



« Utilisation de la vidéo Haute Définition pour étudier la distribution spatiale de la biodiversité lagonaire de Pouebo, Nouvelle Calédonie »

Fanny WITKOWSKI

M1 IEGB, 2012-2013 : Stage effectué du 11 mars au 9 août 2013

Directrice de stage :

Dr Dominique PELLETIER

Equipe AMP, Laboratoire LEAD-NC

IFREMER Nouméa, Délégation de la Nouvelle Calédonie

101, Promenade Roger Laroque, BP 2059, 98846 Nouméa Cedex

dominique.pelletier@ifremer.fr



source: internet - www.aquaportail.com



RESUME

Les récifs coralliens sont parmi les écosystèmes les plus diversifiés ; structurés par des processus complexes. Cependant, l'organisation spatiale de la diversité des communautés ichthyologiques de ces écosystèmes reste mal connue.

Cette étude, englobant l'Aire Marine Protégée de Pouebo (Nord-est, Nouvelle Calédonie), s'intègre dans le projet AMBIO de l'IFREMER étudiant les variations spatio-temporelles de la biodiversité à l'aide de systèmes vidéo rotatif en Haute Définition. Au total, 1717 individus appartenant à 25 familles, 56 genres et 145 espèces ont été observés sur les 85 stations vidéo échantillonnées. Une typologie d'habitat a permis de distinguer cinq classes d'habitat, hautement significatives pour la richesse spécifique et la densité d'abondance des espèces observées. Les résultats indiquent que la biodiversité augmente en s'éloignant de la côte et la biodiversité est maximale dans les habitats complexes dominés par du corail vivant. En revanche le statut de protection ne semble pas être un facteur discriminant ni pour les peuplements en général, ni pour les espèces exploitées. On note la présence d'espèces rares dans certaines stations, ainsi qu'une richesse spécifique élevée pour les *Chaetodontidae*, espèce indicatrice de la qualité de l'habitat. Globalement l'étude indique que les récifs coralliens et la biodiversité associée seraient en bon état général dans la zone étudiée.

Mots clés : Vidéo sous-marine, Biodiversité et ressources lagunaires, Suivi, Indicateur, Métriques, Site Patrimoine Mondiale UNESCO, Variabilité spatiale.

ABSTRACT

Coral reefs are among the most diversified ecosystems; structured by complex processes. Yet, spatial organization of the diversity of reef fish communities is not well known.

The present study, covering the Marine Protected Area of Pouebo (North-East of New Caledonia), takes part of the AMBIO project from IFREMER, which studies spatio-temporal variations of biodiversity by means of High-definition rotatif underwater video systems. In total 1717 individuals from 25 taxonomic families, 56 genus and 145 species were observed. The derived habitat typology of stations distinguishes five habitat classes, which seem to be highly significant for fish species richness and fish density. Results show that biodiversity increases close to the intermediate and the barrier reef and that biodiversity is high in complex coral habitats. Nevertheless, the protection status does not seem to be a determining factor, neither for fish communities, nor for exploited fish species. We state the presence of rare species in some stations as well as high species richness for *Chaetodontidae*, which are habitat indicators. Globally, the present study shows that coral reefs and their associated biodiversity seem to be in good conservation status in the studied area.

Key words: Underwater video, Biodiversity and lagoon resources, Monitoring, Indicator, Metric, UNESCO World Heritage Site, Spatial variability.

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier sincèrement ma directrice de stage, Dominique Pelletier, pour la confiance accordée en m'offrant la possibilité de faire ce stage et pour m'avoir accueilli dans son équipe. Je lui remercie pour sa patience, l'autonomie dans l'organisation de mon travail, son accompagnement, et ses remarques instructives concernant les analyses statistiques et la rédaction du rapport.

Je remercie également le délégué André Carpentier pour sa disponibilité et d'avoir pris le temps de relire ce rapport.

Je tiens également à remercier Delphine Mallet pour ces bons moments partagés lors des pauses café très productives et riches en réflexion. Merci pour ses conseils précieux, son aide en ce qui concerne les analyses statistiques et les scripts PAMPA, et merci pour la relecture riche en instructions.

Un grand merci également à William Roman pour m'avoir introduit dans le monde de l'identification des poissons. Merci pour sa patience et sa pédagogie lors des premières semaines, quand j'ai été perdu parmi tous les poissons-perroquets et chirurgiens. Merci également pour m'avoir formée aux techniques de terrain et pour ces moments passés à Koné et Merlet.

Merci également au reste de l'équipe de Nouméa, à Charles, Meiddi et à Karen pour sa bonne humeur et pour l'aide administrative. Merci à Lionel pour la mission de terrain riche en aventures dans la réserve de Merlet. Un merci particulier à Meiddi, mon co-stagiaire, pour son soutien et tous ces bons moments passés ensemble.

Je remercie également Benoit de m'avoir accueilli dans son bureau, ainsi que pour sa disponibilité et sa patience pour résoudre mes problèmes techniques.

Merci également à toute l'équipe d'IFREMER de Saint Vincent pour leur accueil agréable et convivial.

Enfin merci à tous ceux qui m'ont accompagnée à distance et qui ont patiemment attendu que je revienne de l'autre bout du monde et qui m'ont soutenu activement pendant les 5 derniers mois.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	1
1.1. Etat de l'art.....	1
1.2. Contexte de l'étude.....	3
1.3. Objectifs et missions.....	5
2. MATERIEL ET METHODES.....	6
2.1. Zone d'étude.....	6
2.2. Echantillonnage.....	7
2.3. Traitement des données.....	9
3. RESULTATS.....	11
3.1. Résultats globaux.....	11
3.2. Mise en évidence des variations spatiales des communautés ichthyologiques en fonction de l'habitat.....	11
3.2.1. Typologie d'habitat.....	11
3.2.2. Effet du statut de protection, du biotope et de l'habitat.....	12
a. Conservation de la biodiversité.....	12
b. Exploitation des ressources.....	15
4. DISCUSSION/ CONCLUSION.....	17

REFERENCES

ANNEXES

Liste des figures

- **Figure 1:** Carte des sites calédoniens inscrits au Patrimoine Mondial de l'UNESCO
- **Figure 2:** Exemples d'habitats coralliens sur la côte est de la Nouvelle-Calédonie
- **Figure 3:** Carte NC et zoom sur zone d'étude
- **Figure 4 :** Bilan des stations réalisées
- **Figure 5:** Le Système STAVIRO
- **Figure 6 :** Le Système STAVIRO sous l'eau lors de la mission à Pouebo 2012.
- **Figure 7:** Schéma récapitulatif du traitement des données
- **Figure 8 :** Illustration de la plateforme de calcul PAMPA
- **Figure 9:** Nombre d'individus observés par famille
- **Figure 10:** Fréquence d'occurrence des *Scaridae*
- **Figure 11:** Carte des classes d'habitat issues de la typologie
- **Figure 12:** Richesse spécifique et densité d'abondance de toutes les espèces observées en fonction de l'habitat et du statut de protection
- **Figure 13:** Carte de répartition de la richesse spécifique, de la densité d'abondance, de la couverture en corail vivant et de la complexité d'habitat
- **Figure 14:** Fréquence d'occurrence des *Chaetodontidae* en fonction de l'habitat et du statut de protection
- **Figure 15:** Richesse spécifique des *Chaetodontidae* en fonction de l'habitat et du statut de protection
- **Figure 16 :** Fréquence d'occurrence des *Carcharhinidae* et des *Cheilinus undulatus* en fonction de l'habitat et du statut de protection
- **Figure 17:** Fréquence d'occurrence des espèces à intérêt commercial en fonction de l'habitat et du statut de protection
- **Figure 18:** Illustration des espèces observées lors des analyses vidéo

Liste des tableaux

- **Tableau 1 :** Bilan de la répartition des stations par biotope et par statut de protection.
- **Tableau 2 :** Caractéristiques des classes d'habitats issues de la typologie
- **Tableau 3 :** Résultats des tests statistiques pour les métriques de la richesse spécifique et la densité d'abondance

- **Tableau 4 :** Résultats des tests statistiques pour les métriques testées pour les *Chaetodontidae*

Liste des annexes

- **Annexe 1 :** Fiche A du projet de stage
- **Annexe 2 :** Liste des espèces cibles échantillonnées : Liste IEHE (liste des espèces d'intérêt commercial, halieutique ou espèces emblématiques)
- **Annexe 3 :** Feuille de saisie Excel de l'échantillonnage de la macrofaune
- **Annexe 4 :** Feuille de saisie Excel de l'échantillonnage de l'habitat
- **Annexe 5 :** Liste des espèces échantillonnées
- **Annexe 6 :** Liste des espèces à intérêt commercial en Nouvelle-Calédonie

1) INTRODUCTION

1.1) Etat de l'art : Conservation des écosystèmes coralliens

A l'échelle mondiale, l'Homme tire profit des océans soit par l'exploitation directe de ses ressources, soit par les services fournis par les écosystèmes marins (Holmlund et Hammer, 1999). Parmi les milieux marins, les récifs coralliens représentent un des écosystèmes les plus diversifiés en termes de biodiversité faunistique et floristique et un des écosystèmes les plus productifs (Mumby et Steneck 2008). Les récifs coralliens sont une forme de vie parmi les plus anciennes et primitives, datant de plusieurs centaines de millions d'années (www.gefcoral.org). Contrairement aux anciens paradigmes énonçant que les récifs coralliens seraient spatialement uniformes et stables face aux perturbations, ils sont désormais considérés comme hétérogènes, fragiles et étant structurés par des processus complexes (Mumby et Steneck 2008). Des études récentes sur l'état des récifs coralliens sont alarmantes et indiquent une dégradation continue : 15% des récifs coralliens seraient en état « critique » avec une perte probable dans les 10 à 20 ans à venir, et 20% des récifs coralliens seraient « gravement menacés » avec une perte totale prévue dans les 20 à 40 ans à venir (Wilkinson 2008). De plus, selon Hughes *et al.* (2003), les menaces d'origine anthropiques, ainsi que la dégradation des récifs coralliens, rendraient les écosystèmes côtiers plus sensibles aux variations climatiques actuelles et futures.

De nombreux textes et programmes actuels comme l'ICRI (International Coral Reef Initiative) au niveau mondial, le CRISP (Coral Reef Initiatives for the Pacific) à l'échelle du Pacifique, la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (2008/CE/56, DCSMM1) en France ou alors la mise en place de l'IFRECOR (Initiative Française pour les Récifs CORalliens) traduisent cette prise de conscience concernant la dégradation des récifs coralliens.

Les lagons de Nouvelle-Calédonie (NC) font partie des trois systèmes récifaux les plus étendus du monde. Il représente à lui seul près de 75 % de la surface des récifs et lagons des territoires français plaçant la France parmi les premiers pays coralliens du monde. La NC est protégée par le plus grand lagon du monde (23400 km²) avec près de 8000 km² de formations coralliennes (Andréfouët *et al.* 2009). La barrière récifale calédonienne d'une longueur de 1500 km, est la deuxième plus grande barrière de corail au monde après la Grande Barrière de

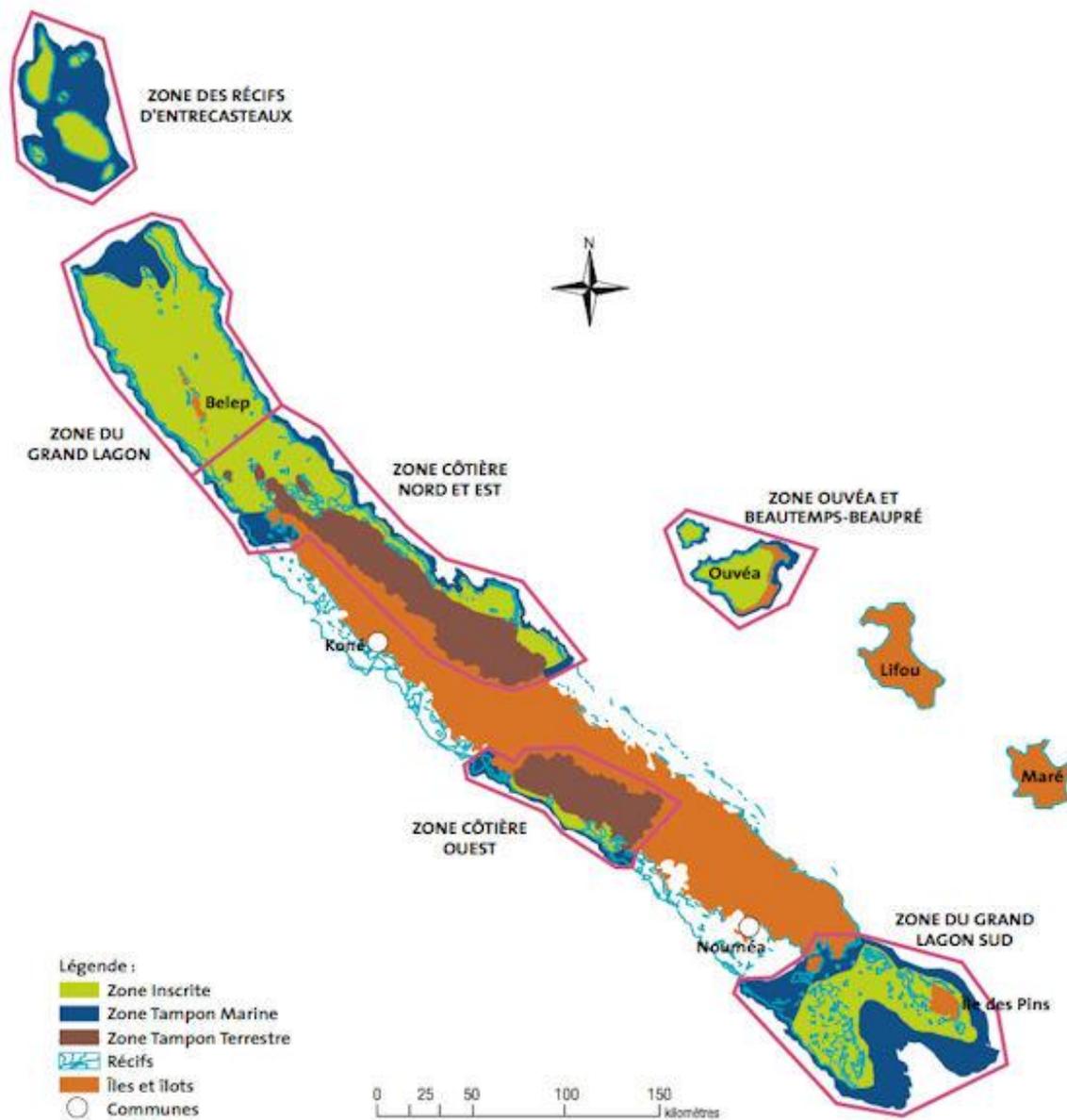


Figure 1 : Carte des sites calédoniens inscrits au Patrimoine Mondial de l'UNESCO

<http://www.plongeur.com/magazine/2010/01/18/nouvelle-caledonie-patrimoine-mondial-humanite-unesco/>

Corail en Australie (Andréfouët *et al.* 2009). Plus de 350 espèces de coraux et plus de 1569 taxons de poissons récifaux sont recensés en NC (Kulbicki *et al.*, 2011). En effet, la NC est classée 5^e pays de la planète pour sa richesse biologique par rapport à sa superficie, car elle se trouve isolée des autres terres depuis 70 millions d'années. De ce fait il s'agit d'un « **hotspot de biodiversité** » en ce qui concerne les végétaux (Myers *et al.* 2000), mais également pour l'ichtyofaune (Olsen et Dinerstein, 2002 ; Roberts *et al.* 2002).

Depuis 30 ans, les écosystèmes coralliens du Pacifique comme ceux de la NC subissent une croissance démographique continue des impacts anthropogéniques en augmentation (Morrison *et al.* 2013). Selon ce dernier, parmi les impacts anthropogéniques communs on note l'épuisement des stocks halieutiques, une contamination de l'environnement due à un mauvais traitement des eaux usées, une mauvaise gestion des déchets et l'eutrophisation. L'exploitation du nickel, principal moteur du développement économique de cette île, représente une autre menace pour les écosystèmes côtiers et marins de la NC (Chabanet *et al.* 2010). L'ensemble de ces facteurs peut contribuer à l'érosion de la biodiversité marine. Or, la biodiversité est un élément clé de la résilience des récifs coralliens face à des perturbations (Nyström et Folke 2001). De plus, les feux de brousse, la disparition des forêts ainsi que l'aménagement du littoral accroissent l'érosion des sols, favorisant une augmentation de la turbidité de l'eau néfaste au développement des coraux (McKenna *et al.*, 2006). Ces effets seraient même notables dans des endroits à faible densité de population, où les récifs frangeants subissent des pressions intenses (Morrison *et al.* 2013), avec un récif barrière limitant le renouvellement des eaux côtières par les apports océaniques (Viles and Spenser, 1995, cité dans Morrison *et al.* 2013).

En NC, l'environnement lagunaire est de compétence provinciale, depuis la loi organique de 1999. Ce sont donc les Provinces qui gèrent la réglementation et l'exercice des droits d'exploration, d'exploitation, de gestion et de conservation des ressources naturelles du lagon. Le classement d'une grande partie des lagons au Patrimoine Mondial de l'UNESCO en juillet 2008 a renforcé cette politique de conservation à l'échelle du territoire. Le classement au Patrimoine Mondial concerne 15.000 km² (60%) de lagon, qui sont inscrits sous forme d'un « bien en série » composé de six sites (Fig. 1). Il est nécessaire de suivre et évaluer l'efficacité de ces mesures de conservation à travers des programmes de collecte de données appropriés.

En 2007, un système de vidéo rotative Haute Définition (HD) pour l'observation des habitats et des peuplements sous-marins du lagon a été mis au point par l'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER) en partenariat avec l'IRD (Institut de Recherche

pour le Développement) (Pelletier et Leleu 2008). La vidéo est une technique d'observation non destructive pour le suivi des écosystèmes récifo-lagonaires. Différentes techniques de suivi par vidéo sous-marine existent (Cappo *et al.* 2003), comme par exemple la vidéo appâtée (Willis et Babcock 2000). Le suivi par vidéo permet notamment de s'affranchir des inconvénients des comptages en plongée (Pelletier *et al.* 2012), comme la présence d'un plongeur (effet attracteur/répulsif) (Watson *et al.* 2007) ou encore une limitation du nombre d'observations et de leur profondeur. Le suivi par vidéo permet ainsi d'estimer l'abondance et la diversité des poissons récifaux, de cartographier la répartition des poissons et des habitats, d'étudier les effets sur les poissons et les habitats en fonction des facteurs environnementaux et des statuts de protection.

1.2) Contexte de l'étude

En Nouvelle-Calédonie, un accord-cadre a été signé entre l'Etat, le Gouvernement, les trois provinces et l'IFREMER en faveur d'un programme de valorisation des ressources et de l'environnement marins. Cet accord se décline en plusieurs projets pour la période 2012-2015. Parmi eux figure le projet intitulé « Biodiversité, Patrimoine inscrit, et Aires Marines Protégées », qui se déroule sur trois années consécutives (2013 à 2015). Le stage s'inscrit dans le cadre de ce projet, qui s'appuie sur une collaboration avec le SMMPM (Service de la Marine Marchande et des Pêches Maritimes), les services techniques des Provinces de la NC, et le CEN (Conservatoire des Espaces Naturels). Un objectif majeur de ce projet est l'évaluation de la biodiversité des récifs lagonaires néo-calédoniens à travers de la vidéo sous-marine. Le projet est structuré en fiches d'action thématiques. Ce stage concerne particulièrement la « Fiche A » relative à l'observation et l'évaluation de la biodiversité lagonaire (Annexe 1). Un de ses livrables est le rapport du stage, qui vise à étudier la biodiversité marine dans et autour la réserve de Yambé-Diahoué de la Côte nord-est.

- **La structure d'accueil : l'IFREMER**

L'IFREMER est un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC), créée en 1984, qui est placée sous la tutelle conjointe des ministères de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Les principales missions couvrent la recherche et l'expertise afin de contribuer à la surveillance des mers et du littoral pour venir en appui aux politiques publiques d'aménagement et de gestion des ressources, ainsi qu'au développement durable des activités maritimes.

- **Délégation de Nouvelle Calédonie**

La délégation de l'IFREMER est implantée en NC depuis les années 1970, et est spécialisée dans le domaine de la crevetticulture, enjeu socio-économique de taille en NC. Depuis 1970, des orientations nouvelles se sont ajoutées dans le contexte du développement de l'industrie de nickel et d'une prise de conscience globale de l'état de l'écosystème lagonaire, des risques de sa dégradation et de son inscription en 2008 par l'UNESCO. L'IFREMER comprend une délégation de la Direction Générale, et une Unité de Recherche (UR), le LEAD (Lagon, Ecosystèmes et Aquaculture Durable). Cette UR comprend plusieurs équipes, dont l'équipe **Biodiversité et Aires Marines Protégées**.

- **L'équipe Biodiversité et Aires Marines Protégées**

L'équipe, au sein de laquelle j'ai effectué mon stage, a comme mission principale la recherche sur les stratégies de conservation de la biodiversité et sur la gestion des usages qui en dépendent. La mission se décline en deux axes de recherche : l'Etude des usages (surtout récréatifs et informels) et le suivi de la biodiversité lagonaire à travers des techniques de vidéos sous-marines en haute définition. Ce stage s'inscrit dans ce Projet Vidéo.

Actuellement, cinq personnes travaillent dans cette équipe : une directrice de recherche (Dominique PELLETIER), une doctorante (Delphine MALLET) et deux volontaires au service civique (William ROMAN et Charles GONSON).

Au niveau des moyens financiers, les frais s'élèvent à 14 304€ pour les frais de missions de l'année 2012 dont la mission de la zone d'étude de Pouebo. Ils s'y ajoutent les salaires des agents de l'IFREMER.

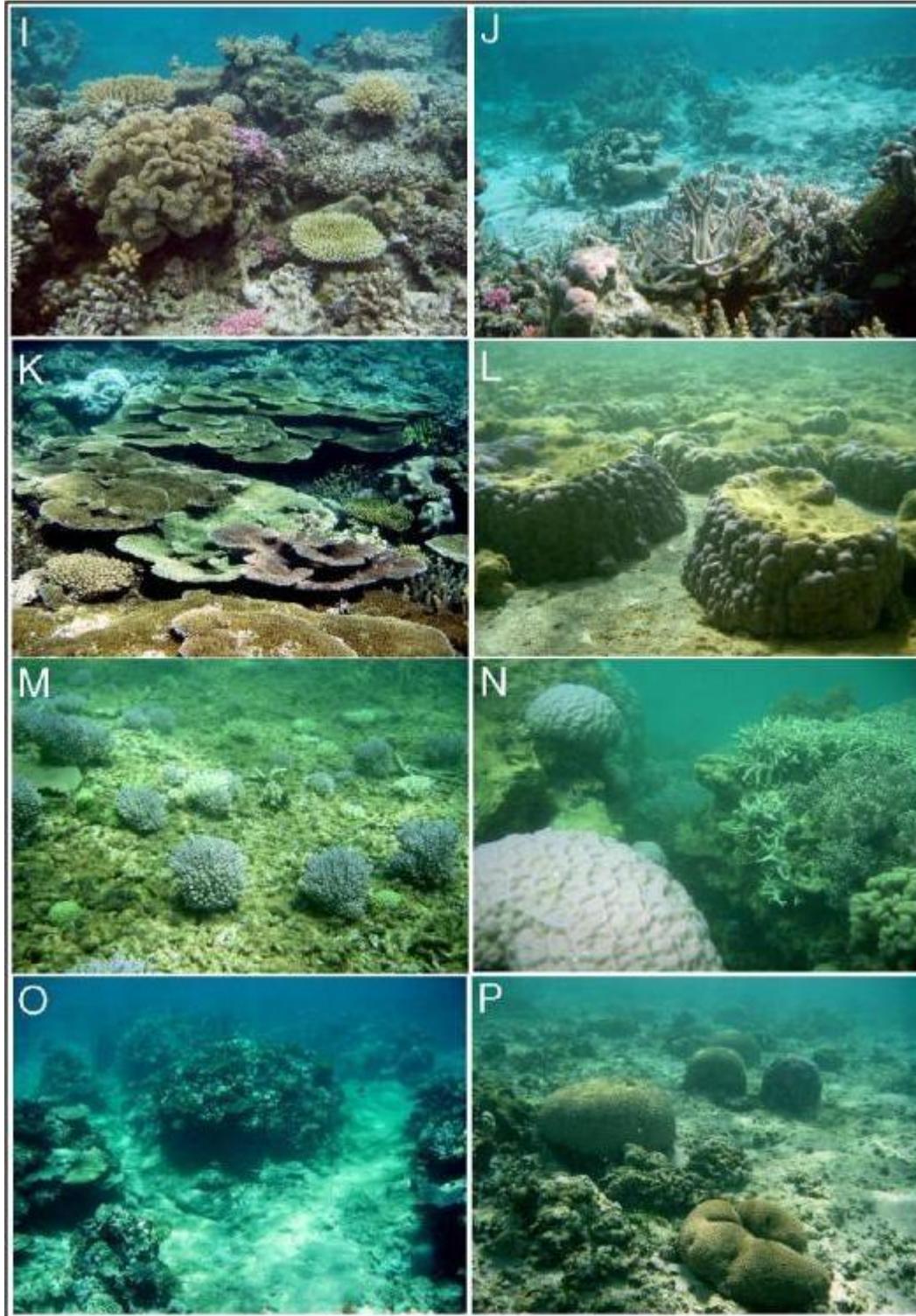


Figure 2 : Exemples d'habitats coralliens de platiers récifaux, terrasses de récifs et fonds de lagon de la côte ouest, caractérisés par des topographies, complexités, pourcentages de recouvrement, assemblages de formes de croissances et substrats variés.

