

Bilan d'avancement de l'opération ZONECO 2009-2010 « microchimie des otolithes »

Laurent Vigliola (IRD), Laurent Wantiez (UNC), Christelle Paillon (UNC/IRD)

Décembre 2010

Résumé

L'opération « microchimie des otolithes » du programme ZONECO 2009-2010 va tenter de caractériser la microchimie de l'environnement lagunaire de la Nouvelle-Calédonie, de déterminer dans les otolithes de poisson les signatures microchimiques caractéristiques des habitats constitutifs des paysages lagunaires de Nouvelle-Calédonie, appliquer ces connaissances à une espèce modèle pour quantifier la connectivité entre écosystèmes dans 4 sites pilotes, réviser en conséquence les unités fonctionnelles et de gestion, et statuer sur la sensibilité de ce modèle aux activités minières et sur l'étendu des impacts en fonction des habitats. L'opération a démarré avec 7 mois de retard. Les raisons de ce retard ont été discutées avec l'ADECAL en mai 2010 et d'un commun accord il a été décidé de lancer l'opération malgré ce retard. Prévue sur 15 mois, d'octobre 2009 à décembre 2010, l'opération se déroule normalement et durera 15 mois, de mai 2010 à juillet 2011. A mi-parcours, l'échantillonnage a été réalisé tel que prévu, et est terminé. La phase laboratoire a commencé et les analyses icpms sont prévues en février 2011 et en avril 2011. Sur le plan financier, des erreurs ont été commises mais celles-ci ne mettent pas en péril le déroulement normal du projet. Ce rapport fait un bilan d'avancement de l'opération en décembre 2010.

Table des matières

| | |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Résumé | 1 |
| Table des matières | 2 |
| 1. Introduction | 3 |
| 1.1. Contexte scientifique général | 3 |
| 1.2. Contexte des récifs coralliens en Nouvelle-Calédonie..... | 4 |
| 1.3. Objectifs de l'étude | 5 |
| 2. Méthodes | 6 |
| 2.1. Echantillonnage sur le terrain..... | 6 |
| 2.1.1. Planification | 6 |
| 2.1.2. Avancement..... | 7 |
| 2.2. Analyses en laboratoire | 9 |
| 2.2.1. Planification | 9 |
| 2.2.2. Avancement..... | 9 |
| 3. Calendrier et indicateurs d'avancement | 11 |
| 4. Bilan financier | 12 |
| 5. Conclusion..... | 12 |
| 6. Littérature citée | 13 |
| 7. Remerciements | 15 |
| 8. Annexes | 16 |

1. Introduction

1.1. Contexte scientifique général

Les écosystèmes tropicaux subissent de nombreux impacts d'origine anthropique qui remettent en question leur persistance et leur productivité (Lotze *et al.* 2006). Parmi les processus les plus inquiétants, on peut citer la surpêche (Jackson *et al.* 2001), les changements climatiques (Harley *et al.* 2006, Munday *et al.* 2008), la pollution (Munday 2004) et la dégradation des habitats (Boesch *et al.* 2001). Les impacts sociaux et économiques de ces processus sont déjà visibles. Plus grave, les prévisions indiquent une détérioration croissante due notamment au déclin de la productivité (Cardinale *et al.* 2006), au déplacement de l'activité économique (Balmford *et al.* 2002), à l'érosion de la biodiversité (Worm *et al.* 2006) et à l'extinction des espèces (Davis *et al.* 1998, Cury and Miserey 2008) dans les écosystèmes marins. En termes de stratégies de gestion, une des principales réponses à ces challenges a consisté à mettre en place des plans de zonages spatiaux, dont l'objectif est de réguler et partitionner les effets des activités humaines sur les écosystèmes. Un des éléments clef de ces plans a été de placer certains habitats en Aire Marine Protégée (AMP) où, dans de nombreux cas, toutes les activités de pêche sont interdites. L'hypothèse sous-jacente de cette approche est que les plans de zonages sont mis en place à des échelles appropriées à la connectivité entre populations locales au sein des écosystèmes et entre les différents habitats et écosystèmes nécessaires au cycle de vie complet des individus. Ainsi, les AMP pourraient à la fois assurer la survie des individus tout au long de leur vie, servir de source pour réapprovisionner les zones non-protégées, et protéger les espèces dans le cadre de réseaux interconnectés d'AMP. Pour valider ce concept, il est nécessaire de mesurer les patterns de connectivité à différentes échelles, mais ceci a constitué un challenge logistique majeur pour les chercheurs compte tenu de la difficulté à tracer les déplacements des individus au cours de leur vie et notamment durant leur phase larvaire planctonique.

Des développements récents dans l'analyse des signatures microchimiques dans les otolithes de poissons ont permis de faire des avancées significatives dans notre capacité à tracer les mouvements des poissons, y compris au cours de leur phase larvaire. Les otolithes sont localisés dans l'oreille interne des poissons téléostéens et sont composés de cristaux de carbonate de calcium (CaCO₃) agrégés dans une matrice protéinique. Leur croissance s'effectue par dépôt journalier de CaCO₃ autour d'un noyau central formé à la naissance et conduit à la formation de structures concentriques pouvant être utilisées pour estimer l'âge et la croissance des poissons par rétro-calcul (Vigliola & Meekan 2009). Les éléments traces (i.e. Ba, Mg, Kr, Sr, Rb, Mn, Fe, Zn, Pb, Ce...) présents dans l'environnement immédiat du poisson peuvent se substituer au calcium ou être adsorbés dans les espaces interstitiels de la matrice cristalline de l'otolithe. Ces éléments traces pourraient donc être révélateurs des caractéristiques physiques et chimiques des masses d'eau traversées (synthèse par Eldson & Gillanders 2003). Ainsi, les otolithes constitueraient une archive de l'environnement rencontré, et leur analyse optique (âge, croissance) et microchimique (par spectrométrie de masse à ablation laser LA-ICP-MS) pourrait permettre de déterminer rétrospectivement l'histoire environnementale des individus, notamment établir leur histoire migratoire et leur origine, avec une précision encore jamais atteinte (McCulloch *et al.* 2005, Warner *et al.* 2005, Almany *et al.* 2007).

