



Rapport final

Etat initial des paysages benthiques et des peuplements de poissons de récifs dans le périmètre d'influence du complexe industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie - Partie 1

Auteurs : S.Elise, M.Kulbicki
Editeur : OEIL.

Février 2015

Remerciements

Nous tenons à remercier les très nombreuses personnes qui ont aidé dans toutes les phases de ce travail. Notre attention va plus particulièrement à Gérard Mou Tham qui a participé à la plupart des plongées à l'origine de ce rapport, aux plongeurs de l'IRD, Georges Bargibant, Jean-Louis Menou, Philippe Tirard et Pascal Hamel, aux équipages du Dawa, du N.O. Vauban puis de l'Alis. Merci également à Laurent Wantiez pour la permission d'utiliser ses données de 1994 et 1996. Nous tenons aussi à remercier les services informatiques et de documentation de l'IRD Nouméa qui ont permis d'organiser et de conserver ces données et d'y associer des informations de multiples origines. Enfin un mot d'amitié à notre ami et collègue Pierre Thollot.

Ce rapport doit être cité comme suit :

Elise S, Kulbicki M (2015) Etat initial des paysages benthiques et des peuplements de poissons de récifs dans le périmètre d'influence du complexe industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie. OEIL, Nouméa (Nouvelle-Calédonie) : 72 p de textes et 52 p d'annexes

Titre de l'étude	Etat initial des paysages benthiques et des peuplements de poissons de récifs dans le périmètre d'influence du complexe industriel et minier de Vale NC
Auteurs	S.Elise (consultant), M.Kulbicki (IRD)
Editeur	OEIL
Année	Année d'édition du rapport : 2015 Année des données : 1986 - 1997

Objectif	Décrire précisément les récifs et les peuplements de poissons de la zone avant le démarrage de l'activité industrielle et minière de Vale NC et comparer les résultats avec d'autres sites en Nouvelle-Calédonie et dans la zone Pacifique. Objectif principal : établir <i>a posteriori</i> un état initial des paysages benthiques et des peuplements de poissons de récifs dans le périmètre d'influence de Vale NC grâce à l'exploitation de données historiques collectées par l'IRD entre 1986 et 1997 dans la région de la baie de Prony. Objectifs secondaires : • analyser et caractériser la structure spatiale du substrat et des peuplements de poissons de récifs dans la région de la baie de Prony avant 1998 • analyser la relation entre ces structures spatiales • comparer les résultats avec d'autres sites de Nouvelle-Calédonie et du Pacifique Sud afin de mettre en évidence la singularité des communautés récifales de la région de la baie de Prony
Contexte	La construction, à partir de 1998, de l'usine pilote puis du complexe industriel et minier de Vale NC a donné lieu à de profonds changements dans les paysages aux abords de la baie du Prony. Ces changements pouvant être vecteurs de perturbations pour les écosystèmes, un suivi des communautés de la zone (et notamment des communautés biologiques récifales) a été mis en place. Près de 20 études ont été réalisées depuis les premiers travaux liés à l'installation du complexe et un état de référence a même été établi en 2011. Il manquait jusqu'à présent l'établissement d'un état initial précis avec lequel comparer les résultats de ces études successives. La disponibilité de données de l'IRD (anciennement ORSTOM) recueillies avant 1998 a permis de combler ce manque.
Méthodologie	Nous avons travaillé sur des données recueillies entre 1986 et 1997 par l'ORSTOM, auxquelles nous avons ajouté des données recueillies en 1994 et 1996 par P. Thollot et L.Wantiez suivant des méthodes similaires. Nous avons ainsi compilé les données de 88 stations réparties dans la zone d'influence actuelle du complexe industriel et minier. L'ensemble de ces données provient de l'évaluation visuelle des paysages benthiques et des peuplements de poissons le long de transects déployés en plongée sous-marine.

Résultats et conclusions	Les grandes zones de peuplement : Les composants du substrat et les assemblages de poissons de récifs de la région de la baie de Prony sont principalement structurés selon un gradient côte-large correspondant à des variations d'hydrodynamisme et d'influence terrigène. Trois zones distinctes ont été caractérisées : la grande baie de Prony, la zone de l'île Ouen et la grande zone du canal de la Havannah. Comparaison de la structure des peuplements de poissons de récifs de la baie de Prony avec d'autres zones du Pacifique : De part sa composition relative en richesse, densité et biomasse des groupes trophiques, la zone étudiée présente une signature assez typique des récifs frangeants du Pacifique sud, et plus particulièrement des récifs frangeants du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Elle s'en distingue néanmoins par : • une richesse et une biomasse de piscivores (mérus, vivaneaux, carangues...) plus importantes • ses densités de planctonophages (et notamment de certaines espèces de demoiselles) exceptionnelles La structure relative par classe de taille de cet ensemble est en revanche tout-à-fait atypique, et en particulier celle de la grande baie de Prony et de la zone autour de l'île Ouen, avec un déficit important en espèces de taille moyenne au profit des petites et grandes espèces. Indicateurs de la santé des écosystèmes coralliens : Les richesses spécifiques, densités moyennes et biomasses moyennes élevées des espèces de poissons de grande taille et des consommateurs d'invertébrés sessiles par rapport aux autres localités du Pacifique sud pourraient être des indicateurs de la bonne santé des écosystèmes de la zone à l'époque où les données ont été prises. Les valeurs élevées de ces indicateurs pour les piscivores en comparaison à celles généralement observées sur les récifs frangeants du lagon sud-ouest appuient cette hypothèse. Vulnérabilité des peuplements de poissons de la zone : La recherche de vulnérabilité dans les assemblages de la zone nous a permis de détecter une vulnérabilité plus importante de stations situées dans les zones d'influence directe du complexe, offrant des perspectives de suivi intéressantes mais constituant également des enjeux de protection importants.			
Limites de l'étude	L'état initial que nous avons établi aurait pu être amélioré par un plan d'échantillonnage conçu dans cette optique, notamment en réalisant les échantillonnages à des profondeurs différentes, en y incluant une évaluation du macrobenthos et en utilisant une méthodologie plus précise pour l'évaluation du benthos, permettant par exemple de travailler sur la diversité taxonomique des assemblages de coraux ou encore sur les reliefs et la disponibilité en refuges pour les poissons.			
Evolutions	Version	2.0	Date de la version	19/03/2015

Sommaire

Chapitre I - Introduction.....	7
Chapitre II - Matériels et méthodes	8
II.1. Localisation de la zone d'étude.....	8
II.2. Les campagnes de terrain réalisées avant 1998	8
II.3. Méthodes d'échantillonnage	9
II.3.1. Evaluation du substrat.....	9
II.3.1.a. Le Line Intercept Transect (LIT)	9
II.3.1.b. La Medium Scale Approach (MSA)	9
II.3.2. Evaluation des peuplements de poissons.....	10
II.4. Traitement des données	11
II.4.1. Pourcentages de recouvrement des catégories de substrat	11
II.4.2. Degré de confinement et distance à la côte	11
II.4.3. Richesse spécifique des peuplements de poissons	12
II.4.4. Densités et biomasses des peuplements de poissons.....	12
II.4.5. Groupes fonctionnels et entités fonctionnelles.....	12
II.4.6. Indicateurs et indices de vulnérabilité	13
II.5. Analyses statistiques des données.....	14
II.5.1. Analyses hiérarchiques de clusters	14
II.5.2. Arbres de régressions renforcés (Boosted Regression Trees).....	14
II.5.3. Modèles de régressions linéaires et Anovas.....	15
II.6. Comparaison des résultats.....	15
II.7. Cartographie.....	16
Chapitre III - Résultats	16
III.1. Regroupement des stations	16
III.1.1. Regroupement selon la distribution spatiale des espèces d'intérêt commercial et indicatrices.....	16
III.1.2. Regroupement selon la distribution spatiale des entités fonctionnelles	17
III.1.3. Relations richesse-densité et richesse-biomasse dans les zones définies	18
III.2. Etude des paysages benthiques	20
III.2.1. Cartographie des pourcentages de recouvrement des différentes catégories de substrats par station	20
III.2.2. Recherche de corrélations entre les variables du substrat : caractéristiques principales des paysages benthiques	20
III.2.3. Principales caractéristiques des paysages benthiques dans les 3 zones de peuplements de poissons identifiées	20
III.3. Etude des peuplements de poissons selon les indicateurs globaux	21
III.3.1. Caractéristiques générales.....	21
III.3.2. Richesses spécifiques	22
III.3.3. Densités moyennes.....	24
III.3.4. Biomasses moyennes.....	25

III.3.5. Distribution des fréquences de tailles des principales espèces d'intérêt commercial.....	26
III.4. Aspects fonctionnels des peuplements de poissons	27
III.4.1. Etude selon les groupes trophiques	27
III.4.1.a. Richesses spécifiques par groupe trophique et relations avec les caractéristiques du paysage benthique.....	27
III.4.1.b. Densités moyennes par groupe trophique et relations avec les caractéristiques du paysage benthique.....	29
III.4.1.c. Biomasses moyennes par groupe trophique et relations avec les caractéristiques du paysage benthique.....	32
III.4.2. Etude selon les classes de taille	34
III.4.2.a. Richesses spécifiques par classe de taille et relations avec les caractéristiques du paysage benthique.....	34
III.4.2.b. Densités moyennes par classe de taille et relations avec les caractéristiques du paysage benthique	36
III.4.2.c. Biomasses moyennes par classe de taille et relations avec les caractéristiques du paysage.....	37
III.5. Vulnérabilité des peuplements de poissons	39
III.5.1. Recherche de perturbations par la chasse sous-marine avant 1998	39
III.5.2. Indice de vulnérabilité par rang.....	39
III.5.3. Indice de vulnérabilité standardisé.....	40
III.5.4. Synthèse des indices de vulnérabilité par zone.....	41
III.6. Comparaison des résultats.....	41
III.6.1. Comparaison des richesses spécifiques moyennes par station	42
III.6.2. Comparaison des densités moyennes	46
III.6.3. Comparaison des biomasses moyennes	50
Chapitre IV - Synthèse des principaux résultats et discussions sur les spécificités de la zone d'étude.....	54
IV.1. Les 3 grandes zones de peuplement.....	54
IV.2. Composition des paysages benthiques selon le gradient côte – large.....	56
IV.3. Structuration des peuplements de poissons selon le gradient côte – large	57
IV.3.1. Composition spécifique des peuplements de poissons.....	57
IV.3.2. Densités des peuplements de poissons	58
IV.3.3. Biomasses des peuplements de poissons	59
IV.4. Localisation des stations les plus vulnérables dans la zone d'étude	60
IV.5. Ressemblances et spécificités de la zone étudiée dans le contexte biogéographique du Pacifique	61
Conclusion.....	65
Résumé et abstract	66
Bibliographie	69
Liste des illustrations.....	70
Annexes	73

Chapitre I - Introduction

Dans le cadre de sa mission de suivi de l'environnement et d'information aux populations, l'OEIL est chargé d'évaluer l'évolution des communautés récifales dans la zone d'influence du complexe industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie.

Entre 1998 (date des premiers travaux liés à l'installation de l'usine) et 2011, 18 études ont été réalisées sur les communautés biologiques récifales de la zone (substrat, poissons et macrobenthos principalement), avec pour objectif d'assurer un suivi de leur évolution. Néanmoins, un atelier organisé par l'OEIL en octobre 2010 a révélé des faiblesses dans ce suivi. Face à ses obligations réglementaires, Vale Nouvelle-Calédonie a chargé un comité restreint de pilotage d'expertiser notamment le plan de suivi du milieu marin. L'OEIL a porté assistance à la maîtrise d'ouvrage en proposant un état de référence des communautés récifales dans le périmètre d'influence du complexe industriel et minier.

Cet état de référence a été réalisé par la société EMR en octobre 2011. En plus de la description de l'état des communautés en 2011, il y est proposé une étude de leur évolution temporelle depuis 1994. Le peu de données disponibles à l'époque pour la période antérieure à 1998 n'a cependant pas permis à EMR de dresser un état initial précis des communautés récifales alors qu'il s'agit d'une étape cruciale pour la détection d'éventuels impacts liés à l'installation de ce complexe. Aujourd'hui, la disponibilité de données de l'ORSTOM (actuel IRD) recueillies avant 1998 apporte des éléments nouveaux pour dresser ce bilan initial.

L'objectif de la présente étude est de réaliser un état initial *a posteriori* des paysages benthiques (substrat) et des peuplements de poissons de récif qui leur sont associés dans la zone d'influence du complexe industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie. Il est important de noter que les données analysées ici n'ont pas été collectées dans le but d'un état zéro avant impact, et qu'en conséquence le plan d'échantillonnage n'est pas optimisé en ce sens. Cette étude inclue l'analyse des structures spatiales des peuplements de poissons et du substrat ainsi que des relations existant entre eux. Ces résultats sont mis en perspective dans le contexte local et régional afin de souligner la singularité des communautés récifales de la région de la baie de Prony avant 1998.