1.3 Objectifs et missions du stage

L'objectif principal du stage consiste à dresser un état des lieux de la biodiversité marine dans la zone de Pouebo, située sur la côte est dans la Province Nord, qui fait partie des sites inscrits au Patrimoine Mondial de l'UNESCO en 2008.

Les espèces sont typiquement réparties de manière inégale entre les différents types d'habitat, ce qui peut être le résultat d'une interaction de facteurs complexes, tels que la compétition, la prédation, les perturbations, la dispersion ou l'habitat (Begon *et al.* 1990, cité dans Öhamn *et al.* 1998). L'organisation spatiale de la biodiversité des écosystèmes des communautés ichthyologiques récifaux reste mal connue (Kulbicki *et al.*, 2011). De plus, selon Galzin (2000), 90% des poissons récifaux semblent vivre dans un territoire de moins de 20m² à l'échelle de l'édifice récifal, l'habitat semble donc être un facteur très structurant.

Le but de l'étude est de mettre en évidence les **variations spatiales des communautés ichthyologiques en fonction de l'habitat** en tenant compte de différents facteurs environnementaux et anthropiques. Ainsi les données renseignent les cortèges d'espèces en fonction de l'habitat. Ceux-ci sont comparés entre sites en fonction des différents types géomorphologiques du récif lagunaire.

Les **variations spatiales des communautés ichthyologiques sont également étudiées par rapport au statut de protection** afin d'évaluer l'efficacité des zones protégées, les pressions anthropiques en lien avec le contexte local ainsi que l'état de la conservation de la biodiversité et de l'exploitation des ressources.

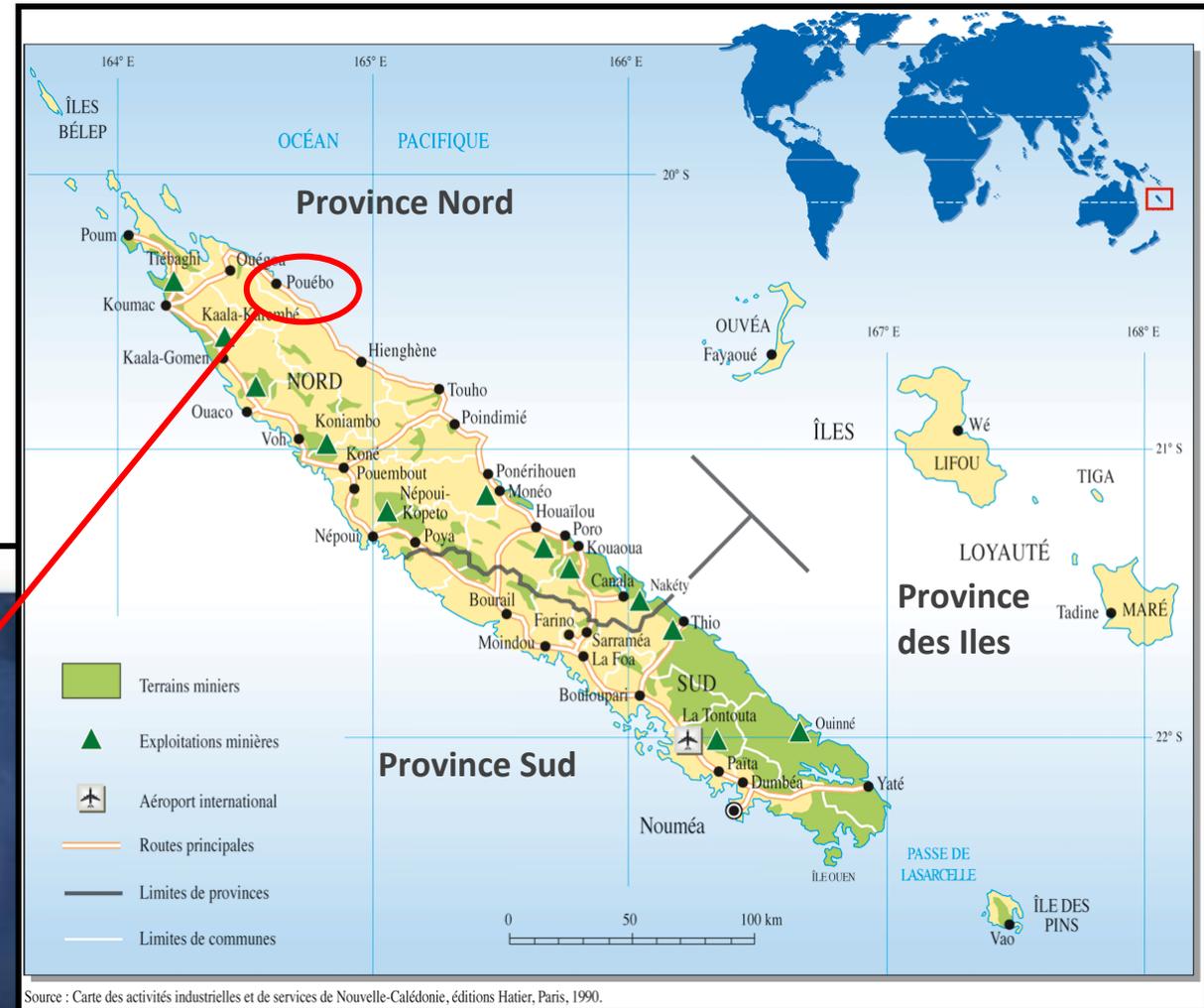
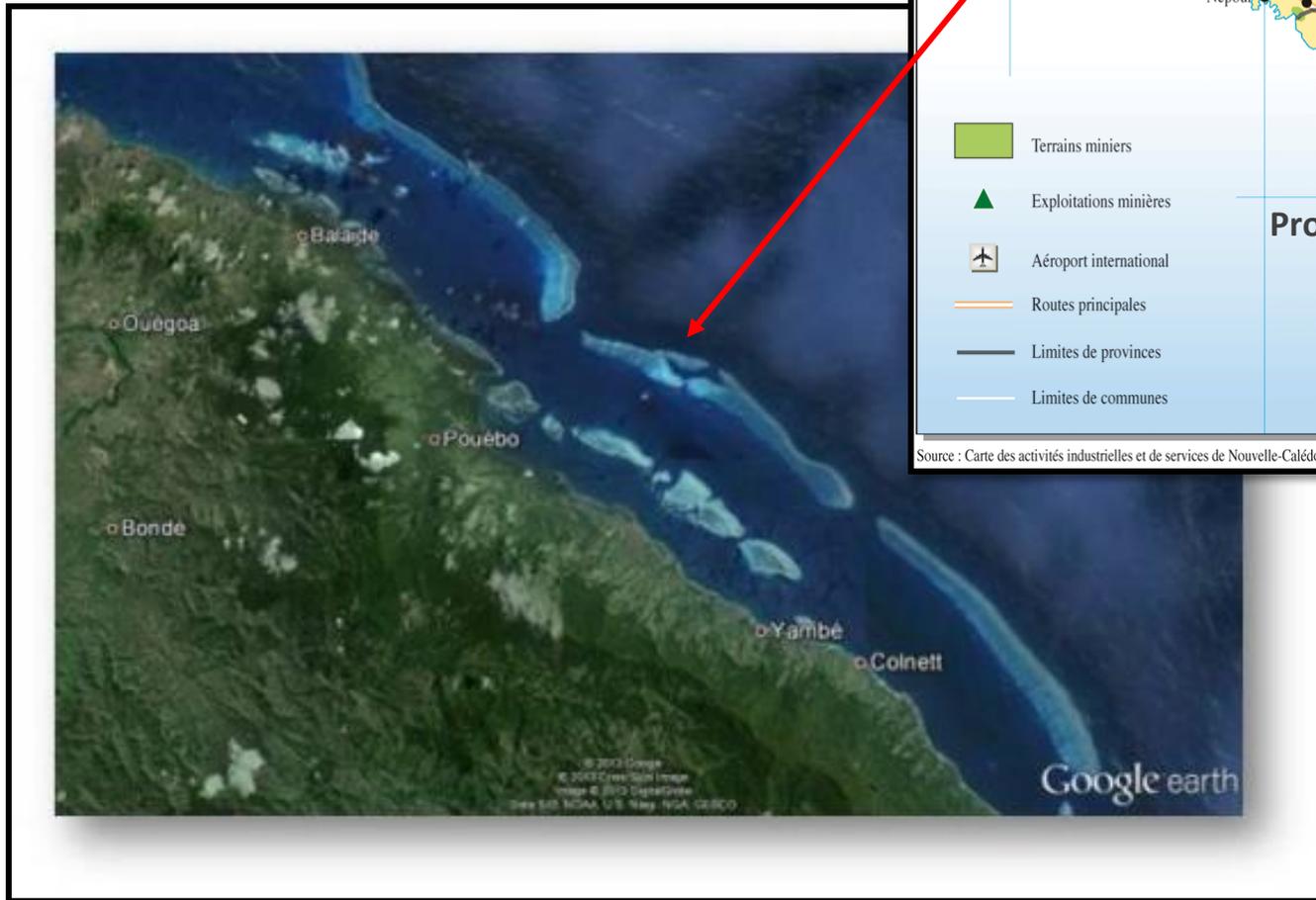
Il s'agit donc dans un premier temps d'analyser les images vidéo prises lors de la campagne de Pouebo en 2012 afin de caractériser l'habitat (Fig. 2) et de recenser les espèces ichthyologiques en fonction d'une liste cible. Dans un deuxième temps, diverses métriques de la biodiversité sont calculées en lien avec les caractéristiques environnementales.

En parallèle, d'autres missions du stage consistent à participer aux sorties de terrain dans le lagon (Koné sur la côte ouest et la Réserve Intégrale de Merlet au sud) afin de maîtriser les techniques de terrain associées aux vidéos sous-marines.

Figure 3 : Vue d'ensemble de la Nouvelle-Calédonie et zoom sur la zone d'étude au large de Pouébo

Remarque : Les récifs au large appartenant à la Nouvelle Calédonie ne sont pas représentés

Source : <http://www.monde-diplomatique.fr/cartes/nouvellecaledonie>



2) MATERIEL ET METHODE

2.1) La zone d'étude

La NC est la troisième île du Pacifique Sud par sa superficie (18 575 km² de terres émergées) et se situe à 1500 km au nord-est des côtes australiennes. L'archipel de la NC se compose de l'île principale, la « Grande Terre », d'une superficie de 16 360 km², ainsi que de plusieurs îles et de nombreux récifs et îlots éparés au sein d'une Zone Economique Exclusive (ZEE) de 1,4 millions km².

La zone d'étude concerne les récifs coralliens au large de la commune de Pweevo (Pouebo) de la région du Mont Panié au nord de la côte est de la NC (Fig. 3). Elle fait à peu près 40km de longueur et 7km de largeur. Elle se caractérise par une faible densité de population (12 hab/km²), essentiellement d'origine Kanak (près de 95%, recensement de 2006). Kanak ou canaque est le nom utilisé pour désigner les populations autochtones de Nouvelle-Calédonie dans le Pacifique Sud.

La pression de pêche est peu élevée dans la zone et est d'ordre vivrier et plaisancier. La zone d'étude fait entièrement partie du bien en série du Patrimoine mondial de l'UNESCO. De plus, à ce jour, la Province Nord compte trois AMP (Aires Marines Protégées), dont une au niveau de la zone de Pouebo, couvrant une surface marine de 67 km², l'AMP de l'aire de Yambé-Diahoué. Il s'agit d'une Aire de Gestion Durable des Ressources (AGDR), gérée par un comité de gestion, organisé en association Loi 1901. La valeur du patrimoine naturel de cette AMP concerne un lagon profond au sein de la barrière corallienne (rare), une couverture corallienne exceptionnelle et certaines espèces rares ou recherchées. A l'intérieur se trouvent trois réserves de « zone de nature sauvage » (catégorie I.B de l'IUCN) et une « Aire protégée gérée principalement à des fins de protection des ressources sauvages » (Fig. 4).

2.2.1) Les unités récifales des écosystèmes coralliens

Les récifs coralliens se décomposent en plusieurs structures récifales, qui se succèdent de la côte vers le large : D'abord, le **récif frangeant** de faible profondeur, qui longe la côte et qui comprend les **herbiers**. Il est exposé aux vagues, à moins de se situer en fond de baie. Il suit le **récif intermédiaire**, qui est un lagon plus profond, d'une largeur allant jusqu'à 65 km. Il contient de nombreux récifs et des îlots avec une faible profondeur variable. Enfin, le **récif barrière** avec le tombant interne et externe où les anciens estuaires forment les passes.

La biodiversité est maximale sur les récifs barrières et moindre sur les récifs frangeants (Bonvallet *et al.* 2012). Le plan d'échantillonnage de la zone d'étude a été élaboré afin de répartir les stations parmi les différentes unités récifales (herbiers, récif frangeant,

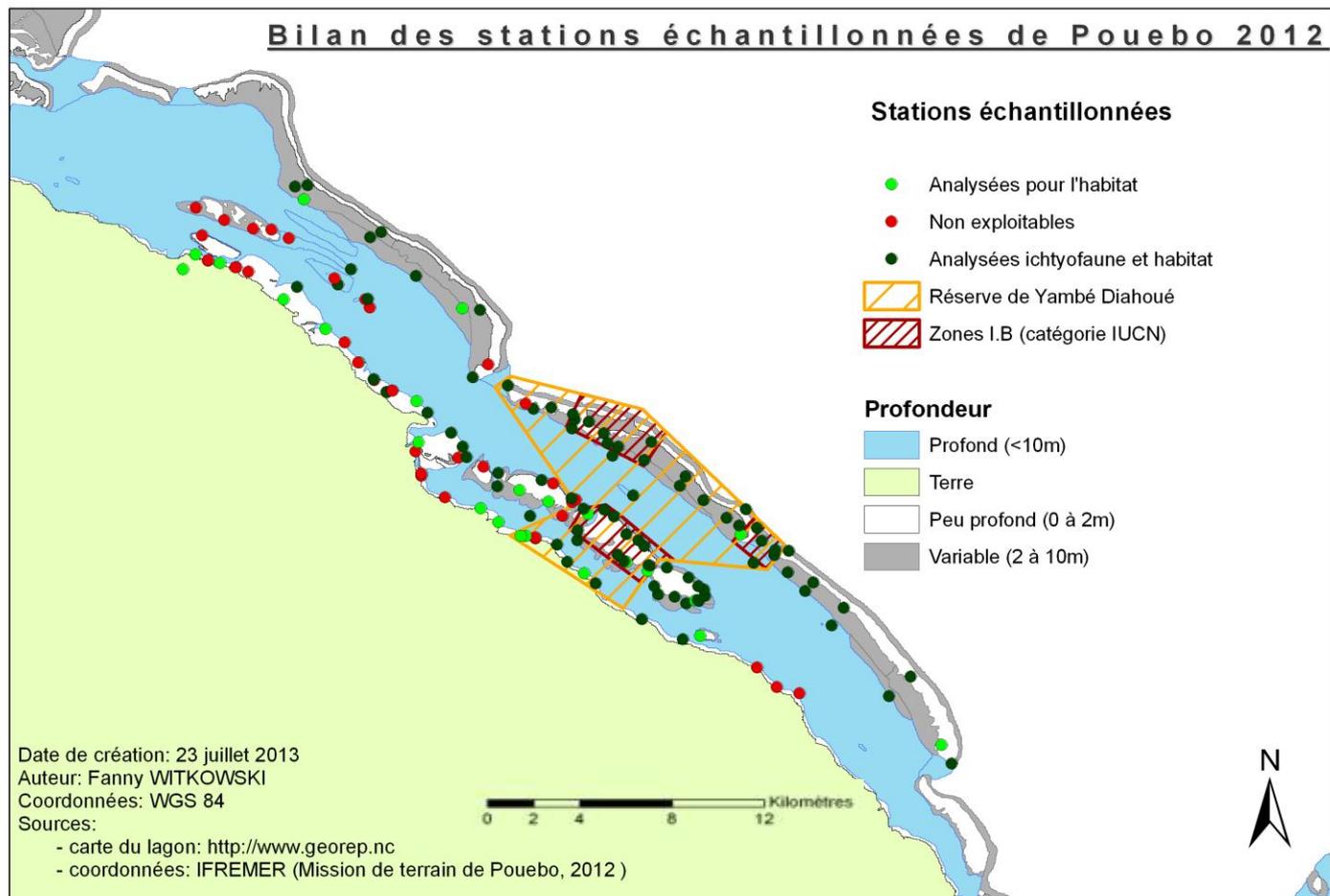


Figure 4 : Carte montrant le bilan des stations échantillonnées lors de la campagne Pouebo en novembre 2012. Les stations sont soit non exploitables, soit uniquement analysées pour l'habitat, soit analysées pour l'ichtyofaune et l'habitat. Deux statuts de protection existent dans la zone d'étude : une réserve marine partielle et une zone I.B selon la classification de l'IUCN.

	Hors réserve	Réserve partielle	Réserve I.B
Récif frangeant	7	3	0
Récif intermédiaire	20	3	11
Récif barrière	17	9	12
Passe	0	1	2

Tableau 1 : Tableau de la répartition des stations par biotope et par statut de protection.

récif intermédiaire et récif barrière).

De plus, les stations couvrent l'extérieur et l'intérieur de l'AGDR, qui est une réserve partielle, ainsi que les trois zones de réserve de catégorie I.B définies par l'IUCN.

Au total, la mission de Pouebo a impliqué 5 jours de terrain, ce qui représente 61h en mer avec deux bateaux par jour.

2.1.2) Espèces échantillonnées

Les peuplements ichtyologiques récifo-lagonaires de la zone d'étude ont été échantillonnés en fonction d'une liste d'espèces cibles (Liste IEHE – Liste d'espèces d'intérêt commercial, halieutiques et espèces emblématiques) (Annexe 2).

2.2) Echantillonnage

2.2.1) Les systèmes vidéo rotatifs

L'échantillonnage des espèces ichtyologiques et de l'habitat a été effectué avec la technique de suivi de la biodiversité marine par systèmes vidéo rotative en haute définition (HD). Actuellement deux systèmes vidéo complémentaires sont utilisés dans le projet: le **STAVIRO** (**ST**ations **VI**déo **RO**tatives), qui permet d'étudier les variations spatiales de la biodiversité, et le **MICADO** (**M**odule d'**I**magérie **C**ôtier, **A**utonome pour le **D**éveloppement de l'**O**bservatoire sous-marin), permettant d'étudier les variations temporelles. Seules les vidéos STAVIRO de la zone d'étude ont été traitées dans cette étude.

Le STAVIRO

Représenté sur les figures 5 et 6, le système STAVIRO se compose de deux caissons étanches, liées par un axe. Le caisson du dessous contient le moteur permettant la rotation de la caméra de 60° toutes les 30 secondes. Le caisson du dessus comporte une caméra Sony HD. Le moteur et la caméra sont également équipés d'un contacteur à ILS (Interrupteur à Lames Souples), qui permet d'allumer, d'enregistrer et d'éteindre le moteur et la caméra avec un aimant à partir de l'extérieur du caisson pour éviter l'ouverture des caisson en cours de mission, ce qui présenterait un risque d'entrée d'eau et de buée. Chaque ensemble « caisson-caméra » est lié à un trépied métallique (Fig. 5) lui permettant d'être stabilisé horizontalement sur le fond. Le tout est fixé à un système de largage, qui se compose d'une triangulation de fils de nylon qui sont mis sous tension par un premier orin, afin de maintenir l'ensemble vertical pour empêcher de masquer notoirement le champ de vision. Le tout est attaché à une bouée à la surface pour repérer le système.

Mise en œuvre sur le terrain

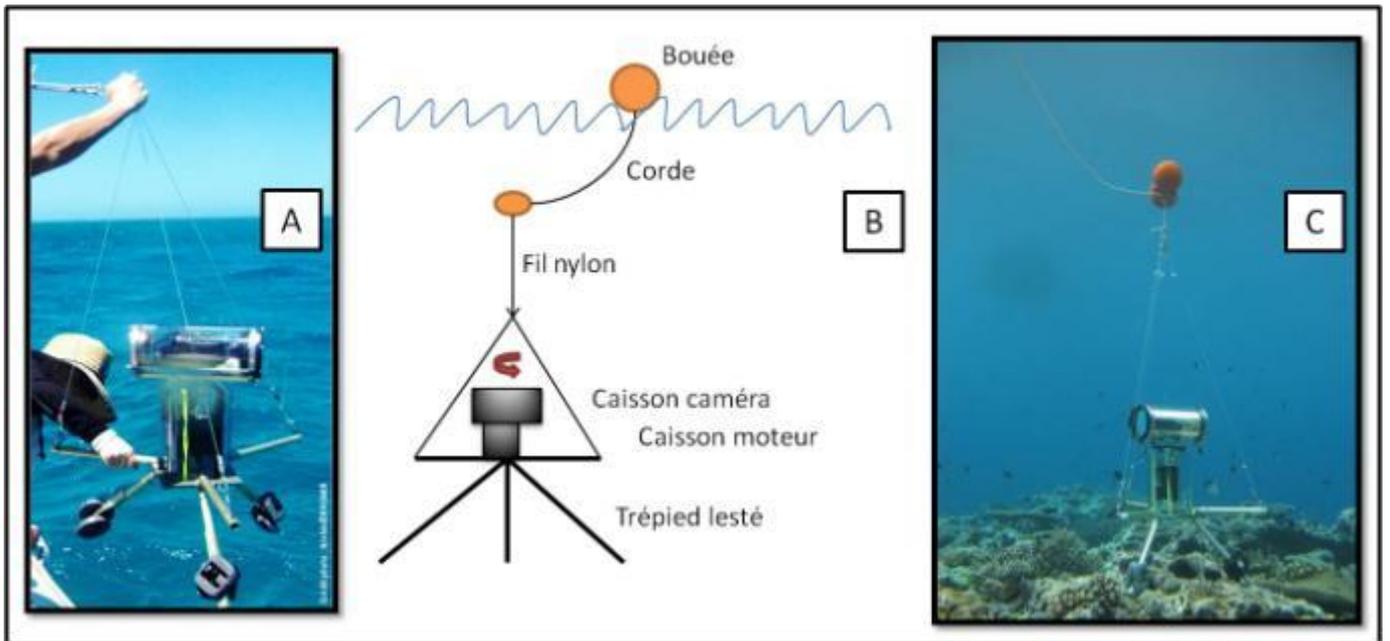


Figure 5 : Système STAVIRO.

De gauche à droite A : le STAVIRO avant d’être mis à l’eau B : schéma du système sous l’eau
 C : photo du système sous l’eau



Figure 6: Le Système STAVIRO sous l’eau lors de la mission à Pouebo 2012.

