de considérer les excursions (et donc leur fréquence, leur durée et leur lieu) comme partie intégrante du comportement de fidélité. Cette mobilité estimée présente néanmoins une forte variabilité interindividuelle, quel que soit la zone de fidélité. L'habitat ne peut donc pas expliquer à lui seul cette différence de comportement.

4.2. Utilisation du domaine vital en fonction de l'habitat

Même si les individus de toutes les classes utilisent leur domaine vital de façon similaire (temps de présence sur et hors du site de fidélité), les individus fidèles à l'AMP d'Emua se distinguent des autres individus par une étendue linéaire du domaine vital plus élevée. Cette différence peut s'expliquer par la forme du platier récifal, linéaire et étroit au niveau des villages d'Emua et de Takara et large au niveau du village de Paonangisu (respectivement 0,6, 0,3 et 2 km de large maximum). La morphologie du récif contraindrait donc les individus d'Emua et de Takara à parcourir de longues distances dans une seule direction pour fréquenter d'autres zones sur cet habitat, contrairement aux individus de Paonangisu, qui peuvent se déplacer dans un plus grand nombre de directions. Afin de mieux comprendre comment *Lethrinus harak* utilise son domaine vital et pour quelles activités (alimentation, refuge), il serait nécessaire d'analyser plus précisément les habitats utilisés mais aussi de suivre ces individus par une méthode de suivi actif.

4.3. Gestion des ressources

4.3.1. Efficacité des réserves marines des villages d'Emua et de Takara

Même si les cinq individus fidèles à l'AMP d'Emua sont détectés régulièrement dans cette réserve de 0,2 km², leurs nombreuses et fréquentes excursions (jusqu'à 5 excursions par mois), parfois à des distances élevées de cette réserve, les rend vulnérables à la pêche. En effet, seuls deux de ces individus sont réellement détectés plus de la moitié du suivi au niveau de l'hydrophone situé dans la réserve.

La faible densité d'hydrophones dans le village de Takara n'a pas permis d'enregistrer de déplacements pour les individus fidèles à l'AMP de ce village. Comme ces individus sont détectés moins de 50% de leur temps sur l'hydrophone situé dans cette réserve, ils sont néanmoins très probablement sortis de la zone de détection de leur hydrophone de fidélité. De plus, comme le récif au niveau de cette réserve est aussi étroit qu'à Emua, on peut supposer que ces individus aient effectués le même type de déplacements sur de longues distances, et donc qu'ils soient sortis de la réserve.

4.3.2. Cas de la réserve marine de Paonangisu

Trois projets ont été envisagés pour l'emplacement de la future AMP de Paonangisu. Le projet P3 est principalement formé du lagon. Les individus fidèles à cette zone y sont peu détectés le jour et en sortent régulièrement car ils doivent dépendre des ressources présentes

sur le platier. De plus, aucun autre individu n'est détecté dans cette zone. Les projets P1 et P2 sont formés d'habitats plus variés et les individus fidèles à ces zones en sortent moins souvent que pour le projet P3. De plus, cette zone est régulièrement visitée par des individus fidèles à d'autres zones, notamment ceux d'Emua. Enfin, l'emplacement d'un des hydrophones du projet P1 représente un abri à marée basse. La mise en réserve du projet P1, voire des projets P1 et P2, permettrait de protéger un grand nombre d'individus du village de Paonangisu, et apporterait une protection supplémentaire aux individus d'Emua. Comme l'étendue linéaire du domaine vital des individus du village de Paonangisu est de 1 km maximum (médiane par classe), une réserve de 1 km de long semble suffisante pour protéger cette espèce de la pêche.

4.3.3. Gestion à l'échelle inter-villages

Les longs déplacements linéaires des individus fidèles à l'AMP du village d'Emua témoignent de la continuité des aires de déplacements le long du récif frangeant, à travers les frontières de l'AMP et de ce village vers l'est. Alors que ces individus sont régulièrement détectés dans le village de Paonangisu, aucun déplacement n'a été enregistré dans le sens inverse (Paonangisu/Emua). Le village d'Emua apparaît ainsi fortement connecté à celui de Paonangisu, suggérant de coordonner les dispositifs de gestion de ces deux villages.