Le rapport est constitué de deux documents :

- les pièces écrites, objet du présent document (Partie 1) ;
- les pièces cartographiques (Partie 2).

Chapitre II - Matériels et méthodes

II.1. Localisation de la zone d'étude

Le complexe industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie a été installé dans la Province sud, au sud-est de Nouméa (Figure 1). Ses activités principales sont l'extraction de minerai (latérites et saprolites) et la production de nickel et de cobalt. La mine à ciel ouvert, dont l'exploitation a débuté en 2003, couvre 1900 hectares sur le Plateau de Goro. L'usine hydrométallurgique, construite à partir de 2005, se situe sur le littoral de la Baie de Prony. Un port de 14 hectares a également été aménagé dans la baie afin d'assurer la réception des matières premières en vrac (2 millions de tonnes - plus de 9000 conteneurs annuels), l'export des 4500 conteneurs de nickel et cobalt prévus annuellement, et le transport par ferry des employés depuis Nouméa. Les installations du complexe intègrent en outre une centrale électrique, une pépinière produisant 500 000 plants par an et une base de vie. Les premiers travaux liés à l'installation de ce complexe ont eu lieu en 1998. Avant cette date, cette zone est restée relativement isolée et dépourvue d'infrastructures majeures.

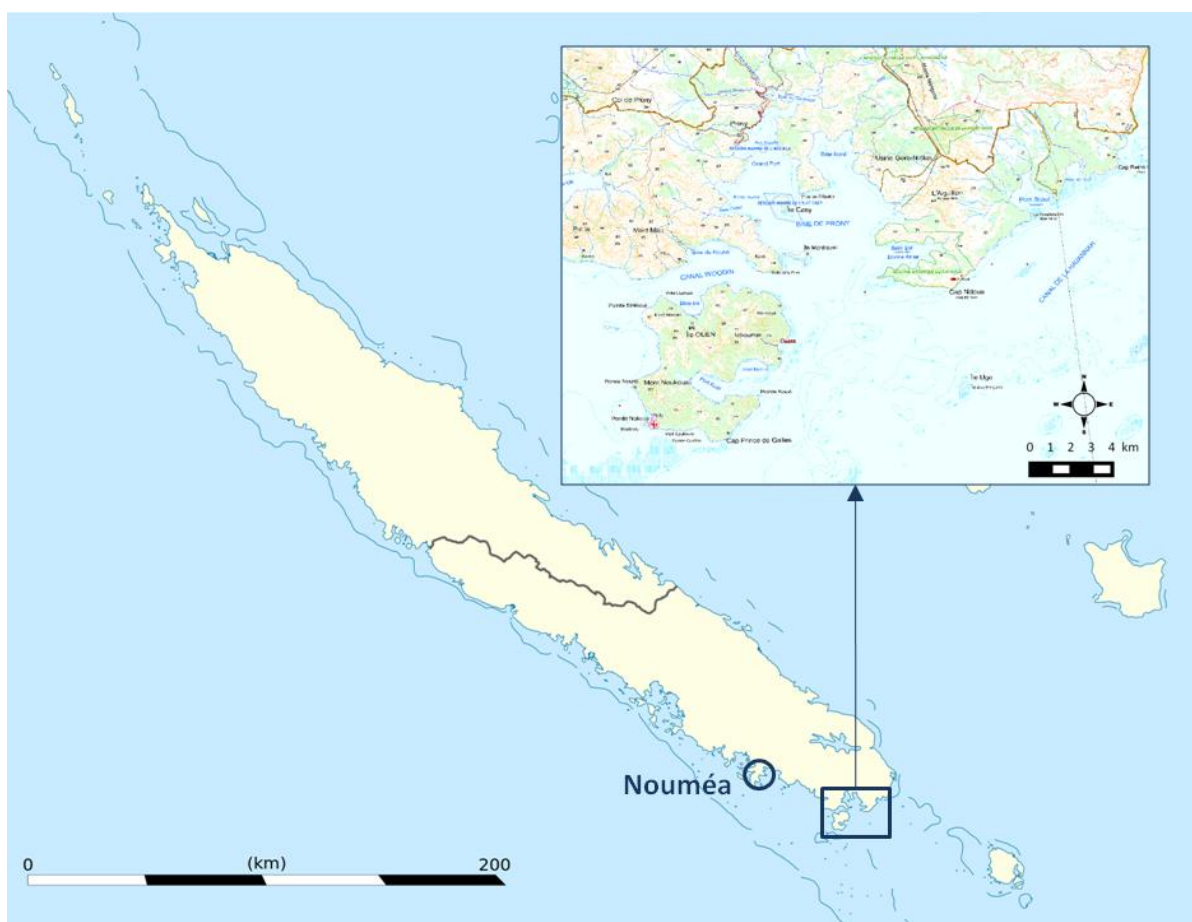


Figure 1. Localisation de la zone d'étude (source carte : Eric Gaba)

II.2. Les campagnes de terrain réalisées avant 1998

La zone maritime d'influence du site de Vale Nouvelle-Calédonie s'étend depuis la Baie de Prony jusqu'aux récifs de l'Île Ouen à l'ouest, aux récifs de Toémo et des Îlots Merlet à l'est et à l'île Ugo au sud (Sarramegna & Guillaume 2012). Elle englobe le canal Woodin, le canal de la Havannah, la Baie de Port Boisé et la Baie de Kué (Figure 1). Les données issues de 6 campagnes de terrain effectuées dans cette zone avant 1998 ont été compilées et analysées afin de réaliser cet état initial :

- (1) 1986, 1987, 1991, 1997 : collecte de données sur les peuplements de poissons et les paysages benthiques par les équipes de l'ORSTOM (actuel IRD)
- (2) 1994 : Pierre Thollot & Laurent Wantiez : Etude de caractérisation biologique des milieux marins et dulçaquicoles sur la région de Prony - projet GORO NICKEL
- (3) 1996 : Pierre Thollot & Laurent Wantiez : Evaluation des impacts du projet GORO NICKEL sur les communautés biologiques marines de la baie Kwé et de la zone portuaire de Prony

cf Pièces cartographiques – Carte 1 : Localisation des stations échantillonnées dans la zone d'étude

Au cours de ces différentes campagnes, 88 stations ont été échantillonnées dans la zone. Les données recueillies ont été conservées pour l'étude sur la base des critères suivant :

- ces stations sont situées dans la zone d'influence actuelle du complexe
- leurs coordonnées précises sont connues
- les données sont fiables
- les données une fois homogénéisées sont comparables entre elles.

Malgré leur dispersion dans le temps, ces données ne permettent pas d'effectuer une analyse temporelle de l'évolution des peuplements récifaux entre 1986 et 1997 dans le sens où les stations échantillonnées sont différentes d'une campagne à l'autre, ne fournissant aucun réplicat temporel. De plus, les données sur le macrobenthos sont malheureusement insuffisantes pour établir un état initial de ces communautés. Les caractéristiques de chaque station sélectionnée sont données en Annexe 1. Pour plus de clarté, nous avons conservé les noms attribués par EMR en 2012 aux stations de Thollot & Wantiez.

II.3. Méthodes d'échantillonnage

Selon les campagnes, deux méthodes distinctes ont été employées pour évaluer le substrat, le *Line Intercept Transect* (LIT) et la *Medium Scale Approach* (MSA). Si elles diffèrent dans leur mise en œuvre, elles permettent toutes-deux d'aboutir à une description de l'habitat récifal et à une estimation du pourcentage de recouvrement des différentes catégories de substrat (English et al. 1997 ; Clua et al. 2006). Nous les décrivons brièvement ci-après.

II.3.1. Evaluation du substrat

II.3.1.a. Le Line Intercept Transect (LIT)

Cette méthode a été employée par P. Thollot et L. Wantiez dans les campagnes de 1994 et 1996. Décrite par English et al. (1997), elle est largement utilisée dans les études visant à caractériser l'habitat récifal. Elle se base sur la description quantitative de la couverture de différentes catégories de substrat rencontrées le long d'un transect (ruban gradué) déployé sur le fond. La catégorie de substrat sous le ruban et la longueur de ruban correspondante sont évaluées tout au long du transect, aboutissant à une description précise à petite échelle (< 100 m²). Les substrats abiotiques sont classés selon des critères sédimentologiques ; les substrats biotiques sont classés en fonction de leur groupe biologique et de critères morphologiques (Annexe 2).

II.3.1.b. La Medium Scale Approach (MSA)

La méthode d'évaluation du substrat employée dès les années 80 par l'ORSTOM a été précurseur de la MSA, décrite par Clua et al. (2006). Son principe est resté le même au fil des campagnes de 1986, 1987, 1991 et 1997 : elle vise à évaluer l'habitat à une échelle correspondant mieux à l'échelle de vie des poissons, elle est de ce fait de plus en plus utilisée dans les études s'attachant à décrire la relation entre les poissons et leur habitat. Elle se base sur la description semi-quantitative de quadrats de 25

m² (5m X 5m) répartis de part et d'autre du transect sur toute sa longueur. Un coefficient entre 0 et 5 est affecté à chaque catégorie de substrat selon la surface qu'elle occupe dans chacun des quadrats (0 (0%), 1 (1-10%), 2 (11-30%), 3 (30-50%), 4 (51-75%), 5 (76-100%)). Les pourcentages sont ensuite calculés pour l'ensemble du transect. Dans la méthode actuelle, seize catégories potentielles totalisant 100% de couverture sont décrites dans une première « couche » : 9 catégories abiotiques et 7 morphotypes de coraux vivants. Les autres catégories de substrats biotiques (macro-algues, coraux mous, éponges,...) sont évaluées suivant les mêmes coefficients sur une deuxième « couche » superposable à la première. La méthode employée par l'ORSTOM diffère légèrement, tout d'abord par le nombre moindre de catégories prises en compte : 5 catégories abiotiques, une catégorie « corail substrat », 2 morphotypes de coraux vivants, le turf et les algues (Annexe 3). Les recouvrements des 5 catégories abiotiques et de la catégorie « corail substrat » sont évalués sur une première couche et totalisent 100% de couverture. Les recouvrements en coraux massifs et branchus peuvent être égaux ou supérieurs aux recouvrements du « corail substrat » et sont évalués sur une deuxième couche, tout comme les algues et le turf (Annexe 3).

II.3.2. Evaluation des peuplements de poissons

Au cours de ces différentes campagnes, les peuplements de poissons ont été évalués à l'aide de comptages visuels sous-marins utilisant la méthode des transects à largeur variable (« distance sampling ») décrite par Kulbicki & Sarrazin (1999). Deux plongeurs progressent de part et d'autre d'un transect (ruban gradué) qu'ils déroulent au fur et à mesure. Chaque plongeur évalue le peuplement de poissons observé de son côté du transect. Il note pour chaque observation le nom de l'espèce, le nombre d'individus observés, leur taille et la distance au transect à laquelle il(s) est (sont) observé(s) (Figure 2). Dans le cas d'un banc monospécifique, la distance du poisson le plus proche (d1) et celle du poisson le plus éloigné (d2) sont notées. Pour un individu solitaire d1=d2. Les poissons situés à plus de 15m du transect ne sont pas comptabilisés.

Les campagnes de 1986, 1987 et 1991 ont été réalisées en utilisant des transects de 100 m de long, celles de 1994, 1996 et 1997 avec des transects de 50 m. Dans chacun des cas, les mêmes transects ont été utilisés pour l'évaluation du substrat et des peuplements de poissons.

Au sein de ces différentes campagnes, les observations sur chaque transect ont été répertoriées par secteur de 10 m (soit 10 secteurs sur un transect de 100m). Cette caractéristique nous a permis de diviser chaque transect de 100m en 2 "pseudo" transects de 50 m afin de ne travailler que sur des transects de même longueur et d'homogénéiser de cette manière les échantillons. Chaque station de l'étude est ainsi représentée par un transect de 50 m. De plus, les stations des campagnes de 1986, 1987 et 1991 sont groupées par 2. Cela se traduit par des coordonnées similaires pour chacun des groupes de 2 stations et par leur représentation sur la carte par un même point (Carte 1).