L'étude de la dispersion et des mouvements des individus est classiquement réalisée par la génétique et le marquage, classique ou acoustique. Aucune de ces techniques ne permet néanmoins de mesurer la connectivité réelle à l'échelle écologique tout au long de la vie des individus. Les méthodes génétiques indirectes (basées sur F_{st}) ne permettent pas par exemple de distinguer un échange entre populations de 1000 individus chaque 100 générations, d'un échange de 10 individus par générations (le nombre moyen de migrants par génération $N_m=10$ dans les deux cas) (Hedgcock et al. 2007). La distinction est pourtant cruciale pour la gestion des populations locales. L'analyse génétique parentale permettrait en théorie de résoudre totalement les mystères de la dispersion larvaire, cette technique pouvant déterminer de quel parent est issu chaque individu. Néanmoins, cette technique est inapplicable aux espèces mobiles présentant des populations importantes car elle implique d'analyser une grande partie voire la totalité de la population de parents. D'autre part, l'analyse parentale reste silencieuse à propos des déplacements des individus au cours de leur vie. Sur ce point, le marquage, et en particulier le marquage acoustique permet d'obtenir des données remarquables (Château & Wantiez 2009). Cependant, cette technique ne permet pas d'étudier les déplacements des individus tout au long de leur vie, mais juste pendant une fraction de leur existence. Ainsi, la microchimie des otolithes apparaît comme une technique très complémentaire à la génétique et aux marquages, apportant une information différente, notamment la possibilité de reconstruire l'histoire migratoire des individus tout au long de leur vie. Cette technique a également ses défauts. Notamment, c'est une méthode indirecte et il est donc important de bien déterminer sa précision et ses limites avant de s'en servir pour inférer les mouvements des individus au cours de leur vie.

1.2. Contexte des récifs coralliens en Nouvelle-Calédonie

De part son contexte géologique particulier, la Nouvelle-Calédonie se présente comme un terrain d'étude particulièrement intéressant qui permet l'analyse de la connectivité réelle par microchimie. En effet, elle abrite le plus grand lagon du monde dans lequel différents écosystèmes (mangroves, herbiers et algueraies, fonds meubles, récifs coralliens...) peuvent présenter des influences terrigènes et océaniques très contrastées. L'assemblage plus ou moins fragmenté de ces écosystèmes forme une mosaïque qui constitue le paysage lagonaire corallien. Par conséquent, l'intensité des liaisons fonctionnelles (connectivité) entre ces écosystèmes est probablement cruciale pour le bon fonctionnement du paysage. Pour les poissons par exemple, certaines espèces peuvent avoir une phase juvénile dans les mangroves et des adultes dans les fonds meubles ou les récifs coralliens (e.g. Lutjanidae, Holocentridae, Mullidae, Acanthuridae, Serranidae, Carangidae), d'autres peuvent réaliser des migrations trophiques dans les mangroves (e.g. Leiognathidae, Sillaginidae, Chirocentridae, Haemulidae, Lethrinidae), et d'autres encore sont des espèces ubiquistes qui fréquenteraient plusieurs habitats (e.g. Serranidae, Gerreidae, Haemulidae). Par ailleurs, l'état de santé des écosystèmes constitutifs du paysage lagonaire corallien en Nouvelle-Calédonie varie fortement en fonction de l'impact des activités minières. Ces activités, qui font partie des principales sources de perturbations environnementales (Labrosse et al. 2000 ; Wantiez 2008), génèrent la déforestation des sites miniers ce qui amplifie les apports en éléments tels que le nickel, le chrome, le cobalt et bien d'autres encore, qui sont susceptibles de venir enrichir les signatures microchimiques environnementales au niveau des zones côtières.

A leur tour, les métaux traces caractéristiques de l'environnement du lagon de Nouvelle-Calédonie vont s'incorporer dans les otolithes des poissons et former des signatures multi-élémentaires spécifiques d'environnements différents. L'hypothèse de départ est que le

gradient environnemental à l'origine de la mosaïque d'écosystèmes constitutifs d'un paysage se retrouve au niveau des signatures microchimiques dans les otolithes. Une fois isolées, ces signatures pourront être utilisées pour étudier la connectivité entre populations, reconstruire l'histoire environnementale des individus, détecter des stress de pollution, redéfinir les unités fonctionnelles et de gestion, et délimiter les zones effectivement impactées par l'activité minière.

Les signatures microchimiques enregistrées au niveau des otolithes ont permis de discriminer spatialement des poissons collectés dans différents habitats (e.g., Dove et Kingsford 1998; Kingsford et Gillanders 2000; Rooker et al. 2003; Gillanders 2002; Hamer et al. 2003). Certains auteurs ont suggéré que la variabilité spatiale des signatures microchimiques serait favorisée par les apports en éléments naturels ou anthropiques (De Pontual et Geffen 2002; Gillanders et al. 2001; Patterson et al. 2004). En effet, les concentrations élevées de certains éléments dans les otolithes seraient liées à la géologie locale et à la pollution (Dove et Kingsford 1998). Par ailleurs, de nombreuses études sur la microchimie des otolithes ont relevé des différences notables dans les concentrations en éléments traces entre sites séparés de plus de 10 km (Thorrold et al. 1998; Milton et al. 2000; Gillanders et al. 2001). De plus en plus d'études mettent en évidence des différences à plus petite échelle (Dove et Kingsford 1998; Kingsford et Gillanders 2000; Yamashita et al. 2000; Chittaro et al. 2004 ; Vigliola et al. 2009). Les résultats préliminaires obtenus par les proposants dans le cadre d'une étude pilote (Sigura 2009) indiquent que l'outil microchimique a un potentiel informatif exceptionnellement élevé en Nouvelle-Calédonie.

1.3. Objectifs de l'étude

A ce jour, les travaux réalisés sur la structure et le fonctionnement des communautés de poissons des paysages coralliens suggèrent 1) que la connectivité entre les écosystèmes constitutifs est probablement plus importante que ce qui est généralement admis 2) que les unités fonctionnelles et de gestion devraient être révisées en conséquence et 3) que les interactions entre écosystèmes seraient quelquefois de nature différente de ce que l'on pensait, notamment les relations mangrove-récif (e.g. Parrish 1989; Dorenbosch et al. 2005; Harborne et al. 2006; Lugendo et al. 2006; Chateau et Wantiez 2009). Toutefois, la mise en évidence, la quantification et l'importance écologique des processus de connectivité d'une part, et leurs conséquences sur le fonctionnement d'un paysage corallien d'autre part, restent encore méconnus (e.g. Ludgendo et al. 2006, 2007 ; Nagelkerken 2007). Pourtant, l'efficacité des modèles de gestion des ressources ou de protection de la biodiversité dépendra de notre capacité à délimiter et construire des réseaux d'habitats et d'écosystèmes connectés 1) effectivement et 2) à l'échelle spatiale appropriée.