Peu de déplacements ont été enregistrés du village de Paonangisu vers Takara, et ces derniers se sont fait à la limite entre les deux villages. Aucun déplacement n'a été enregistré dans le sens inverse (Takara/Paonangisu). La disposition des hydrophones ne permet pas de démontrer de connexion entre ces deux villages.

4.4. Apports et limites de la télémétrie acoustique

Cette étude confirme que la télémétrie acoustique est un outil efficace pour l'aide à la conception et à l'évaluation des réserves marines, grâce à l'identification de la taille et de l'utilisation des domaines vitaux des individus suivis. Cependant, la disposition des hydrophones, dont les zones de détection ne sont pas jointives et ne recouvrent que 6% de la surface de la zone d'étude, engendre un nombre élevé de périodes de non détection. Avec un réseau plus dense, ce nombre serait nettement moins élevé et il serait possible de savoir avec plus de précisions où se trouvent les individus pendant toute la période de suivi. Cette étude pourrait aussi être complétée par du suivi actif afin de connaître plus précisément le type d'habitat visité par les individus (échelle de détection plus fine qu'avec du suivi passif).

5. CONCLUSION

Un comportement de fidélité a pu être mis en évidence pour les 21 individus les plus détectés. L'existence de ces zones de fidélité, spécifiques à chaque classe, situées dans les trois villages, aussi bien dans les AMPs que dans des zones non protégées et dans différents habitats (platier, cuvettes, lagon), révèle l'établissement d'un domaine vital stable sur la période d'étude et une segmentation de la population de bossus à l'échelle de la zone d'étude. Ces individus sont régulièrement détectés au niveau de leur zone de fidélité ou « core area » dont le rôle est variable (refuge, alimentation). A partir de leur site de fidélité, tous ces individus effectuent des excursions dans leur domaine vital, dont l'étendue linéaire est comprise entre 0,1 et 2,5 km pour 70% des individus et peut atteindre 3,5 km. Les domaines vitaux des individus de mêmes tailles ou de tailles différentes, composés d'une zone de fidélité et d'une zone de déplacement, peuvent se chevaucher.

La morphologie du platier récifal, étroit au niveau des villages d'Emua et de Takara et large au niveau du village de Paonangisu, contraint les individus d'Emua et de Takara à se déplacer sur de longues distances en ligne droite pour rester sur le platier, contrairement aux individus de Paonangisu. La survie des individus d'Emua dépend des activités de pêche du village de Paonangisu, dans lequel ils sont régulièrement détectés. Même si aucun individu de Paonangisu n'est détecté à Emua, ces deux villages sont connectés et devraient coordonner leurs dispositifs de gestion. Aucun déplacement n'a été enregistré pour les individus fidèles à l'AMP de Takara, mais la morphologie du récif suggère qu'ils soient sortis de la réserve. La mise en réserve du projet P1, qui a un rôle d'abri à marée basse, voire des projets P1 et P2, permettrait de protéger un grand nombre d'individus du village de Paonangisu, et apporterait une protection supplémentaire aux individus d'Emua. Cette zone paraît un emplacement plus satisfaisant que le projet P3, principalement constitué du lagon et dont les individus fidèles doivent sortir régulièrement pour accéder aux ressources du platier.