Une fois sur le site, le système est allumé et mis à l'eau à partir d'une embarcation légère, puis déposé sur le fond dans une profondeur de 2 à 20m, à l'aide du système de largage. Parallèlement une autre personne guide la descente du système à l'aide d'une lunette de Calfat pour s'assurer que le système soit stable sur le fond. Par la suite le bateau s'éloigne afin de limiter la perturbation de la faune à échantillonner. Le système est laissé 12 à 15 min sous l'eau, le temps nécessaire à la réalisation de trois rotations complètes sans perturbations extérieures. En moyenne, une vingtaine de stations sont effectuées chaque jour en utilisant deux systèmes sur chaque embarcation. A la fin de chaque journée en mer, les vidéos enregistrées sont sauvegardées sur un disque dur externe et rapidement visionnées afin de voir si la caméra a bien filmé, a bien effectué trois rotations et si la visibilité dans l'eau était d'au moins 5m. Si un des critères n'est pas respecté, la station est à refaire le lendemain.

2.2.2) Analyse des vidéos

L'analyse des vidéos se fait sur un ordinateur à processeur puissant, à l'aide d'un écran HD 27", adapté à la lecture du format m2ts des vidéos. Les vidéos sont visionnées et analysées à l'aide du logiciel CyberLink PowerDVD11, permettant de zoomer, de passer en mode ralenti et de revenir en arrière. Un second ordinateur est nécessaire pour la saisie des données.

Analyse des espèces ichtyologiques

Pour chaque vidéo, trois rotations sont analysées, comportant chacune entre 4 à 7 secteurs de 60°. L'analyse débute après une première rotation pour diminuer l'effet attracteur et/ou répulsif du bateau avant qu'il s'éloigne. Pour chaque secteur analysé, chaque poisson présent sur l'image (qui fait partie de la liste IEHE des poissons à échantillonner) est identifié jusqu'au plus bas taxon possible. La classe de taille de l'individu par rapport à son espèce (taille maximale divisé par 3 : petit, moyen, grand), ainsi que sa distance par rapport à la caméra jusqu'à 10m sont estimées. De plus, les espèces remarquables, comme les dugongs et les tortues marines sont également identifiées. Les espèces sont identifiées à l'aide de livres d'identification des poissons du Pacifique Sud (bibliographie), ainsi que par un expert ichtyologique pour des espèces difficilement identifiables. Afin d'éviter les doubles comptages des individus, le sens de rotation de la caméra ainsi que les trajectoires et certaines caractéristiques des individus sont pris en compte. Le temps d'analyse moyen est estimé à 1h. Une feuille de saisie Excel type se trouve dans l'annexe 3.

Mise en évidence des variations spatiales des communautés ichthyologiques en fonction de l'habitat

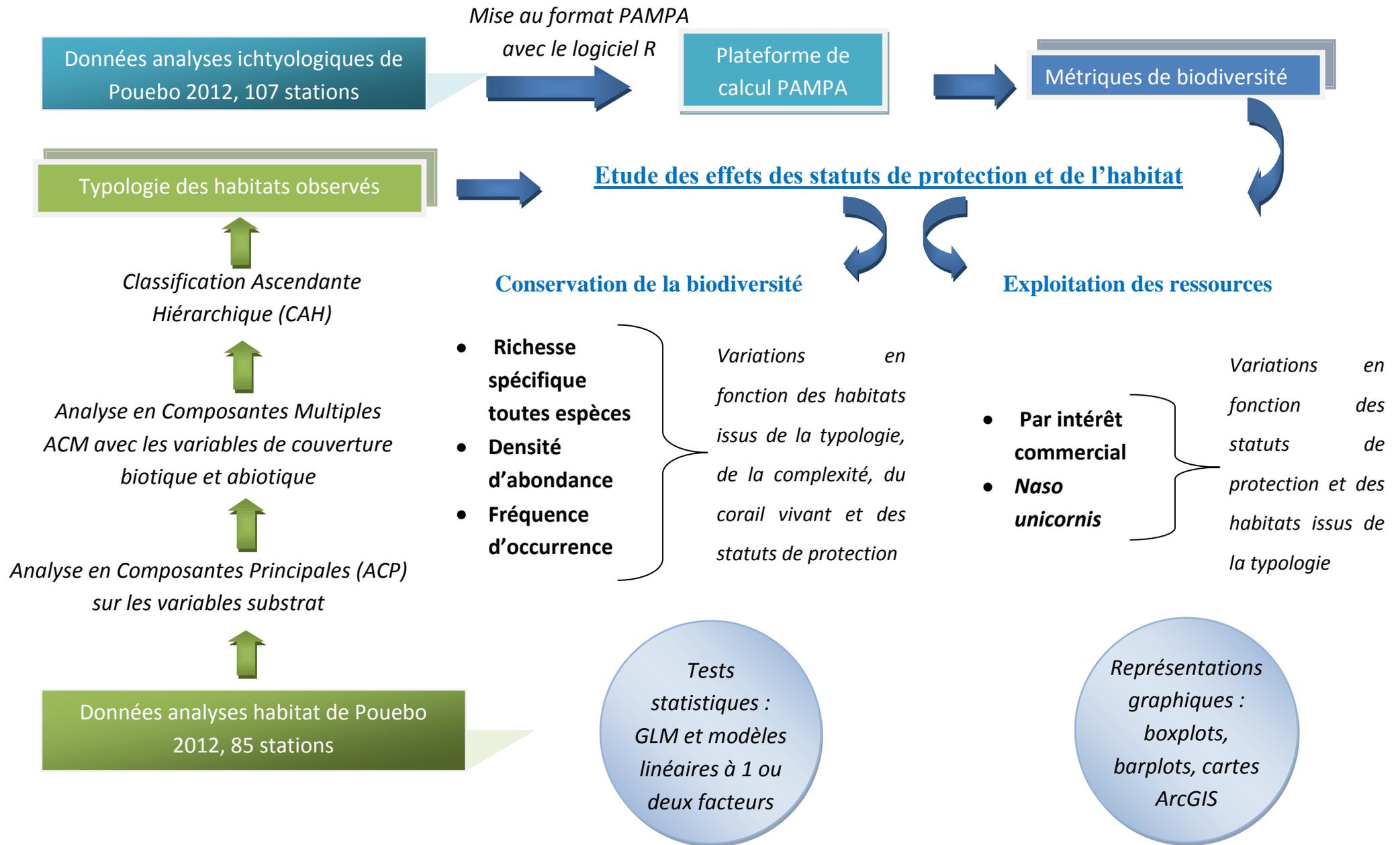


Figure 7 : Schéma récapitulatif du traitement des données et des analyses statistiques

3) Analyse de l'habitat

Il est important d'analyser l'habitat en plus de la qualification et de la quantification de la macrofaune, car la distribution des peuplements ichthyologiques est corrélée aux caractéristiques et à la structure de l'habitat (Garcia-Charton *et al.* 2004). L'habitat de chaque vidéo est caractérisé à l'aide de l'approche paysagère MSA (Medium Scale Approach) de Clua *et al.* (2006), qui divise l'habitat en plusieurs échelles. Comme les récifs coralliens sont très hétérogènes localement, l'échelle spatiale du micro habitat est ici décrite dans un rayon de 0 à 10m. Une seule rotation de chaque vidéo est analysée afin de déterminer dans un premier temps la topographie et la complexité en fonction d'une classification hiérarchique (annexe). Dans un deuxième temps, le pourcentage du type de substrat (sable, débris, dalle corallienne...), et de leur recouvrement biotique (coraux durs ou mous, morts ou vivants, formes des coraux, algues, herbiers...) ont été déterminés. Une feuille de saisie Excel type se trouve dans l'annexe 4.

2.3) Traitement des données

Au niveau des statistiques comparatives, les données ont été traitées à l'aide de la plateforme de calcul du projet PAMPA (indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usages) (Fig. 8), qui est une interface du logiciel statistique R, développé par l'IFREMER. Cette plateforme travaille avec un référentiel d'espèces Outremer, ainsi qu'avec un référentiel spatial de la province Nord de la NC. Afin d'utiliser la plateforme, les données ont dû être mises au format avec le logiciel R afin d'être homogénéisées et de correspondre aux données des autres zones d'études échantillonnées depuis 2007 dans le cadre du projet vidéo.

De plus, des analyses multivariées ont été effectuées avec le logiciel RStudio (R version 3.0.1). La figure 7 résume les méthodes d'analyses analytiques, statistiques et graphiques pour chaque effet qui correspondent aux grands objectifs de cette étude. Les cartes ont été effectuées avec le logiciel cartographique ArcGIS (version 9.3.1)

2.3.1) Résultats globaux

Les résultats globaux, tels que le nombre de familles, genres et espèces ont été traités avec le logiciel RStudio (R version 3.0.1) et avec Excel.

2.3.2) Mise en évidence des variations spatiales des communautés ichthyologiques en fonction de l'habitat

a) Typologie des habitats

Afin d'obtenir une typologie de l'habitat, d'abord une ACP (Analyse en Composantes Principales) a été réalisée sur les variables quantitatives substrat (sable, débris, dalle corallienne, corail mort et vivant). Puis une CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) a été effectuée afin d'obtenir les classes de substrat. Ensuite une ACM (Analyse des Correspondances Multiples) a été faite sur les variables qualitatives (topographie, complexité), ce qui inclut la couverture biotique (corail vivant, macroalgues, herbiers). La profondeur n'a pas été prise en compte. Enfin une CAH a été réalisée sur les coordonnées factorielles issues de l'ACM avec la méthode de Ward afin d'obtenir les classes de la typologie d'habitat. Par la suite ces classes ont été confrontées à une échelle plus large, celle des biotopes (récif frangeant, récif intermédiaire, barrière, passe).

b) Effet des statuts de protection, du biotope et de l'habitat

Les classes d'habitat obtenues grâce à la typologie du a) ont été mises en relation avec diverses métriques de biodiversité afin de renseigner sur **l'état de la conservation de la biodiversité et de l'état de l'exploitation des ressources**. Pour les métriques de la **richesse spécifique** et la **densité d'abondance** uniquement les individus observées à une distance jusqu'à 5m ont été pris en compte, qui est la visibilité minimale des vidéos. A l'aide de la plateforme de calcul PAMPA (Fig. 8), diverses métriques de biodiversité (richesse spécifique, densité d'abondance, fréquence d'occurrence) ont été calculées pour toutes les espèces ou ciblées sur certaines familles en fonction du statut de protection (réserve (RE), hors réserve (HR), réserve partielle (RP)), du biotope et des classes d'habitat issues de la typologie d'habitat.

En ce qui concerne les analyses statistiques, des GLM (Modèle linéaire généralisée) de la famille Binomial négative, des GLM de la famille gamma, ainsi que des modèles linéaires log, à un ou deux facteurs ont été effectués sur différentes métriques de biodiversité.

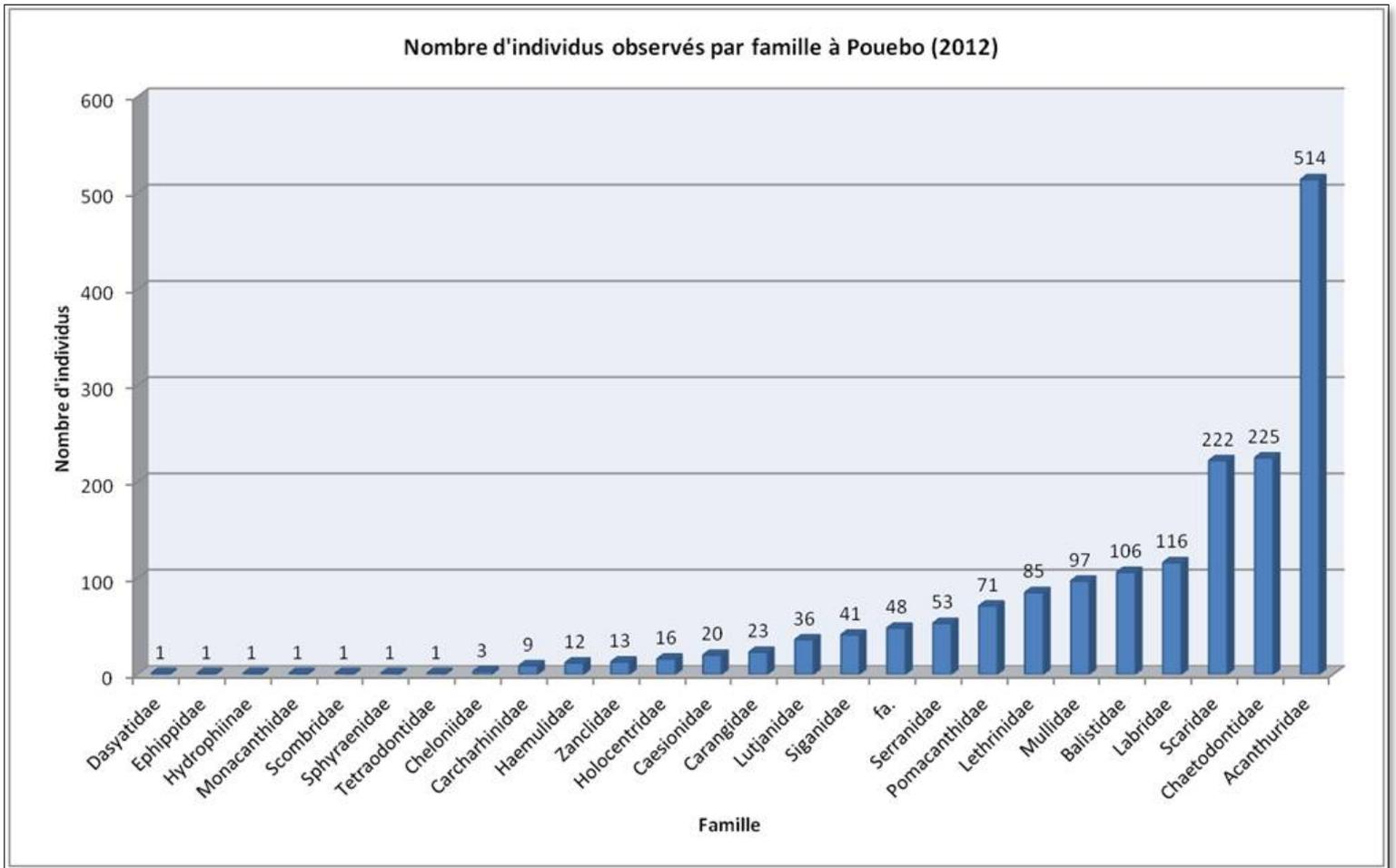


Figure 9 : Nombre d'individus classé par famille observés en STAVIRO à Pouebo (2012)

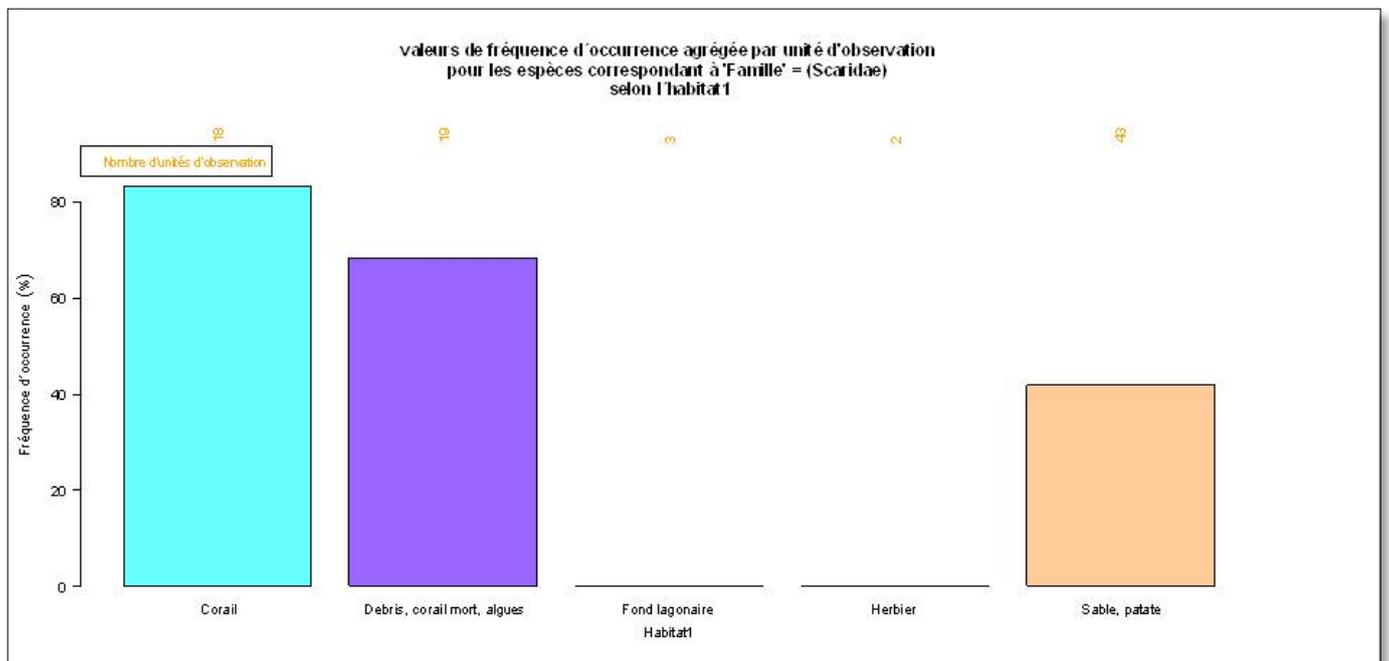


Figure 10 : Fréquence d'occurrence des *Scaridae* (poissons perroquets) observés en STAVIRO à Pouebo (2012)

4) RESULTATS

3.1) Résultats globaux

La campagne de Pouebo en 2012 a permis d'obtenir 148 stations vidéos, dont 107 (72 %) sont exploitables. 41 stations n'ont pas pu être traitées dû à des problèmes techniques (la caméra n'a pas tourné) ou dû à une mauvaise visibilité. Parmi les stations exploitables, 85 stations (79.4%) ont été traitées pour les analyses ichtyologiques, ainsi que 107 vidéos pour les analyses de l'habitat. Globalement, **1717 individus** appartenant à **25 familles**, **56 genres** et **145 espèces** ont été observés (Fig. 9). Les principales familles observées en termes d'abondance sont les poissons chirurgiens (*Acanthuridae*) avec **514 (30%)** des **individus** observés. Les *Scaridae* (poissons perroquets) (Fig. 10) et les *Chaetodontidae* (poissons papillons) sont quant à eux également présentes en grand nombre avec respectivement 13% des individus observés. Les poissons perroquets sont des espèces très fréquentes, ils occurrent dans 85% des stations à habitat coralliens, dans 70% des stations à milieu détritique avec du corail mort recouverts d'algues et dans 43% des stations à fond meuble avec des patates éparses. Les *Labridae*, *Balistidae* et *Mullidae* sont également fréquemment observés. En revanche 48 individus (2.8%) n'ont pas pu être déterminés au niveau de la famille. Au niveau des **genres**, une grande partie des individus observés (12%) appartient au genre *Chaetodon* (*Chaetodontidae*), au genre *Acanthurus* (*Acanthuridae*) (10%) et au genre *Ctenochaetus* (*Acanthuridae*) (5.5%). En revanche 312 individus (18%) n'ont pu être déterminés qu'au niveau de la famille. Ce sont principalement les *Acanthuridae*, *Scaridae* et les *Lethrinidae* dans une moindre mesure. Au niveau des **espèces**, les dawas (*Naso unicornis*, *Acanthuridae*) sont présents en grand nombre avec 72 individus (4%), puis les *Pomacanthus bicolor* (*Pomacanthidae*) avec 64 individus (3.7%), ainsi que les *Sufflamen chrysopterum* (*Balistidae*) (58 individus, 3.4%), et les *Chaetodon lunulatus* (*Chaetodontidae*) (41 individus, 2.4%). En revanche, 506 individus (29%) n'ont pu être déterminés qu'au niveau du genre. Les familles des *Chaetodontidae* et des *Scaridae* sont les plus diversifiées avec respectivement 21 espèces observées, suivi par les *Labridae* et les *Mullidae* avec chacune 13 espèces observées (Annexe 5).

3.2) Mise en évidence des variations spatiales des peuplements ichtyologiques en fonction de l'habitat

3.2.1) Typologie des habitats

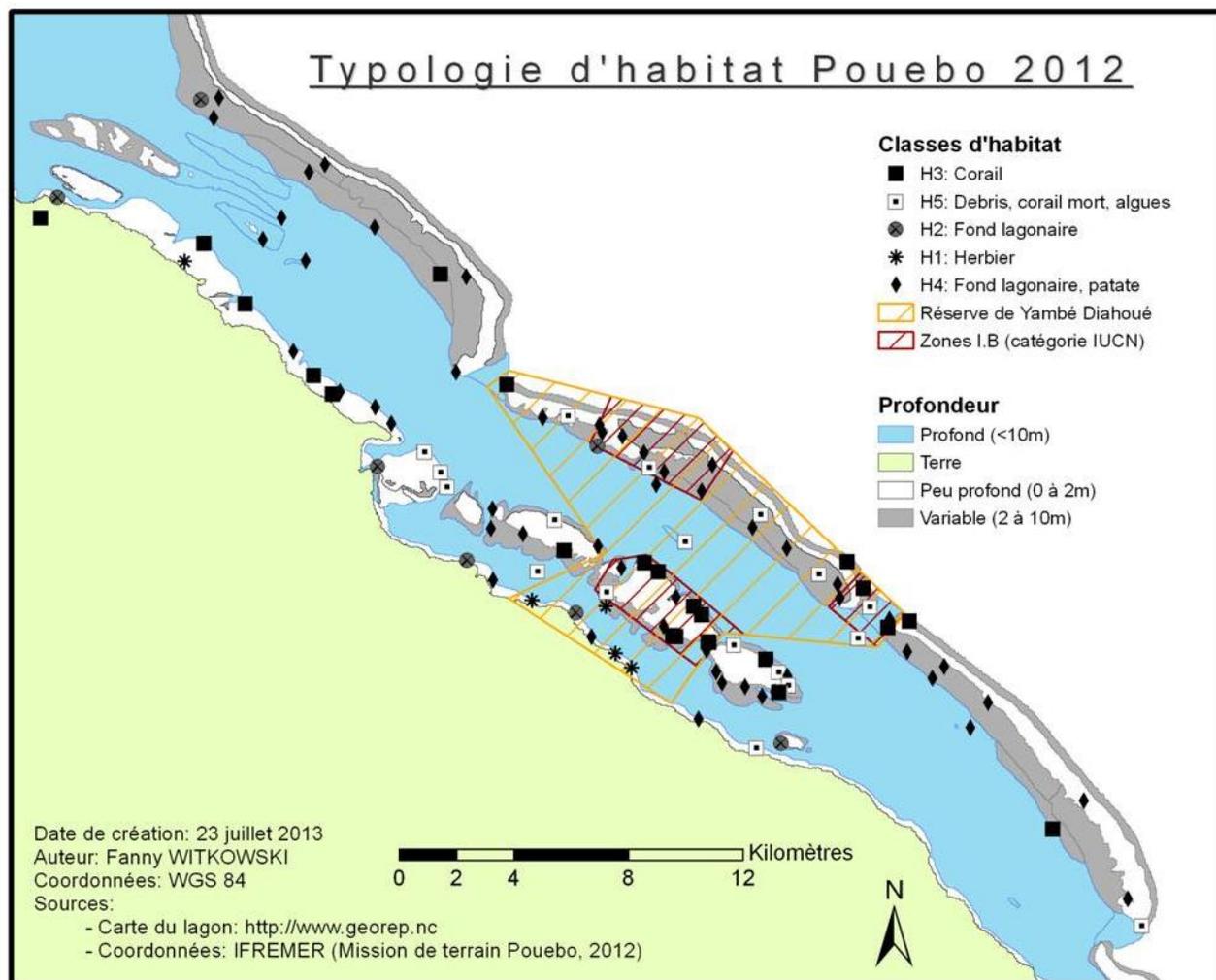


Figure 11 : Carte de répartition des classes d'habitat issue de la classification hiérarchique

Habitat	Caractéristiques	Substrat	Complexité	Topographie	Corail	Nombre de stations
H1	Herbiers	Substrat meuble (sable)	Faible	Faible	Absent ou très peu	5
H2	Fond lagonaire	Substrat meuble (sable)	Faible	Faible	Absent ou très peu	8
H3	Corail	Corail	Forte	Moyenne	Dominance corail vivant	23
H4	Fond lagonaire/Patate	Sable	Moyenne	Moyenne à peu	Peu (probablement patates éparses)	52
H5	Débris/Corail mort/ Algues	Sable ou dalle, débris	Forte	Forte	Peu de corail vivant, beaucoup de corail mort couvert d'algues	19

Tableau 2 : Typologie des habitats issue de la classification hiérarchique

Premièrement, l'ACP sur les cinq variables du substrat a permis de distinguer trois classes de substrat: une classe à dominance de substrat meuble (sable) (50 stations), une classe de couverture corallienne (mort et vivant) (30 stations) et une classe de milieu détritique (débris, dalle corallienne) (27 stations). Ces 5 variables expliquent 75% de la variance des données. Deuxièmement, la CAH sur l'ACM, qui intègre les variables de la couverture abiotique (topographie, complexité) et biotique (algues, corail vivant, herbiers)), a permis de dégager une typologie en cinq classes d'habitat présentée dans le tableau 2.