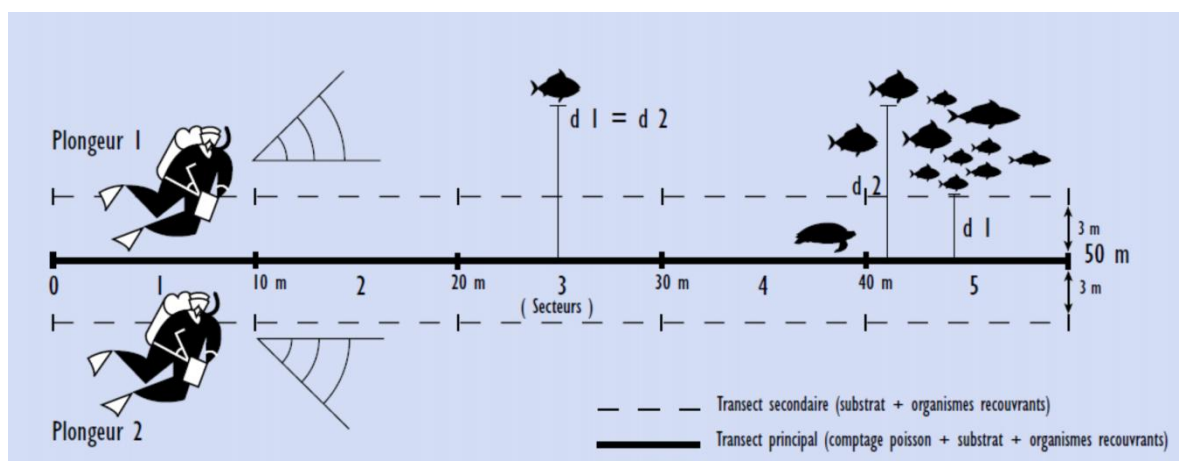


Figure 2. Schéma explicatif d'un comptage visuel sous-marin selon la méthode du transect à largeur variable. Dans cet exemple, le transect mesure 50 m (Labrosse et al. 2002)

Les comptages de 1994, réalisés par le bureau d'étude de P. Thollot et L. Wantiez, sont restreints à une liste d'espèces d'intérêt commercial en Nouvelle-Calédonie (Serranidae, Lutjanidae, Scaridae, ...) et d'espèces indicatrices de l'état de santé du milieu récifal (Chaetodontidae, certains Pomacanthidae, ...) (Annexe 4).

Les comptages de 1986, 1987, 1991, 1996 et 1997 portent en revanche sur l'ensemble des espèces rencontrées (Annexe 4).

II.4. Traitement des données

II.4.1. Pourcentages de recouvrement des catégories de substrat

Les données issues du LIT permettent de calculer la longueur cumulée de chaque catégorie de substrat rencontrée le long du transect de 50 m. Le pourcentage de recouvrement de chaque catégorie de substrat est ensuite exprimé en divisant la longueur cumulée correspondant à cette catégorie par la longueur totale du transect et en multipliant par 100. Ce mode de calcul a été appliqué sur les données de 1994 et 1996.

Le calcul des pourcentages de recouvrement à partir des données de la MSA est un peu plus complexe et a nécessité certains ajustements. Par exemple, dans la méthode telle qu'elle a été mise en œuvre dans les campagnes de l'ORSTOM, des coraux branchus implantés sur du sable sont comptés 2 fois, comme « sable » sur la première couche et comme « corail branchu » sur la seconde (cf II.3.1.b.) alors qu'ils seraient comptés comme coraux branchus dans la méthode du LIT.

Afin d'homogénéiser les données de la MSA à celle du LIT, nous avons conservé les pourcentages bruts de coraux massifs, branchus et d'algues évalués sur la deuxième couche (cf II.3.1.b.). Les pourcentages de recouvrement en turf, peu fiables car le développement du turf est très variable, n'ont pas été pris en compte. Le pourcentage des catégories restantes a été calculé au pro rata des pourcentages évalués sur la première couche (vase, sable, débris, roche, dalle) pour aboutir à un total de 100%.

Compte-tenu des différences entre les 2 méthodes dans les catégories de substrat évaluées, nous avons décidé de les regrouper en 5 catégories :

- corail massif (incluant les coraux massifs, submassifs, encroûtant et foliaires du LIT)
- corail branchu (incluant les coraux branchus, digités et tabulaires du LIT)
- substrat dur abiotique (incluant roches et dalle corallienne, débris et corail mort du LIT / débris, roche et dalle de la MSA)
- substrat meuble (incluant vase et sable du LIT et de la MSA)
- algues

Le pourcentage de recouvrement des différentes catégories de substrat a été calculé pour toutes les stations à l'exception des stations échantillonnées en 1986 (stations 13 à 20) et de 2 stations échantillonnées en 1991 (stations 59 et 60) pour lesquelles les données sont manquantes.

II.4.2. Degré de confinement et distance à la côte

Le degré de confinement de chaque station a été évalué sur une échelle de 1 à 4 :

- 1 : station non confinée
- 2 : station située à l'entrée d'une baie
- 3 : station située en milieu de baie
- 4 : station située en fond de baie.

La distance à la côte de chaque station (en m) a été mesurée grâce au logiciel d'information géographique QuantumGIS 2.4.

II.4.3. Richesse spécifique des peuplements de poissons

La richesse spécifique totale ainsi que la richesse en espèces d'intérêt commercial et indicatrices ont été calculées sur chacune des 88 stations, à l'exception des 11 stations de 1994 pour lesquelles seule la richesse en espèces d'intérêt commercial et indicatrices a été calculée. La richesse spécifique est calculée en prenant uniquement en compte les espèces recensées à moins de 5m du transect.

II.4.4. Densités et biomasses des peuplements de poissons

Les densités moyennes (D) et les biomasses moyennes (B) ont été calculées pour chaque espèce sur chaque station à l'aide des formules suivantes (Kulbicki & Sarraemegna 1999) :

$$D : (2L)^{-1} \sum_{i=1}^P n_i \cdot d_i^{-1} \text{ et } B : (2L)^{-1} \sum_{i=1}^P w_i \cdot d_i^{-1}$$

avec :

D : densité (poissons/m²) ; B : biomasse (g/m²) ; L : longueur du transect ; n_i : nombre d'individus de l'espèce i ; w_i : poids de l'espèce i (g) ; d_i : distance moyenne de l'espèce i au transect ; p : nombre d'espèces.

Le poids des individus est obtenu grâce à la relation qui lie la taille (L) et le poids (w) :

$$w_i = a L_i^b$$

Les coefficients a et b, caractéristiques de chaque espèce, proviennent de la base de données de l'IRD (Annexe 5).

II.4.5. Groupes fonctionnels et entités fonctionnelles

Afin de mieux comprendre la structure des peuplements de poissons de la zone, nous avons considéré plusieurs aspects fonctionnels pour chaque espèce (Annexe 5):

- **le groupe trophique.** HD : herbivores/détritivores ; HM : consommateur de macroalgues ; OM : omnivore ; IS : consommateur d'invertébrés sessiles ; IM : consommateur d'invertébrés mobiles benthiques ; PK : planctonophages ; FC : piscivore.
- **la classe de taille**, basée sur la taille maximale connue (www.fishbase.org). T1 : < 7 cm ; T2 : 7-15 cm ; T3 : 16-30 cm ; T4 : 31-50 cm ; T5 : 51-80 cm ; T6 : > 80 cm.
- **le groupe de mobilité.** Sed : espèce sédentaire ayant un territoire généralement inférieur à 100 m² ; Mob : espèce mobile fréquentant un même récif durant plusieurs jours ; VMob : espèce très mobile pouvant fréquenter plusieurs récifs dans une même journée.
- **le groupe d'activité nycthémérale.** Day : espèce diurne ; Night : espèce nocturne ; Both : espèce active de jour comme de nuit.
- **le comportement grégaire/solitaire.** Sol : espèce généralement solitaire ; Pair : espèce généralement observée par paire d'individus ; SmallG : espèce vivant en petits groupes de 3 à 20 individus ; MedG : espèces vivant en groupes de 20 à 50 individus ; LargeG : espèce vivant en groupes de plus de 50 individus.
- **la place dans la colonne d'eau.** Bottom : espèce vivant sur le fond (benthique) ; Low : espèce vivant juste au dessus du fond (démersale) ; High : espèce évoluant à plusieurs mètres du fond (pélagique).

Les richesses spécifiques, densités et biomasses moyennes pour chacun de ces groupes fonctionnels ont été calculées sur chaque station comme expliqué précédemment au niveau spécifique.

Les entités fonctionnelles ont été définies comme la combinaison du groupe trophique, de la classe de taille, du groupe de mobilité et du comportement grégaire/solitaire de chaque espèce.

II.4.6. Indicateurs et indices de vulnérabilité

Un peuplement de poissons et l'écosystème auquel il appartient sont d'autant plus vulnérables qu'ils comportent des espèces ou des fonctions rares et/ou difficiles (voire impossible) à récupérer une fois disparues. La vulnérabilité spécifique d'un peuplement peut donc s'exprimer en fonction du nombre d'espèces rares, endémiques, ou à faible capacité de dispersion qui y sont présentes. De même, la présence d'espèces inféodées à un certain type d'habitat ou dépendantes d'une alimentation spécifique, tributaires de modifications importantes que pourrait subir leur habitat, contribue à augmenter la vulnérabilité d'un peuplement.

L'approche fonctionnelle consiste à considérer que chaque espèce assure une fonction intimement liée à ses caractéristiques propres. Le classement des espèces en entités fonctionnelles, expliquée au paragraphe précédent, révèle qu'un certain nombre de fonctions ne sont représentées que par une seule espèce. La disparition de cette espèce provoquerait alors la disparition de la fonction correspondante dans l'écosystème. La vulnérabilité fonctionnelle se mesure donc comme le nombre d'entités fonctionnelles mono-spécifiques que comporte le peuplement.

La construction d'un indice de vulnérabilité nécessite de prendre en compte ces différentes facettes. Elle se justifie par le fait que les conséquences de la perte d'une espèce ou d'une fonction sont en général mal connues mais peuvent menacer le fonctionnement de l'écosystème dans son ensemble. Un tel indice doit permettre d'identifier les zones prioritaires à préserver et de cibler les stations de suivi à privilégier à l'avenir.

Pour le construire, nous avons considéré 9 indicateurs différents et calculé leur valeur sur chaque station :

- espèces rares en fréquence : cet indicateur comptabilise le nombre d'espèces présentes uniquement sur une station (ou au plus sur une deuxième station) dans l'ensemble de la zone d'étude
- espèces rares en abondances : cet indicateur comptabilise le nombre d'espèces présentes sur la station dont l'abondance sur l'ensemble des stations est inférieure au 1/10 000^{ème} de l'abondance de toutes les espèces dans la zone d'étude
- espèces spécialistes en termes d'alimentation : cet indicateur comptabilise le nombre d'espèces qui dépendent prioritairement d'un type de nourriture, corail ou macroalgues
- espèces spécialistes en termes d'habitat : cet indicateur comptabilise le nombre d'espèces inféodées à un type unique d'habitat (corail, anémones, échinodermes ...)
- espèces avec une aire de répartition réduite (espèces endémiques) : cet indicateur comptabilise le nombre d'espèce faisant partie des 5% d'espèces de la zone d'étude ayant les plus petites aires de répartition
- espèces ayant une durée de vie larvaire planctonique courte : cet indicateur comptabilise le nombre d'espèces faisant partie des 5% d'espèces de la zone d'étude présentant les durées de vie planctoniques les plus courtes
- entité fonctionnelle mono-spécifique (richesse spécifique) : cet indicateur comptabilise le nombre d'entités fonctionnelles mono-spécifiques présentes sur la station
- entité fonctionnelle mono-spécifique (densité) : cet indicateur comptabilise la densité des entités fonctionnelles mono-spécifiques présentes sur la station
- entité fonctionnelle mono-spécifique (biomasse) : cet indicateur comptabilise la biomasse des entités fonctionnelles mono-spécifiques présentes sur la station

Les stations ont été classées par ordre décroissant suivant la valeur de chacun de ces indicateurs et un rang a été attribué à chaque station dans les 9 classements. La moyenne des 9 rangs permet de définir le rang moyen de chaque station et donc son niveau de vulnérabilité, les rangs les plus faibles correspondant aux stations les plus vulnérables. Pour une interprétation plus aisée, l'indice de

vulnérabilité par rang est calculé en multipliant par 1000 l'inverse du rang moyen. Les valeurs finales sont ainsi comprises entre 1,4 et 18,5.

Une seconde classification a été établie après standardisation (entre 0 et 1) de la valeur de chaque indicateur. La moyenne des 9 valeurs de chaque station permet de calculer l'indice de vulnérabilité standardisé.

L'indice de vulnérabilité par rang et l'indice de vulnérabilité standardisé fournissent donc deux façons d'apprécier la vulnérabilité des stations.

II.5. Analyses statistiques des données

L'ensemble des analyses des données a été effectué à l'aide du logiciel R (R core 2014).

II.5.1. Analyses hiérarchiques de clusters

L'analyse de clusters est une technique d'analyse exploratoire qui vise à constituer des groupes d'objets (ici de stations) en fonction de leurs similarités. L'approche hiérarchique permet en outre de hiérarchiser et quantifier les relations existant entre ces différents groupes : elle est donc particulièrement pertinente dans le cas d'une classification spatiale. La méthode que nous avons employée est largement décrite par Kreft & Jetz (2010). Kulbicki et al. (2013) l'ont utilisé sur des données de présence/absence d'espèces de poissons et soulignent l'importance du choix de l'indice de dissimilarité et de l'algorithme de classification.