La télémétrie acoustique est un outil efficace pour délimiter les domaines vitaux des individus et comprendre comment ils utilisent cet espace. Cependant, un réseau d'hydrophones non jointif engendre de nombreuses périodes de non détection où il est impossible de situer les individus. Cette méthode gagnerait donc à être couplée à du suivi actif ou renouvelée avec un réseau plus dense. Afin de connaître plus précisément l'efficacité de ces réserves, il serait aussi intéressant de renouveler cette étude sur d'autres espèces (poissons et invertébrés), compte tenu du caractère multi spécifique des pêcheries récifales et de leur gestion.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Alcala A.C. & Russ G.R. 2006. No-take marine reserves and reef fisheries management in the Philippines : A new people power revolution. *AMBIO: A journal of the Human Environment* **35**: 245-254.
- Alcala A.C. & Russ G.R. 1990. A direct test of the effects of protective management on abundance and yield of tropical marine resources. *ICES Journal of Marine Science* **47**: 40-47.
- Alfonso P., Fontes J. & Santos R.S. 2011. Small marine reserves can offer long term protection to an endangered fish. *Biological Conservation* **144**: 2739-2744.
- Alos J., Cabanellas-Reboredo M. & March D. 2012. Spatial and temporal patterns in the movement of adult two-banded sea bream *Diplodus vulgaris* (Saint-Hilaire, 1817). *Fisheries Research* **115-116**: 82-88.
- Alos J., March D., Palmer M., Grau A. & Morales-Nin B. 2011. Spatial and temporal patterns in *Serranus cabrilla* habitat use in the NW Mediterranean revealed by acoustic telemetry. *Marine Ecology-Progress Series* **427**: 173-186.
- Amos M. 2007. Vanuatu fishery resource profiles. Pacific Regional Environment Programme, Apia, Samo.
- Aswani S. & Hamilton R. 2004. The value of many small vs. few large marine protected areas in the Western Solomon Islands. *SPC Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin* **16**: 3-14.
- Aswani S. & Lauer M. 2006. Incorporating fishermen's local knowledge and behavior into geographical information systems (SIG) for designing marine protected areas in Oceania. *Human organization* **65**: 81-102.
- Bartlett C.Y., Maltali T., Petro G. & Valentine P. 2010. Policy implications of protected area discourse in the Pacific islands. *Marine Policy* **34**: 99-104.
- Bartlett C.Y., Pakoa K. & Manua C. 2009. Marine reserve phenomenon in the Pacific islands. *Marine Policy* **33**: 673-678.
- Basset D. & Montgomery J. 2011. Home range use and movement patterns of the yellow moray eel *Gymnothorax prasinus*. *Journal of Fish Biology* **79**: 520-525.
- Bellquist L.F., Lowe C.G. & Caselle J.E. 2007. Fine-scale movement patterns, site fidelity, and habitat selection of ocean whitefish (*Caulolatilus princeps*). *Fisheries Research* **91**: 325-335.
- Bellwood D.R., Hughes T.P., Folke C. & Nyström M. 2004. Confronting the coral reef crisis. *Nature* **429**: 827-833.
- Bolden S.K. 2001. Using ultrasonic telemetry to determine home range of a coral reef fish in Sibert J. R. & Nielsen J. L. eds Electronic tagging and tracking in marine fisheries. *Kluwer* The Netherlands, pp 167-188. ISBN 978-1-4020-0125-3.
- Carpenter K.E. & Allen G.R. 1989. *Lethrinus harak* in FAO Fisheries synopsis N° 125, volume 9. Food and agriculture organization of the united nations, Rome. ISBN 92-5-102889-3
- Chapman M.R. & Kramer D.L. 2000. Movements of fishes within and among fringing coral reefs in Barbados. *Environmental Biology of Fishes* **57**: 11-24.
- Chateau O. 2008. Activité et typologie des déplacements de poissons coralliens dans un habitat fragmenté : application aux réserves marines de Nouvelle-Calédonie. Thèse de Doctorat, Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, 191p.
- Chateau O. & Wantiez L. 2009. Movement patterns of four coral reef fish species in a fragmented habitat in New Caledonia : implications for the design of marine protected area networks. *ICES Journal of Marine Science* **66**: 50-55.
- Chateau O. & Wantiez L. 2007. Site fidelity and activity patterns of a humphead wrasse, *Cheilinus undulatus* (Labridae), as determined by acoustic telemetry. *Environmental Biology of Fishes* **80**: 503-508.
- Claisse J.T., Clark T.B., Schumacher B.D., McTee S.A., Bushnell M.E., Callan C.K., Laidley C.W. & Parrish J.D. 2011. Conventional tagging and acoustic telemetry of a small surgeonfish, *Zebrasoma flavescens*, in a structurally complex coral reef environment. *Environmental Biology of Fishes* **91**: 185-201.
- Claudet J., Pelletier D., Jouvenel J.-Y., Bachet F. & Galzin R. 2006. Assessing the effects of marine protected area (MPA) on a reef fish assemblage in a northwestern Mediterranean marine reserve : Identifying community-based indicators. *Biological Conservation* **130**: 349-369.
- D'Anna G., Giacalone V.M., Pipitone C. & Badalamenti F. 2011. Movement pattern of white seabream, *Diplodus sargus* (L., 1758) (Osteichthyes, Sparidae) acoustically tracked in an artificial reef area. *Italian Journal of Zoology* **78**(2): 255-263.
- Dumas P., Jimenez H., Léopold M, Petro G. & Jimmy R. 2010. Effectiveness of village-based marine reserves on reef invertebrates in Emau, Vanuatu. *Environmental Conservation* **37**: 364-372.
- Ebisawa A. 2006. Reproductive and sexual characteristics in five *Lethrinus* species in waters off the Ryukyu Islands. *Ichthyological Research* **53**: 269-280.