Une première observation de la répartition des classes d'habitat rapportées dans la figure 11 permet de remarquer que les habitats très complexes à forte dominance de corail vivant (H3) se situent principalement aux abords des ilots du récif intermédiaire, au niveau des passes et dans le nord de la zone d'étude en ce qui concerne le récif frangeant. Ce dernier est soit caractérisé par une zone de fond lagunaire (H2) proches de la zone d'herbiers ou par un milieu à dominance de corail vivant dans le nord de la zone d'étude. On remarque également une zone d'herbiers sur le récif frangeant dans les eaux peu profondes au niveau de la réserve. Les herbiers sont des habitats importants pour la faune marine, car ils constituent des nurseries aux juvéniles de plusieurs espèces de milieux voisins, surtout pour les espèces pêchées comme les becs de cane, les bossus et les picots. Par contre, lors des analyses vidéo on constate que les herbiers hauts sont en grande partie couverts d'épiphytes. Puis, on s'éloignant de la côte on trouve davantage de constructions coralliennes au récif intermédiaire qu'au récif frangeant. Ceci peut s'expliquer par une moindre influence anthropique, car plus loin de la côte. Les fonds d'arrière récifs sont essentiellement caractérisés par un milieu détritique (H5), surtout entre les deux passes, ainsi que par des formations coralliennes éparées (H4) dans les eaux profondes ou de profondeur variable. Il s'agit d'une zone tampon entre les fonds meubles et récifs. Les constructions coralliennes sont également abondantes au niveau des passes. Ces dernières sont sous l'influence bénéfique des apports océaniques provenant de celle-ci ; en résulte des conditions environnementales favorables pour la faune et l'installation de corail.

3.2.2) Effet des statuts de protection, du biotope et de l'habitat

L'objectif est d'étudier s'il existe une forte hétérogénéité spatiale de la diversité spécifique et de la densité des individus observés en fonction des caractéristiques de l'habitat et des statuts de protection.

a) Conservation de la biodiversité

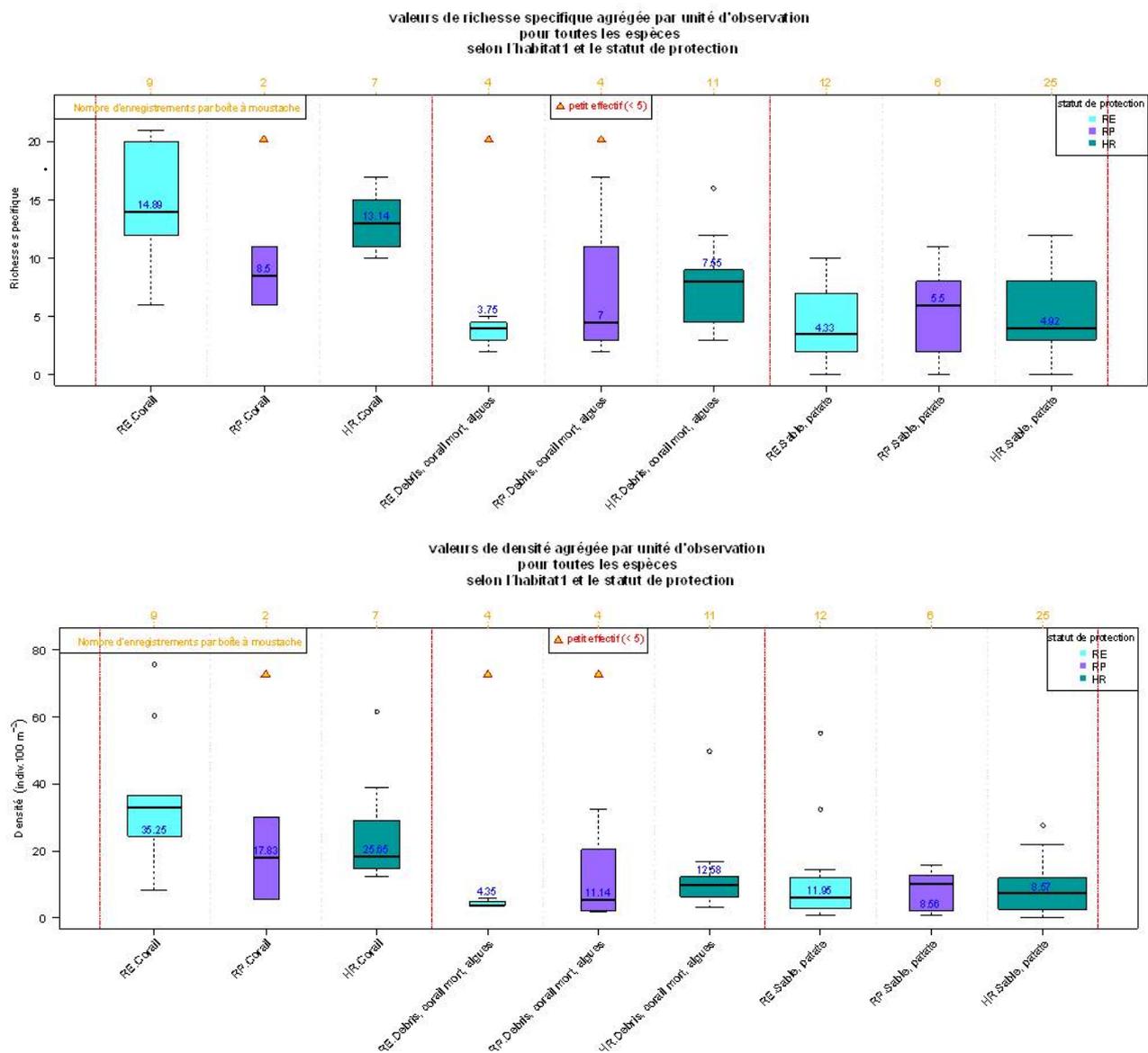


Figure 12 : 1) Richesse spécifique et 2) Densité d'abondance des individus pour toutes les toutes espèces observés (à une distance <5m) en fonction des classes d'habitat issues de la typologie et du statut de protection à Pouebo (2012).

Tableau 3 : Résultats des tests statistiques pour la richesse spécifique et la densité d'abondance de toutes les toutes espèces observés (à une distance <5m) à Pouebo (2012). * = significatif, ** = très significatif, *** = hautement significatif.

Métrique	Facteurs étudiés	Modèle statistique	AIC	Facteurs significatifs	p-value	df
RS	Biotope x statut	GLM Binomiale négative à 2 facteurs	501	Interaction *	0.0070	4
	Habitat x statut	GLM Binomiale négative à 2 facteurs	501	Habitat ***	≈0	4
	Corail vivant x complexité	GLM famille Gamma à 2 facteurs	498	Corail vivant ***	≈0	4
				Complexité *	0.0356	2
				Interaction ***	≈0	2
Densité	Biotope x statut	GLM famille Gamma à 2 facteurs	610	Interaction *	0.0280	73
	Habitat x statut	GLM famille Gamma à 2 facteurs	610	Habitat ***	≈0	4
	Corail vivant x complexité	GLM famille Gamma à 2 facteurs	610	Corail vivant ***	≈0	79
				Complexité *	0.0094	77
				Interaction ***	≈0	75

La richesse spécifique (RS) et la densité d'abondance moyenne sont les deux métriques principales en termes d'analyses à être calculées. La RS est le nombre d'espèces observées au niveau d'une station, tandis que la densité est calculée comme le nombre d'individus au niveau d'une rotation d'une station.

a.1) Richesse spécifique toutes espèces (<5m)

Les résultats des tests statistiques sont résumés dans le tableau 3. **A l'échelle large du biotope**, on note un **effet très significatif pour l'interaction des facteurs « biotope » et « statut de protection »** ($p \approx 0.0070$, $df=4$). Au niveau de la significativité des paramètres, il existe une interaction significative entre le récif frangeant et le statut « réserve partielle » ($p=0.0483$), ainsi que pour le récif intermédiaire et le même statut ($p=0.0119$). De plus la RS est significativement différente au niveau du récif intermédiaire s'il s'agit d'une réserve partielle ou d'une réserve plus restrictive (zone I.B). **A l'échelle plus fine, celle des classes d'habitat** issues de la typologie, **on constate un effet hautement significatif de l'habitat** ($p \approx 0$, $df=4$) pour la RS. En revanche, ni le **statut de protection**, ni l'interaction des deux facteurs **ne sont significatifs** pour discriminer la RS. Ceci est visualisé dans la figure 12, où la richesse spécifique est toujours maximale dans un habitat avec beaucoup de corail vivant, comparé à un milieu à substrat meuble sans ou avec peu de corail. Quand on affine l'échelle de l'habitat aux paramètres « **couverture en corail vivant** » et « **complexité** », on constate que la **couverture en corail est hautement significative** pour la RS ($p \approx 0$, $df=4$) et le pourcentage de couverture de corail vivant permet de discriminer la RS. La **complexité** de l'habitat est également **significative** ($p \approx 0.0356$, $df=2$). De plus, **l'interaction** entre ces deux facteurs est **hautement significative** ($p \approx 0$, $df=2$). Plus il y a de corail vivant, plus l'habitat est complexe et permet donc d'abriter d'avantage d'espèces.

Ces résultats sont visualisés de manière globale sur la figure 13, qui compare la répartition de la RS, la couverture en corail vivant et la complexité de l'habitat. D'une manière globale on constate qu'il existe une corrélation positive entre la complexité de l'habitat et du pourcentage de corail vivant avec RS. Les stations ayant des habitats complexes avec du corail vivant semblent abriter le plus d'espèces. On constate également que la RS est très élevée aux abords des îlots du récif intermédiaire, ainsi qu'au niveau du récif barrière. Au niveau du statut de protection, la RS semble être très élevée dans deux des trois zones I.B, par contre il existe également des stations riches en espèces à l'extérieur de la réserve.

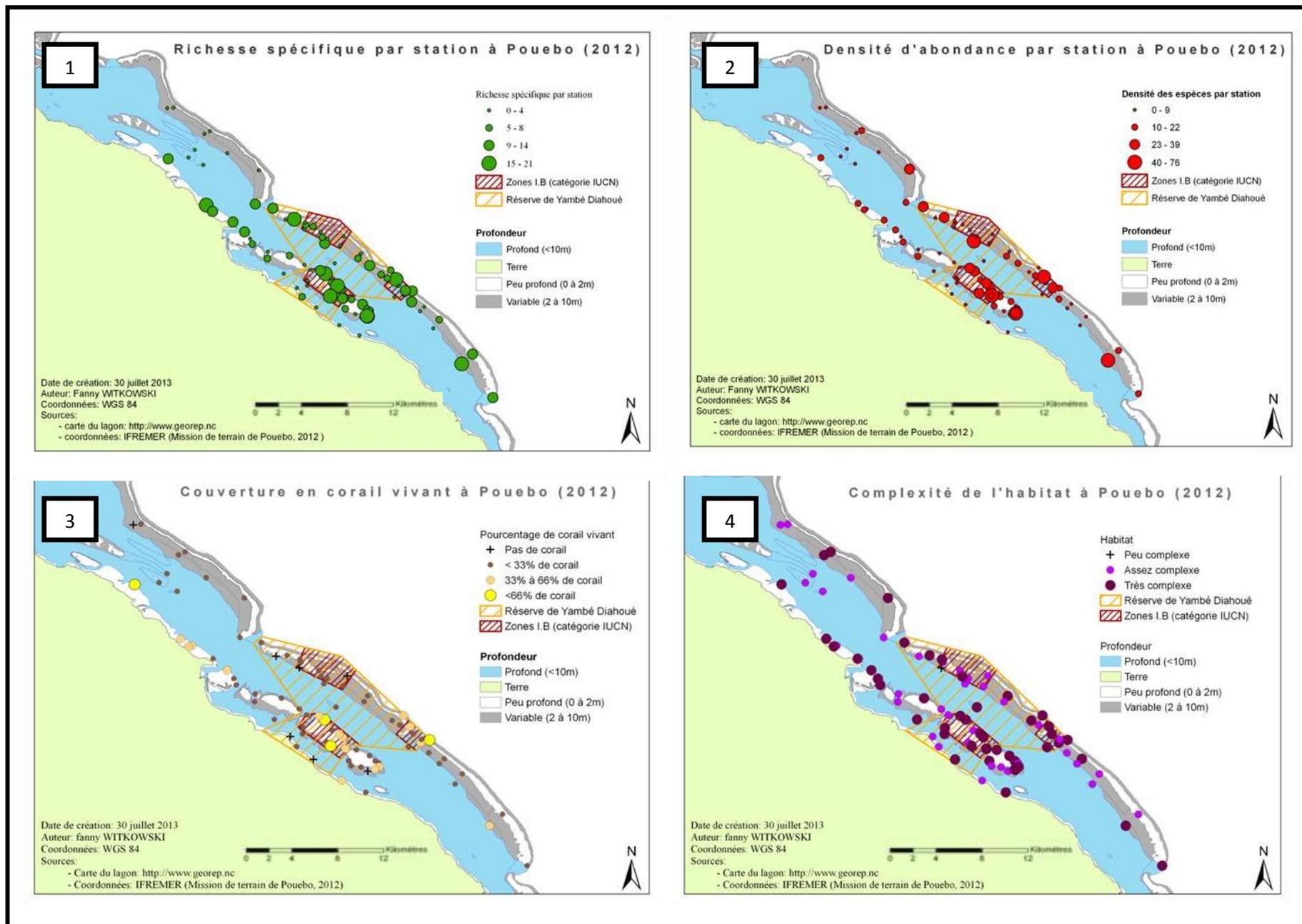


Figure 13 : 1) Répartition des RS observées par station, 2) Répartition des densités moyennes observées par station, 3) répartition des différents pourcentages de corail par station, 4) Répartition des complexités d'habitat par station, à Pouébo en 2012.

a.2) Densité d'abondance toutes espèces (<5m)

En ce qui concerne la densité d'abondance de toutes les espèces, les résultats indiquent globalement la même tendance que ceux de la richesse spécifique dans a.1). A l'échelle du biotope, on note un **effet significatif pour l'interaction des deux facteurs** ($p \approx 0.0280$, $df=73$), ainsi qu'un effet presque significatif pour le statut de protection ($p=0.0868$, $df=77$). A l'échelle des classes d'habitat issues de la typologie, **on constate un effet hautement significatif de l'habitat** ($p \approx 0$, $df=4$) pour la densité. En revanche, ni le **statut de protection**, ni l'interaction des deux facteurs **ne** sont **significatifs** pour discriminer la RS. La densité des espèces pour l'ensemble des données ne semble donc pas être influencée par le fait qu'une zone soit une réserve ou pas. Puis la figure 12 indique de manière graphique que la densité des espèces est toujours maximale pour l'habitat à dominance de corail vivant, quelque soit le statut de protection. A l'échelle encore plus fine, celle des paramètres de l'habitat, on remarque la **couverture en corail est hautement significative** pour la densité des espèces ($p \approx 0$, $df=79$), la **complexité** de l'habitat est également très **significative** ($p \approx 0.0094$, $df=77$), ainsi que **l'interaction** entre ces deux facteurs est **hautement significative** ($p \approx 0$, $df=75$). La densité est donc fortement liée à l'interaction entre la couverture en corail vivant et à la complexité de l'habitat. Plus il y a de corail vivant, plus l'habitat est complexe et permet donc d'abriter d'avantage de poissons. Ces résultats sont visualisée de manière globale sur dans la figure 13, qui compare la répartition de la densité, la couverture en corail vivant et la complexité de l'habitat. Globalement on remarque que la densité d'abondance est maximale au niveau des îlots du récif intermédiaire ainsi qu'au récif barrière, surtout à l'intérieur des trois zones de réserve I.B. De plus, on constate que la densité d'abondance est évolue de la même manière que la richesse spécifique, c'est-à-dire que plus l'habitat est complexe et riche en corail, plus l'abondance des espèces est élevée.

a.3) Les Chaetodontidae en tant qu'indicateur de la qualité de l'habitat

La famille des *Chaetodontidae* (poissons papillons) est reconnue comme étant un indicateur de l'état de santé et de la qualité de l'habitat (Öhman *et al.* 1998). Les métriques de la RS et de la densité peuvent donc renseigner sur l'état de leur milieu.

D'abord la figure 14 de la fréquence d'occurrence indique que les *Chaetodoontidae* sont présents dans presque 100% des stations à habitat riche en corail, ainsi que dans une partie partie des stations avec une couverture moyenne de corail (H4 et H5). Puis le boxplot de la richesse spécifique en fonction de l'habitat et du statut de protection (Fig. 15) visualise qu'il semble exister d'avantage d'espèces de poissons papillons dans les habitats fortement

Fréquence d'occurrence agrégée par station pour les *Chaetodontidae* en fonction de l'habitat et du statut de protection

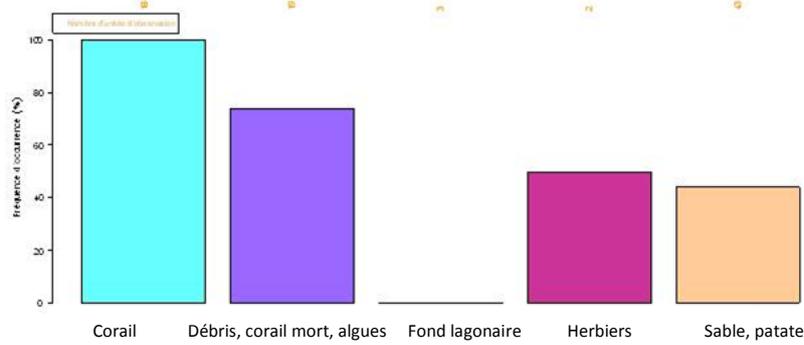


Figure 14: 1) Fréquence d'occurrence des *Chaetodontidae* en fonction de l'habitat et du statut de protection à Pouebo, 2012.

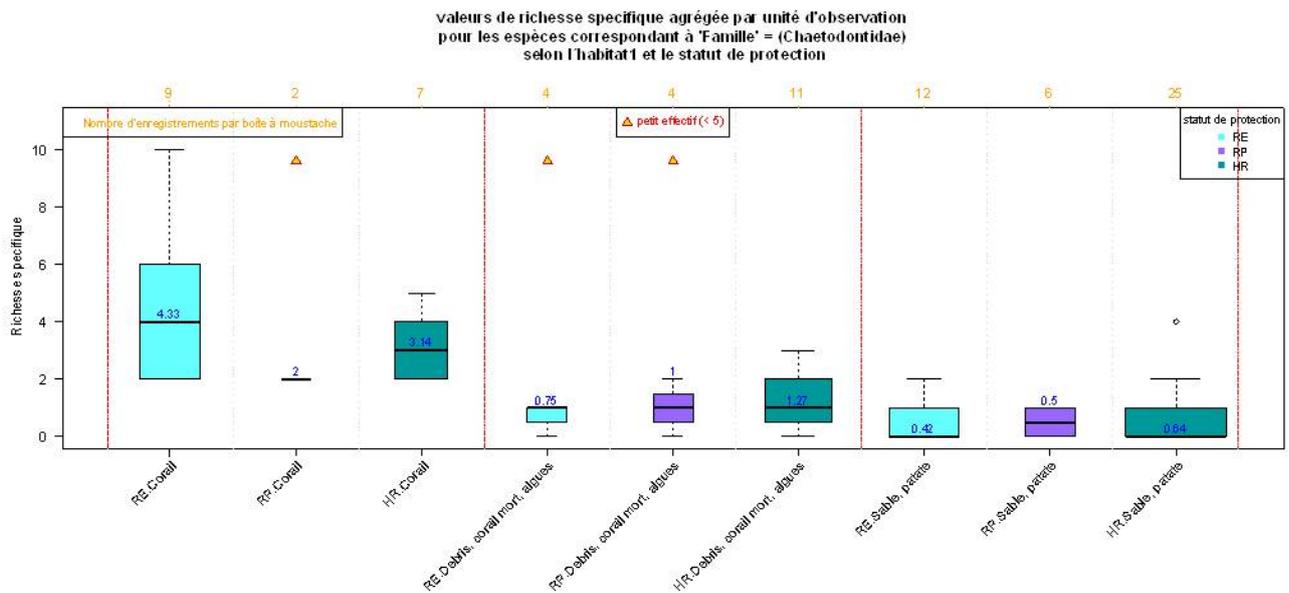


Figure 15 : Richesse spécifique des *Chaetodontidae* en fonction de l'habitat et du statut de protection à Pouebo, 2012.

Métrique	Facteurs testés	Test statistique	Facteurs significatifs	p	df
RS	« habitat » et « statut de protection »	GLM gamma à 2 facteurs	Habitat	≈0***	80
RS	« statut de protection »	GLM gamma à 1 facteur	« statut de protection »	0.0403*	82
RS	« biotope » et « statut de protection »	GLM gamma à 2 facteurs	« statut de protection » « biotope » x « statut de protection »	0.0711 . ≈0***	79 75
RS	« corail vivant » et « complexité »	GLM gamma à 2 facteurs	« corail vivant » « complexité » « corail vivant » x « complexité » « co+ » « co++ »	≈0*** ≈0*** ≈0*** 0.0019** 0.0184*	81 79 77
Densité	« habitat » et « statut de protection »	GLM gamma à 2 facteurs	Habitat	≈0***	80
Densité	« biotope »	GLM gamma à 1 facteur	aucun	NS	
Densité max.	« habitat » et « statut de protection »	GLM gamma à 2 facteurs	Habitat	≈0***	4
Nombre	« habitat » et « statut de protection »	GLM gamma à 2 facteurs	Habitat	≈0***	4

Tableau 4 : Récapitulatif des tests statistiques pour la famille des *Chaetodontidae* (poissons papillon) observés à Pouebo en 2012. . = presque significatif, * = significatif, ** = très significatif, *** = hautement significatif.

coralliens, situés dans les zones de réserve I.B (RE). Les résultats des tests statistiques sont résumés dans le tableau 4. On constate que pour toutes les métriques testées sur les *Chaetodontidae* (richesse spécifique, densité d'abondance, nombre...) l'habitat est un facteur hautement significatif à l'inverse du statut de protection. Pour la richesse spécifique, l'interaction entre l'habitat et le statut de protection n'est pas significative et quelque soit le statut de protection, il y a plus d'espèces dans les habitats à dominance corallien que dans les fonds lagunaires ou l'habitat détritique (Tableau 3). Par contre le type de biotope ne semble pas être un facteur significatif, sauf en interaction avec le « statut de protection », mais ce résultat peut venir du plan d'échantillonnage déséquilibré.

a.4) Conservation des espèces remarquables ou rares

Parmi les espèces remarquables, rares, menacées localement ou sous statut spécial on trouve les raies, les tortues, les requins et les poissons napoléons. Globalement un nombre trop faible de raies et de tortues a été observé afin d'obtenir des résultats statistiques fiables. De plus, d'autres espèces remarquables ou rares, comme le dugong, le grand dauphin ou la baleine à bosse ne sont généralement pas observées par cette technique. Nous analyserons donc uniquement la fréquence d'occurrence des requins (*Carcharhinidae*) et des poissons napoléons (*Cheilinus undulatus*) et ce jusqu'à une distance de 10m. Compte tenu du faible nombre d'observations, l'analyse sera graphique.

Six individus de deux espèces (*Triaenodon obesus*, *Carcharhinus amblyrhynchos*) de requins ont été observés sur 6 stations dans des habitats coralliens (Fig. 16). Les requins de récif sont des prédateurs très mobiles non inféodés à un habitat, ils ont ici été observés uniquement dans les habitats coralliens (mort et vivant).