L'indice de dissimilarité β_{sim} a été choisi car il ne dépend pas de la richesse spécifique (variant fortement entre stations dans la zone étudiée) à la différence des indices communément employés (ex : Jaccard, Sørensen) (Koleff et al. 2003). De plus, ses propriétés sont bien connues et il a été employé avec succès dans nombre d'études biogéographiques (Kulbicki et al. 2013). La première étape de l'analyse a été de calculer cet indice sur 4 matrices de présence/absence :

- matrice de toutes les espèces
- matrice réduite aux espèces d'intérêt commercial et indicatrices
- matrice de toutes les entités fonctionnelles
- matrice des entités fonctionnelles correspondantes aux espèces d'intérêt commercial et indicatrices

Les 4 matrices réponses obtenues sont des matrices triangulaires renseignant la distance entre les différentes stations. Le calcul de ces matrices a été effectué à l'aide de la fonction « betadiver » du package « vegan ». La matrice des distances entre stations selon les pourcentages de recouvrement des différentes catégories de substrat a également été calculée en utilisant la distance euclidienne (fonction « dist » du package « stats »).

Concernant l'algorithme de classification, notre choix s'est porté sur la méthode agglomérative de Ward. Cette méthode permettant de minimiser le nombre de singletons (clusters constitués d'une seule station) au détriment des grands groupes (Kulbicki et al. 2013), elle est adaptée à notre objectif de définir des groupes comportant un nombre de stations le plus homogène possible.

Les analyses de cluster ont été effectuées grâce à la fonction « hclust » du package « stats ».

Les corrélations entre les matrices de dissimilarités ont été testées en utilisant la fonction « mantel.rtest » du package « ade4 » afin de mesurer le degré d'analogie entre les variations spatiales de la composition spécifique et de la composition fonctionnelle des peuplements étudiés et valider les groupements de stations effectués.

II.5.2. Arbres de régressions renforcés (Boosted Regression Trees)

Afin de mieux comprendre les relations entre la structure des peuplements de poissons et les caractéristiques du paysage benthique (composition du substrat, degré de confinement et distance à la côte), des arbres de régression renforcés (Boosted Regression Trees, BRT) ont été utilisés. Développés par Friedman (2001), ils combinent un grand nombre d'arbres simples pour optimiser les performances prédictives, à la différence des régressions classiques qui se basent sur la production

d'un seul modèle « optimal » (Elith et al. 2008). Ils permettent de tester l'influence de facteurs présentant des interactions et des relations complexes et de traiter des données aberrantes et des variables non-linéaires (Friedman 2001 ; Elith et al. 2008). Comme indiqué par Dormann et al. (2012), nous avons calculé les coefficients de corrélation de Pearson entre les 7 facteurs considérés (distance à la côte, degré de confinement, couvertures en substrat meuble, substrat dur abiotique, algues, corail massif et corail branchu) afin de retirer les éventuels facteurs colinéaires (coefficients supérieurs à 0.7) avant de les introduire dans les analyses.

Les analyses ont été réalisées à l'aide de la fonction « gbm » du package « gbm » sur les indicateurs globaux des peuplements de poissons (richesse spécifique, densité, biomasse), sur les indicateurs de chacun des groupes trophiques et des classes de tailles (richesse spécifique, densité, biomasse) et sur les indicateurs et indices de vulnérabilité.

La bonne utilisation de cette fonction dans R a nécessité de fixer quelques paramètres :

- bag fraction (bf) = 0.5 : il s'agit de la proportion d'échantillons utilisée à chaque pas
- learning rate (lr) = 0.001 : ce paramètre détermine la contribution de chaque arbre au modèle final
- number of trees (nt) = 1000 : ce paramètre représente le nombre d'arbres correspondant aux nombres d'itérations du modèle

Les résultats de cette analyse indiquent la contribution relative de chaque facteur à l'explication des variations de la variable testée.

II.5.3. Modèles de régressions linéaires et Anovas

Dans le but de confirmer les résultats obtenus grâce aux BRT, des modèles de régression linéaire ont été construits pour chacune des variables préalablement testées. Quand ces variables ne suivaient pas une loi normale, des transformations ont été effectuées (racine carrée, logarithme, racine cubique,...) et le recours à des lois de distribution autres que la loi normale a parfois été nécessaire (loi de poisson pour des données sur-dispersées : modèle « quasipoisson »). Les transformations et lois de distribution utilisées pour chaque variable sont indiquées dans les tableaux de résultats. Ces analyses ont été effectuées à l'aide de la fonction « glm » du package « stats ».

La variance des différentes variables examinées au cours de l'étude a été analysée pour tester d'éventuelles différences entre les zones déterminées par les analyses de cluster. Si ces variables suivaient une loi normale (test de shapiro, $p > 0,05$), un test de Bartlett était réalisé. Si les variances n'étaient pas significativement hétérogènes (test de Bartlett, $p > 0,05$), une anova était réalisée et, si elle était significative ($p < 0,05$), un test post-hoc de Tukey-Kramer était réalisé pour identifier les sources de variations. Dans le cas de variables ne suivant pas une loi normale (test de shapiro, $p < 0,05$) ou de variances significativement hétérogènes (test de Bartlett, $p < 0,05$), un test de Kruskal-Wallis était réalisé. S'il était significatif ($p < 0,05$), un test post-hoc de Kruskal-Wallis était réalisé pour identifier les sources de variations. Pour ces différents tests, les fonctions « anova », « kruskal.test » et « TukeyHSD » du package « stats » et la fonction « kruskalmc » du package « pgirmess » ont été utilisées.

Des analyses de variance (Anovas de type II) ont également été employées afin de tester l'effet des classes de tailles et de la zone sur la distance d'observation des espèces les plus susceptibles d'être visées par la chasse sous-marine. Elles ont été réalisées grâce à la fonction « Anova » du package « car ».

II.6. Comparaison des résultats

Pour compléter nos analyses, nous avons cherché à caractériser la zone d'étude en fonction de ses spécificités ou de ses ressemblances par rapport à d'autres localités de Nouvelle-Calédonie, mais aussi des îles Fidji, Tonga et de Polynésie Française. Pour ce-faire, nous avons comparé nos résultats avec ceux d'études menées par l'IRD et ses partenaires dans ces différentes localités. Les résultats des

études utilisés dans cette comparaison ont été obtenus par des méthodes similaires aux nôtres. Nous avons employé des Analyses en Composantes Principales (ACP - Chatfield & Collins 1980) afin de représenter dans un plan en 2 dimensions les différents récifs des localités étudiées en fonction de leurs similarités en termes de richesses spécifiques, densités moyennes et biomasses moyennes des groupes trophiques et classes de tailles (3 analyses différentes). Nous avons ensuite détaillé les comparaisons en examinant les variations de richesses spécifiques moyennes par station, densités moyennes et biomasses moyennes du peuplement global, ainsi que les variations de richesses, densités et biomasses des groupes trophiques et des classes de tailles entre ces différentes localités.

II.7. Cartographie

Les pièces cartographiques présentées dans ce rapport ont été réalisées grâce au logiciel QuantumGIS 2.4.

Chapitre III - Résultats

III.1. Regroupement des stations

Sur les 5 analyses de clusters pratiquées, 2 ont permis d'aboutir à une classification des stations intelligible d'un point de vue géographique. Les regroupements selon la composition spécifique totale et selon la composition en entités fonctionnelles correspondantes aux espèces d'intérêt commercial et indicatrices ont révélé certaines tendances dans la structure spatiale des peuplements, mais avec une hétérogénéité trop importante au sein des zones pour être conservées. Le regroupement des stations selon la composition de leur substrat n'a révélé aucune structure spatiale des paysages benthiques.

III.1.1. Regroupement selon la distribution spatiale des espèces d'intérêt commercial et indicatrices

cf Pièces cartographiques – Carte 2 : Regroupement des stations selon leur composition en espèces d'intérêt commercial et indicatrices

Le regroupement des stations selon leur composition en espèces d'intérêt commercial et indicatrices a permis d'identifier 3 grands groupes de stations (Annexe 6). La visualisation de leur localisation (Carte 2) permet de donner à ces groupes un sens géographique et d'identifier 3 grandes zones de peuplement :

- zone 1 : grande baie du Prony. Elle comprend les stations de la Baie Nord, de Grand Port et de la Baie de Prony au sens strict. C'est la zone qui présente le plus d'hétérogénéité. En effet les peuplements des stations 2, 3 et « Station 1 » ont plus d'affinité avec ceux de la zone 2. De même, les peuplements des stations « St02_0 », « St12_0 » et « Station 11 » sont plus proches de ceux de la zone 3.
- zone 2 : grande zone de l'île Ouen. C'est la zone qui présente le plus d'homogénéité de ses peuplements de poissons. Par contraste, elle comprend des stations avec un confinement et une exposition très variable situées au nord de l'île dans la Baie Iré bordant le canal Woodin, à l'est dans l'Anse Kumbé et le Port Kuté et au sud dans la passe face au Port Koutouré. Certaines stations hors de cette zone ont des peuplements qui s'en rapprochent : c'est le cas des stations 2, 3 et « Station 1 » situées dans la zone 1 et des stations 32, 35, 49, 62 et « St37_0 » situées dans la zone 3.
- zone 3 : grande zone du canal de la Havannah. Cette zone comporte le plus grand nombre de stations, réparties depuis le récif du Prony (à l'entrée de la Baie du Prony) jusqu'à la Baie Kué. Elle comprend les récifs frangeants du canal de la Havannah, de Port Boisé et aussi les récifs

extérieurs de l'île Ugo. Les peuplements des stations 32, 35, 49, 62 et « St37_0 », géographiquement situées dans cette zone, sont plus proches des peuplements de la zone 2.

A noter : concernant la représentation cartographique de ces 3 ensembles, un unique point (auquel une seule couleur est attribuée) représente 2 stations pour les campagnes de 1986, 1987 et 1991. Dans seulement 4 cas, 2 stations représentées par un même point appartiennent à des ensembles différents (ces cas ont été évoqués dans la description de chaque zone) : stations 31 et 32, 35 et 36, 49 et 50, 61 et 62.

III.1.2. Regroupement selon la distribution spatiale des entités fonctionnelles

cf Pièces cartographiques – Carte 3 : Regroupement des stations selon leur composition en entités fonctionnelles

Sur les 630 entités possibles (issues de la combinaison du groupe trophique, de la classe de taille, du groupe de mobilité et du comportement grégaire/solitaire de chaque espèce), 102 sont représentées par au moins une espèce dans la zone d'étude.

Le regroupement des stations selon leur composition en entités fonctionnelles a permis de confirmer l'existence de 3 grandes zones géographiques ayant des peuplements de poissons différents. Bien que la transcription géographique (Carte 3) des groupes obtenus par l'analyse de clusters (Annexe 7) donne des résultats plus diffus que la précédente analyse, les mêmes zones ressortent, tout comme la plus grande proximité de la zone 1 avec la zone 2.

La convergence des résultats de ces analyses suggère l'existence de 3 zones présentant des différences marquées dans la composition et la structure fonctionnelle de leurs peuplements de poissons. Un test de Mantel réalisé sur les matrices de dissimilarités de la composition spécifique et de la composition en entités fonctionnelles met en évidence une corrélation très significative entre ces deux matrices et nous permet de valider l'existence de ces 3 zones (obs = 0.54 ; $p < 0.001$).

Dans les analyses qui suivent, c'est l'appartenance géographique d'une station à une zone donnée qui a été considérée. Par exemple, la première analyse classe la station 8 dans la zone 1 alors que la seconde la classe dans la zone 3, la station 8 est géographiquement située dans la zone 1, elle est donc rattachée à cette zone dans la suite des analyses. Les 3 zones géographiques de peuplement identifiées (Figure 3) sont :

- zone 1 : grande baie du Prony (Baie Nord, Grand Port et Baie de Prony au sens strict)
- zone 2 : l'île Ouen (Baie Iré, Anse Kumbé, Port Kuté et passe face au Port Koutouré)
- zone 3 : grande zone du canal de la Havannah (Récif du Prony, récifs frangeant du canal de la Havannah, Port Boisé, Baie de Kué et île Ugo)



Figure 3. Localisation des 3 grandes zones de peuplements de poissons définies dans la zone d'étude suite au regroupement des stations par les analyses de cluster

Les analyses révèlent 2 zones d'interface entre les peuplements des zones 2 et 3 :

- le récif du Prony à l'entrée de la Baie du Prony
- le récif de l'Île Ugo

Néanmoins le peuplement qui semble y dominer est celui de la zone 3, zone à laquelle sont donc rattachées ces stations.

III.1.3. Relations richesse-densité et richesse-biomasse dans les zones définies

Afin de vérifier la pertinence de la zonation, nous avons caractérisé rapidement et comparé les 3 zones définies en établissant, pour les poissons, les relations richesse-densité et richesse-biomasse au sein de chacune d'elles.