- Fox R.J. & Bellwood D.R. 2011.** Unconstrained by the clock? Plasticity of diel activity rhythm in a tropical reef fish, *Siganus lineatus*. *Functional Ecology* **25**: 1096-1105.
- Govan H. 2009.** Achieving the potential of locally managed marine areas in the South Pacific. *SPC Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin* **25**: 16-25
- Grober-Dunsmore R., Bonito V., Aalbersberg B. & Team Kabatia non publié.** Findings from acoustic tagging reveal community based MPA in Fiji affords reasonable protection to Lethrinids. *Biological Conservation*.
- Grüss A., Kaplan D.M., Guénette S., Roberts C.M. & Botsford L.W. 2011.** Consequences of adult and juvenil movement for marine protected areas. *Biological Conservation* **144**: 692-702.
- Harmelin J.-G., Bachet F. & Garcia F. 2008.** Mediterranean marine reserves: fish indices as tests of protection efficiency. *Marine Ecology* **16**: 233-250.
- Heupel M.R., Semmens J.M. & Hobday A.J. 2006a.** Automated acoustic tracking of aquatic animals : scales , design and deployment of listening station arrays. *Marine and Freshwater Research* **57**(1): 1-13.
- Heupel M.R., Simpfendorfer C.A., Collins A.B. & Tyminski J.P. 2006.b** Residency and movement patterns of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*, in a large Florida estuary. *Environmental Biology Fish* **76**: 47-67.
- Heupel M.R., Simpfendorfer C.A. & Hueter R.E. 2004.** Estimation of shark home ranges using passive monitoring techniques. *Environmental Biology of Fishes* **71**: 135-142.
- Hickey F.R. & Johannes R.E. 2002.** Recent evolution of village-based marine resource management in Vanuatu. *SPC Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin* **14**: 8-21
- Hitt S., Pittman S.J. & Nemeth R.S. 2011.** Diel movements of fishes linked to benthic seascape structure in a Caribbean coral reef ecosystem. *Marine Ecology-Progress Series* **427**: 275-291.
- Hockings M. 2003.** Systems for assessing the effectiveness of management in protected areas. *Bioscience* **53**: 823-832.
- Hocutt C.H., Seibold S.E. & Jesien R.V. 1994.** Potential use of biotelemetry in tropical continental waters. *Revue d'hydrobiologie tropicale* **27**: 77-95.
- Holland K.N., Lowe C.G. & Wetherbee B.M. 1996.** Movements and dispersal patterns of blue trevally (*Caranx melampygus*) in a fisheries conservation zone. *Fisheries Research* **25**: 279-292.
- Johannes R.E. 2002.** The renaissance of community-based marine resource management in Oceania. *Annual Review of Ecology and Systematics* **33**: 317-340.
- Johannes R.E. 1998.** Government-supported, village-based management of marine resources in Vanuatu. *Ocean and Coastal Management* **40**: 165-186.
- Juncker M. & Granger B. 2007.** Principales zones de frai des poissons récifaux en Province Nord (Nouvelle-Calédonie). Phase 1 : enquête de savoir écologique. Rapport du programme ZoNéCo, Nouméa, 108p.
- Kimirei I.A., Nagelkerken I., Griffioen B., Wagner C. & Mgaya Y.D. 2010.** Ontogenic habitat use by mangrove/seagrass-associated coral reef shows flexibility in time and space. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **92**: 47-58.
- Kramer D.L. & Chapman M.R. 1998.** Implications of fish home range size and relocation for marine reserve function. *Environmental Biology of Fishes* **55**: 65-79.
- Kulmiye A.J., Ntiba M.J. & Kisia S.M. 2002.** Some aspects of the reproductive biology of the thumbprint emperor, *Lethrinus harak* (Forsskal, 1775), in Kenyan coastal waters. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* **2**: 135-144.
- Laroche J., Baran E. & Rasoanandrasana N.B. 1997.** Temporal patterns in a fish assemblage of a semiarid mangrove zone in Madagascar. *Journal of Fish Biology* **51**: 3-20.
- Marshall A., Mills J.S., Rhodes K.L. & McIlwain J. 2011.** Passive acoustic telemetry reveals highly variable home range and movement patterns among unicornfish within a marine reserve. *Coral Reefs* **30**: 631-642.
- Mason T.J. & Lowe C.G. 2010.** Home range, habitat use, and site fidelity of barred sand bass within a southern California marine protected area. *Fisheries Research* **106**: 93-101.
- Meyer C.G. 2003.** An empirical evaluation of the design and function of a small marine reserve (Waikiki Marine Life Conservation District). Dissertation. *University of Hawaii at Manoa, Honolulu*.
- Meyer C.G., Papastamatiou Y.P. & Clark T.B. 2010.** Differential movement patterns and site fidelity among trophic groups of reef fishes in a Hawaiian marine protected area. *Marine Biology* **157**: 1499-1511.
- Meyer C.G., Holland K.N. & Papastamatiou Y.P. 2007a.** Seasonal and diel movements of giant trevally *Caranx ignobilis* at remote Hawaiian atolls: implications for the design of Marine Protected Areas. *Marine Ecology Progress Series* **333**: 13-25.
- Meyer C.G., Papastamatiou Y.P. & Holland K.N. 2007b.** Seasonal, diel, and tidal movements of green jobfish (*Aprion virescens*, Lutjanidae) at remote Hawaiian atolls: implications for marine protected area design. *Marine Ecological Progress Series* **333**: 13-25.