Au stade actuel des connaissances il devient nécessaire de caractériser la microchimie de l'environnement lagunaire de la Nouvelle-Calédonie et d'étudier la connectivité entre les écosystèmes constitutifs des paysages récifo-lagonaires pour apporter des éléments de réponse aux questions suivantes :

- Quelles sont les signatures microchimiques des habitats du lagon de Nouvelle-Calédonie ?
- Quel est le pouvoir discriminant de l'outil microchimique ?
- Quels écosystèmes sont connectés, à quelle échelle spatio-temporelle, et pour quelles espèces ?

- Quelles sont les modalités des connections des écosystèmes ? Varient-elles en fonction des habitats et des espèces ?
- Quelles seraient les conséquences d'une modification de la connectivité pour le fonctionnement des paysages, pour la diversité et les ressources récifo-lagonaires ?
- Dans quelle mesure la microchimie de l'environnement est-elle affectée par l'activité minière, exportée et transportée par les organismes vivants, et en quoi cela peut-il affecter le fonctionnement du lagon, la quantité et la qualité de la ressource ?
- L'outil microchimique peut-il être utilisé comme indicateur d'impact ?

Les réponses à ces questions permettront, d'une part, d'optimiser la gestion de la biodiversité et des ressources en milieu récifo-lagonaire, et d'autre part, de mieux appréhender les changements environnementaux induits par l'activité minière et transportés par les organismes vivants du lagon. Jusqu'à très récemment, il était extrêmement difficile de répondre aux questions que se posent les gestionnaires sur la connectivité à petite échelle spatiale. Le développement récent d'outils de haute technologie comme la microchimie des otolithes permet enfin d'apporter des éléments de réponses sur ce thème, et la Nouvelle-Calédonie est particulièrement adaptée à l'application de ces technologies. Bien que ce projet soit orienté recherche, des applications à court terme sont envisageables :

- Validation d'un nouvel indicateur d'impact.
- Aide à la définition des unités fonctionnelles.
- Aide à la définition des unités de gestion.
- Identification des réseaux/corridors d'habitats et des espèces à protéger.
- Suivi de la microchimie de l'environnement et des otolithes (archives).
- Suivi de la connectivité / rupture de la connectivité.

L'objectif de ce rapport est de faire un bilan d'avancement de l'opération ZONECO 2009-2010 « microchimie des otolithes » en fin d'année 2010.

2. Méthodes

2.1. Echantillonnage sur le terrain

2.1.1. Planification

Dans un premier temps, il était prévu d'échantillonner de l'eau, du sédiment, des matériaux carbonatés (corail, coquillage) et des poissons dans les mangroves et récifs barrières d'une dizaine de sites autour de la Calédonie de manière à produire une cartographie de la microchimie environnementale et des otolithes du lagon. Les sites devaient être choisis en concertation avec les services techniques des Provinces nord et sud, en fonction des caractéristiques d'habitat, de géologie, d'activité minière, de l'existence d'information historique et des statuts et projets de gestion. Au moment de l'écriture du projet, les sites suivant nous paraissaient de bons candidats : Nouméa (usine SLN + pollution urbaine), St Vincent (référence, non-minier), Ouano (problématique réserve-mangrove-récif, site Patrimoine Mondial), Nepoui (mine SLN), Voh (projet KNS SAS et développement de la zone VKP), Tiébaghi (mine SLN), Pouebo (référence, non-minier, site Patrimoine Mondial),

Hienghène (référence, non-minier), Houailou (mine Poro), Thio (mine SLN), Prony (projet VALE INCO).

Dans un second temps, il était prévu d'identifier quatre sites ateliers parmi les précédents, où l'environnement et les poissons seraient échantillonnés dans le maximum d'habitats et d'écosystèmes (mangroves, herbiers et algueraies, fonds meubles et récifs coralliens frangeants, intermédiaires, barrières). Au moment de l'écriture du projet, il était envisagé de sélectionner deux sites potentiellement « impactés », les lagons de Voh et Prony (développement des deux projets industriels), et deux sites « références », Ouano (Patrimoine mondial) et St Vincent.

2.1.2. Avancement

Les mangroves et récifs barrières de onze sites ont été échantillonnés entre mai et octobre 2010. Pour quatre d'entre eux, les récifs frangeants et intermédiaires ont été également échantillonnés, portant à quatre le nombre d'habitats échantillonnés dans ces quatre sites ateliers. Les sites et habitats initiaux ont été légèrement modifiés car les échantillonnages en mangrove n'étaient pas toujours possibles sur les sites originaux (Fig. 1).

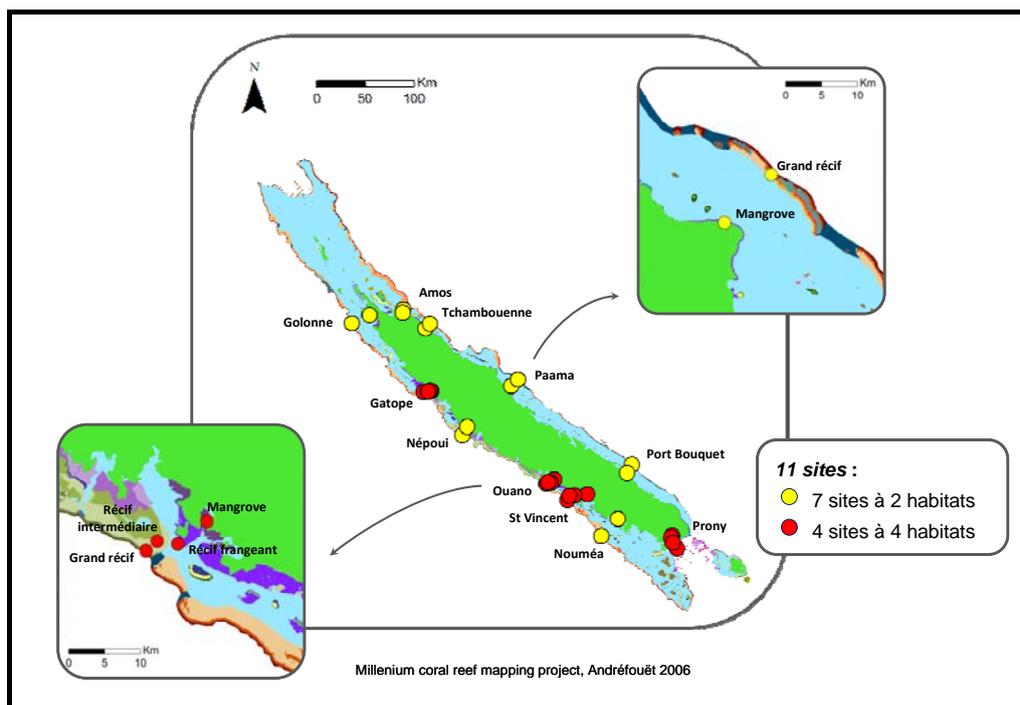


Figure 1. Carte des sites d'échantillonnages

Il a été décidé d'abandonner l'échantillonnage des fonds meubles et des algueraies car cela demandait trop d'efforts logistiques, humains et financier par rapport au nombre d'espèces et d'individus récoltés. Pour l'ensemble des habitats, des poissons ont été collectés à l'aide de filets petite, moyenne et grande maille (mangroves), filets petite maille et roténone (pied isolé de mangrove), fusil harpon (récifs), eugénol et épuisette (récifs). Des échantillons d'eau et de sédiments (trois répliques par habitat), la température et la salinité de l'eau ont également été mesurés dans chaque habitat échantillonné. Il a été décidé de ne pas collecter de matériaux