La comparaison de la relation richesse spécifique – densité totale entre les 3 zones (Figure 4) nous révèle quelques faits d'intérêt. Le coefficient de corrélation (R^2) dans les zones 1 et 2 est faible (quasiment nul pour la zone 2) indiquant que les variations de la densité totale ne sont pas liées à celles de la richesse spécifique dans ces 2 zones. La pente de la droite de régression presque nulle dans la zone 2 renforce cette observation. Dans la zone 3, la relation est différente (elle n'est significative que pour la zone 3 - ANCOVA, $p < 0,001$) : la pente de la droite de régression ($a = 1.87$) et le coefficient de corrélation ($R^2 = 0.37$) sont plus importants et témoignent d'une relation plus étroite entre la richesse et la densité. Ces éléments pourraient suggérer une meilleure répartition des effectifs entre les espèces dans la zone 3 que dans les zones 1 et 2 où le peuplement pourrait être dominé en termes de densité par un nombre d'espèces relativement réduit et une faible beta diversité de ces espèces dominant la densité. Par ailleurs, à richesses égales, on note une diminution de la densité totale de la zone 1 à la zone 3 qui indique une diminution du nombre moyen d'individus recensés par espèce (Figure 4).

La comparaison de la relation richesse spécifique – biomasse entre les zones (Figure 4) apporte de plus amples informations. Les coefficients de corrélation élevés ($R^2 = 0.38$ pour la zone 1, $R^2 = 0.74$ pour la zone 2, $R^2 = 0.55$ pour la zone 3) montrent que les relations entre richesse et biomasse sont étroites au

sein de chaque zone, confirmant ainsi la validité des regroupements de stations effectués. Les relations sont néanmoins différentes d'une zone à l'autre : à richesses égales, on observe une augmentation hautement significative de la biomasse totale de la zone 1 à la zone 3 (ANCOVA, $p < 0,001$), révélant une augmentation du poids moyen des individus (Figure 4). Cette information se déduit également de l'augmentation de la pente des droites de régression de la zone 1 à la zone 3 ($a=1.33$ pour la zone 1, $a=1.77$ pour la zone 2 et $a=2.13$ pour la zone 3). L'augmentation du poids moyen des individus de la zone 1 à la zone 3 peut être dû à des conditions plus favorables, à des habitats différents ou encore être le résultat de la présence d'espèces plus grandes. Les analyses qui suivent permettront de répondre en partie à ces hypothèses.

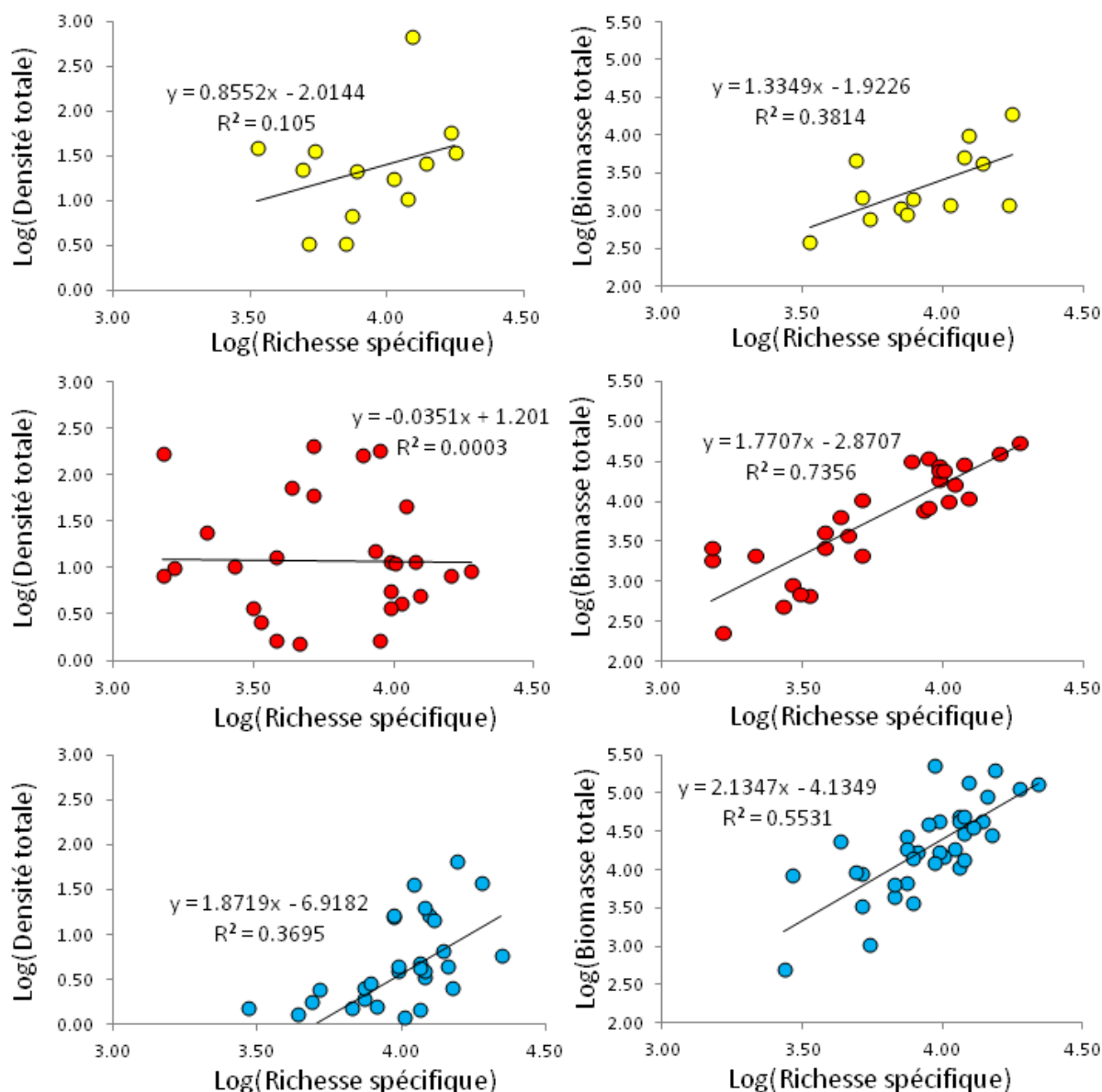


Figure 4. Relations richesse spécifique (nombre d'espèces par transect) - densité totale (graphiques de gauche) et richesse spécifique - biomasse totale (graphiques de droite) dans les trois zones. ● zone 1, ● zone 2, ● zone 3.

III.2. Etude des paysages benthiques

III.2.1. Cartographie des pourcentages de recouvrement des différentes catégories de substrats par station

cf Pièces cartographiques – Carte 4 : Composition du substrat sur les stations échantillonnées

Aucune structure spatiale claire n'apparaît à l'analyse de la carte de distribution des pourcentages de recouvrement des différentes catégories de substrats, ce qui illustre parfaitement les résultats de l'analyse de clusters pratiquée sur ces mêmes pourcentages.

Nous avons néanmoins cherché à en étudier les caractéristiques principales.

III.2.2. Recherche de corrélations entre les variables du substrat : caractéristiques principales des paysages benthiques

Le tableau des valeurs des 7 variables évaluées sur chaque station est présenté en Annexe 8.

Le degré de confinement apparaît comme étant la variable la plus structurante des paysages benthiques dans la zone d'étude (Tableau 1). Premièrement, la couverture en substrat meuble est très significativement liée au degré de confinement des stations : les fonds des baies de Kué, Port Kuté et Port Boisé présentent en effet les pourcentages de substrat meuble les plus élevés. Ensuite, les couvertures en substrat dur abiotique et en corail massif sont négativement corrélées au degré de confinement. Les stations où la couverture de corail massif est remarquable se trouvent dans les zones les plus exposées, telles que le récif du Prony, le secteur de la Concession à l'entrée de Port Boisé et la pointe Koué sur l'île Ouen. Enfin, la couverture en algues est très significativement corrélée au degré de confinement : hormis 4 stations localisées sur le littoral du canal de la Havannah, les algues ont exclusivement été inventoriées sur des stations à l'intérieur des baies.

En revanche, la distribution des coraux branchus ne semble pas affectée par le confinement. Elle est cependant négativement corrélée à la présence de substrats meubles. La corrélation entre les couvertures en corail branchu et en corail massif est très significativement négative et pourrait témoigner d'affinités différentes pour les conditions environnementales et/ou d'une compétition entre ces types de coraux. De même, la corrélation significativement négative entre couvertures en algues et en coraux massifs pourrait témoigner de la compétition qui existe entre ces catégories de substrat.

Tableau 1. Corrélations de Pearson entre les variables caractéristiques des paysages benthiques. La significativité et le signe de la corrélation sont indiqués. *** : corrélation très significative ; ** : corrélation moyennement significative ; * : corrélation faiblement significative

	Dist. côte	Conf.	S. meuble	S.dur abiot.	Corail branchu	Corail massif
Confinement	(-)0.51***					
Substrat meuble	0.01	0.4***				
S. dur abiotique	0.04	(-)0.34**	(-)0.54***			
Corail branchu	0.02	(-)0.02	(-)0.42***	(-)0.27*		
Corail massif	0.2	(-)0.35**	0.1	(-)0.08	(-)0.50***	
Algues	(-)0.36**	0.42***	(-)0.01	(-)0.18	(-)0.16	(-)0.31*

III.2.3. Principales caractéristiques des paysages benthiques dans les 3 zones de peuplements de poissons identifiées

Les intervalles de confiance importants témoignent de la grande hétérogénéité du substrat qui existe au sein de chaque zone ainsi que des paysages benthiques variés qu'elles offrent (Figure 5).

Les couvertures en substrat dur abiotique et en corail branchu ne varient pas significativement d'une zone à l'autre (tests de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$), mais sont très variables au sein de chacune (Figure 5). Dans la grande baie du Prony, le pourcentage moyen ($\pm$ intervalle de confiance) de substrat dur abiotique est de $36,6\% \pm 11,2\%$. Il est de $24,8\% \pm 6,8\%$ autour de l'île Ouen et de $36,7\% \pm 6,3\%$ dans la grande zone du canal de la Havannah. Le pourcentage moyen en corail branchu est de $35,2\% \pm 11,4\%$ dans la grande baie du Prony, $36,3\% \pm 5,6\%$ autour de l'île Ouen et de $30,6\% \pm 6,8\%$ dans la grande zone du canal de la Havannah (Figure 5).

La couverture en substrat meuble est significativement plus importante autour de l'île Ouen (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$ et test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), avec un recouvrement moyen de $23,3\% \pm 7,4\%$, que dans la grande baie du Prony ($6,9\% \pm 3,3\%$) ou dans la grande zone du canal de la Havannah ($12,7\% \pm 5,5\%$). Les stations de la grande baie du Prony, malgré leur confinement élevé, présentent des taux de substrat meuble parmi les plus bas de la zone d'étude et se différencient ainsi des stations échantillonnées dans les autres baies (baies de Kué, Port Boisé et Port Kuté).

La couverture en corail massif est significativement plus élevée (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$ et test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) dans la grande zone du canal de la Havannah ($17,1\% \pm 4,0\%$) qu'autour de l'île Ouen ($10,8\% \pm 4,7\%$) et dans la grande baie du Prony ($6,8\% \pm 4,2\%$) (Figure 5). Cela confirme que les zones les plus exposées sont favorables aux formes massives de corail, comme suggéré par les corrélations ci-avant.

La couverture en algues est significativement plus élevée (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$ et test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) dans la grande baie de Prony ($14,5\% \pm 6,6\%$) qu'autour de l'île Ouen ($4,8\% \pm 5,0\%$) et dans la grande zone du canal de la Havannah ($2,9\% \pm 1,7\%$) (Figure 5).

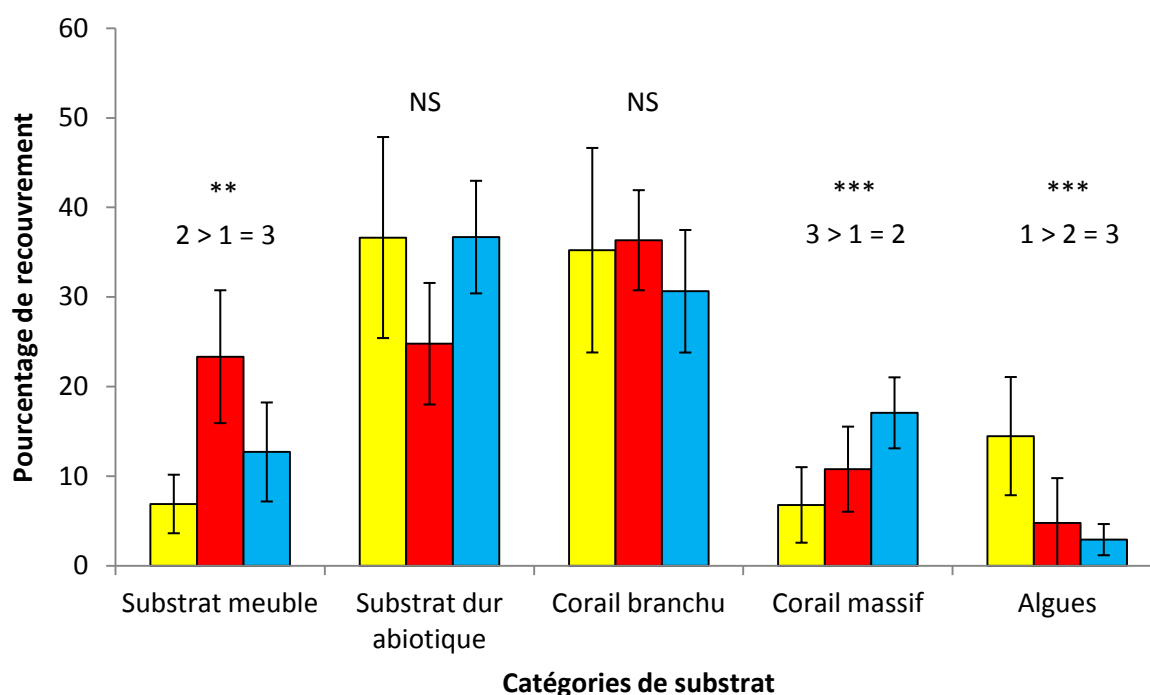


Figure 5. Pourcentages de recouvrement des différentes catégories de substrat dans les 3 zones de peuplements de poissons identifiées. Les intervalles de confiance, la significativité des tests de Kruskal-Wallis et les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah.