Neuf poissons napoléons (*Cheilinus undulatus*) ont été observés sur 6 stations, uniquement dans un habitat corallien (dominance en corail ou patate éparses de corail) (Fig. 16). Le napoléon est une espèce rare et un indicateur de la qualité de l'habitat. Sa présence indique donc un bon état de l'habitat corallien dans la zone d'étude.

b) Exploitation des ressources

Parmi les presque 1800 espèces de poissons connues en NC, la majorité n'a pas ou peu d'intérêt commercial pour la pêche. Néanmoins une centaine d'espèces est consommée régulièrement : les Acanthuridae (poissons chirurgiens et dawas), les Scaridés (poissons perroquets), les Lethrinidae (becs et bossus), les Lutjanidae (rougets de nuit, jaunets, pouattes), ceratines Serranidés (loches) ainsi que les Siganidae (picots). Ces familles sont

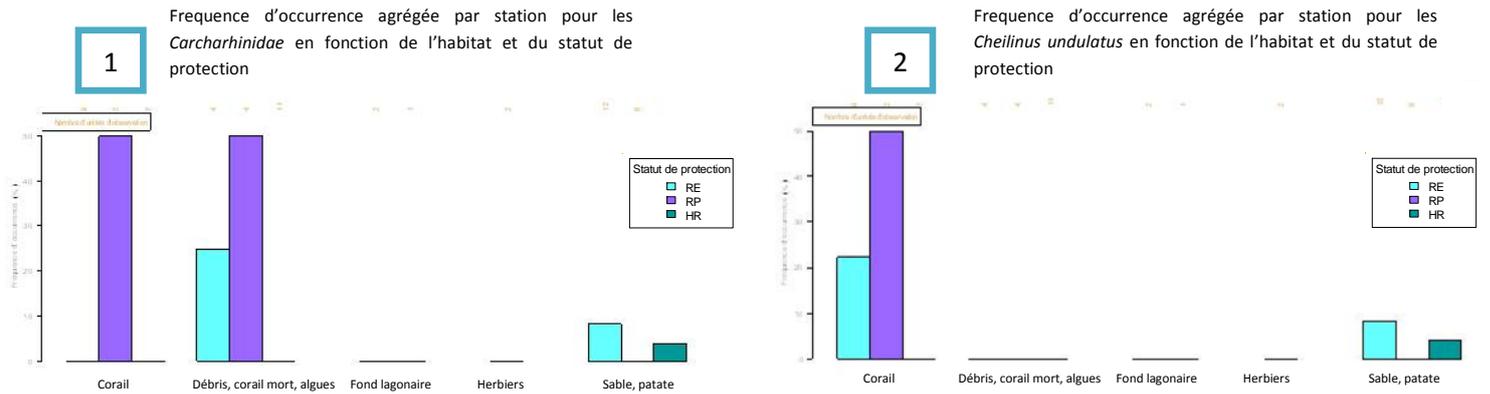


Figure 16 : Fréquence d'occurrence 1) des requins (*Carcharhinidae*), 2) des poissons napoléon (*Cheilinus undulatus*, *Labridae*) en fonction de l'habitat et du statut de protection (distance jusqu'à 10m), à Pouebo en 2012.

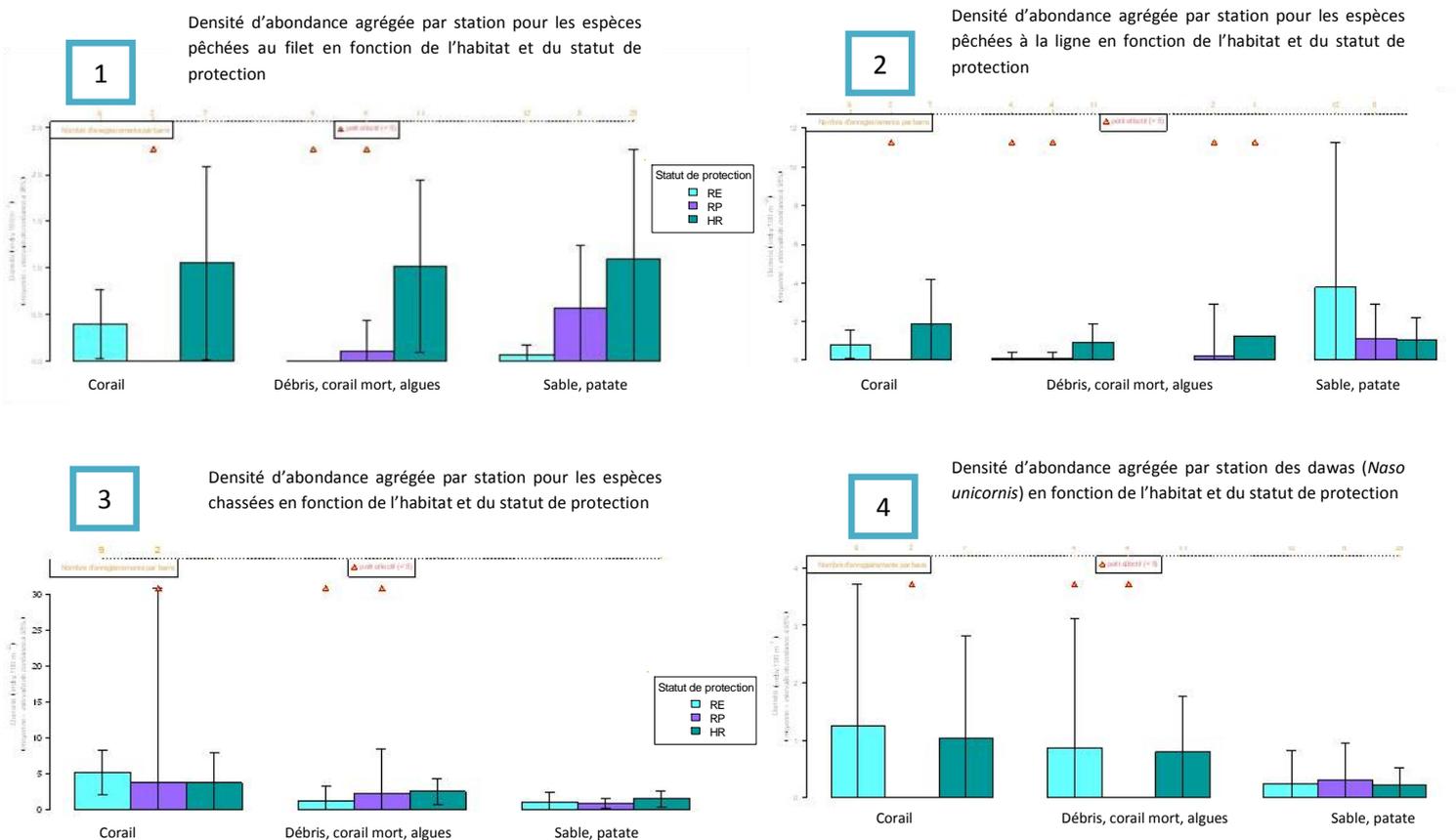


Figure 17: Fréquence d'occurrence 1) des espèces pêchées au filet, 2) des espèces pêchées à la ligne, 3) des espèces concernées par la chasse marine, 4) des dawas (*Naso unicornis*, *Acanthuridae*) en fonction de l'habitat et du statut de protection (distance jusqu'à 10m), à Pouebo en 2012.

encore observées fréquemment. Il est intéressant de voir si les statuts de protection et l'habitat sont des facteurs déterminants pour leur densité.

b.1) Analyse par intérêt commercial

Les espèces qui sont recherchées pour la pêche au filet, à la ligne ou pour la chasse marine sont analysées. Les espèces concernées de chaque catégorie sont reportées dans l'annexe. Uniquement les grands et moyens individus de ces espèces sont analysés car ils représentent le plus grand intérêt pour les pêcheurs.

- **Grands et moyens individus des espèces pêchées au filet**

D'abord le barplot de la densité d'abondance en fonction de l'habitat et du statut de protection (Fig. 17) visualise que la densité semble être largement supérieure hors réserve en ce qui concerne les habitats coralliens. Puis, lors des tests statistiques, le facteur « statut de protection » se révèle significatif ($p=0.0258$, $df=2$). En revanche, ni l'habitat, ni l'interaction entre les deux facteurs ne sont discriminants pour la densité. Le fait que l'habitat ne soit pas un facteur discriminant peut être dû à l'assemblage d'espèces de famille et à leur mode de vie différente.

- **Grands et moyens individus des espèces pêchées à la ligne**

L'analyse graphique de la densité d'abondance des espèces pêchées à la ligne (Fig. 17) suggèrent un effet de l'habitat, ainsi que du statut de protection. Or, les tests statistiques révèlent que ni le statut de protection, ni l'habitat ne sont des facteurs significatifs pour discriminer l'abondance des espèces pêchées à la ligne.

- **Grands et moyens individus des espèces concernées par la chasse marine**

En ce qui concerne la densité d'abondance de ces espèces, il en ressort de l'analyse graphique et des résultats statistiques que le facteur « habitat » serait hautement significatif ($p=0$, $df=80$). La densité d'abondance semble être plus élevée dans les stations à dominance corallienne, quelque soit le statut de protection (Fig. 17). Les caractéristiques de l'habitat influencent donc fortement l'abondance des espèces à intérêt de chasse.

- **Densité d'abondance du dawa (*Naso unicornis*)**

Le dawa (*Naso unicornis*) est une espèce très recherchée pour la pêche en NC, il est donc intéressant de voir si la pêche vivrière de la zone d'étude a une influence sur la densité des dawas en fonction du statut de protection. A première vue on constate sur la figure 17 qu'il semble y avoir plus d'individus dans l'habitat à dominance corallienne et dans la réserve par rapport à l'extérieur de la réserve. Or les tests statistiques indiquent que ni le statut de protection, ni l'habitat, ni leur interaction ne sont **significatifs** pour la densité des dawas.



Figure 18 : Illustration de la diversité des espèces observées à Pouebo (2012).

Source : Analyses vidéo de la campagne de Pouebo (2012) par l'IFREMER

DISCUSSION ET CONCLUSION

Variations spatiales des habitats et des peuplements associés

Le lagon est une mosaïque d'habitat : on y trouve de manière générale des fonds meubles, les fonds d'arrière récif avec des formations coralliennes éparses, des structures coralliennes complexes, des herbiers en tant que nurserie au niveau du récif frangeant, des algueraies ainsi que des milieux détritiques. La typologie d'habitat obtenue représente bien cette multitude et la structuration de l'habitat à l'échelle spatiale. Ceci est un résultat positif en terme d'état de santé de l'habitat. En général, la structuration de l'habitat s'affaiblit sur des zones sous forte influence anthropique, où l'habitat s'homogénéise (Riegl *et al.* 2012), ce qui a toutefois été observé sur certaines stations de la zone d'étude, où une grande partie des coraux était morte et recouverte d'algues.

Les résultats obtenus lors de cette étude indiquent que les **espèces observées sont plus nombreuses et les individus plus abondants dans les habitats récifaux et coralliens**. Ceci peut venir du fait que les constructions coralliennes denses, les patates de corail, les failles dans la dalle corallienne ainsi que les champs de coraux branchus de l'arrière récif et du récif intermédiaire constituent un refuge et une variété de niches écologiques pour les poissons récifaux. Plus l'habitat est complexe et plus il contient du corail mort ou vivant, plus il offre des niches et des micro-habitats, surtout pour les espèces de petite et moyenne taille, comme la majorité des poissons étudiés (Fig. 17). Il en ressort également des résultats que la richesse spécifique et la densité semblent être plus élevée au niveau des récifs intermédiaire et barrière. Ceci peut s'expliquer par la morphologie des récifs de la zone d'étude : Les récifs frangeant et intermédiaire sont plutôt dispersés et discontinus, tandis que le récif barrière est plus connecté, plus extensif et d'avantage réticulé, offrant ainsi une multitude de micro-habitats. De manière générale, **la biodiversité augmente en s'éloignant de la côte en allant vers le récif barrière dans les récifs coralliens** dû en partie à l'anthropisation et aux apports terrigènes près de la côte versus apports océaniques sur la barrière, ainsi qu'à la morphologie des récifs (Letourneur *et al.* 2000). Les résultats de cette étude soutiennent cette stratification de la biodiversité. De plus, les résultats mettent en évidence une **biodiversité et densité d'individus importante au niveau des stations à dominance de corail**. Plus l'habitat est complexe et plus il contient du corail mort ou vivant, plus il offre des niches et des micro-habitats, surtout pour les espèces de petite et moyenne taille, comme la majorité des poissons étudiés. En revanche, les grandes espèces, comme les requins privilégient d'avantage les habitats dégagés moins complexe. Par conséquent ils sont plus recensés dans les habitats de type 4 et 5, où le corail est moins abondant. La biodiversité accrue au niveau du corail peut s'expliquer par une interaction complexe de plusieurs facteurs. D'une part les espèces corallivores se trouvent à proximité des

coraux, les espèces planctonophages se trouvent également à proximité, car les habitats coralliens sont riches en particules organiques et riches en plancton (larves de poisson, de corail etc.). D'autre part les herbivores, comme les *Scaridae* broutent les algues qui couvrent le corail mort. Cet assemblage de faune attire les espèces carnivores, ce qui crée des **pools de biodiversité et de densité d'abondance au niveau des stations à dominance de corail**. D'une manière générale, selon Galzin *et al.* (2000), la distribution des espèces dans un plan horizontal est influencée par divers caractéristiques de l'environnement récifal : la topographie du substrat, la diversité des habitats, l'architecture du milieu, ainsi que la richesse de la couverture de coraux. Less résultats soutiennent cette généralité et confirment ainsi que **l'habitat serait un facteur clé pour la distribution et les variations spatiales des communautés ichthyologiques** en termes de richesse spécifique et de densité d'abondance. Les **poissons récifaux** ont un **rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes coralliens** (Galzin 2000). Dans cette étude, les *Scaridae* se trouvent (avec les *Chaetodontidae*) au 2^e rang en termes de nombre total d'individus et on les trouve dans presque toutes les stations avec du corail vivant ou mort, couvert d'algues. De part leur activité herbivore, les *Scaridae* sont des **ingénieurs des écosystèmes** en broutant les algues sur les coraux et en équilibrant ainsi la compétition entre algues et coraux, fréquemment observée dans les récifs coralliens (McCook *et al.* 2001). Selon Galzin (2000), les *Scaridae* auraient un rôle dans la « **bioérosion** » en raclant le substrat et cassant le corail.

Dans cette étude, les *Chaetodontidae* présentent la plus grande diversité taxonomique et sont observés dans presque toutes les stations à habitat corallien. Cette accumulation d'espèces différentes dans une zone restreinte peut s'expliquer par la diversité des niches écologiques. Selon Bouchon-Navaro (1986) les *Chaetodontidae* auraient peu de recouvrement des niches écologiques et de leur distribution spatiale. Nos résultats indiquent que l'habitat est un facteur qui influence fortement les variations spatiales des *Chaetodontidae* en termes de richesse spécifique, de densité et de nombre d'individus. La couverture en corail vivant, ainsi que la complexité de l'habitat sont également des éléments clés structurant leur répartition. Selon Reese (1981), cité dans Adrim (1989), les *Chaetodontidae* seraient un bon **indicateur de la qualité de l'habitat** des récifs coralliens et leur faible présence ou absence pourrait indiquer une dégradation de l'état de santé des coraux. Nos résultats soutiennent donc que **l'habitat de la zone d'étude semble être en bon état de santé**. De plus, nos résultats révèlent la présence de nombreuses **espèces rares**, comme les tortues, les requins, les raies et les poissons napoléon (*Cheilinus undulatus*). Ce dernier est également un indicateur de la qualité d'habit et sa présence soutient le **bon état de conservation** de la zone d'étude.

Le statut de protection n'apparaît pas déterminant

En revanche, dans le site étudié, les données ne permettent **pas de mettre en évidence un effet significatif du statut de protection** que ce soit pour la richesse spécifique ou pour la densité des communautés ichtyologiques, à l'exception de la richesse spécifique des poissons papillons. Ceci peut s'expliquer par le fait que la zone de Pouebo est faiblement anthropisée, peu peuplée mais aussi peu fréquentée par les touristes. En ce qui concerne **l'état des ressources exploitées**, les résultats de cette étude suggèrent que la densité des individus ciblés par la pêche, que ce soit par ligne, filet ou chasse, **n'est pas significativement expliquée par l'habitat, ni par le statut de protection**. Le **dawa** (*Naso unicornis*), espèce très recherchée par les pêcheurs, est **abondant** dans tous les habitats et statuts de protection dans la zone d'étude. La pêche, plutôt d'ordre vivrière et plaisancière dans la zone, ne semble donc pas encore exercer une pression trop importante. La mise en place de cette AMP ne se situait pas dans un contexte « d'agression » de l'environnement, contrairement à la plupart des situations. On ne s'attendait donc pas à obtenir un effet réserve « classique », lié à l'exclusion de la pêche de certaines zones. De ce fait, avant même la mise en place de cette AMP, les ressources étaient déjà gérées via les lois coutumières canaques, qui se basent sur une utilisation raisonnée des ressources (Bodmer 2010) en rapport avec les besoins alimentaires. Les coutumiers étant membres du comité de gestion de l'AMP, on peut s'attendre à ce qu'une situation relativement équilibrée perdure dans la zone d'étude.

Limites de la technique de suivi par vidéo sous-marine rotative

La technique de suivi par vidéo sous-marine semble être **efficace, facile d'application** et permet une **grande couverture spatiale** en peu de temps. Néanmoins elle nécessite un **temps d'analyse a posteriori non négligeable** et les résultats varient en fonction de la technique utilisée (Watson *et al.* 2010). Un avantage est la **traçabilité**, car les vidéos constituent des archives et peuvent donc être analysées plusieurs fois avec des objectifs différents. Par contre, presque un tiers des **individus** n'a pu **être déterminé** qu'au niveau du genre ou de la famille, notamment les petits individus des *Scaridae* et *Acanthuridae*, car leur livrée est hautement variable entre individus au sein d'une même espèce. Pour les identifier correctement à l'espèce, il faudrait que l'individu soit très proche de la caméra pour distinguer le détail qui le différencie d'une autre espèce. Le succès de la technique vidéo dépend de la visibilité, de la luminosité, des courants, de la turbidité de l'eau, des particules, de l'habitat (pente, secteurs obstrués par corail...), etc. Ce défaut d'identification au niveau de l'espèce est du à la limite de visibilité des caméras par rapport à l'œil du plongeur, mais ce problème a été particulièrement marqué au cours de cette mission pour des raisons techniques. L'identification dépend également du niveau d'expertise de l'observateur. De plus, la nature discrète

de certains poissons récifaux, ainsi que le recensement en fonction d'une liste cible font que la densité d'abondance et la RS spécifique observées dans cette étude ne peuvent être directement comparées à des mesures issues d'autres moyens d'observation comme les comptages en plongée. La liste d'espèces à identifier avec la technique vidéo est telle que certaines familles à forte abondance, comme les demoiselles (*Pomacanthidae*), ne sont pas comptées. En ce qui concerne la description des habitats, l'estimation des pourcentages de recouvrement est sujette à une variabilité de la personne en terme d'expérience de caractérisation des habitats coralliens. Une limite générale de la caractérisation en MSA est que les habitats proches sont interconnectés et l'habitat, ici au niveau d'une station, ne peut pas être considéré comme une entité isolée parmi les autres. Une autre limite générale est que l'analyse des images est contrainte par le champ de vision de la caméra, certaines surfaces pouvant être masquées par des roches ou patates de corail.

Conclusion - Perspectives

Les résultats de cette étude rendent compte d'une situation globale satisfaisante avec un bon état général des récifs coralliens dans la zone de Pouebo, ce qui est en accord avec les résultats des inventaires précédents sur la même zone d'étude (McKenna *et al.* 2006 ; Wantiez *et al.* 2010). Elles révèlent un bon état des récifs avec un recensement d'espèces de poissons appartenant au cortège habituel des formations récifo-lagonaires en bonne santé en NC. Une attention particulière est à porter aux zones d'herbiers sur le récif frangeant afin de suivre l'évolution de leur couverture par les épiphytes. A titre d'exemple, l'étude de Mumby (2006) souligne l'importance de la fonction de nurserie des herbiers pour les communautés des poissons adultes dans les habitats coralliens adjacents. De plus, 20% des stations se caractérisent par un habitat homogène et détritique avec du corail mort couvert d'algues et peu de corail vivant, ce qui pourrait indiquer une tendance à la dégradation des formations coralliennes mais peut aussi être d'origine naturelle. Ces stations sont donc à surveiller. Les objectifs de l'étude ont été atteints, car les variations spatiales des peuplements ichtyologiques en fonction de l'habitat et du statut de protection ont été mises en évidence. Dans l'objectif d'une échelle d'application plus large, une comparaison intersites à l'échelle de la NC aurait pu être envisagée. Depuis 2007, plus d'une dizaine de zones réparties dans toute la NC ont été échantillonnées par l'IFREMER avec les caméras STAVIRO. Une comparaison des cortèges d'espèces sur la côte est par rapport à la côte ouest peut donc être effectuée, car les caractéristiques des côtes se distinguent fortement (Letourneur *et al.* 2000). Cette étude a apporté des informations complémentaires au projet vidéo de l'équipe d'accueil, car la zone d'étude n'avait pas encore été suivie par la technique de vidéo sous-marine.

Bibliographie et webographie

- Adrim M., Hutomo M. (1989). Species composition, distribution and abundance of *Chaetodontidae* along reef transects in the Flores Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 23 (2): 85-93.
- Andréfouët S., Cabioch G., Flamand B., Pelletier B. (2009). A reappraisal of the diversity of geomorphological and genetic processes of New Caledonian coral reefs: a synthesis from optical remote sensing, coring and acoustic multibeam observations. *Coral reefs*, 28: 691-707.
- Bodmer D., « Entre préservation et/ou mise en valeur de la ressource, quel avenir pour les Aires Marines Protégées en Province Nord de la Nouvelle-Calédonie ? », *Études caribéennes* [En ligne], 15 | Avril 2010, mis en ligne le 06 avril 2012, consulté le 02 août 2013. URL : <http://etudescaribeennes.revues.org/4513>
- Bonvallet J., Gay J.-C. H., Habert E. (2012). *Atlas de la Nouvelle-Calédonie*, Marseille-Nouméa, IRD-congrès de la Nouvelle-Calédonie, 272 pages.
- Bouchon-Navaro Y. (1986). Partitioning of food and space resources by chaetodontid fishes on coral reefs. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, Vol. 103 : 21-40.
- Cappo M.C., Harvey E.S., Malcolm H.A., Speare P.J. (2003). Potential of video techniques to design and monitor diversity, abundance and size of fish in studies of Marine Protected Areas. In: Beumer JP, Grant A, Smith DC, eds. Cairns, Australia, August 2002 Australian Society of Fish Biology. pp 455–464.
- Clua E., Legendre P., Vigliola L., Magron F., Kulbicki M., Sarramenga S., Labrosse P., Galzin R. (2006). Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 333 (2): 219-230.
- Chabanet P., Guillemot N., Kulbicki M., Vigliola L., Sarramenga S. (2010). Baseline study of the spatio-temporal patterns of reef fish assemblages prior to a major mining project in New Caledonia (South Pacific). *Marine Pollution Bulletin* 61: 598–611.
- Galzin R. (2000). Ecologie des poissons des récifs coralliens. *Oceanis* Vol.26, N° 3.
- Garcia-Charton J. A., Williams L. D., Perez Ruzafa A., Sanchez-Jerez P., Sempere J. T., renones O., Moreno D. (2004). Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure and the effect of

- marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Marine Biology* 144: 161-182.
- Hughes, T.P., Baird, A.H., Belwood, D.R., Card, M., Connolly, S.R., Folke, C., *et al.* (2003). Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science* 301: 929–933.
- Holmlund C. M., Hammer M. (1999). Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, Vol. 29 (2): 253-268.
- Kulbicki M., Mou-Tham G., Vigliola L., Wantiez L., Manaldo E., Labrosse P., Letourneur Y. (2011). Major coral reef fish species of the South Pacific with basic information on their biology and ecology. Scientific report: Component 2A – Project 2A2: Improve knowledge and capacity for a better management of reef ecosystems. 112 pages.
- Laboute P., Grandperrin R. (2009). Guide des poissons de Nouvelle-Calédonie. Editions Catherine Ledru, 552 pages.
- Letourneur Y., Kulbicki M., Labrosse P. (2000). Fish stock assessment of the northern New Caledonian lagoons: 1 – Structure and stocks of coral reef fish communities. *Aquatic Living Resources* 13 (2): 65–76.
- McCook L. J., Jompa J. et Diez-Pudilo G. (2001). Competition between coral and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. *Coral reefs* 19: 400-417.
- McKenna S.A., Baillon, N. Blaffart, H. Abrusci G. (2006). Une évaluation rapide de la biodiversité marine des récifs coralliens du Mont Panié, Province Nord, Nouvelle Calédonie. 126 pages.
- Mumby P. J. (2006). Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. *Biological Conservation* 128: 215-222.
- Mumby P. J., Steneck R. S. (2008). Coral reef management and conservation in light of rapidly evolving ecological paradigms. *Trends in Ecology and Evolution* Vol.23 (10): 555-563.
- Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., da Fonseca G. A. B., Kent J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, Vol. 403: 853-858.