carbonatés (corail, coquillage) car le temps terrain ne le permettait pas (une journée d'échantillonnage terrain par habitat). Les missions terrain se sont parfaitement déroulées que cela soit au niveau des conditions météorologiques, de l'organisation des missions et des contacts avec les personnes extérieures (Province Sud et Nord, chefs coutumiers). Comme initialement prévu, la plupart des missions ont été réalisées à quatre personnes, un chercheur (Laurent Vigliola), une doctorante (Christelle Paillon), un technicien (Gérard Mou-Tham), un pilote (Miguel Clarque). Le calendrier des missions et les coordonnées des sites et habitats échantillonnés sont consignés dans le Tableau 1. Les échantillonnages ont permis la récolte de 4543 individus et 299 espèces. La liste fournie en Annexe 1 est encore préliminaire. Celle-ci a été réalisée au cours de l'échantillonnage et sera finalisée au fur et à mesure que les échantillons seront traités au laboratoire.

Tableau 1. Calendrier des missions terrains et coordonnées des sites et habitats échantillonnés

| N° mission | Date | Site | Habitat | S | E | Sortie |
|------------|------------|--------------|---------------------|------------|-------------|------------|
| 1 | 05/05/2010 | Ouano | grand récif | 21°50.492' | 165°42.873' | 1 journée |
| 2 | 06/05/2010 | St Vincent | grand récif | 21°59.614' | 165°54.698' | 1 journée |
| 3 | 07/05/2010 | Nouméa | grand récif | 22°19.631' | 166°13.468' | 1 journée |
| 4 | 17/05/2010 | Ouano | mangrove | 21°48.337' | 165°47.446' | 2 journées |
| | 18/05/2010 | St Vincent | mangrove | 21°56.422' | 166°05.794' | 1 nuit |
| 5 | 26/05/2010 | Nouméa | mangrove | 22°10.184' | 166°22.523' | 1 journée |
| 6 | 31/05/2010 | Prony | grand récif | 22°26.700' | 166°55.565' | 1 journée |
| 7 | 01/06/2010 | Prony | mangrove | 22°19.461' | 166°52.600' | 1 journée |
| | 08/06/2010 | Golonne | grand récif | 20°21.419' | 163°55.526' | |
| | 09/06/2010 | Golonne | mangrove | 20°16.891' | 164°05.090' | 6 journées |
| | 10/06/2010 | Amos | grand récif | 20°13.504' | 164°23.644' | 5 nuits |
| | 11/06/2010 | Amos | mangrove | 20°15.539' | 164°23.484' | |
| 9 | 28/06/2010 | St Vincent | récif frangeant | 21°56.965' | 165°58.449' | 1 journée |
| 10 | 29/06/2010 | St Vincent | récif intermédiaire | 21°57.243' | 165°55.679' | 1 journée |
| 11 | 30/06/2010 | Prony | récif frangeant | 22°20.639' | 166°51.969' | 1 journée |
| 12 | 01/07/2010 | Ouano | récif frangeant | 21°50.006' | 165°45.256' | 2 journées |
| | 02/07/2010 | Ouano | récif intermédiaire | 21°49.805' | 165°43.711' | 1 nuit |
| 13 | 09/07/2010 | Prony | récif intermédiaire | 22°23.489' | 166°53.097' | 1 journée |
| | 20/07/2010 | Gatope | grand récif | 20°59.699' | 164°35.106' | |
| | 21/07/2010 | Népoui | grand récif | 21°23.583' | 164°56.325' | 5 journées |
| | 22/07/2010 | Népoui | mangrove | 21°19.055' | 164°59.182' | 4 nuits |
| 14 | 23/07/2010 | Gatope | mangrove | 20°59.001' | 164°39.258' | |
| | 11/08/2010 | Tchambouenne | mangrove | 20°24.295' | 164°36.129' | 5 journées |
| | 12/08/2010 | Paama | mangrove | 20°56.214' | 165°23.584' | 4 nuits |
| 15 | 24/08/2010 | Gatope | récif frangeant | 20°58.884' | 164°38.623' | 4 journées |
| | 25/08/2010 | Gatope | récif intermédiaire | 20°59.213' | 164°37.603' | 3 nuits |
| 16 | 07/09/2010 | Port Bouquet | grand récif | 21°40.148' | 166°30.381' | 3 journées |
| | 08/09/2010 | Port Bouquet | mangrove | 21°44.714' | 166°27.589' | 2 nuits |
| 17 | 06/10/2010 | Paama | grand récif | 20°52.600' | 165°27.103' | 4 journées |
| | 07/10/2010 | Tchambouenne | grand récif | 20°21.719' | 164°38.280' | 3 nuits |

2.2. Analyses en laboratoire

2.2.1. Planification

Il était prévu que les signatures microchimiques présentes dans l'environnement et les otolithes soient caractérisées par ICPMS haute résolution en mode solution (liquides ou solides dissous) et en mode laser (solides) pour l'ensemble des habitats, écosystèmes, sites et espèces échantillonnés. Pour au moins un modèle biologique, vraisemblablement *Lutjanus fulviflamma* qui avait donné de bons résultats préliminaires, les otolithes devaient être sectionnés, poncés, et analysés par transects ICPMS laser de manière à reconstruire l'histoire environnementale des individus et générer des données de connectivité réelle.