III.3. Etude des peuplements de poissons selon les indicateurs globaux

III.3.1. Caractéristiques générales

Un total de 163 005 poissons, appartenant à 326 espèces et représentant 43 familles, a été recensé durant cette étude (Annexe 4). Les Pomacentridae dominent largement le peuplement avec 111 788 individus recensés. Viennent ensuite les Atherinidae et Clupeidae, deux familles qui ne comportent pas d'espèces récifales à proprement parler (elles y séjournent de façon brève, probablement en lien avec leur reproduction): nous les avons de ce fait exclues des analyses qui suivent en densités et en biomasses. A noter cependant que de nombreux prédateurs récifaux (Serranidae, Lutjanidae, Carangidae) se nourrissent en abondance de ces petits pélagiques quand ces derniers migrent sur les récifs. Le reste du peuplement est dominé par les Scaridae, les Labridae, les Chaetodontidae et les Acanthuridae. D'un point de vue spécifique, le peuplement est logiquement dominé par des représentants des Pomacentridae : *Pomacentrus aurifrons*, *Pomacentrus amboinensis*, *Chromis viridis* et *Pomacentrus philippinus*.

En termes d'espèces d'intérêt commercial et indicatrices, 16 107 poissons ont été recensés dans la zone, représentant 181 espèces réparties en 26 familles. Cette fraction du peuplement est dominée par les Scaridae, Chaetodontidae, Acanthuridae, Caesionidae et Siganidae. Les espèces dominantes sont *Pterocaesio tile*, *Scarus rivulatus*, *Chaetodon lunulatus*, *Siganus argenteus*, *Acanthurus blochii* et *Chlorurus sordidus*.

Le nombre d'espèces recensées dans chacune des zones est assez homogène avec 192 espèces dans la grande baie du Prony, 198 espèces autour de l'île Ouen et 224 espèces dans la grande zone du canal de la Havannah.

Sur les 326 espèces recensées au total, 103 (31,6%) sont présentes dans les 3 zones, 15 (4,6%) sont présentes uniquement dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen, 20 (6,1%) uniquement dans la grande baie du Prony et dans la grande zone du canal de la Havannah et 47 (14,4%) uniquement dans la grande zone du canal de la Havannah et autour de l'île Ouen (Figure 6). De plus, 54 espèces (16,6%) ont été recensées uniquement dans la grande baie du Prony, 33 (10,1%) uniquement autour de l'île Ouen et 54 (16,6%) uniquement dans la grande zone du canal de la Havannah (Figure 6).

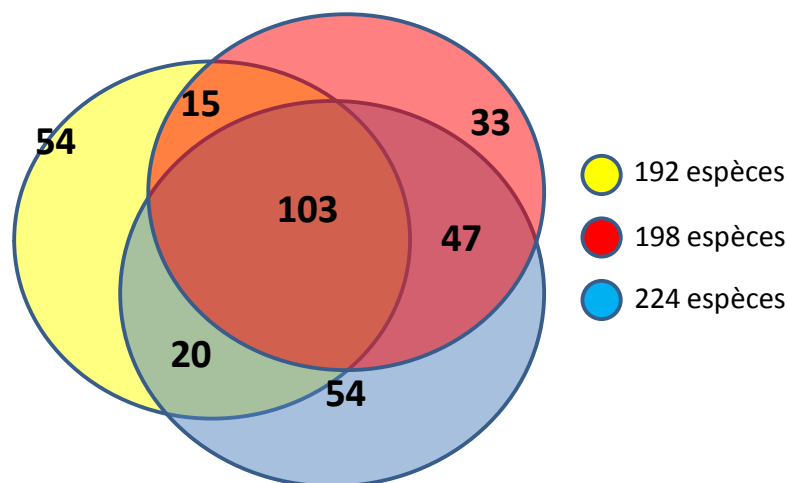


Figure 6. Répartition des espèces entre les 3 zones. Zone 1 : grande baie du Prony ; zone 2 : île Ouen ; zone 3 : grande zone du canal de la Havannah.

III.3.2. Richesses spécifiques

cf Pièces cartographiques - Carte 5 : Richesse spécifique totale des peuplements de poissons et Carte 6 : Richesse en espèces de poissons d'intérêt commercial et espèces indicatrices

Les indicateurs globaux calculés sur chacune des stations sont donnés en Annexe 9.

La richesse spécifique moyenne par station (toutes espèces) varie entre 24 espèces (sur les stations 14 et 71 de l'île Ouen) et 77 espèces (sur la station 64 de l'île Ugo). Ces variations entre les zones sont faiblement significatives (ANOVA, $p < 0,05$) : la richesse spécifique est significativement plus élevée dans la grande zone du canal de la Havannah (53 ± 3 espèces en moyenne par station) qu'autour de l'île Ouen (45 ± 5 espèces en moyenne par station). Dans la grande baie du Prony, 52 $\pm$ 6 espèces ont été recensées en moyenne par station (Figure 7).

Les variations entre les zones de la richesse spécifique en espèces commerciales et indicatrices sont faiblement significatives (ANOVA, $p < 0,05$). Les tests post-hoc permettent simplement de déterminer que la richesse spécifique pour cette catégorie du peuplement est significativement plus faible sur les stations de la grande baie du Prony, avec une moyenne de 23 ± 4 espèces, que sur les stations de la grande zone du canal de la Havannah où elle atteint 31 ± 3 espèces (test post-hoc de Tukey-Kramer, $p < 0,05$). Les stations autour de l'île Ouen présentent en moyenne 29 ± 3 de ces espèces (Figure 7).

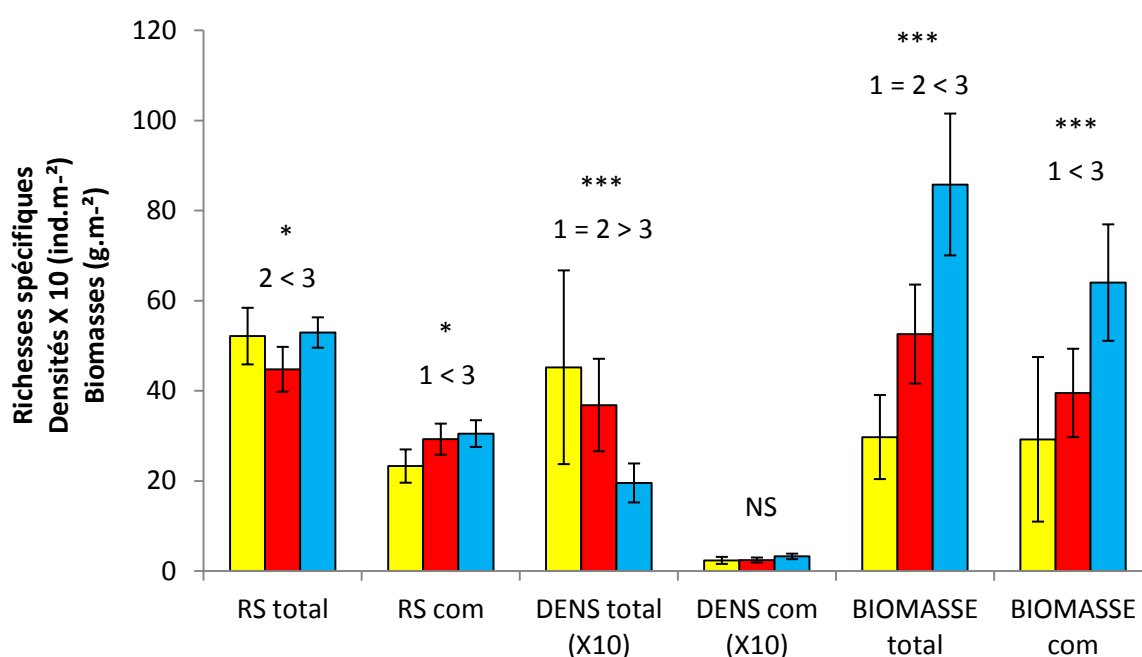


Figure 7. Indicateurs globaux des peuplements de poissons dans les 3 zones identifiées. RS : richesse spécifique moyenne ; DENS : densité moyenne (les densités ont été multipliées par 10 pour une meilleur lisibilité) ; BIOMASSE : biomasse moyenne ; total : toutes espèces ; com : espèces d'intérêt commercial et indicatrices. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah.

Selon les analyses de type BRT, la couverture en substrat meuble (46% de la variance expliquée) et le degré de confinement (30%) sont les 2 principaux facteurs qui déterminent la richesse spécifique (Figure 8). Les modèles de régression linéaire indiquent que la couverture en substrat meuble ($p < 0,05$) et le degré de confinement ($p < 0,001$) ont un effet négatif sur la richesse spécifique (Annexe 10). En effet, les fonds de baie de Port boisé, Port Kuté, Baie Iré, Grand Port, Baie Nord et le littoral Est de la baie de Prony présentent les richesses spécifiques les plus faibles. Une bonne partie de ces stations présente aussi les couvertures en substrat meuble les plus importantes. Les modèles de régression linéaire indiquent en outre que la richesse spécifique en espèce commerciales et indicatrices est négativement influencée par le degré de confinement ($p < 0,001$) mais positivement par la couverture en corail branchu et la distance à la côte ($p < 0,05$) (Annexe 10). Les plus fortes richesses spécifiques toutes espèces se retrouvent sur les stations les plus exposées (Carte 5 et Annexe 9).

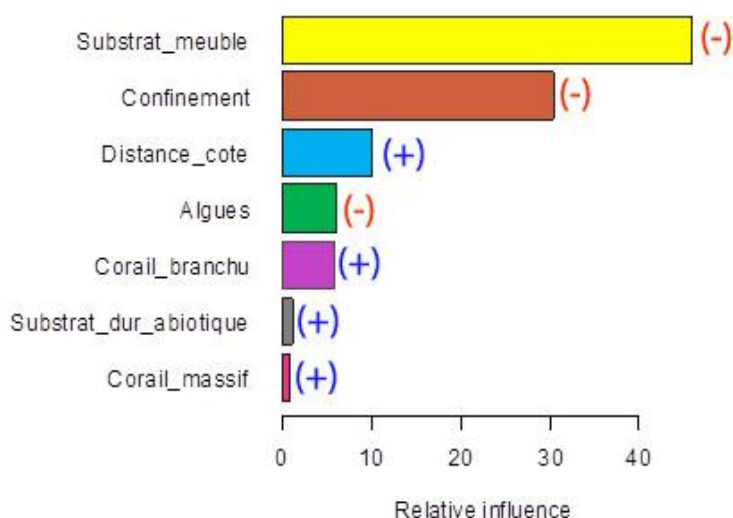


Figure 8. Résultats de l'analyse d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquée sur la richesse spécifique : influences relatives des 7 facteurs du paysage. Les signes + et - indiquent le sens de la corrélation.

III.3.3. Densités moyennes

cf Pièces cartographiques - Carte 7 : Densités moyennes des peuplements de poissons et Carte 8 : Densités moyennes en espèces de poissons d'intérêt commercial et espèces indicatrices

Un large spectre de densités a été enregistré sur les stations de la zone d'étude, de 0,5 ind.m⁻² sur la station 24 dans la baie de Port-boisé à 16,9 ind.m⁻² sur la station 2 dans la baie de Prony (Carte 7 et Annexe 9). Les densités moyennes dans la grande baie du Prony (4,5±2,1 ind.m⁻²) et autour de l'île Ouen (3,7±1,0 ind.m⁻²) sont très significativement supérieures à celles de la grande zone du canal de la Havannah (2,0±0,4 ind.m⁻²) (test de Kruskal-Wallis, p<0,001 et test post-hoc de Kruskal-Wallis, p<0,05) (Figure 7). Ces différences de densités sont dues pour beaucoup à la présence de bancs de planctonophages sédentaires (ex. *Pomacentrus aurifrons*) qui forment souvent de grands bancs. Par contraste, les densités en espèces d'intérêt commercial et indicatrices varient très peu d'une zone à l'autre. Elles représentent en moyenne 0,24±0,08 ind.m⁻² dans la grande baie du Prony, 0,25±0,06 ind.m⁻² autour de l'île Ouen et 0,33±0,06 ind.m⁻² dans la grande zone du canal de la Havannah (Figure 7). Ces variations ne sont pas significatives (test de Kruskal-Wallis, p>0,05).