- Morrison R.J., Denton G.R.W., Bale Tamata U., Grignon J. (2013). Anthropogenic biogeochemical impacts on coral reefs in the Pacific Islands – An overview. Deep-Sea Research II, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.02.014i>.
- Nyström M., Folke C. (2001). Spatial resilience of Coral Reefs. *Ecosystems* 4: 406-417.
- Öhman M., Rajasuriya A., Svensson S. (1998). The use of butterflyfishes (*Chaetodontidae*) as bio-indicators of habitat structure and human disturbance. *Ambio* 27:708–716.
- Öhman M. C., Munday P. L., Jones G. P., Caley M. J. (1998). Settlement strategies and distribution patterns of coral-reef fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 225: 219–238.
- Olsen, D.M. et Dinerstein, E. (2002). The Global 200: Priority Ecoregions for Global Conservation. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 89: 199-224.2008.
- Pelletier D. et Leleu K. (2008). Utilisation de techniques vidéo pour l'observation et le suivi des ressources et des écosystèmes récifo-lagonaires. Rapport d'opération du programme ZONECO. 80 p. + annexes 38 p.
- Pelletier D, Leleu K, Mallet D, Mou-Tham G, Herve´ G, *et al.* (2012) Remote High-Definition Rotating Video Enables Fast Spatial Survey of Marine Underwater Macrofauna and Habitats. *PLoS ONE* 7(2): e30536. doi:10.1371/journal.pone.0030536.
- Roberts, C.M., McClean, C.J., Veron, J.E.N., Hawkings, J.P., Allen, J.R., McAllister, D.E., Mittermeier, C.G., Schueler, F.W., Spalding, M., Wells, F., Vynne, C. et Werner, T.B. (2002). Marine Biodiversity Hotspots and Conservation Priorities for Tropical Reefs. *Science* 295: 1280-1284.
- Riegl B. M., Sheppard C. R. C., Purkis S.J. (2012). Human Impact on Atolls Leads to Coral Loss and Community Homogenisation: A Modeling Study. *PLoS ONE* 7(6): e36921. doi:10.1371/journal.pone.0036921.
- Wantiez Wantiez L., Faninoz S., Bouillere F., Gil O. (2010). Etat zéro des communautés biocénétiques avant la mise en place de zones de type I.B au sein de l'aire marine protégée de l'aire de Yambé-Diahoué. WWF-France, Université de la Nouvelle-Calédonie. 65 pages.
- Watson D.L., Harvey E.S. (2007). Behaviour of temperate and sub-tropical reef fishes towards a stationary SCUBA diver. *Marine Freshwater Behaviour Physiology* 40: 85–103.

Watson D. L., Harvey E. S., Fitzpatrick B. M., Langlois T. J., Shedrawi G. (2010). Assessing reef fish assemblage structure: how do different stereo-video techniques compare? *Marine Biology*, 157:1237–1250.

Willis T.J., Babcock R.C. (2000). A baited underwater video system for the determination of relative density of carnivorous reef fish. *Marine and Freshwater Resources* 51:755–763.

Wilkinson C. (2008). *Status of Coral Reefs of the World*. 6 pages.

Annexe 1 : Fiche A (cadre du projet)



Projet « Biodiversité, Patrimoine inscrit, et Aires Marines Protégées »

Fiches action

Note explicative

1. Elaboration du contenu des fiches

Les fiches résultent d'un travail qui a démarré en avril 2011 et s'est prolongé jusqu'à fin juillet 2012. Un certain nombre de réunions et d'échanges ont été organisés avec les services techniques des Provinces, les secrétariats généraux, le CEN, le SMMPM. Le projet a été présenté lors des comités directeurs d'août 2011 et mars 2012. Le groupe technique sur la thématique s'est réuni deux fois, en mai 2012 (avec une présentation conjointe au Comité Technique Patrimoine Mondial du CEN) et en juin 2012. Le groupe a également été sollicité pour relire les fiches en juillet 2012.

Le projet a été structuré en fiches pour prendre en compte les différentes demandes résumées dans le relevé de décisions du Groupe Technique du 11 mai 2012 (voir encadré ci-dessous).

Pour certaines actions, restent à préciser le choix des sites prioritaires pour les actions de terrain, le calendrier, et le dimensionnement du terrain et des analyses. Le contenu actuel correspond ce qui a pu être élaboré à partir des demandes des collectivités et des actions qui peuvent être proposées par Ifremer.

- La plupart des actions ont débuté en 2012. Les actions 2012 ont été financées à hauteur de 23 Mxpf comme suit :

Financier	Poste	Montant (Mxpf)
IFREMER	temps chercheur, temps VSC et 50% d'un doctorant	18.5
AAMP	cofinancement de thèse	2.9
IFRECOR	Actions vidéo (correspond à Fiche A)	1.7

Relevé de décisions du groupe technique du 11 mai 2012

Un programme de travail sur trois ans 2013-2015, et son enveloppe budgétaire doivent être élaborés et validés par le GT pour être examinés par le Comité Directeur de l'AC-IFR lors de sa réunion prévue le 9 août prochain. Au vu des discussions dont l'essentiel est rapporté dans les minutes en annexe de ce document, les participants se sont accordés sur la pertinence de s'intéresser aux sujets suivants :

• Suivis par vidéo sous-marine :

- Réalisation d'ateliers sur la complémentarité des différents moyens de suivi à mettre en œuvre, en animant un groupe de réflexion pluri-organismes sur la question, avec l'objectif d'aboutir à des recommandations et une proposition d'intégration des méthodologies ;
- Mise en œuvre de la vidéo sur des sites et des contextes nouveaux : a) récifs frangeants, fonds de baie, substrats meubles, pente externe ; b) récifs éloignés (par ex. Chesterfield en 2013), DCP, impliquant pour certains une étude de faisabilité ;
- Favoriser la dotation du CEN en moyens (acquisition, stockage, exploitation des données, mise à disposition de ressources méthodologiques) mutualisables ;
- Former des agents des collectivités, voire des comités de gestion, à la technique et la transférer

• Suivis des usages

- Travailler sur un cahier des charges de suivi pérenne des pêches informelles en collaboration avec les collectivités
- Réalisation d'ateliers méthodologiques sur le suivi des usages
- Proposer des suivis adaptés aux différents contextes, et notamment étudier l'outil Cyber Tracker
- Former des agents des services ou des prestataires aux méthodologies et les transférer.

• Evaluation de l'efficacité de la gestion

- Conduire des ateliers de présentation/formation aux outils développés dans PAMPA
- Appliquer les outils à certains suivis existants sur le territoire pour mieux jauger de leur applicabilité (par ex. bêche de mer, RORC, tortues, etc.)
- Adapter les outils pour pouvoir traiter un plus grand nombre de types de données en fonction des besoins

➤ Ces différents points sous-tendent les questions communes : a) de la bancarisation des informations, de leur restitution que ce soit sous forme de cartes, d'indicateurs, et des outils afférents, éventuellement outils en ligne. Ces questions sont partagées avec celles de l'axe de travail « Bancarisation des données environnementales et Systèmes d'information » de l'Accord-Cadre.

Il est souligné qu'au-delà des aspects d'appui à la gestion, chaque volet implique un travail de recherche, notamment sur la construction et l'analyse des indicateurs biodiversité et usages, sur leur mise en relation, et sur les diagnostics d'évaluation.

2. Chiffrage des fiches/actions

- Le chiffrage a été fait suivant le principe des actions dans l'Accord-Cadre. Seuls les financements acquis ont été mentionnés. D'éventuels financements complémentaires pourront être recherchés en partenariat avec les collectivités.
- Moyens navigants : Le projet prévoit à la fois l'utilisation des moyens des Provinces (qui permet la formation et le transfert des méthodologies) et le recours à un petit moyen navigant pour la réalisation du terrain en phase de mise au point des méthodologies et pour multiplier les

Observer, comprendre et évaluer la biodiversité lagunaire - FICHE A

1.1. Mettre en œuvre les techniques vidéo actuelles dans de nouveaux sites (Recherche / Appui)

1.3. Transférer la méthodologie de suivi vidéo (Transfert / Formation)

2.2. Capitaliser les données vidéo existantes (Recherche / Appui)

Résultats attendus

- 1.1. Mettre en œuvre des techniques vidéo actuelles sur des sites nouveaux (Patrimoine inscrit, AMP), avec des observations sur récifs frangeants, fonds de baie, substrats meubles, pente externe;
- 1.3. Former des agents des collectivités, des comités de gestion, et/ou des prestataires, voire d'autres scientifiques, et transférer la méthodologie ;
- 2.2. Capitaliser ces données et les données acquises antérieurement : bilan sur les zones étudiées, analyse des variations spatiales et temporelles de la biodiversité (effets anthropiques, effets de la protection, facteurs environnementaux saisonniers et à très court terme)

Indicateurs de réalisation

- 1.1 et 2.1. La méthodologie (de la collecte à la production des indicateurs) a été mise en œuvre sur un ensemble de sites et d'habitats représentatifs de la diversité du territoire (Patrimoine inscrit et AMP)
- 1.3. La méthodologie peut être mise en œuvre de façon autonome par les services gestionnaires ou par des prestataires (trois étapes, voir livrables)
- 2.2. Un bilan quantitatif sur la biodiversité des zones étudiées est réalisé à partir de l'ensemble des données

Description des tâches

- Réalisation de campagnes de terrain dans les trois Provinces et sur les îles et récifs éloignés (en priorité sites inscrits au Patrimoine Mondial et AMP), en collaboration avec les services techniques ;
- Analyse des images et analyse des données avec la plateforme PAMPA ;
- Solution de bancarisation des données interopérable avec la plateforme PAMPA en faisant appel à l'adaptation du modèle de données QUADRIGE² et à la bancarisation de l'ensemble sous QUADRIGE (cf. fiche projet Base de données environnementales) ;
- Restitution des résultats ;
- Formation : participation aux campagnes de terrain, ateliers auprès des services, stage à IFREMER

Partenariats

*UNC, Univ Perth, AIMS
*Services techniques, CEN, AAMP, IFRECOR, DTSI, CEIL, ...

Actions et fiches reliées

Fiche G. Evaluation intégrée biodiversité/usages/gouvernance
Fiche H. Adaptation des outils d'évaluation

Livrables

Trimestre (voir bas de page)

A.1.	Rapports de stage	3
A.2.	Protocoles (inclus définition des stations)	3, 5, 9
A.3.	Méthodologie de terrain (restitutions, formations, guide)	3, 5, 9
A.4.	Recueil de cartes sous format électronique	4, 8, 12
A.5.	Fiches indicateurs de biodiversité (communautés, espèces, habitats)	4, 8, 12
A.6.	Rapport sur bancarisation	4
A.7.	Mémoire de thèse et restitution de la thèse	6
A.8.	Restitution et formations à la méthodologie d'analyse des images	5
A.9.	Restitution et formations à la méthodologie complète	9
A.10.	Publications scientifiques	4, 8, 12

Durée de l'action 36 mois

Cofinancements envisageables

AAMP (cofinancement de thèse acquis), **Projet SIMEO** (cofinancement du post-doc acquis), **DAFE, IFRECOR**

2013				2014				2015			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

observations vidéo. Le coût a été calculé sur le principe de l'achat d'un petit moyen navigant adapté à l'ensemble des sites d'étude, hormis récifs éloignés et certaines zones des Grands Lagon Nord et Sud. Dans le budget présenté, cet achat représente un coût de 5 Mxpf sur la Fiche A, la location de moyens navigants étant beaucoup plus onéreuse. Ce moyen navigant est largement rentabilisé pour les actions des Fiches A, B et E. Par ailleurs, 7.6 Mxpf sont prévus pour l'Amborella (40 jours).

- **Systèmes vidéo.** Le projet prévoit l'acquisition de systèmes vidéo qui peuvent être mutualisés au niveau du CEN, et être mis à disposition des collectivités et à l'issue du projet. Ce budget investissement de 4,7 Mxpf est comptabilisé dans la Fiche A.

3. Proposition de répartition du budget

Le budget de chaque fiche a été réparti sur la base de deux critères :

- répartition entre recherche (financé par le Gouvernement) et appui, transfert (financé par les Provinces, le SMMPM et le CEN en fonction de leurs demandes respectives, voir critère 2)
- intérêt de chaque collectivité et du CEN, et répartition géographique des chantiers d'étude

La clé de répartition globale qui est proposée a été obtenue en additionnant les budgets de chaque fiche répartis par collectivité, et en recalculant les proportions par collectivité sur l'ensemble des fiches.

Les proportions finales font apparaître une contribution Province Sud à 14% du fait de la demande de travail sur les usages (Fiches E et F).

La proportion « Gouvernement » est la somme de deux contributions :

- au titre des actions vidéo sur les Récif Eloignées, prévue avec le SMMPM (Fiches A et B), d'un montant de 8%
- au titre des actions de recherche, d'un montant de 37%.

Nombre de jours de terrain prévus (planning provisoire)

		Pour mémoire 2012	2013	2014	2015
Psud	<i>Grand Lagon Sud</i>		7		
Psud	Aboré				7
Psud	Borindy	4			
Psud	Ouano		5		5
Psud	Bourail	7		7	
Psud	Merlet		7		
Pnord	Koné	7			7
Pnord	Hienghene	5		5	
Pnord	Côte Nord		7		7
Pnord	<i>Grand Lagon nord</i>			7	
Pnord	Pouebo	7		7	
Piles	Lifou	3		5	
Piles	Uvea-Beautemps Beaupré		7		7
Gouv	Chesterfield		10		
Gouv	Entrecasteaux		10		10
Gouv	Autres récifs éloignés			10	
	TOTAL	33	53	41	43

réalisé	
non réalisé	
prévu	

Soit

PSUD 38 jours

PNORD 45 jours

PIL 12 jours

GOUV 40 jours

Annexe 2 : Liste des espèces cibles échantillonnées : Liste IEHE (liste des espèces d'intérêt commercial, halieutique ou espèces emblématiques)

	Genre_espèce	Genre	Espèce
	Carcharhinus_albimarginatus	Carcharhinus	albimarginatus
	Carcharhinus_amblyrhynchos	Carcharhinus	amblyrhynchos
	Carcharhinus_brevipenna	Carcharhinus	brevipenna
	Carcharhinus_falciformis	Carcharhinus	falciformis
	Carcharhinus_leucas	Carcharhinus	leucas
	Carcharhinus_limbatu	Carcharhinus	limbatu
Carcharhinidae	Carcharhinus_melanopterus	Carcharhinus	melanopterus
	Carcharhinus_obscurus	Carcharhinus	obscurus
	Carcharhinus_plumbeus	Carcharhinus	plumbeus
	Carcharhinus_sorrah	Carcharhinus	sorrah
	Galeocerdo_cuvier	Galeocerdo	cuvier
	Negaprion_acutidens	Negaprion	acutidens
	Prionace_glauca	Prionace	glauca
	Triaenodon_obesus	Triaenodon	obesus
Stegostomatidae	Stegostoma_fasciatum	Stegostoma	fasciatum
Ginglymostomatidae	Nebrius_ferrugineus	Nebrius	ferrugineus
Rhynchodontidae	Rhincodon_typus	Rhincodon	typus
	Aetobatus_narinari	Aetobatus	narinari
	Aetomylaeus_maculatus	Aetomylaeus	maculatus
Myliobatidae	Aetomylaeus_vespertilio	Aetomylaeus	vespertilio
	Manta_alfredi	Manta	alfredi
	Mobula_tarapacana	Mobula	tarapacana
	Dasyatis_bennettii	Dasyatis	bennettii
	Dasyatis_fluviuorum	Dasyatis	fluviuorum
	Himantura_fai	Himantura	fai
	Himantura_granulata	Himantura	granulata
Dasyatidae	Neotrygon_kuhlii	Neotrygon	kuhlii
	Pastinachus_sephen	Pastinachus	sephen
	Taeniura_lymma	Taeniura	lymma
	Taeniura_meyeni	Taeniura	meyeni
	Urogymnus_asperrimus	Urogymnus	asperrimus
Rhinobatidae	Rhynchobatus_djiddensis_	Rhynchobatus	djiddensis
Dugongidae	Dugong_dugon	Dugong	dugon
	Caretta_caretta	Caretta	caretta
Cheloniidae	Chelonia_mydas	Chelonia	mydas
	Eretmochelys_imbricata	Eretmochelys	imbricata
	Dermodochelys_coriacea	Dermodochelys	coriacea
	Laticauda_colubrina	Laticauda	colubrina
Serpents de mer	Laticauda_laticaudata	Laticauda	laticaudata
	Hydrophiinae_sp.	Hydrophiinae	sp.

Poulpes	Octopidae_sp.	Octopidae	sp.
	Acanthurus_achilles	Acanthurus	achilles
	Acanthurus_albipectoralis	Acanthurus	albipectoralis
	Acanthurus_auranticavus	Acanthurus	auranticavus
	Acanthurus_bariene	Acanthurus	bariene
	Acanthurus_blochii	Acanthurus	blochii
	Acanthurus_dussumieri	Acanthurus	dussumieri
	Acanthurus_grammoptilus	Acanthurus	grammoptilus
	Acanthurus_guttatus	Acanthurus	guttatus
	Acanthurus_leucopareius	Acanthurus	leucopareius
	Acanthurus_lineatus	Acanthurus	lineatus
	Acanthurus_mata	Acanthurus	mata
	Acanthurus_nigricauda	Acanthurus	nigricauda
	Acanthurus_nigricans	Acanthurus	nigricans
	Acanthurus_nigrofuscus	Acanthurus	nigrofuscus
	Acanthurus_nigroris	Acanthurus	nigroris
	Acanthurus_nubilus	Acanthurus	nubilus
	Acanthurus_olivaceus	Acanthurus	olivaceus
	Acanthurus_pyroferus	Acanthurus	pyroferus
	Acanthurus_triostegus	Acanthurus	triostegus
Acanthuridae	Acanthurus_thompsoni	Acanthurus	thompsoni
	Acanthurus_xanthopterus	Acanthurus	xanthopterus
	Ctenochaetus_binotatus	Ctenochaetus	binotatus
	Ctenochaetus_cyanocheilus	Ctenochaetus	cyanocheilus
	Ctenochaetus_striatus	Ctenochaetus	striatus
	Naso_annulatus	Naso	annulatus
	Naso_brachycentron	Naso	brachycentron
	Naso_brevirostris	Naso	brevirostris
	Naso_caesius	Naso	caesius
	Naso_fageni	Naso	fageni
	Naso_hexacanthus	Naso	hexacanthus
	Naso_lituratus	Naso	lituratus
	Naso_lopezi	Naso	lopezi
	Naso_maculatus	Naso	maculatus
	Naso_tonganus	Naso	tonganus
	Naso_unicornis	Naso	unicornis
	Naso_vlamingii	Naso	vlamingii
	Paracanthurus_hepatus	Paracanthurus	hepatus
	Prionurus_maculatus	Prionurus	maculatus
	Zebrasoma_scopas	Zebrasoma	scopas
	Zebrasoma_velifer	Zebrasoma	velifer
Albulidae	Albula_argentea	Albula	argentea
	Albula_glossodonta	Albula	glossodonta
	Atherinomorus_duodecimalis	Atherinomorus	duodecimalis
	Atherinomorus_lacunosus	Atherinomorus	lacunosus
Atherinidae	Bleheratherina_pierucciae	Bleheratherina	pierucciae
	Hypoatherina_barnesi	Hypoatherina	barnesi
	Hypoatherina_ovalaua	Hypoatherina	ovalaua

	Hypoatherina_temminckii	Hypoatherina	temminckii
	Stenatherina_panatela	Stenatherina	panatela
Aulostomidae	Aulostomus_chinensis	Aulostomus	chinensis
	Abalistes_filamentosus	Abalistes	filamentosus
	Abalistes_stellatus	Abalistes	stellatus
	Balistapus_undulatus	Balistapus	undulatus
	Balistoides_conspicillum	Balistoides	conspicillum
	Balistoides_viridescens	Balistoides	viridescens
	Canthidermis_maculata	Canthidermis	maculata
	Melichthys_niger	Melichthys	niger
	Melichthys_vidua	Melichthys	vidua
	Odonus_niger	Odonus	niger
Balistidae	Pseudobalistes_flavimarginatus	Pseudobalistes	flavimarginatus
	Pseudobalistes_fuscus	Pseudobalistes	fuscus
	Rhinecanthus_aculeatus	Rhinecanthus	aculeatus
	Rhinecanthus_lunula	Rhinecanthus	lunula
	Rhinecanthus_rectangulus	Rhinecanthus	rectangulus
	Rhinecanthus_verrucosus	Rhinecanthus	verrucosus
	Sufflamen_bursa	Sufflamen	bursa
	Sufflamen_chrysopterum	Sufflamen	chrysopterum
	Sufflamen_fraenatum	Sufflamen	fraenatum
	Xanthichthys_auromarginatus	Xanthichthys	auromarginatus
	Caesio__caerulaurea	Caesio	caerulaurea
	Caesio_cuning	Caesio	cuning
	Caesio_lunaris	Caesio	lunaris
	Caesio_teres	Caesio	teres
	Dipterygonotus_balteatus	Dipterygonotus	balteatus
	Gymnocaesio_gymnoptera	Gymnocaesio	gymnoptera
Caesionidae	Pterocaesio_chrysozona	Pterocaesio	chrysozona
	Pterocaesio_digramma	Pterocaesio	digramma
	Pterocaesio_marri	Pterocaesio	marri
	Pterocaesio_pisang	Pterocaesio	pisang
	Pterocaesio_tessellata	Pterocaesio	tessellata
	Pterocaesio_tile	Pterocaesio	tile
	Pterocaesio_trilineata	Pterocaesio	trilineata
	Alectis_ciliaris	Alectis	ciliaris
	Alepes_apercna	Alepes	apercna
	Alepes_vari	Alepes	vari
	Atule_mate	Atule	mate
	Carangoides_chrysophrys	Carangoides	chrysophrys
	Carangoides_coeruleopinnatus	Carangoides	coeruleopinnatus
Carangidae	Carangoides_dinema	Carangoides	dinema
	Carangoides_ferdau	Carangoides	ferdau
	Carangoides_fulvoguttatus	Carangoides	fulvoguttatus
	Carangoides_gymnostethus	Carangoides	gymnostethus
	Carangoides_hedlandensis	Carangoides	hedlandensis
	Carangoides_malabaricus	Carangoides	malabaricus
	Carangoides_orthogrammus	Carangoides	orthogrammus