- Meyer C.G., Holland K. N., Wetherbee B. M. & Lowe C. G. 2000.** Movement patterns, habitat utilization, home range size and site fidelity of whitesaddle goatfish, *Parupeneus porphyreus*, in a marine reserve. *Environmental Biology of Fishes* 59 : 235-242.
- Nanami A. & Yamada H. 2009.** Site fidelity, size, and spatial arrangement of daytime home range of thumbprint emperor *Lethrinus harak* (Lethrinidae). *Fisheries Science*, 75: 1109-1116.
- NSO 2006.** National Statistic Office, preliminary report, agriculture census, Port Vila, Vanuatu
- O'Dor R.K., Aitken J.P., Babcock R.C., Bolden S.K., Seino S., Zeller D.C. & Jackson G.D. 2001.** Using Radio-Acoustic Positioning and Telemetry (RAPT) to define and assess Marine Protected Areas (AMPs). In : Sibert J. P., Nielsen J. L. *Electronic tagging and tracking in marine fisheries*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, ISBN 1-4020-0125-8.
- Parsons D.M., Babcock R.C., Hankin R.K.S., Willis T.J., Aitken J.P., O'Dor R.K. & Jackson G.D. 2003.** Snapper *Pagrus auratus* (Sparidae) home range dynamics: acoustic tagging studies in a marine reserve. *Marine Ecology Progress Series* 262: 253-265.
- Pascal N. 2010.** Cost-benefit analysis of community-based marine protected areas – 5 case studies in Vanuatu, Moorea, French Polynesie. *Search Report* 104p.
- Pastor J., Verdoit-Jarraya M., Astruch P., Dalias N., Nelva Pasqual J.S., Saragoni G. & Lenfant P. 2009.** Acoustic telemetry survey of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) in the marine reserve of Cerbère-Banyuls: informations on the territoriality of this emblematic species. *C.R. Biologies* 332 : 732-740
- Popple I.D. & Hunte W. 2005.** Movement patterns of *Cephalopholis cruentata* in a marine reserve in St Lucia, W.I., obtained from ultrasonic telemetry. *Journal of Fish Biology* 67: 981-992.
- Roberts C.M., Bohnsack J.A., Gell F., Hawkins J.P. & Goodridge R. 2001.** Effects of marine reserves on adjacent fisheries. *Science* 294: 1920-1923.
- Roberts C.M. & Polunin N.V.C. 1993.** Marine reserves : simple solutions to managing complex fisheries? *Ambio* 22: 363-368.
- Russ G.R. 2002.** Yet another review of marine reserves as reef fishery management tools in Sale P. F. (ed) Coral reef fishes : dynamics and diversity in a complex ecosystem. *Academic Press* London, pp 421-433.
- Sale P.F., Cowen R.K., Danilowicz B.S., Jones G.P., Kritzer J.P., Lindeman K.C., Planes S., Polunin N.V.C., Russ G.R., Sadovy Y.J. & Steneck R.S. 2005.** Critical science gaps impede use of no-take fishery reserves. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 74-80.
- Samoilys M.A. 1997.** Movement in a large predatory fish : coral trout, *Plectropomus leopardus* (Pisces: Serranidae), on Heron Reef, Australia. *Coral Reefs* 16: 151-158.
- Steyn E. & Schleyer M.H. 2011.** Movement patterns of the East Coast rock lobster *Panulirus homarus rubellus* on the coast of KwaZulu-Natal, South Africa. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 65: 85-101.
- Tanja M, Jonathan P. & Calvin D. 2011.** Modelling the evolutionary effects of a coastal marine reserve on different ecological guilds of fish. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 91: 1369-1380.
- Topping D.T. & Szedlmayer S.T. 2011.** Home range and movement patterns of red snapper (*Lutjanus campechanus*) on artificial reefs. *Fisheries Research* 112: 77-84.
- Unsworth R.K.F., Salinas De Leon P.S., Garrard S.L., Smith D.J. & Bell J.J. 2009.** Habitat usage of the thumbprint emperor *Lethrinus harak* (Forsskal, 1775) in an Indo-Pacific Coastal Seascape. *The Open Marine Biology Journal* 3: 16-20.
- Welsh J.Q. & Bellwood D.R. 2011.** Spatial ecology of the steephead parrotfish (*Chlorurus microrhinos*): an evaluation using acoustic telemetry. *Coral Reefs* 31: 55-65
- Zeller D.C. 1997.** Home range and activity patterns of the coral trout *Plectropomus leopardus* (Serranidae). *Marine Ecology Progress Series* 154: 65-77.
- Zeller D.C. & Russ G.R. 2011.** Marine reserves : patterns of adult movement of the coral trout (*Plectropomus leopardus* (Serranidae)). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 917-924.

7. LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude au Nord de l'île d'Efaté (Vanuatu).....	4
Figure 2 : Délimitation des villages et des réserves marines de la zone d'étude.....	5
Figure 3 : <i>Lethrinus harak</i> (Photo: Libourel 2009).....	5
Figure 4 : Répartition géographique de <i>Lethrinus harak</i> (Carpenter & Allen 1989).....	6
Figure 5 : Marque V8-4L (A), hydrophone VR2W (B) et réseau acoustique de la zone d'étude (C).....	8
Figure 6 : Tests des zones de détection des hydrophones.....	9
Figure 7 : Zones de détection des hydrophones.....	9
Figure 8 : Distribution de la durée réelle de détection des 30 poissons détectés au moins une fois.....	13
Figure 9 : Résultats des ordinations par graduation multidimensionnelles (MDS). Ensemble des individus (A), individus détectés sur l'hydrophone R24 (B), tous les individus sauf ceux détectés sur R24 (C).....	14
Figure 10 : Détection en fonction du temps pour les 21 individus présentant un pattern de fidélité. Les six classes de la typologie sont représentées (cf. Figure 11).....	15
Figure 11 : Moyenne du nombre d'heures de détection par hydrophone pour les six classes composées d'individus fidèles.....	17
Figure 12 : Etendue linéaire des domaines vitaux des 21 individus fidèles.....	18
Figure 13 : Durées des excursions (l'excursion de 29 jours, réalisée par l'individu 903 de la classe R03, a été retiré du graphique) (A) et distances parcourues par mois (B).....	19
Figure 14 : Durée des périodes de non détection (A) et des excursions (B) pour les individus présentant un comportement de fidélité. Noter la différence d'échelle entre les deux histogrammes.....	20
Figure 15 : Estimation des domaines vitaux de cinq des classes de fidélité. Cette estimation n'a pas été réalisée pour la classe R24 car aucun déplacement n'a été enregistré pour les individus de cette classe.....	24
Tableau 1 : Pourcentage de détection sur l'hydrophone de fidélité. Durée réelle (en heure) : nombre d'heures cumulé de détection sur l'hydrophone de fidélité. Durée (en %) : durée réelle (en heure) / durée totale de détection. Durée réelle (en jour) : nombre cumulé de jours avec au moins une détection sur l'hydrophone de fidélité. Fréquence : durée réelle (en jour) / durée totale de détection.....	16