Les analyses de type BRT nous révèlent que la couverture en corail massif (42% de la variance expliquée) et la couverture en substrat meuble (22%) sont les 2 facteurs les plus influents dans la répartition des densités moyennes de poissons (Figure 9). Les modèles de régression linéaire confirment les effets négatifs de la couverture en corail massif (p<0,05) et de la couverture en substrat meuble (p<0,001) sur les densités (Annexe 10). Ils montrent cependant un comportement différent des densités d'espèces commerciales et indicatrices dont la répartition est uniquement influencée positivement par la distance à la côte (Annexe 10). Cette influence de la distance à la côte (13% d'influence relative) se retrouve dans les analyses de type BRT (Figure 9) qui soulignent également l'influence de la couverture en corail branchu (18%).

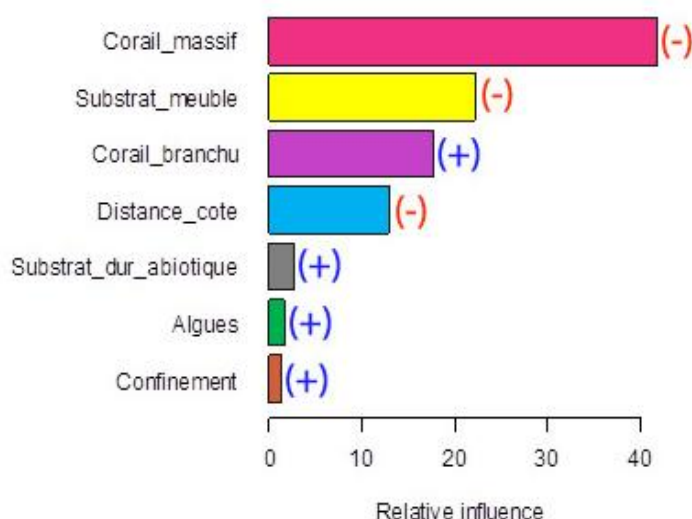


Figure 9. Résultats de l'analyse d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquée sur la densité moyenne : influences relatives des 7 facteurs du paysage. Les signes + et - indiquent le sens de la corrélation.

III.3.4. Biomasses moyennes

cf Pièces cartographiques - Carte 9 : Biomasses moyennes des peuplements de poissons et Carte 10 : Biomasses moyennes en espèces de poissons d'intérêt commercial et espèces indicatrices

Les biomasses moyennes sont elles-aussi très variables sur les stations de la zone d'étude.

Elles varient de 10,6 g.m⁻² sur la station 15 dans la baie Iré à 211,5 g.m⁻² sur la station 46 sur le récif du Prony (Carte 9 et Annexe 9). Les biomasses moyennes dans la grande baie du Prony (29,7±9,3 g.m⁻²) et autour de l'île Ouen (52,6±11,0 g.m⁻²) sont très significativement inférieures (test de Kruskal-Wallis, p<0,001 et test post-hoc de Kruskal-Wallis, p<0,05) à celles de la grande zone du canal de la Havannah (85,8±15,7 g.m⁻²) (Figure 7).

Les biomasses moyennes en espèces d'intérêt commercial et indicatrices suivent la même dynamique : la biomasse moyenne de la grande baie du Prony (29,2±18,3 g.m⁻²) est très significativement inférieure à celle de la grande zone du canal de la Havannah (Figure 7), où sa valeur moyenne est de 64,0±12,9 g.m⁻² (test de Kruskal-Wallis, p<0,001 et test post-hoc de Kruskal-Wallis, p<0,05). La biomasse moyenne autour de l'île Ouen est de 39,5±9,8 g.m⁻² (Figure 5). Les espèces d'intérêt commercial et indicatrices constituent, en moyenne, quasiment la totalité de la biomasse du peuplement dans la grande baie du Prony (Figure 7).

Selon les analyses de type BRT, c'est le degré de confinement qui influence le plus la répartition des biomasses (influence relative de 45%) (Figure 10). Les modèles de régression linéaire confirment ce résultat en soulignant l'influence négative du degré de confinement sur les biomasses toutes espèces (p<0,001) mais aussi sur les biomasses des espèces commerciales et indicatrices (p<0,01). Ils indiquent aussi l'effet positif de la distance à la côte sur la biomasse de ces espèces (p<0,05) (Annexe 10). Les analyses de type BRT soulignent également l'importance de la distance à la côte (23%) et de la couverture en substrat meuble (22%) dans la répartition des biomasses dans la zone d'étude (Figure 10).

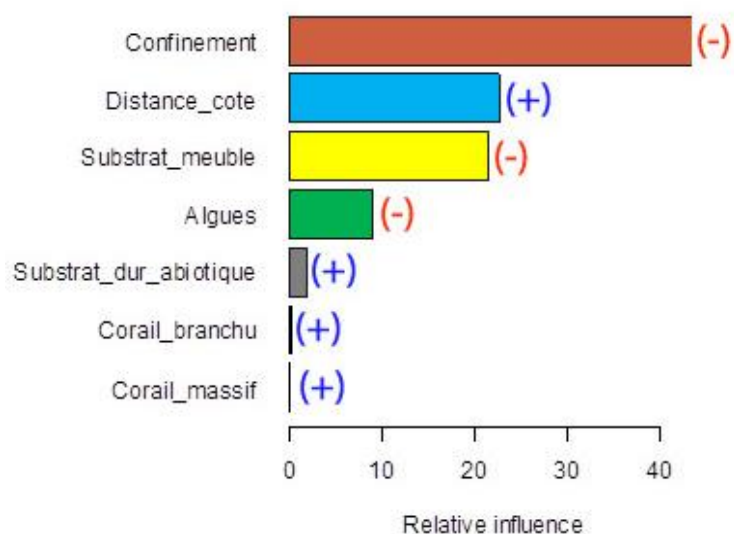


Figure 10. Résultats de l'analyse d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquée sur la biomasse moyenne : influences relatives des 7 facteurs du paysage. Les signes + et - indiquent le sens de la corrélation.

III.3.5. Distribution des fréquences de tailles des principales espèces d'intérêt commercial

Suite à ces premiers résultats qui révèlent des différences notables entre les zones, nous avons cherché à mieux comprendre le rôle de chacune d'entre-elles, et notamment un éventuel rôle de nourricerie pour des espèces de taille moyenne à grande (pour les petites espèces la précision des estimations de taille et l'amplitude des variations de taille ne permet pas cet exercice). Nous avons pour cela sélectionné 10 espèces avec des abondances suffisantes pour établir leur répartition par classes de taille dans chacune des 3 zones.

cf Pièces cartographiques - Carte 11 : Fréquences de tailles des principales espèces d'intérêt commercial

Nous résumons ici les faits marquant pour chaque espèce, les tailles minimales et maximales observées dans l'ensemble de la zone étudiée sont indiquées entre parenthèses :

- *Scarus rivulatus* (min. 10 cm – max. 35 cm) : les individus de moins de 25 cm représentent 84% de la population de la grande baie du Prony, 5% de la population autour de l'île Ouen et 29% de celle de la grande zone du canal de la Havannah.
- *Plectropomus leopardus* (min. 12 cm – max. 70 cm) : les individus de moins de 25 cm représentent 24% de la population de la grande baie du Prony, 12% de la population autour de l'île Ouen et 2% de celle de la grande zone du canal de la Havannah. Les individus de plus de 60 cm représentent respectivement 0%, 2% et 12% de la population dans ces 3 zones.
- *Scarus ghobban* (min. 7 cm – max. 40 cm) : les individus de moins de 20 cm représentent 60% de la population de la grande baie du Prony, 35% de la population autour de l'île Ouen et 11% de celle de la grande zone du canal de la Havannah. Les individus de plus de 30 cm représentent respectivement 0%, 35% et 36% de la population dans ces 3 zones.
- *Siganus doliatus* (min. 6 cm – max. 30 cm) : les individus de moins de 15 cm représentent 41% de la population de la grande baie du Prony, 18% de la population autour de l'île Ouen et 2% de celle de la grande zone du canal de la Havannah. Les individus de plus de 30 cm (ce qui est très proche de la taille maximale connue de l'espèce) représentent respectivement 3%, 16% et 41% de la population dans ces 3 zones.

- *Cheilinus chlorourus* (min. 5 cm – max. 35 cm) : les individus de moins de 15 cm représentent 53% de la population de la grande baie du Prony, 29% de la population autour de l'île Ouen et 26% de celle de la grande zone du canal de la Havannah.
- *Siganus puellus* (min. 5 cm – max. 28 cm) : les individus de moins de 15 cm représentent 61% de la population de la grande baie du Prony, 11% de la population autour de l'île Ouen et 6% de celle de la grande zone du canal de la Havannah. Les individus de plus de 25 cm représentent respectivement 0%, 16% et 40% de la population dans ces 3 zones.
- *Lutjanus fulvivflamma* (min. 18 cm – max. 35 cm) : les individus de moins de 25 cm représentent 80% de la population de la grande baie du Prony, 45% de la population autour de l'île Ouen et 35% de celle de la grande zone du canal de la Havannah. Les individus de plus de 35 cm (ce qui est très proche de la taille maximale connue de l'espèce) sont uniquement présents (13%) dans cette dernière zone.
- *Zebrasoma velifer* (min. 5 cm – max. 25 cm) : les individus de moins de 10 cm représentent 27% de la population de la grande baie du Prony, 13% de la population autour de l'île Ouen et 3% de celle de la grande zone du canal de la Havannah. Les individus de plus de 20 cm représentent respectivement 4%, 10% et 41% de la population dans ces 3 zones.
- *Siganus vulpinus* (min. 8 cm – max. 22 cm) : les individus de moins de 10 cm représentent 2% de la population de la grande baie du Prony, 28% de la population autour de l'île Ouen et 1% de celle de la grande zone du canal de la Havannah. Les individus de plus de 20 cm représentent respectivement 5%, 2% et 43% de la population dans ces 3 zones.
- *Acanthurus blochii* (min. 5 cm – max. 35 cm) : les individus de moins de 20 cm représentent 40% de la population de la grande baie du Prony, 47% de la population autour de l'île Ouen et 10% de celle de la grande zone du canal de la Havannah. Les individus de plus de 30 cm sont uniquement présents (36%) dans cette dernière zone.

L'ensemble de ces analyses montre la progression de taille de la zone 1 à la zone 3, sans qu'il soit cependant possible de dire s'il y a migration entre ces zones ou non.

III.4. Aspects fonctionnels des peuplements de poissons

III.4.1. Etude selon les groupes trophiques

Pour plus de clarté, nous avons regroupé les deux classes d'espèces herbivores (HM et HD) en une seule (H) dans cette partie de l'étude.

III.4.1.a. Richesses spécifiques par groupe trophique et relations avec les caractéristiques du paysage benthique

cf Pièces cartographiques - Carte 12 : Structures trophiques des peuplements de poissons exprimées en richesse spécifique relative

Le détail par station des richesses spécifiques par groupe trophique est donné en Annexe 11.

Les valeurs moyennes par zone et par groupe trophique des richesses spécifiques sont disponibles en Annexe 12.

La structure trophique des peuplements de poissons en richesse spécifique est relativement stable d'une station à l'autre (Carte 12) et a fortiori entre les zones (Figure 11). Les différences de richesse spécifique entre zones sont significatives pour 3 des 6 groupes trophiques évalués (Figure 11). La richesse par station en espèces planctonophages est significativement plus importante dans la grande zone de la baie du Prony ($10 \pm 1,4$ espèces en moyenne) que dans la zone du canal de la Havannah ($8 \pm 0,8$ espèces en moyenne) (ANOVA, $p < 0,05$ et test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$). Elle est en moyenne de $9 \pm 1,0$ espèces autour de l'île Ouen (Figure 11). La différence entre zones de la richesse par station

en consommateurs d'invertébrés mobiles est hautement significative : elle est plus importante dans la grande zone de la baie du Prony ($15 \pm 1,7$ espèces en moyenne) et dans la zone du canal de la Havannah ($15 \pm 1,2$ espèces en moyenne) (ANOVA, $p < 0,001$ et test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) qu'autour de l'île Ouen ($10 \pm 1,4$ espèces en moyenne) (Figure 11). La différence entre zones de la richesse par station des herbivores est hautement significative (ANOVA, $p < 0,001$). Elle est plus importante dans la zone du canal de la Havannah ($9 \pm 1,0$ espèces en moyenne) que dans les deux autres zones pour lesquelles la richesse moyenne par station est identique ($7 \pm 1,4$ et $7 \pm 1,0$ espèces). Le groupe des consommateurs d'invertébrés mobiles est le plus représenté dans les 3 zones (Figure 11). Le groupe trophique le moins représenté est celui des piscivores avec une richesse moyenne par station identique dans les 3 zones de respectivement $4 \pm 1,0$, $4 \pm 0,9$ et $4 \pm 0,6$ espèces (Figure 11).