	Carangoides_plagiotaenia	Carangoides	plagiotaenia
	Caranx_ignobilis	Caranx	ignobilis
	Caranx_lugubris	Caranx	lugubris
	Caranx_melampygyus	Caranx	melampygyus
	Caranx_papuensis	Caranx	papuensis
	Caranx_sexfasciatus	Caranx	sexfasciatus
	Caranx_tille	Caranx	tille
	Decapterus_macarellus	Decapterus	macarellus
	Decapterus_macrosoma	Decapterus	macrosoma
	Decapterus_muroadsi	Decapterus	muroadsi
	Decapterus_russelli	Decapterus	russelli
	Decapterus_tabl	Decapterus	tabl
	Elagatis_bipinnulatus	Elagatis	bipinnulatus
	Gnathanodon_speciosus	Gnathanodon	speciosus
	Megalaspis_cordyla	Megalaspis	cordyla
	Naucrates_ductor	Naucrates	ductor
	Pseudocaranx_dentex	Pseudocaranx	dentex
	Scomberoides_commersonianus	Scomberoides	commersonianus
	Scomberoides_lysan	Scomberoides	lysan
	Scomberoides_tol	Scomberoides	tol
	Selar_boops	Selar	boops
	Selar_crumenophthalmus	Selar	crumenophthalmus
	Seriola_dumerili	Seriola	dumerili
	Seriola_lalandi	Seriola	lalandi
	Seriola_rivoliana	Seriola	rivoliana
	Trachinotus_anak	Trachinotus	anak
	Trachinotus_baillonii	Trachinotus	baillonii
	Trachinotus_blochii	Trachinotus	blochii
	Trachinotus_coppingeri	Trachinotus	coppingeri
	Uraspis_uraspis	Uraspis	uraspis
	Amphichaetodon_howensis	Amphichaetodon	howensis
	Chaetodon_auriga	Chaetodon	auriga
	Chaetodon_baronessa	Chaetodon	baronessa
	Chaetodon_bennetti	Chaetodon	bennetti
	Chaetodon_citrinellus	Chaetodon	citrinellus
	Chaetodon_ephippium	Chaetodon	ephippium
	Chaetodon_flavirostris	Chaetodon	flavirostris
	Chaetodon_guentheri	Chaetodon	guentheri
Chaetodontidae	Chaetodon_kleinii	Chaetodon	kleinii
	Chaetodon_lineolatus	Chaetodon	lineolatus
	Chaetodon_lunula	Chaetodon	lunula
	Chaetodon_lunulatus	Chaetodon	lunulatus
	Chaetodon_melannotus	Chaetodon	melannotus
	Chaetodon_mertensii	Chaetodon	mertensii
	Chaetodon_meyeri	Chaetodon	meyeri
	Chaetodon_ornatissimus	Chaetodon	ornatissimus
	Chaetodon_pelewensis	Chaetodon	pelewensis
	Chaetodon_plebeius	Chaetodon	plebeius

	Chaetodon_rafflesii	Chaetodon	rafflesii
	Chaetodon__reticulatus	Chaetodon	reticulatus
	Chaetodon_speculum	Chaetodon	speculum
	Chaetodon_trifascialis	Chaetodon	trifascialis
	Chaetodon_ulietensis	Chaetodon	ulietensis
	Chaetodon_unimaculatus	Chaetodon	unimaculatus
	Chaetodon_vagabundus	Chaetodon	vagabundus
	Coradion_altivelis	Coradion	altivelis
	Forcipiger_flavissimus	Forcipiger	flavissimus
	Forcipiger_longirostris	Forcipiger	longirostris
	Hemitaurichthys_polylepis	Hemitaurichthys	polylepis
	Heniochus_acuminatus	Heniochus	acuminatus
	Heniochus_chrysostomus	Heniochus	chrysostomus
	Heniochus_monoceros	Heniochus	monoceros
	Heniochus_singularius	Heniochus	singularius
	Heniochus_varius	Heniochus	varius
	Prognathodes_guyotensis	Prognathodes	guyotensis
Chanidae	Chanos_chanos	Chanos	chanos
	Amblygaster_clupeoides	Amblygaster	clupeoides
	Amblygaster_sirm	Amblygaster	sirm
	Anodontostoma_chacunda	Anodontostoma	chacunda
	Dussumieria_elopsoides	Dussumieria	elopsoides
Clupeidae	Herklotsichthys_quadrimaculatus	Herklotsichthys	quadrimaculatus
	Nematalosa_come	Nematalosa	come
	Sardinella_fijiense	Sardinella	fijiense
	Sardinella_melanura	Sardinella	melanura
	Spratelloides_delicatulus	Spratelloides	delicatulus
	Spratelloides_gracilis	Spratelloides	gracilis
	Chilomycterus_reticulatus	Chilomycterus	reticulatus
	Cylichthys_orbicularis	Cylichthys	orbicularis
	Cylichthys_spilostylus	Cylichthys	spilostylus
Diodontidae	Diodon_holocanthus	Diodon	holocanthus
	Diodon_hystrix	Diodon	hystrix
	Diodon_liturosus	Diodon	liturosus
	Lophodiodon_calori	Lophodiodon	calori
	Encrasicholina_devisi	Encrasicholina	devisi
	Encrasicholina_heteroloba	Encrasicholina	heteroloba
	Encrasicholina_punctifer	Encrasicholina	punctifer
Engraulidae	Engraulis_australis	Engraulis	australis
	Stolephorus_indicus	Stolephorus	indicus
	Stolephorus_insularis	Stolephorus	insularis
	Stolephorus_waitei	Stolephorus	waitei
	Thryssa_baelama	Thryssa	baelama
	Platax_orbicularis	Platax	orbicularis
Ephippidae	Platax_pinnatus	Platax	pinnatus
	Platax_teira	Platax	teira
Gerreidae	Gerres_filamentosus	Gerres	filamentosus
	Gerres_longirostris	Gerres	longirostris

	Gerres_oblongus	Gerres	oblongus
	Gerres_oyena	Gerres	oyena
	Gerres_subfasciatus	Gerres	subfasciatus
	Plectorhinchus_albovittatus	Plectorhinchus	albovittatus
	Plectorhinchus_chaetodonoides	Plectorhinchus	chaetodonoides
	Plectorhinchus_chrysotaenia	Plectorhinchus	chrysotaenia
	Plectorhinchus_flavomaculatus	Plectorhinchus	flavomaculatus
	Plectorhinchus_gibbosus	Plectorhinchus	gibbosus
Haemulidae	Plectorhinchus_lessonii	Plectorhinchus	lessonii
	Plectorhinchus_lineatus	Plectorhinchus	lineatus
	Plectorhinchus_obscurus	Plectorhinchus	obscurus
	Plectorhinchus_picus	Plectorhinchus	picus
	Plectorhinchus_vittatus	Plectorhinchus	vittatus
	Pomadasys_argenteus	Pomadasys	argenteus
	Euleptorhamphus_viridis	Euleptorhamphus	viridis
	Hemiramphus_convexus	Hemiramphus	convexus
Hemiramphidae	Hemiramphus_far	Hemiramphus	far
	Hyporhamphus_affinis	Hyporhamphus	affinis
	Hyporhamphus_dussumieri	Hyporhamphus	dussumieri
	Zenarchopterus_dispar	Zenarchopterus	dispar
	Myripristis_adusta	Myripristis	adusta
	Myripristis_berndti	Myripristis	berndti
	Myripristis_botche	Myripristis	botche
	Myripristis_hexagona	Myripristis	hexagona
	Myripristis_kuntee	Myripristis	kuntee
	Myripristis_murdjan	Myripristis	murdjan
	Myripristis_pralinia	Myripristis	pralinia
	Myripristis_violacea	Myripristis	violacea
	Myripristis_vittata	Myripristis	vittata
	Myripristis_woodsi	Myripristis	woodsi
	Neoniphon_argenteus	Neoniphon	argenteus
	Neoniphon_opercularis	Neoniphon	opercularis
	Neoniphon_sammara	Neoniphon	sammara
Holocentridae	Ostichthys_hypsipterygion	Ostichthys	hypsipterygion
	Ostichthys_japonicus	Ostichthys	japonicus
	Ostichthys_kaianus	Ostichthys	kaianus
	Plectrypops_lima	Plectrypops	lima
	Sargocentron_caudimaculatum	Sargocentron	caudimaculatum
	Sargocentron_cornutum	Sargocentron	cornutum
	Sargocentron_diadema	Sargocentron	diadema
	Sargocentron_ensifer	Sargocentron	ensifer
	Sargocentron_iota	Sargocentron	iota
	Sargocentron_lepros	Sargocentron	lepros
	Sargocentron_melanospilos	Sargocentron	melanospilos
	Sargocentron_microstoma	Sargocentron	microstoma
	Sargocentron_praslin	Sargocentron	praslin
	Sargocentron_punctatissimum	Sargocentron	punctatissimum
	Sargocentron_rubrum	Sargocentron	rubrum

	Sargocentron_spiniferum	Sargocentron	spiniferum
	Sargocentron_tiere	Sargocentron	tiere
	Sargocentron_violaceum	Sargocentron	violaceum
	Kyphosus_cinerascens	Kyphosus	cinerascens
	Kyphosus_pacificus	Kyphosus	pacificus
Kyphosidae	Kyphosus_sydneyanus	Kyphosus	sydneyanus
	Kyphosus_vaigiensis	Kyphosus	vaigiensis
	Microcanthus_strigatus	Microcanthus	strigatus
	Bodianus_anthioides	Bodianus	anthioides
	Bodianus_axillaris	Bodianus	axillaris
	Bodianus_bilunulatus	Bodianus	bilunulatus
	Bodianus_bimaculatus	Bodianus	bimaculatus
	Bodianus_cylindriatus	Bodianus	cylindriatus
	Bodianus_dictynna	Bodianus	dictynna
	Bodianus_flavifrons	Bodianus	flavifrons
	Bodianus_izuensis	Bodianus	izuensis
	Bodianus_loxozonus	Bodianus	loxozonus
	Bodianus_masudai	Bodianus	masudai
	Bodianus_mesothorax	Bodianus	mesothorax
	Bodianus_paraleucosticticus	Bodianus	paraleucosticticus
	Bodianus_perditio	Bodianus	perditio
	Bodianus_unimaculatus	Bodianus	unimaculatus
	Cheilinus_chlorourous	Cheilinus	chlorourous
	Cheilinus_fasciatus	Cheilinus	fasciatus
	Cheilinus_oxycephalus	Cheilinus	oxycephalus
	Cheilinus_trilobatus	Cheilinus	trilobatus
	Cheilinus_undulatus	Cheilinus	undulatus
Labridae	Choerodon_anchorago	Choerodon	anchorago
	Choerodon_fasciatus	Choerodon	fasciatus
	Choerodon_gomoni	Choerodon	gomoni
	Choerodon_graphicus	Choerodon	graphicus
	Choerodon_jordani	Choerodon	jordani
	Choerodon_margaritiferus	Choerodon	margaritiferus
	Coris_aygula	Coris	aygula
	Coris_batuensis	Coris	batuensis
	Coris_dorsomacula	Coris	dorsomacula
	Coris_gaimard	Coris	gaimard
	Coris_picta	Coris	picta
	Coris_pictoides	Coris	pictoides
	Coris_sandayeri	Coris	sandayeri
	Epibulus_insiadiator	Epibulus	insiadiator
	Hemigymnus_fasciatus	Hemigymnus	fasciatus
	Hemigymnus_melapterus	Hemigymnus	melapterus
	Oxycheilinus_bimaculatus	Oxycheilinus	bimaculatus
	Oxycheilinus_celebicus	Oxycheilinus	celebicus
	Oxycheilinus_digramma	Oxycheilinus	digramma
	Oxycheilinus_nigromarginatus	Oxycheilinus	nigromarginatus
	Oxucheilinus_orientalis	Oxucheilinus	orientalis

	Oxycheilinus_unifasciatus	Oxycheilinus	unifasciatus
	Eubleekeria_splendens	Eubleekeria	splendens
	Gazza_minuta	Gazza	minuta
	Leiognathus_equulus	Leiognathus	equulus
	Leiognathus_fasciatus	Leiognathus	fasciatus
Leiognathidae	Photopectoralis_bindus	Photopectoralis	bindus
	Photoplagios_leuciscus	Photoplagios	leuciscus
	Photoplagios_lineolatus	Photoplagios	lineolatus
	Photoplagios_rivulatus	Photoplagios	rivulatus
	Secutor_insidiator	Secutor	insidiator
	Secutor_ruconius	Secutor	ruconius
	Gnathodentex_aureolineatus	Gnathodentex	aureolineatus
	Gymnocranius_audleyi	Gymnocranius	audleyi
	Gymnocranius_elongatus	Gymnocranius	elongatus
	Gymnocranius_euanus	Gymnocranius	euanus
	Gymnocranius_grandoculis	Gymnocranius	grandoculis
	Gymnocranius_oblongus	Gymnocranius	oblongus
	Lethrinus_atkinsoni	Lethrinus	atkinsoni
	Lethrinus_erythracanthus	Lethrinus	erythracanthus
	Lethrinus_genivittatus	Lethrinus	genivittatus
	Lethrinus_harak	Lethrinus	harak
	Lethrinus_laticaudis	Lethrinus	laticaudis
Lethrinidae	Lethrinus_lentjan	Lethrinus	lentjan
	Lethrinus_miniatus	Lethrinus	miniatus
	Lethrinus_nebulosus	Lethrinus	nebulosus
	Lethrinus_obsoletus	Lethrinus	obsoletus
	Lethrinus_olivaceus	Lethrinus	olivaceus
	Lethrinus_ravus	Lethrinus	ravus
	Lethrinus_rubrioperculatus	Lethrinus	rubrioperculatus
	Lethrinus_semicinctus	Lethrinus	semicinctus
	Lethrinus_variegatus	Lethrinus	variegatus
	Lethrinus_xanthochilus	Lethrinus	xanthochilus
	Monotaxis_grandoculis	Monotaxis	grandoculis
	Monotaxis_heterodon	Monotaxis	heterodon
	Wattsia_mossambica	Wattsia	mossambica
	Aphareus_furca	Aphareus	furca
	Aphareus_rutilans	Aphareus	rutilans
	Aprion_virescens	Aprion	virescens
	Etelis_carbunculus	Etelis	carbunculus
	Etelis_coruscans	Etelis	coruscans
	Etelis_radiosus	Etelis	radiosus
Lutjanidae	Lipocheilus_carnolabrum	Lipocheilus	carnolabrum
	Lutjanus_adetii	Lutjanus	adetii
	Lutjanus_argentimaculatus	Lutjanus	argentimaculatus
	Lutjanus_bohar	Lutjanus	bohar
	Lutjanus_erythropterus	Lutjanus	erythropterus
	Lutjanus_fulviflamma	Lutjanus	fulviflamma
	Lutjanus_fulvus	Lutjanus	fulvus

	Lutjanus_fuscescens	Lutjanus	fuscescens
	Lutjanus_gibbus	Lutjanus	gibbus
	Lutjanus_kasmira	Lutjanus	kasmira
	Lutjanus_lutjanus	Lutjanus	lutjanus
	Lutjanus_malabaricus	Lutjanus	malabaricus
	Lutjanus_monostigma	Lutjanus	monostigma
	Lutjanus_quinquelineatus	Lutjanus	quinquelineatus
	Lutjanus_rivulatus	Lutjanus	rivulatus
	Lutjanus_rufolineatus	Lutjanus	rufolineatus
	Lutjanus_russelli	Lutjanus	russelli
	Lutjanus_sebae	Lutjanus	sebae
	Lutjanus_semicinctus	Lutjanus	semicinctus
	Lutjanus_vitta	Lutjanus	vitta
	Macolor_macularis	Macolor	macularis
	Macolor_niger	Macolor	niger
	Paracaesio_caerulea	Paracaesio	caerulea
	Paracaesio_kusakarii	Paracaesio	kusakarii
	Paracaesio_sordida	Paracaesio	sordida
	Paracaesio_xanthura	Paracaesio	xanthura
	Parapristipomoides_squamimaxillaris	Parapristipomoides	squamimaxillaris
	Pristipomoides_argyrogrammicus	Pristipomoides	argyrogrammicus
	Pristipomoides_auricilla	Pristipomoides	auricilla
	Pristipomoides_filamentosus	Pristipomoides	filamentosus
	Pristipomoides_flavipinnis	Pristipomoides	flavipinnis
	Pristipomoides_multidens	Pristipomoides	multidens
	Pristipomoides_sieboldii	Pristipomoides	sieboldii
	Pristipomoides_zonatus	Pristipomoides	zonatus
	Randallichthys_filamentosus	Randallichthys	filamentosus
	Symphorichthys_spilurus	Symphorichthys	spilurus
	Symphorus_nematophorus	Symphorus	nematophorus
	Mulloidichthys_flavolineatus	Mulloidichthys	flavolineatus
	Mulloidichthys_pfluegeri	Mulloidichthys	pfluegeri
	Mulloidichthys_vanicolensis	Mulloidichthys	vanicolensis
	Parupeneus_barberinoides	Parupeneus	barberinoides
	Parupeneus_barberinus	Parupeneus	barberinus
	Parupeneus_ciliatus	Parupeneus	ciliatus
	Parupeneus_crassilabris	Parupeneus	crassilabris
	Parupeneus_cyclostomus	Parupeneus	cyclostomus
Mullidae	Parupeneus_heptacanthus	Parupeneus	heptacanthus
	Parupeneus_indicus	Parupeneus	indicus
	Parupeneus_multifasciatus	Parupeneus	multifasciatus
	Parupeneus_pleurostigma	Parupeneus	pleurostigma
	Parupeneus_spilurus	Parupeneus	spilurus
	Upeneus_australiae	Upeneus	australiae
	Upeneus_filifer	Upeneus	filifer
	Upeneus_guttatus	Upeneus	guttatus
	Upeneus_moluccensis	Upeneus	moluccensis
	Upeneus_mouthami	Upeneus	mouthami

	Upeneus_sulphureus	Upeneus	sulphureus
	Upeneus_tragula	Upeneus	tragula
	Upeneus_vittatus	Upeneus	vittatus
	Cookeolus_japonicus	Cookeolus	japonicus
	Heteropriacanthus_cruentatus	Heteropriacanthus	cruentatus
	Priacanthus_hamrur	Priacanthus	hamrur
Priacanthidae	Priacanthus_macracanthus	Priacanthus	macracanthus
	Priacanthus_sagittarius	Priacanthus	sagittarius
	Pristigenys_meyeri	Pristigenys	meyeri
	Pristigenys_niphonia	Pristigenys	niphonia
	Apolemichthys_trimaculatus	Apolemichthys	trimaculatus
	Centropyge_bicolor	Centropyge	bicolor
	Centropyge_bispinosa	Centropyge	bispinosa
	Centropyge_fisheri	Centropyge	fisheri
	Centropyge_flavissima	Centropyge	flavissima
	Centropyge_heraldi	Centropyge	heraldi
	Centropyge_loricula	Centropyge	loricula
	Centropyge_nigriocella	Centropyge	nigriocella
	Centropyge_nox	Centropyge	nox
	Centropyge_tibicen	Centropyge	tibicen
Pomacanthidae	Centropyge_vrolikii	Centropyge	vrolikii
	Chaetodontoplus_conspicillatus	Chaetodontoplus	conspicillatus
	Genicanthus_melanospilos	Genicanthus	melanospilos
	Genicanthus_watanabei	Genicanthus	watanabei
	Paracentropyge_multifasciata	Paracentropyge	multifasciata
	Pomacanthus_annularis	Pomacanthus	annularis
	Pomacanthus_imperator	Pomacanthus	imperator
	Pomacanthus_semicirculatus	Pomacanthus	semicirculatus
	Pomacanthus_sexstriatus	Pomacanthus	sexstriatus
	Pomacanthus_xanthometopon	Pomacanthus	xanthometopon
	Pygoplites_diacanthus	Pygoplites	diacanthus
	Bolbometopon_muricatum	Bolbometopon	muricatum
	Calatomus_carolinus	Calatomus	carolinus
	Calatomus_spinidens	Calatomus	spinidens
	Cetoscarus_ocellatus	Cetoscarus	ocellatus
	Chlorurus_bleekeri	Chlorurus	bleekeri
	Chlorurus_frontalis	Chlorurus	frontalis
	Chlorurus_japanensis	Chlorurus	japanensis
	Chlorurus_microrhinos	Chlorurus	microrhinos
Scaridae	Chlorurus_sordidus	Chlorurus	sordidus
	Hipposcarus_longiceps	Hipposcarus	longiceps
	Leptoscarus_vaigiensis	Leptoscarus	vaigiensis
	Scarus_altipinnis	Scarus	altipinnis
	Scarus_chameleon	Scarus	chameleon
	Scarus_dimidiatus	Scarus	dimidiatus
	Scarus_flavipectoralis	Scarus	flavipectoralis
	Scarus_forsteni	Scarus	forsteni
	Scarus_frenatus	Scarus	frenatus

	Scarus_ghobban	Scarus	ghobban
	Scarus_globiceps	Scarus	globiceps
	Scarus_longipinnis	Scarus	longipinnis
	Scarus_niger	Scarus	niger
	Scarus_oviceps	Scarus	oviceps
	Scarus_psittacus	Scarus	psittacus
	Scarus_quoyi	Scarus	quoyi
	Scarus_rivulatus	Scarus	rivulatus
	Scarus_rubroviolaceus	Scarus	rubroviolaceus
	Scarus_schlegeli	Scarus	schlegeli
	Scarus_spinus	Scarus	spinus
	Acanthocybium_solandri	Acanthocybium	solandri
	Allothunnus_fallai	Allothunnus	fallai
	Auxis_thazard	Auxis	thazard
	Euthynnus_affinis	Euthynnus	affinis
	Grammatorcynus_bicarinatus	Grammatorcynus	bicarinatus
	Grammatorcynus_bilineatus	Grammatorcynus	bilineatus
Scombridae	Gymnosarda_unicolor	Gymnosarda	unicolor
	Katsuwonus_pelamis	Katsuwonus	pelamis
	Rastrelliger_kanagurta	Rastrelliger	kanagurta
	Scomberomorus_commerson	Scomberomorus	commerson
	Thunnus_alalunga	Thunnus	alalunga
	Thunnus_albacares	Thunnus	albacares
	Thunnus_obesus	Thunnus	obesus
	Caracanthus_maculatus	Caracanthus	maculatus
	Caracanthus_unipinna	Caracanthus	unipinna
	Dendrochirus_bellus	Dendrochirus	bellus
	Dendrochirus_biocellatus	Dendrochirus	biocellatus
	Dendrochirus_brachypterus	Dendrochirus	brachypterus
	Dendrochirus_zebra	Dendrochirus	zebra
	Iracundus_signifer	Iracundus	signifer
	Neomerinthe_megalepis	Neomerinthe	megalepis
	Neomerinthe_rotunda	Neomerinthe	rotunda
	Parascorpaena_mcadamsi	Parascorpaena	mcadamsi
	Parascorpaena_mossambica	Parascorpaena	mossambica
Scorpaenidae	Parascorpaena_moultoni	Parascorpaena	moultoni
	Phenacoscorpius_megalops	Phenacoscorpius	megalops
	Pontinus_rhodochrous	Pontinus	rhodochrous
	Pteroidichthysamboinensis	Pteroidichthys	amboinensis
	Pterois_antennata	Pterois	antennata
	Pterois_lunulata	Pterois	lunulata
	Pterois_monbasae	Pterois	monbasae
	Pterois_radiata	Pterois	radiata
	Pterois_volitans	Pterois	volitans
	Rhinopias_aphanes	Rhinopias	aphanes
	Rhinopias_eschmeyeri	Rhinopias	eschmeyeri
	Scorpaena_bulacephala	Scorpaena	bulacephala
	Scorpaena_onaria	Scorpaena	onaria