8. ANNEXES

Annexe 1 : Récapitulatif des données des 30 poissons détectés au moins une fois dans la zone d'étude33

Annexe 2 : Caractéristiques des déplacements des 16 individus détectés sur au moins deux hydrophones34

Annexe 3 : Caractéristiques des périodes de non détection des 16 individus fidèles 34

Annexe 1 : Récapitulatif des données des 30 poissons détectés au moins une fois dans la zone d'étude.

ID poisson	Taille (en cm)	Date de relâché	Date de dernière détection	Durée de détection totale (en jours)	Durée de détection réelle (en jour)	Nombre d'heures de détection	Nombre d'hydrophones visités	Hydrophone de fidélité
869	26	28/04/2011	09/12/2011	225	120	258	2	R14
870	20	28/04/2011	06/05/2011	8	3	15	1	
871	17	29/04/2011	23/05/2011	24	23	91	1	R24
872	25	29/04/2011	19/07/2011	81	65	224	1	R24
873	25	29/04/2011	14/12/2011	229	77	161	1	R24
874	26	29/04/2011	20/08/2011	113	106	1 284	1	R24
875	28	30/04/2011	25/10/2011	178	156	1 130	2	R13
876	25	30/04/2011	19/07/2011	80	20	46	1	
877	32	02/06/2011	30/12/2011	211	153	635	1	R13
881	17	02/06/2011	08/10/2011	159	43	82	4	R08
882	17	02/06/2011	15/11/2011	227	1	4	2	
883	24,5	02/06/2011	16/01/2012	205	23	69	3	
885	25	02/06/2011	16/01/2012	218	91	241	4	R10
887	17	03/06/2011	05/06/2011	2	2	15	1	
888	28	03/06/2011	03/08/2011	61	10	31	2	
891	24	03/06/2011	04/06/2011	1	1	3	1	
892	28	03/06/2011	14/01/2012	226	175	539	4	R10
894	22	03/06/2011	28/10/2011	147	107	400	1	R24
895	32	10/08/2011	25/01/2012	163	12	24	1	R08
896	27,3	10/08/2011	18/03/2112	210	129	343	2	R08
897	27	10/08/2011	17/12/2011	204	6	7	3	
898	26,5	10/08/2011	09/02/2012	206	76	112	3	R08
899	25,7	10/08/2011	26/11/2011	108	63	113	1	R08
900	28	10/08/2011	09/11/2011	91	90	1 524	4	R10
901	23,2	10/08/2011	13/02/2012	187	187	3 383	5	R10
902	18,2	10/08/2011	16/11/2011	98	97	779	1	R10
903	29,8	12/08/2011	29/11/2011	169	70	285	4	R03
904	29,2	12/08/2011	28/12/2011	138	55	262	2	R03
905	27,2	12/08/2011	23/09/2011	42	37	101	4	R03
908	17	12/08/2011	15/08/2011	3	1	1	1	

Annexe 2 : Caractéristiques des déplacements des 16 individus détectés sur au moins deux hydrophones.