2.2.2. Avancement

Une première phase d'analyse par laser ICPMS du bord des otolithes est prévue en Australie en février 2011. Cette analyse a pour objectif de définir le pouvoir discriminant des signatures microchimiques des différents habitats et sites échantillonnés. Un créneau de 10 jours ICPMS était prévu à cette fin. Sachant qu'environ 80 points d'analyses sont possible par jour d'ICPMS, seuls 800 poissons pourront être analysés pour définir les signatures microchimiques de chaque habitat, ce qui est déjà considérable. Un sous-échantillonnage sera donc réalisé. Il a été décidé d'analyser 3 individus par site et habitat pour les 10 espèces les plus fréquentes dans chacun des habitats échantillonnés. Pour l'espèce modèle, *Lutjanus fulviflamma*, 5 individus par site et habitat seront analysés. Ainsi, les signatures chimiques multi-spécifiques dans chaque habitat et site seront basées sur environ le même nombre d'espèces et d'individus, et les signatures mono-spécifiques pour l'espèce modèle seront basées sur un plus grand nombre d'individus. Le travail de dissection a débuté en septembre 2010 et devrait s'achever fin janvier. Les otolithes seront ensuite nettoyés en condition ultra-propre (HEPA 100). Les consommables ont été achetés et sont disponibles au labo de Nouméa.

La seconde phase des analyses laboratoires consistera à préparer des sections minces pour l'espèce modèle *Lutjanus fulviflamma*. Des transects temporels par laser-ICPMS seront ensuite réalisés pour reconstruire l'histoire migratoire entre la naissance (noyau de l'otolithe) et la collecte (bord de l'otolithe) des individus. L'échantillonnage de cette espèce est important et un plan de sous-échantillonnage est en cours d'élaboration. Les analyses auront lieu à Brest début avril (ICPMS déjà réservé). Les consommables ont été commandés en octobre mais devraient arriver avec du retard en janvier.

L'analyse de l'eau ne posera pas de problème, le protocole étant déjà au point. Le protocole d'analyse des sédiments est en cours d'élaboration. Les analyses ICPMS des échantillons de l'environnement devraient soit être faites par nos partenaires australiens soit être réalisées lors d'une mission éclair à Sidney.

Tableau 2. Espèces sélectionnées pour l'identification des signatures microchimiques des différents habitats (M : Mangrove ; GR : Grand Récif barrière ; RI : Récif Intermédiaire ; RF : Récif Frangeant) et sites. L'analyse du bord des otolithes de ces espèces par ICPMS laser est prévue en Australie en février 2011.

| Espèce | Habitat | Nombre de sites/habitats où l'espèce a été collectée |
|-----------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------|
| <i>Acanthopagrus berda</i> | M | 5 |
| <i>Epinephelus malabaricus</i> | M | 4 |
| <i>Gerres oyena</i> | M | 11 |
| <i>Lethrinus harack</i> | M | 5 |
| <i>Lutjanus argentimaculatus</i> | M | 5 |
| <i>Lutjanus fulviflamma</i> | M | 8 |
| <i>Parupeneus indicus</i> | M | 7 |
| <i>Siganus fuscescens</i> | M | 8 |
| <i>Siganus lineatus</i> | M | 8 |
| <i>Sphyræna barracuda</i> | M | 5 |
| <i>Abudefduf sexfasciatus</i> | GR | 10 |
| <i>Chaetodon lunulatus</i> | GR | 12 |
| <i>Chlorurus sordidus</i> | GR | 12 |
| <i>Ctenochaetus striatus</i> | GR | 11 |
| <i>Dascyllus aruanus</i> | GR | 9 |
| <i>Epinephelus merra</i> | GR | 10 |
| <i>Gnathodentex aureolineatus</i> | GR | 11 |
| <i>Lutjanus fulviflamma</i> | GR | 10 |
| <i>Lutjanus fulvus</i> | GR | 10 |
| <i>Scolopsis bilineatus</i> | GR | 12 |
| <i>Abudefduf sexfasciatus</i> | RF | 3 |
| <i>Chaetodon baronessa</i> | RF | 4 |
| <i>Chaetodon lunulatus</i> | RF | 4 |
| <i>Chaetodon plebeius</i> | RF | 4 |
| <i>Ctenochaetus striatus</i> | RF | 4 |
| <i>Dascyllus aruanus</i> | RF | 4 |
| <i>Lutjanus fulviflamma</i> | RF | 4 |
| <i>Lutjanus fulvus</i> | RF | 3 |
| <i>Pomacentrus molluccensis</i> | RF | 4 |
| <i>Scolopsis bilineatus</i> | RF | 3 |
| <i>Chaetodon baronessa</i> | RI | 4 |
| <i>Chaetodon lunulatus</i> | RI | 4 |
| <i>Chaetodon plebeius</i> | RI | 4 |
| <i>Ctenochaetus striatus</i> | RI | 4 |
| <i>Dascyllus aruanus</i> | RI | 4 |
| <i>Lutjanus fulviflamma</i> | RI | 4 |
| <i>Naso unicornis</i> | RI | 4 |
| <i>Parupeneus ciliatus</i> | RI | 4 |
| <i>Pomacentrus molluccensis</i> | RI | 4 |
| <i>Zebrasoma scopas</i> | RI | 4 |

3. Calendrier et indicateurs d'avancement

Le projet devait démarrer en octobre 2009 et se terminer en décembre 2010. Il a démarré en mai 2010 pour différentes raisons. Un point sur ce sujet a été réalisé avec l'ADECAL en mai 2010, et d'un commun accord il a été décidé de lancer l'opération malgré les 7 mois de retard. Il est prévu de respecter les délais de réalisation tels qu'initialement proposés, soit 15 mois, avec une fin de projet prévue en juillet 2011 (Tableau 3).

Tableau 3. Calendrier prévisionnel et état d'avancement du projet

| Opération | Prévision | Réalisation | Action | indicateur |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Terrain (6 mois) | octobre 2009 novembre-décembre 2009 février-mars 2010 | mai à octobre 2010 | achat matériel et préparation logistique Echantillonnage côtes ouest et nord Echantillonnage côtes est et sud | Un total de 4543 individus et 299 espèces a été collecté dans les mangroves et récifs de 11 sites autour de la Calédonie en 6 mois. Des échantillons d'eau et de sédiment ont également été prélevés. |
| Sites atelier et espèce modèle (4 mois) | juin 2010 juillet 2010 août 2010 septembre 2010 | | Echantillonnage et ponçage otolithes Prony Echantillonnage et ponçage otolithes Ouano Echantillonnage et ponçage otolithes St Vincent Echantillonnage et ponçage otolithes Voh | Les quatre sites ateliers et l'espèce modèle ont été échantillonnés de mai à octobre 2010. Les sections d'otolithes sont en cours de préparation au labo. Les ponçages débuteront en février et seront prêts fin mars (2 mois de ponçage) |
| Analyses ICPMS | avril-mai 2010 octobre-novembre 2010 décembre 2010 | | Analyses ICPMS bord otolithes Analyses ICPMS sections otolithes Analyses résultats et rapport final | Les analyses sont prévues en Australie en février 2011 Les analyses sont prévues à Brest en avril 2011 Le rapport est prévu pour juillet 2011 |
| Durée totale du projet | 15 mois (octobre 2009 à décembre 2010) | 15 mois (mai 2010 à juillet 2011) | | Le projet a démarré avec 7 mois de retard pour différentes raisons discutées à l'ADECAL en mai 2010. Il est prévu de respecter les délais de réalisation tels qu'initialement proposés, soit 15 mois. |