	Scorpaenodes_albaiensis	Scorpaenodes	albaiensis
	Scorpaenodes_corallinus	Scorpaenodes	corallinus
	Scorpaenodes_guamensis	Scorpaenodes	guamensis
	Scorpaenodes_hirsutus	Scorpaenodes	hirsutus
	Scorpaenodes_minor	Scorpaenodes	minor
	Scorpaenodes_parvipinnis	Scorpaenodes	parvipinnis
	Scorpaenodes_scaber	Scorpaenodes	scaber
	Scorpaenodes_varipinnis	Scorpaenodes	varipinnis
	Scorpaenopsis_diabolus	Scorpaenopsis	diabolus
	Scorpaenopsis_eschmeyeri	Scorpaenopsis	eschmeyeri
	Scorpaenopsis_gilchristi	Scorpaenopsis	gilchristi
	Scorpaenopsis_macrochir	Scorpaenopsis	macrochir
	Scorpaenopsis_neglecta	Scorpaenopsis	neglecta
	Scorpaenopsis_papuensis	Scorpaenopsis	papuensis
	Scorpaenopsis_possii	Scorpaenopsis	possii
	Scorpaenopsis_ramaraoi	Scorpaenopsis	ramaraoi
	Scorpaenopsis_venosa	Scorpaenopsis	venosa
	Scorpaenopsis_vittapinna	Scorpaenopsis	vittapinna
	Sebastapistes_coniorta	Sebastapistes	coniorta
	Sebastapistes_cyanostigma	Sebastapistes	cyanostigma
	Sebastapistes_fowleri	Sebastapistes	fowleri
	Sebastapistes_galactacma	Sebastapistes	galactacma
	Sebastapistes_mauritiana	Sebastapistes	mauritiana
	Sebastapistes_strongia	Sebastapistes	strongia
	Sebastapistes_tinkhami	Sebastapistes	tinkhami
	Taenianotus_triacanthus	Taenianotus	triacanthus
	Aethaloperca_rogae	Aethaloperca	rogae
	Anyperodon_leucogrammicus	Anyperodon	leucogrammicus
	Aporops_bilinearis	Aporops	bilinearis
	Belonoperca_chabanaudi	Belonoperca	chabanaudi
	Caprodon_schlegelii	Caprodon	schlegelii
	Cephalopholis_argus	Cephalopholis	argus
	Cephalopholis_aurantia	Cephalopholis	aurantia
	Cephalopholis_boenak	Cephalopholis	boenak
	Cephalopholis_igarashiensis	Cephalopholis	igarashiensis
	Cephalopholis_leopardus	Cephalopholis	leopardus
Serranidae	Cephalopholis_microprion	Cephalopholis	microprion
	Cephalopholis_miniata	Cephalopholis	miniata
	Cephalopholis_sexmaculata	Cephalopholis	sexmaculata
	Cephalopholis_sonnerati	Cephalopholis	sonnerati
	Cephalopholis_spiloparaea	Cephalopholis	spiloparaea
	Cephalopholis_urodeta	Cephalopholis	urodeta
	Chelidoperca_margaritifera	Chelidoperca	margaritifera
	Cromileptes_altivelis	Cromileptes	altivelis
	Diploprion_bifasciatum	Diploprion	bifasciatum
	Epinephelus_areolatus	Epinephelus	areolatus
	Epinephelus_chlorostigma	Epinephelus	chlorostigma
	Epinephelus_coeruleopunctatus	Epinephelus	coeruleopunctatus

Epinephelus_coioides	Epinephelus	coioides
Epinephelus_corallicola	Epinephelus	corallicola
Epinephelus_cyanopodus	Epinephelus	cyanopodus
Epinephelus_fasciatus	Epinephelus	fasciatus
Epinephelus_fuscoguttatus	Epinephelus	fuscoguttatus
Epinephelus_hexagonatus	Epinephelus	hexagonatus
Epinephelus_howlandi	Epinephelus	howlandi
Epinephelus_lanceolatus	Epinephelus	lanceolatus
Epinephelus_macrospilos	Epinephelus	macrospilos
Epinephelus_maculatus	Epinephelus	maculatus
Epinephelus_magniscuttis	Epinephelus	magniscuttis
Epinephelus_malabaricus	Epinephelus	malabaricus
Epinephelus_merra	Epinephelus	merra
Epinephelus_morrhua	Epinephelus	morrhua
Epinephelus_octofasciatus	Epinephelus	octofasciatus
Epinephelus_ongus	Epinephelus	ongus
Epinephelus_polyphkadion	Epinephelus	polyphkadion
Epinephelus_retouti	Epinephelus	retouti
Epinephelus_rivulatus	Epinephelus	rivulatus
Epinephelus_spilotoceps	Epinephelus	spilotoceps
Epinephelus_tauvina	Epinephelus	tauvina
Gracila_albomarginata	Gracila	albomarginata
Grammistes_sexlineatus	Grammistes	sexlineatus
Grammistops_ocellatus	Grammistops	ocellatus
Liopropoma_susumi	Liopropoma	susumi
Liopropoma_tonstrinum	Liopropoma	tonstrinum
Luzonichthys_sp.	Luzonichthys	sp.
Luzonichthys_whitleyi	Luzonichthys	whitleyi
Luzonichthys_williamsi	Luzonichthys	williamsi
Plectranthias_foresti	Plectranthias	foresti
Plectranthias_fourmanoiri	Plectranthias	fourmanoiri
Plectranthias_kamii	Plectranthias	kamii
Plectranthias_kelloggi	Plectranthias	kelloggi
Plectranthias_longimanus	Plectranthias	longimanus
Plectranthias_megalophthalmus	Plectranthias	megalophthalmus
Plectranthias_nanus	Plectranthias	nanus
Plectranthias_randalli	Plectranthias	randalli
Plectranthias_retrofasciatus	Plectranthias	retrofasciatus
Plectranthias_rubrifasciatus	Plectranthias	rubrifasciatus
Plectranthias_wheeleri	Plectranthias	wheeleri
Plectranthias_winniensis	Plectranthias	winniensis
Plectropomus_areolatus	Plectropomus	areolatus
Plectropomus_laevis	Plectropomus	laevis
Plectropomus_leopardus	Plectropomus	leopardus
Pogonoperca_punctatus	Pogonoperca	punctatus
Pseudanthias_bicolor	Pseudanthias	bicolor
Pseudanthias_cooperi	Pseudanthias	cooperi
Pseudanthias_elongatus	Pseudanthias	elongatus

	Pseudanthias_engelhardi	Pseudanthias	engelhardi
	Pseudanthias_flavicauda	Pseudanthias	flavicauda
	Pseudanthias_hypselosoma	Pseudanthias	hypselosoma
	Pseudanthias_lori	Pseudanthias	lori
	Pseudanthias_pascalus	Pseudanthias	pascalus
	Pseudanthias_pictilis	Pseudanthias	pictilis
	Pseudanthias_pleurotaenia	Pseudanthias	pleurotaenia
	Pseudanthias_randalli	Pseudanthias	randalli
	Pseudanthias_rubrizonatus	Pseudanthias	rubrizonatus
	Pseudanthias_rubrolineatus	Pseudanthias	rubrolineatus
	Pseudanthias_squamipinnis	Pseudanthias	squamipinnis
	Pseudanthias_ventralis_ventralis	Pseudanthias	ventralis ventralis
	Pseudanthias_xanthomaculatus	Pseudanthias	xanthomaculatus
	Pseudogramma_astigma	Pseudogramma	astigma
	Pseudogramma_polyacantha	Pseudogramma	polyacantha
	Sacura_margaritacea	Sacura	margaritacea
	Saloptia_powelli	Saloptia	powelli
	Selenanthias_analis	Selenanthias	analis
	Selenanthias_barroi	Selenanthias	barroi
	Serranocirrhitus_latus	Serranocirrhitus	latus
	Suttonia_lineata	Suttonia	lineata
	Variola_albimarginata	Variola	albimarginata
	Variola_louti	Variola	louti
	Siganus_argenteus	Siganus	argenteus
	Siganus_corallinus	Siganus	corallinus
	Siganus_doliatus	Siganus	doliatus
	Siganus_fuscescens	Siganus	fuscescens
	Siganus_lineatus	Siganus	lineatus
Siganidae	Siganus_puellus	Siganus	puellus
	Siganus_punctatus	Siganus	punctatus
	Siganus_spinus	Siganus	spinus
	Siganus_uspi	Siganus	uspi
	Siganus_vermiculatus	Siganus	vermiculatus
	Siganus_vulpinus	Siganus	vulpinus
	Siganus_woodlandi	Siganus	woodlandi
	Sphyraena_barracuda	Sphyraena	barracuda
	Sphyraena_forsteri	Sphyraena	forsteri
	Sphyraena_helleri	Sphyraena	helleri
Sphyraenidae	Sphyraena_jello	Sphyraena	jello
	Sphyraena_obtusata	Sphyraena	obtusata
	Sphyraena_putnamae	Sphyraena	putnamae
	Sphyraena_qenie	Sphyraena	qenie
	Sphyraena_waitii	Sphyraena	waitii
	Arothron_caeruleopunctatus	Arothron	caeruleopunctatus
	Arothron_firmamentum	Arothron	firmamentum
Tetraodontidae	Arothron_hispidus	Arothron	hispidus
	Arothron_immaculatus	Arothron	immaculatus
	Arothron_manilensis	Arothron	manilensis

Zanclidae

Arothron_mappa	Arothron	mappa
Arothron_meleagris	Arothron	meleagris
Arothron_nigropunctatus	Arothron	nigropunctatus
Arothron_reticularis	Arothron	reticularis
Arothron_stellatus	Arothron	stellatus
Canthigasteramboinensis	Canthigaster	amboinensis
Canthigaster_axiologus	Canthigaster	axiologus
Canthigaster_bennetti	Canthigaster	bennetti
Canthigaster_callisterna	Canthigaster	callisterna
Canthigaster_compressa	Canthigaster	compressa
Canthigaster_epilampra	Canthigaster	epilampra
Canthigaster_janthinoptera	Canthigaster	janthinoptera
Canthigaster_ocellicincta	Canthigaster	ocellicincta
Canthigaster_papua	Canthigaster	papua
Canthigaster_rivulata	Canthigaster	rivulata
Canthigaster_solandri	Canthigaster	solandri
Canthigaster_valentini	Canthigaster	valentini
Chelonodon_patoca	Chelonodon	patoca
Lagocephalus_scleratus	Lagocephalus	scleratus
Sphoeroides_pachygaster	Sphoeroides	pachygaster
Torquigener_brevipinnis	Torquigener	brevipinnis
Torquigener_hypselogeneion	Torquigener	hypselogeneion
Torquigener_pallimaculatus	Torquigener	pallimaculatus
Torquigener_tuberculiferus	Torquigener	tuberculiferus
Tylerius_spinosissimus	Tylerius	spinosissimus
Zanclus_cornutus	Zanclus	cornutus

Annexe 3 : Feuille de saisie de l'échantillonnage de la macrofaune

codestation	Srotati	Sanalyse	Sciell	Ssol	obstru	famille	genre	espece	° rotation	temps rotation (min)	Moyenn rotation	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	Pinf5	Minf5	Ginf5	Psup5	Msup5	Gsup5	distance estimée	commentaires	
PO120213	6	6	0	0	0	Haemulidae	Plectorhinchus	albovittatus	1	3:21	3:42	X										1					
PO120213	6	6	0	0	0	Chaetodontidae	Chaetodon	lunulatus	1	3:21	3:42	X									1						
PO120213	6	6	0	0	0	Chaetodontidae	Heniochus	monoceros	1	3:21	3:42		X	X							1						
PO120213	6	6	0	0	0	Chaetodontidae	Heniochus	sp	1	3:21	3:42		X										4			7	
PO120213	6	6	0	0	0	Scaridae	NA	sp	1	3:21	3:42		X		X		X				5						
PO120213	6	6	0	0	0	Acanthuridae	Acanthurus	sp	1	3:21	3:42			X	X		X				3						
PO120213	6	6	0	0	0	Scaridae	Chlorurus	microrrhinos	1	3:21	3:42			X							2						
PO120213	6	6	0	0	0	Scaridae	Scarus	ghobban	1	3:21	3:42			X							1						
PO120213	6	6	0	0	0	Labridae	Coris	batuensis	1	3:21	3:42					X					1						
PO120213	6	6	0	0	0	Pomacanthidae	Centropyge	bicolor	1	3:21	3:42						X				1						
PO120213	6	6	0	0	0	Acanthuridae	Naso	unicornis	1	3:21	3:42						X						1			6	
PO120213	6	6	0	0	0	Acanthuridae	Ctenochaetus	sp3	1	3:21	3:42						X				1						
PO120213	6	6	0	0	0	Scaridae	Scarus	schlegeli	1	3:21	3:42						X				1						
PO120213	6	6	0	0	0	Cheloniidae	Chelonia	mydas	1	3:21	3:42						X				1						
PO120213	7	7	0	0	0	Cheloniidae	Chelonia	mydas	2	3:54	3:42	X	X								1						
PO120213	7	7	0	0	0	Labridae	NA	sp	2	3:54	3:42	X		X			X			5							
PO120213	7	7	0	0	0	Acanthuridae	Acanthurus	sp	2	3:54	3:42		X	X			X	X			4						
PO120213	7	7	0	0	0	Chaetodontidae	Heniochus	sp	2	3:54	3:42		X										4			7	
PO120213	7	7	0	0	0	Mullidae	Parupeneus	barberinus	2	3:54	3:42				X						1						
PO120213	7	7	0	0	0	Scaridae	NA	sp	2	3:54	3:42			X			X			2							
PO120213	7	7	0	0	0	Lethrinidae	Monotaxis	grandoculis	2	3:54	3:42						X				1						
PO120213	7	7	0	0	0	Acanthuridae	Naso	brevirostris	2	3:54	3:42							X			1						
PO120213	7	7	0	0	0	Scaridae	Scarus	schlegeli	2	3:54	3:42							X			1						
PO120213	7	7	0	0	0	Scaridae	Chlorurus	sordidus	2	3:54	3:42							X			1						
PO120213	7	7	0	0	0	Scaridae	NA	sp	3	3:49	3:42	X			X	X		X		1	5			8		7	
PO120213	7	7	0	0	0	Siganidae	Siganus	puellus	3	3:49	3:42		X								2						
PO120213	7	7	0	0	0	Chaetodontidae	Heniochus	sp	3	3:49	3:42		X										4			7	
PO120213	7	7	0	0	0	Chaetodontidae	Heniochus	acuminatus	3	3:49	3:42		X								1						
PO120213	7	7	0	0	0	Chaetodontidae	Chaetodon	lunulatus	3	3:49	3:42			X							1						
PO120213	7	7	0	0	0	Scaridae	Chlorurus	microrrhinos	3	3:49	3:42			X		X					1						
PO120213	7	7	0	0	0	Acanthuridae	Acanthurus	sp	3	3:49	3:42			X		X	X	X			5						
PO120212	7	7	0	0	0	Labridae	Coris	batuensis	3	3:49	3:42				X						1						
PO120213	7	7	0	0	0	Mullidae	Parupeneus	barberinus	3	3:49	3:42				X						1						
PO120213	7	7	0	0	0	Scaridae	Chlorurus	sordidus	3	3:49	3:42					X	X	X			4						
PO120213	7	7	0	0	0	Pomacanthidae	Centropyge	bicolor	3	3:49	3:42						X	X			1						
PO120213	7	7	0	0	0	Chaetodontidae	Chaetodon	ephippium	3	3:49	3:42					X					1						
PO120213	7	7	0	0	0	Lethrinidae	Lethrinus	atkinsoni	3	3:49	3:42					X					1						
PO120213	7	7	0	0	0	Serranidae	Epinephelus	merra	3	3:49	3:42							X			1						
PO120213	7	7	0	0	0	Siganidae	Siganus	doliatus	3	3:49	3:42						X				1						
PO120213	7	7	0	0	0	Scaridae	Scarus	schlegeli	3	3:49	3:42						X				3						
PO120213	7	7	0	0	0	Labridae	Hemigymnus	melapterus	3	3:49	3:42						X	X			1						
PO120213	7	7	0	0	0	Chaetodontidae	Chaetodon	lunulatus	3	3:49	3:42						X				1						
PO120212	5	5	0	0	0	Chaetodontidae	Chaetodon	auriga	1	2:44	2:21	X									3						
PO120212	5	5	0	0	0	Chaetodontidae	Chaetodon	ephippium	1	2:44	2:21	X										1					
PO120212	5	5	0	0	0	Chaetodontidae	Chaetodon	ulietensis	1	2:44	2:21	X			X						2						

Annexe 5: Liste des espèces observées à Pouebo 2012

Carcharhinidae (2)

Carcharhinus amblyrhynchos
Triaenodon obesus

Cheloniidae (1)

Chelonia mydas

Elapidae (1)

Hydrophiinae sp.

Dasyatidae (1)

Dasyatis kuhlii

Acanthuridae (21)

Acanthurus blochii
Acanthurus dussumieri
Acanthurus lineatus
Acanthurus mata
Acanthurus nigricans
Acanthurus nigricauda
Acanthurus nigrofuscus
Acanthurus nigroris
Acanthurus olivaceus
Acanthurus thompsoni
Acanthurus xanthopterus
Ctenochaetus binotatus
Ctenochaetus striatus
Naso brachycentron
Naso brevirostris
Naso caesius
Naso lituratus
Naso tonganus
Naso unicornis
Zebrasoma scopas
Zebrasoma velifer

Balistidae (7)

Balistoides viridescens
Melichthys vidua
Pseudobalistes flavimarginatus
Pseudobalistes fuscus
Rhinecanthus aculeatus
Sufflamen bursa
Sufflamen chrysopteron

Caesionidae (6)

Caesio caeruleaurea

Caesio lunaris

Caesio teres

Pterocaesio marri

Pterocaesio tessellata

Pterocaesio tile

Carangidae (6)

Carangoides ferdau

Carangoides fulvoguttatus

Caranx ignobilis

Caranx melampyngus

Gnathodon speciosus

Scomberoides lysan

Chaetodontidae (21)

Chaetodon auriga

Chaetodon baronessa

Chaetodon citrinellus

Chaetodon ephippium

Chaetodon kleinii

Chaetodon lineolatus

Chaetodon lunulatus

Chaetodon mertensii

Chaetodon pelewensis

Chaetodon plebeius

Chaetodon rafflesi

Chaetodon trifascialis

Chaetodon ulietensis

Chaetodon unimaculatus

Chaetodon vagabundus

Forcipiger sp.

Heniochus acuminatus

Heniochus chrysostomus

Heniochus monoceros

Heniochus singularis

Heniochus varius

Ephippidae (1)

Platax teira

Haemulidae (3)

Plectorhinchus albobittatus

Plectorhinchus flavomaculatus

Plectorhinchus lineatus

Holocentridae (1)

Neoniphon sammara

Labridae (13)

Bodianus loxozonus

Cheilinus chlorourous

Cheilinus fasciatus

Cheilinus undulatus

Coris aygula

Coris batuensis

Coris dorsomacula

Coris gaimard

Epibulus insidiator

Hemigymnus fasciatus

Hemigymnus melapterus

Novaculichthys taeniourus

Oxycheilinus unifasciatus

Lethrinidae (7)

Gymnocranius euanus

Lethrinus atkinsoni

Lethrinus harak

Lethrinus nebulosus

Lethrinus obsoletus

Lethrinus olivaceus

Monotaxis grandoculis

Lutjanidae (5)

Lutjanus bohar

Lutjanus gibbus

Lutjanus kasmira

Lutjanus monostigma

Macolor niger

Mullidae (11)

Mulloidichthys flavolineatus

Mulloidichthys vaniocolensis

Parupeneus barberinoides

Parupeneus barberinus

Parupeneus bifasciatus

Parupeneus ciliatus

Parupeneus cyclostomus

Parupeneus indicus

Parupeneus multifasciatus

Parupeneus pleurostigma

Parupeneys spilurus

Scaridae (13)

Cetoscarus ocellatus

Chlorurus microrhinos

Chlorurus sordidus

Hipposcarus harid

Hipposcarus longiceps

Scarus altipinnis

Scarus chameleon

Scarus flavipectoralis

Scarus frenatus

Scarus ghobban

Scarus oviceps

Scarus psittacus

Scarus schlegeli

Serranidae (8)

Cephalopholis urodeta

Epinephelus cyanopodus

Epinephelus howlandi

Epinephelus malabaricus

Epinephelus merra

Plectropomus laevis

Plectropomus leopardus

Variola sp

Siganidae (6)

Siganus argenteus

Siganus corallinus

Siganus doliatus

Siganus puellus

Siganus punctatus

Siganus spinus

Tetraodontidae (1)

Arothron hispidus

Sphyraenidae (1)

Sphyraena barracuda

Zanclidae (1)

Zanclus cornutus

Espèce	Pêchées par Filet
Aphareus_furca	AR
Lutjanus_argentimaculatus	AR
Lutjanus_sebae	AR
Lutjanus_vitta	AR
Monotaxis_grandoculis	AR
Lethrinus_erythracanthus	AR
Lethrinus_harak	AR
Lethrinus_lentjan	AR
Lethrinus_miniatus	AR
Lethrinus_obsoletus	AR
Lethrinus_olivaceus	AR
Lethrinus_rubrioperculatus	AR
Lethrinus_variegatus	AR
Lethrinus_xanthochilus	AR
Gymnocranius_sp.	AR
Gnathodentex_aureolineatus	AR
Lethrinus_sp.	AR
Gymnocranius_euanus	AR
Gymnocranius_grandoculis	AR
Lethrinus_atkinsoni	AR
Aprion_virescens	AR
Lutjanus_adetii	AR
Lethrinus_nebulosus	TR

Annexe 6 : Liste des espèces à intérêt commercial en Nouvelle-Calédonie.

AR = Assez Recherché ; TR = Très Recherché

Espèce	Intérêt de chasse
Acanthurus_albipectoralis	AR
Acanthurus_lineatus	AR
Acanthurus_nigricauda	AR
Acanthurus_olivaceus	AR
Acanthurus_pyroferus	AR
Anyperodon_leucogrammicus	AR
Aphareus_furca	AR
Bodianus_perditio	AR
Calotomus_carolinus	AR
Cephalopholis_boenak	AR
Cephalopholis_sonnerati	AR
Cephalopholis_urodeta	AR
Chlorurus_bleekeri	AR
Chlorurus_sordidus	AR
Diagramma_pictum	AR
Epinephelus_coeruleopunctatus	AR
Epinephelus_coioides	AR
Epinephelus_maculatus	AR
Epinephelus_polyphemus	AR
Kyphosus_vaigiensis	AR
Naso_annulatus	AR
Naso_brachycentron	AR
Naso_brevirostris	AR
Naso_lituratus	AR
Naso_vlamingii	AR
Parupeneus_barberinus	AR
Parupeneus_indicus	AR
Plectropomus_laevis	AR
Scarus_altipinnis	AR
Scarus_chameleon	AR
Scarus_flavipectoralis	AR
Scarus_forsteni	AR
Scarus_frenatus	AR
Scarus_globiceps	AR
Scarus_longipinnis	AR
Scarus_niger	AR
Scarus_oviceps	AR
Scarus_psittacus	AR
Scarus_rivulatus	AR
Scarus_rubroviolaceus	AR
Scarus_schlegeli	AR
Scarus_spinus	AR
Siganus_corallinus	AR
Acanthurus_blochii	TR

Acanthurus_dussumieri	TR
Aprion_virescens	TR
Acanthurus_xanthopterus	TR
Bolbometopon_muricatum	TR
Cephalopholis_argus	TR
Cetoscarus_bicolor	TR
Cheilinus_undulatus	TR
Chlorurus_microrhinos	TR
Elagatis_bipinnulata	TR
Epinephelus_cyanopodus	TR
Hipposcarus_longiceps	TR
Naso_hexacanthus	TR
Naso_tuberosus	TR
Naso_unicornis	TR
Plectropomus_leopardus	TR
Scarus_ghobban	TR
Scomberoides_commersonianus	TR
Siganus_argenteus	TR
Siganus_fuscescens	TR
Siganus_punctatus	TR
Variola_louti	TR
Lutjanus_adetii	TR

Espèce	Pêchées par ligne
Carangoides_ferdau	AR
Carangoides_fulvoguttatus	AR
Caranx_ignobilis	AR
Caranx_papuensis	AR
Caranx_sexfasciatus	AR
Epinephelus_fasciatus	AR
Epinephelus_hexagonatus	AR
Epinephelus_howlandi	AR
Epinephelus_macrospilos	AR
Epinephelus_merra	AR
Epinephelus_rivulatus	AR
Epinephelus_tauvina	AR
Monotaxis_grandoculis	AR
Lethrinus_erythracanthus	AR
Lethrinus_harak	AR
Lethrinus_lentjan	AR
Lethrinus_miniatus	AR
Lethrinus_obsoletus	AR
Lethrinus_olivaceus	AR
Lethrinus_rubrioperculatus	AR
Lethrinus_variegatus	AR
Lethrinus_xanthochilus	AR
Lutjanus_bohar	AR
Lutjanus_fulviflamma	AR
Lutjanus_fulvus	AR
Lutjanus_gibbus	AR
Lutjanus_kasmira	AR
Lutjanus_monostigma	AR
Lutjanus_quinquelineatus	AR
Lutjanus_russellii	AR
Macolor_niger	AR
Scolopsis_bilineata	AR
Scolopsis_trilineata	AR
Symphorus_nematophorus	AR
Caranx_melampygus	TR
Epinephelus_areolatus	TR
Gymnocranius_euanus	TR
Gymnocranius_grandoculis	TR
Lethrinus_atkinsoni	TR
Lethrinus_nebulosus	TR
Lutjanus_adetii	TR