Hydrophone de fidélité	ID poisson	Nombre d'excursions maximum par mois	Durée médiane des excursions (en heure)	Distance maximum parcourue par mois (en km)	Etendue linéaire des domaines vitaux (en km)
R10	885	4	71	5	2,9
	892	2	18	9,1	3,4
	900	4	12	25,9	3,4
	901	4	12	15,2	2,2
R08	881	1	94	6,2	2,5
	896	1	24	1,1	0,6
	898	1	122	1,8	1,1
R13	869	1	82	0,6	0,3
R14	875	1	92	1,6	0,8
R03	903	5	56	2,5	0,6
	904	5	17	0,7	0,1
	905	1	19	2,4	2,1
	882			0,2	0,2
	883			1,1	0,8
	888			7,2	1,3
	897			0,9	1,1

Annexe 3 : Caractéristiques des périodes de non détection des 21 individus fidèles.

Hydrophone de fidélité	ID poisson	Nombre de périodes de non détection	Nombre d'excursions enregistrées	Durée médiane des périodes de non détection (en heure)
R10	885	101	6	24
	892	301	5	10
	900	153	10	2
	901	251	13	2
	902	215	0	3
R08	881	50	1	24
	895	12	0	98
	896	187	1	10
	898	79	2	26
	899	87	0	20
R13	869	1	155	21
R14	875	228	1	5
	877	205	0	14
R03	903	114	10	6
	904	89	5	5
	905	50	2	14
R24	871	40	0	7
	872	72	0	21
	873	93	0	23
	874	214	0	2
	894	174	0	9

UNIVERSITÉ DES ANTILLES ET DE LA GUYANE

MASTER ECOTOP

Résumé :

Les petites Aires Marines Protégées (AMP) de moins de 1 km² de superficie représentent le principal outil de gestion des pêches au Vanuatu (Pacifique Sud). Afin de savoir si ces réserves protègent efficacement *Lethrinus harak* de la pêche, il est nécessaire de connaître ses déplacements. Des données, obtenues par une méthode de télémétrie acoustique passive sur 38 individus en 2011-2012, montrent que le domaine vital de cette espèce est formé d'une zone de fidélité (ou « core area ») et d'une zone de déplacement. Ces domaines vitaux, dans lesquels les individus peuvent se déplacer jusqu'à 1,7 km.h⁻¹, peuvent se chevaucher. L'étendue linéaire du domaine vital est généralement inférieure à 1 km de long mais peut atteindre 3,5 km en fonction de l'habitat. La taille et l'emplacement des AMPs doit donc dépendre de l'habitat. La télémétrie acoustique est un outil efficace pour l'aide à la conception des réserves marines et à l'évaluation de leur efficacité.

Mots clés :

Aires Marines Protégées – Vanuatu – *Lethrinus harak* – Télémétrie acoustique – Domaine vital – Habitat

Abstract :

The Marine Protected Areas (MPA), of 1 km² maximum, are the main tool of fisheries management in Vanuatu (South Pacific). In order to know if these reserves protect efficiently *Lethrinus harak* of the fisheries, it is necessary to study its movements. Data obtained by a method of passive acoustic telemetry on 38 individuals in 2011-2012 show that the home range of this species is formed by one fidelity area (or “core area”) and one movement area. These home ranges, where individuals can move until 1.7 km.h⁻¹, can overlap. The linear area of the home range is generally smaller than 1 km long but can reach 3.5 km according to the habitat. So, the size and the location of MPAs should depend on the habitat. Acoustic telemetry is an efficient tool for the aid at the conception of marine reserves and for the evaluation of their efficiency.

Keywords :

Marine Protected Areas – Vanuatu – *Lethrinus harak* – Acoustic telemetry – Home range - Habitat