4. Bilan financier

Le bilan financier provisoire est consigné en Tableau 4. Toutes les opérations n'ont pas été encore considérées par l'administration et certaines dépenses réalisées ne sont ici qu'estimées (per diem notamment). Une importante erreur a été réalisée lors du montage du projet. Il avait été prévu 48 jours de mission pour 4 missionnaires (chercheur, doctorant, technicien, pilote) au per diem de 7000 francs/jours, ce qui est en dessous des per diem réglementaires (environ 10000 cfp). Lors de la demande financière, nous avons oublié de multiplier par 4 personnes. Ceci est passé inaperçu lors de l'évaluation du projet, et nous avons donc obtenu un total de 336000 cfp (48 jours x 7000 cfp) de per diem, soit quatre fois moins que ce qui était nécessaire (1344000 cfp). Nous avons bénéficié d'une météo clémente et n'avons pas subi de panne matérielle. Ainsi, nous n'avons dû retourner sur site qu'une seule fois, ce qui nous a permis de faire des économies sur les per diem. Néanmoins, cette ligne reste fortement déficitaire. Nous avons également moins dépensé sur la ligne bateau et véhicule. Ainsi, la phase terrain a été terminée avec un déficit de 207187 CFP. Pour pallier à ce déficit, Laurent Vigliola a payé 200000 cfp au service bateau et véhicule de l'ird sur une autre ligne budgétaire. Le déficit du projet est ainsi comblé. La facture bateau et véhicule sera envoyée à l'adécal si des économies sont faites sur la partie analyse labo du projet. Financièrement, le projet reste donc dans les limites prévues.

Tableau 4. Bilan financier du projet en CFP

| Poste | Prévision | réalisation | Bilan |
|-------------------------------------------|------------------|--------------------|------------------|
| frais bateaux et vehicules pour mission | 480,000 | 291,120 | 188,880 |
| perdiem missions | 336,000 | 734,562 | -398,562 |
| petit équipements et consommables terrain | 650,000 | 647,505 | 2,495 |
| TOTAL TERRAIN | 1,466,000 | 1,673,187 | -207,187 |
| Consommables labo | 320,000 | 231,200 | 88,800 |
| missions (avion et perdiem) ICPMS | 1,200,000 | 0 | 1,200,000 |
| Analyses ICPMS | 840,000 | 0 | 840,000 |
| TOTAL LABO | 2,360,000 | 231,200 | 2,128,800 |
| TOTAL GENERAL | 3,826,000 | 1,904,387 | 1,921,613 |
| Obtenu | 3,850,000 | | |

5. Conclusion

A mi-parcours, l'ensemble du terrain a été réalisé et le projet se déroule tel qu'initialement prévu. La seule différence, de taille certes, est un lancement très tardif du projet. Néanmoins, ce retard avait été discuté avec l'ADECAL et d'un commun accord il avait été décidé de lancer l'opération. Le projet initialement prévu sur 15 mois, d'octobre 2009 à décembre 2010, devrait durer 15 mois, de mai 2010 à juillet 2011. Sur le plan financier des erreurs ont été commises mais celles-ci ne remettent pas en cause le projet. Ce projet ZONECO finance la thèse de Christelle Paillon, et certaines analyses et résultats, même s'ils n'apparaîtront pas dans le rapport final ZONECO, apparaîtront dans la thèse et donc dans le bilan final de ZONECO.

6. Littérature citée

- Almany GR, Berumen ML, Thorrold SR, Planes S, Jones GP (2007) Local replenishment of coral reef fish populations in a marine reserve. *Science* 316:742–744.
- Balmford A, Bruner A, Cooper P, Costanza R, Farber S, Green RE, Jenkins M, Jefferiss P, Jessamy V, Madden J, Munro K, Myers N, Naeem S, Paavola J, Rayment M, Rosendo S, Roughgarden J, Trumper K, Turner RK (2002) Economic reasons for conserving wild nature. *Science* 297:950–953.
- Boesch D, Burreson E, Dennison W, Houde E, Kemp M, Kennedy V, Newell R, Paynter K, Orth R, Ulanowicz R (2001) Factors in the decline of coastal ecosystems. *Science* 293:1589–1590.
- Cardinale BJ, Srivastava DS, Duffy JE, Wright JP, Downing AL, Sankaran M, Jouseau C (2006) Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature* 443:989–992.
- 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
- Chittaro PM, Fryer BJ, Sale PF (2004) Discrimination of French grunts (*Haemulon flavolineatum*, Desmaret, 1823) from mangrove and coral reef habitats using otolith microchemistry. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 308: 169-183
- Cury P, Miserey Y (2008) Une mer sans poissons. Calmann-Lévy, 279 p.
- Davis G, Haaker P, Richards D (1998) The perilous condition of white abalone *Haliotis sorenseni*, Bartsch, 1940. *Journal of Shellfish Research* 17:871–875.
- De Pontual H, Geffen A (2003) Otolith microchemistry. In: Panfili J, de Pontual H, Troadec H, Wright PJ Editors, *Manual of Fish Sclerochronology*, Editions Ifremer (2003).
- Dorenbosch M, Grol MGG, Nagelkerken I, van der Velde G (2005) Distribution of coral reef fishes along a coral reef-seagrass gradient: edge effects and habitat segregation. *Marine Ecology Progress Series* 299: 277-288
- Dove SG, Kingsford MJ (1998) Use of otoliths and eye lenses for measuring trace-metal incorporation in fishes: a biogeographic study. *Marine Biology* 130: 377-387
- Elsdon TS, Gillanders BM (2003) Reconstructing migratory patterns of fish based on environmental influences on otolith chemistry. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 13: 219–235.
- Gillanders BM (2002) Connectivity between juvenile and adult fish populations: do adults remain near their recruitment estuaries? *Marine Ecology Progress Series* 204: 215-223
- Gillanders BM, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere J, Ramos-Espla A (2001) Trace elements in otoliths of the two-banded bream from a coastal region in the south-west Mediterranean: are there differences among locations? *Journal of Fish Biology* 59: 350-363
- Hamer PA, Jenkins GP, Gillanders BM (2003) Otolith chemistry of juvenile snapper *Pagrus auratus* in Victorian waters: natural chemical tags and their temporal variation. *Marine Ecology Progress Series* 263: 261-273
- Harborne AR, Mumby PJ, Micheli F, Perry CT, Dahlgren CP, Holmes KE, Brumbaugh DR (2006) The functional value of Caribbean coral reef, seagrass and mangrove habitats to ecosystem processes. *Advances in Marine Biology* 50: 57-189
- Harley CDG, Hughes AR, Hultgren KM, Miner BG, Sorte CJB, Thornber CS, Rodriguez LF, Tomanek L, Williams SL (2006) The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters* 9:228–241.

- Hedgecock D, Barber PH, Edmands S (2007) Genetic approaches to measuring connectivity. *Oceanography* 20:70-79
- Jackson JBC, Kirby MX, Berger WH, Bjorndal KA, Botsford LW, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke R, Erlandson J, Estes JA, Hughes TP, Kidwell S, Lange CB, Lenihan HS, Pandolfi JM, Peterson CH, Steneck RS, Tegner MJ, Warner RR (2001) Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293:629–638.
- Kingsford MJ, Gillanders BM (2000) Variation in concentrations of trace elements in otoliths and eye lenses of a temperate reef fish, *Parma microlepis*, as a function of depth, spatial scale, and age. *Marine Biology* 137: 403-414
- Labrosse P, Letourneur Y, Kulbicki M (2000) Fish stock assessment of the northern New Caledonian lagoons: 3 - Fishing pressure, potential yields and impact on management options. *Aquatic Living Resources* 13: 91-98
- Lotze HK, Lenihan HS, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke RG, Kay MC, Kidwell SM, Kirby MX, Peterson CH, Jackson JBC (2006) Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* 312:1806–1809.
- Lugendo BR, Nagelkerken I, van der Velde G, Mgaya YD (2006) The importance of mangroves, mud and sand flats, and seagrass beds as feeding areas for juvenile fishes in Chwaka Bay, Zanzibar: gut content and stable isotope analyses. *Journal of Fish Biology* 69: 1639-1661
- Lugendo BR, Nagelkerken Y, Kruitwagen G, van der Velde G, Mgaya YD (2007) Relative importance of mangroves as feeding habitats for fishes: a comparison between mangrove habitats with different settings. *Bulletin of Marine Science* 80: 497-512
- McCulloch M., Cappo M., Aumend J., Müller W. (2005) Tracing the life history of individual barramundi using laser ablation MC-ICP-MS Sr-isotopic and Sr/Ba ratios in otoliths. *Mar. Fresh. Res.* 56:637-644
- Milton DA, Tenakana CD, Chenery SR (2000) Can the Movements of Barramundi in the Fly River Region, Papua New Guinea be Traced in their Otoliths? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 20: 855-868
- Munday PL (2004) Habitat loss, resource specialization, and extinction on coral reefs. *Global Change Biology* 10:1642–1647.
- Munday PL, Jones GP, Pratchett MS, Williams AJ (2008) Climate change and the future for coral reef fishes. *Fish and Fisheries* 9:261–285.
- Nagelkerken I (2007) Are non-estuarine mangroves connected to coral reefs through fish migration? *Bulletin of Marine Science* 80: 595-607
- Parrish JD (1989) Fish communities of interacting shallow-water habitats in tropical oceanic regions. *Marine Ecology Progress Series* 58: 143-160
- Patterson HM, Kingsford MJ, McCulloch MT (2004) Elemental signatures of *Pomacentrus coelestis* otoliths at multiple spatial scales on the Great Barrier Reef, Australia. *Marine Ecology Progress Series* 270: 229-239
- Rooker JR, Secor DH, Zdanowicz VS, De Metrio G, Relini LO (2003) Identification of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) stocks from putative nurseries using otolith chemistry. *Fisheries Oceanography* 12: 75-84
- Sigura A. 2009. La microchimie des otolithes : un outil pour étudier la connectivité entre écosystèmes du lagon calédonien. Rapport de master 2, Université Bordeaux 1, 25 p.
- Thorrold SR, Jones CM, Campana SE, McLaren JW, Lam JWH (1998) Trace Element Signatures in Otoliths Record Natal River of Juvenile American Shad (*Alosa sapidissima*). *Limnology and Oceanography* 43: 1826-1835
- Vigliola L, Labonne M, Martino A, Durand JD, Bruguier O, Panfili J (2009) Can otolith microchemistry be used to reconstruct movement patterns and environmental history of

mulletts in hyperhaline estuaries? 4th International Otolith Symposium, Monterey, California, USA.

Vigliola L, Meekan MG (2009) Chapter 6. The back-calculation of fish growth from otoliths.

In: Green BS, Mapstone BM, Carlos G, Begg GA (eds). Tropical fish otoliths: information for assessment, management and ecology. Springer, pp. 174–211.

Wantiez L (2008). Les récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie en 2006 : état des lieux et réseau de suivi. *Revue d'Ecologie Terre et Vie* 63: 55-70

Warner RR, Swearer SE, Caselle JE, Sheehy M, Paradis G (2005) Natural trace-elemental signatures in the otoliths of an open-coast fish. *Limnol. Oceanogr.* 50(5):1529-1542

Worm B, Barbier EB, Beaumont N, Duffy JE, Folke C, Halpern BS, Jackson JBC, Lotze HK, Micheli F, Palumbi SR, Sala E, Selkoe KA, Stachowicz JJ, Watson R (2006) Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314:787–790.

Yamashita Y, Otake T, Yamada H (2000) Relative contributions from exposed inshore and estuarine nursery grounds to the recruitment of stone flounder, *Platichthys bicoloratus*, estimated using otolith Sr:Ca ratios. *Fisheries Oceanography* 9: 316-327

7. Remerciements

Gérard Mou-Tham et Miguel Clarke pour le travail remarquable à la mer. Joseph Baly pour l'aide au labo. Province Sud et Province Nord pour l'aide à l'organisation des missions. L'ADECAL pour la flexibilité, la compréhension et le professionnalisme. La raie n'est pas remerciée !

8. Annexes

Annexe 1. Liste préliminaire des échantillons de poisson. La liste finale sera préparée au fur et à mesure du traitement des individus au laboratoire.

| Nombre d'individus par espèce, site et habitat | grand récif | | | | | | | | | | mangrove | | | | | | | | | | récif frangeant | | | | récif inter | | | | Total | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|------|------|---------|-------|---------|---------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|---------|-------|-----------------|---------------|-------|------|-------------|-------|-------|------|-------|------|-------|---|---|--|---|--|---|--|-----|----|
| | m os | gat e | gol e | ne ui | nou a | ou o | pa a | port et | pr on | st vinc | tchamb ouenne | m os | gat e | gol e | ne ui | nou a | ou o | pa a | port et | pr on | st vinc | tchamb ouenne | gat e | ou o | pr y | st on | gat e | ou o | | pr y | st on | | | | | | | | | |
| Abudefduf septemfasciatus | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| Abudefduf sexfasciatus | 9 | 2 | 12 | 4 | 12 | 12 | 1 | 8 | 1 | 3 | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 16 | 1 | 2 | | | | | | 4 | 89 |
| Abudefduf sordidus | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| Acanthopagrus berda | | | | | | | | | | | 1 | 2 | | 2 | | 1 | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | |
| Acanthurus albipectoralis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 |
| Acanthurus blochii | | 7 | 3 | 1 | | | | | | | 2 | | 1 | 2 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | 18 | |
| Acanthurus dussumieri | | | | | | | 2 | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 11 | 16 |
| Acanthurus lineatus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | |
| Acanthurus nigricauda | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 3 | |
| Acanthurus nigrofuscus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | 4 | |
| Acanthurus olivaceus | | | 2 | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | |
| Acanthurus pyrofera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | |
| Acanthurus xanthopterus | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | 14 | |
| Ambasis buruensis | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 214 | |
| Amblyglyphidodon curacao | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | 5 | |
| Amblyglyphidodon leucogaster | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | | 6 | |
| Anguille sp | | | | | | | | | | | 4 | 5 | | | | | | | | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | |
| Anguille sp 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | 22 | |
| Anguille sp 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | 18 | |
| Anguille sp 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----|---|---|----|----|---|----|----|----|----|----|--|--|---|--|---|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|
| Chaetodon citrinellus | 1 | 3 | 8 | 10 | | 1 | 6 | | 4 | | 14 | | | 1 | | | 11 | 7 | | | 5 | 3 | 3 | 77 | | |
| Chaetodon ephippium | | | | | | | | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | 2 | 1 | 6 | | |
| Chaetodon flavirostris | | 6 | | | | 1 | | | | | 2 | | | | | | | | 2 | | | | 1 | 12 | | |
| Chaetodon kleinii | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | 4 | | |
| Chaetodon lineolatus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | |
| Chaetodon lunula | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | 2 | | |
| Chaetodon lunulatus | 11 | 2 | 5 | 8 | 12 | 5 | 11 | 14 | 11 | 16 | 12 | | | 1 | | | 16 | 10 | 11 | 9 | 10 | 10 | 18 | 16 | 8 | |
| Chaetodon melanotus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | | 2 | | 1 | 8 | |
| Chaetodon mertensii | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | 1 | 1 | | | 4 | |
| Chaetodon pelewensis | | | | 3 | | | | | | | 1 | | | | | | 2 | 1 | | | | | | 1 | 8 | |
| Chaetodon plebeius | 2 | 1 | | 3 | 1 | | | | 1 | 2 | 6 | | | | | | 2 | 8 | 5 | 1 | 1 | 3 | 9 | 8 | 53 | |
| Chaetodon sp | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | 3 | 5 | | |
| Chaetodon speculum | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 2 | | 2 | | | | 10 | 1 | 18 | |
| Chaetodon trifascialis | | 1 | | 4 | | | 2 | 2 | | | | | | | | | 4 | | | | 2 | | | | 15 | |
| Chaetodon ulietensis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | 2 | |
| Chaetodon unimaculatus | | | | 1 | 1 | | | | | | 2 | | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 | 2 | 9 | |
| Chaetodon vagabundus | 2 | | 1 | | 2 | 1 | 3 | 1 | | 2 | 1 | | | 1 | | 1 | 3 | | 1 | 1 | | 3 | | | 23 | |
| Chalotomus corallinus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| Chanos chanos | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| Chantigaster valentini | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| Cheilio inernis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | |
| Cheilodipterus quinquelineatus | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| Chelinus chlororus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| Chelio inernis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | 3 | |
| Chirurgien sp | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| Chlorurus microrhinos | 2 | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | 1 | 7 | |
| Chlorurus sordidus | 2 | 2 | 4 | 2 | 9 | 2 | 3 | 6 | 10 | 4 | 6 | | | | | | 2 | 2 | | | | 10 | 5 | | 69 | |
| Choerodon graphicus | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 |
| Chromileptes altivelis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | 2 | |
| Chromys veridis | 9 | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | | | | | | 20 | |
| Chrysiptera biocelata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | 6 | |
| Chrysiptera taupou | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| Cirrhitidae sp | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | |

aureolineatus

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|---|----|---|----|----|----|-----|------|
| Gnathododon speciosus | | | | | 1 | | | | 1 |
| Gobie sp | 18 | 4 | 4 | | | | | | 26 |
| Gobie sp 1 | | | | 1 | | | 1 | | 2 |
| Gobie sp 2 | | | | 1 | | | 1 | | 2 |
| Gobie sp 3 | | | | 8 | | | 2 | | 10 |
| Gobie sp 4 | | | | | | | 1 | | 1 |
| Gobie sp 5 | | | | | | | 15 | | 15 |
| Gobie sp 6 | | | | | | | 5 | | 5 |
| Gobie sp1 | | | 1 | | | | | | 1 |
| Gobie sp2 | | | 2 | | | | | | 2 |
| Gobie sp3 | | | 4 | | | | | | 4 |
| Gobie sp4 | | | 1 | | | | | | 1 |
| Gobie sp5 | | | 3 | | | | | | 3 |
| Gobie sp6 | | | 3 | | | | | | 3 |
| Gobie sp7 | | | 7 | | | | | | 7 |
| Gobies sp | | | 65 | | | 7 | | | 72 |
| Gobiodon sp | 1 | | | | | | | | 1 |
| Grammistes sexlineatus | | | | | 4 | 1 | | | 5 |
| Gymnothorax monochrous | | | 3 | | | | | | 3 |
| Halichoeres argus | | | | | 28 | 35 | | | 63 |
| Halichoeres argus? | | | | | | | 8 | | 8 |
| Halichoeres melanurus | | | 2 | | | | | | 2 |
| Halichoeres sp | | | | | 3 | 1 | | | 4 |
| Halichoeres trimaculatus | | | | | 6 | 23 | 1 | | 30 |
| Halicoeres sp (nebulosus?) | | | | | | | 20 | | 20 |
| Hemiramphus sp | | | 1 | | | | 2 | | 3 |
| Heniochus acuminatus | | | | | 1 | | | | 1 |
| Heniochus chrysostomus | 3 | 2 | | | | | | 1 | 2 10 |
| Heniochus varius/chrysostomus? | | | | | | | | 1 | 1 |
| Kyphosus vagiensis | | | | | | | 1 | 1 1 | 5 8 |
| Kyphosus vagiensis? | 1 | | | | | | | | 1 |