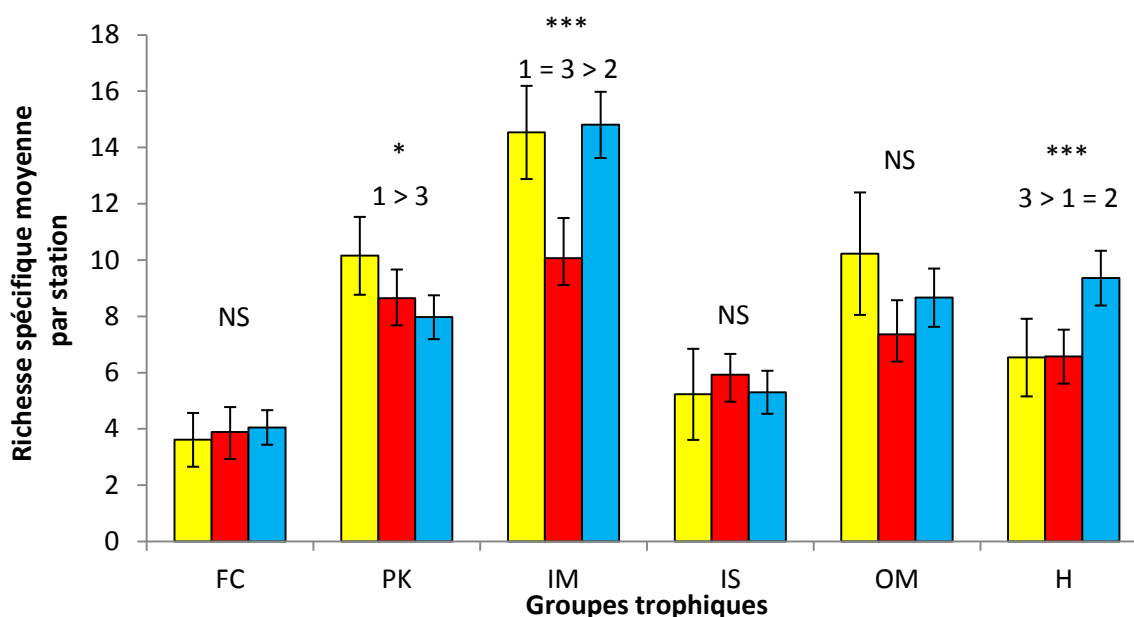


Figure 11. Richesse spécifique moyenne par station des différents groupes trophiques dans les 3 zones identifiées. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah.

D'après les analyses de type BRT, la couverture en substrat meuble est le facteur le plus influant dans la distribution des richesses spécifiques de tous les groupes trophiques à l'exception des piscivores (Figure 12). Pour les consommateurs d'invertébrés mobiles, sessiles, les omnivores et les herbivores, son influence relative est supérieure à 40% (Figure 12). Les richesses spécifiques de ces différents groupes sont systématiquement plus faibles sur les stations où la couverture en substrat meuble est la plus importante, indiquant que cette influence est négative. La richesse en piscivores est quand-à-elle principalement influencée par la distance à la côte (43%, Figure 12), les stations les plus éloignées de la côte attirant un plus grand nombre d'espèces. La couverture en corail branchu influence aussi positivement la richesse en piscivores (19%) et en planctonophages (23%). Enfin, le degré de confinement influence négativement la richesse en consommateurs d'invertébrés mobiles (33%), sessiles (16%) et en herbivores (21%) (Figure 12). Les modèles de régression linéaire (Annexe 10) confirment l'influence négative de la couverture en substrat meuble sur la richesse en planctonophages ($p < 0,01$) et l'influence négative du degré de confinement sur la richesse en consommateurs d'invertébrés mobiles ($p < 0,001$) et en herbivores ($p < 0,001$). Ils indiquent en outre l'influence négative de la couverture en substrat dur abiotique sur la richesse en piscivores ($p < 0,05$) et en planctonophages ($p < 0,05$) et les influences positives de la couverture en corail branchu sur la richesse en herbivores ($p < 0,05$) et de la distance à la côte sur la richesse en omnivores ($p < 0,05$) (Annexe 10).

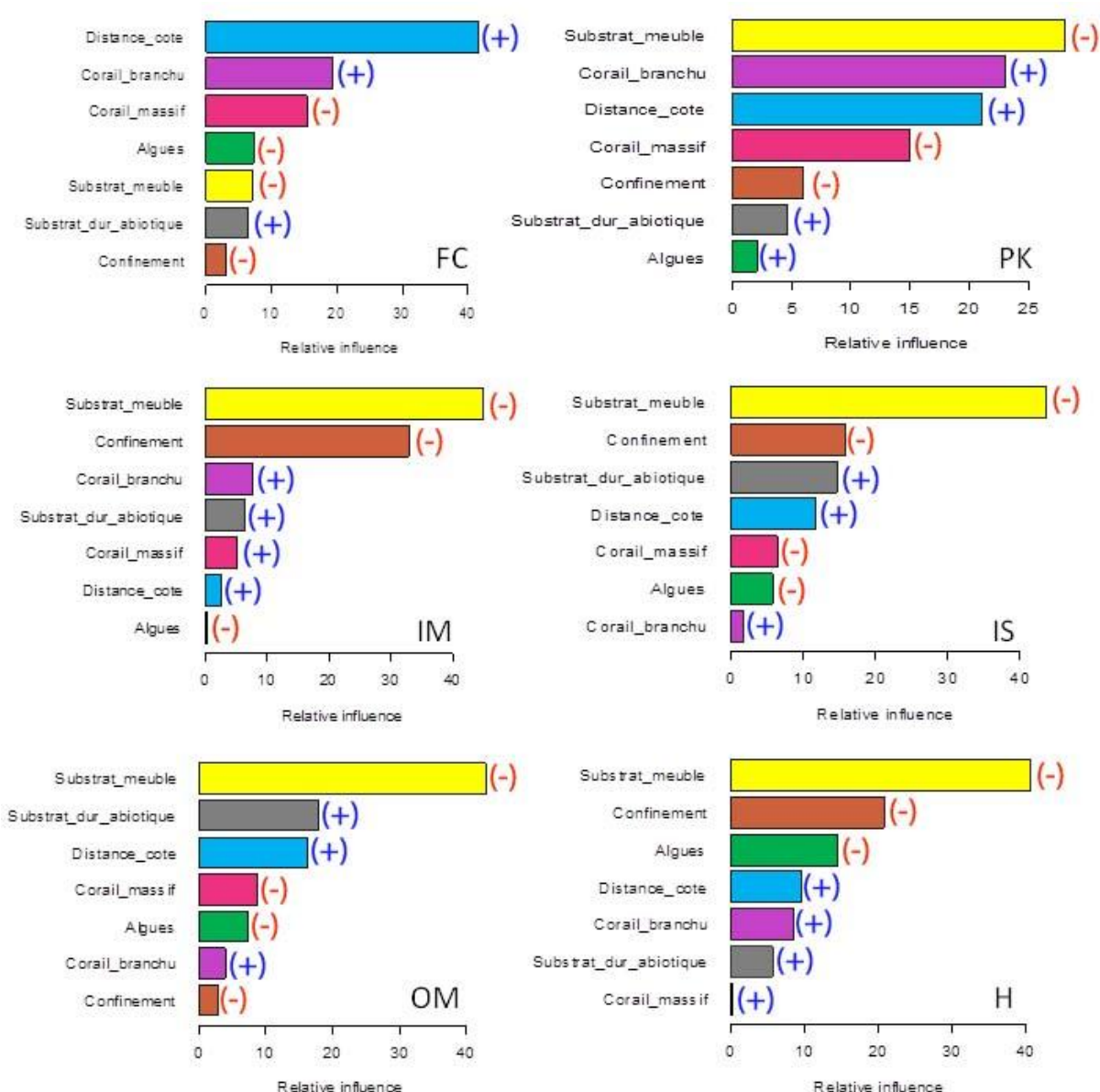


Figure 12. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur les richesses spécifiques moyennes par station des différents groupes trophiques. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. . Les signes + et - indiquent le sens de la corrélation.

III.4.1.b. Densités moyennes par groupe trophique et relations avec les caractéristiques du paysage benthique

cf Pièces cartographiques - Carte 13 : Structures trophiques des peuplements de poissons exprimées en densité moyenne relative

La structure trophique des peuplements de poissons en densités est assez variable d'une station à l'autre (Carte 13). Elle est globalement dominée par les planctonophages, avec une contribution importante des omnivores sur certaines stations.

Le détail par station est donné en Annexe 13, les valeurs moyennes par zone sont données en Annexe 12.

Les densités moyennes en piscivores, consommateurs d'invertébrés sessiles et omnivores ne sont pas significativement différentes entre les zones (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (Figure 13). Les différences de densités moyennes entre les zones des 3 autres groupes trophiques sont en revanche hautement significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$). Les densités de planctonophages sont significativement plus élevées dans la grande zone de la baie du Prony ($3,8 \pm 2,1 \text{ ind.m}^{-2}$) et autour de l'île Ouen ($2,7 \pm 0,8 \text{ ind.m}^{-2}$) que dans la grande zone du canal de la Havannah ($1,1 \pm 0,4 \text{ ind.m}^{-2}$) (test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figure 13). Les densités de consommateurs d'invertébrés mobiles sont significativement plus élevées dans la grande zone de la baie du Prony ($0,19 \pm 0,04 \text{ ind.m}^{-2}$) qu'autour de l'île Ouen ($0,07 \pm 0,02 \text{ ind.m}^{-2}$) et dans la grande zone du canal de la Havannah ($0,10 \pm 0,02 \text{ ind.m}^{-2}$) (test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Enfin, les densités en herbivores sont significativement plus élevées dans la grande zone de la baie du Prony ($0,11 \pm 0,04 \text{ ind.m}^{-2}$) et dans la grande zone du canal de la Havannah ($0,09 \pm 0,02 \text{ ind.m}^{-2}$) qu'autour de l'île Ouen ($0,04 \pm 0,01 \text{ ind.m}^{-2}$) (test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figure 13).

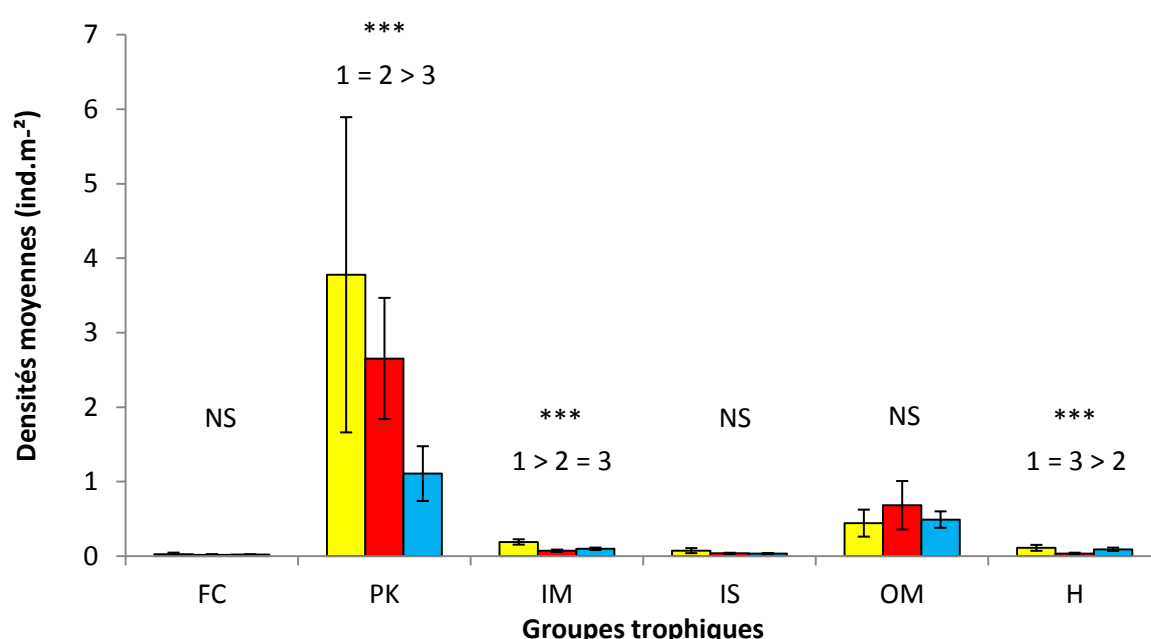


Figure 13. Densité moyenne des différents groupes trophiques dans les 3 zones identifiées. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah.

D'après les analyses de type BRT (Figure 14), les facteurs auxquels les densités des classes trophiques sont liées changent d'un groupe trophique à l'autre de façon importante. Ainsi, les densités moyennes en piscivores sont principalement influencées par la couverture en substrat dur abiotique (37%), cette influence négative est confirmée par les modèles de régression linéaire ($p < 0,05$) (Annexe 10). Les BRT indiquent que la couverture en corail massif est le facteur le plus influent (48%) dans la distribution des densités de planctonophages. Cette influence négative est confirmée par les modèles de régression linéaire ($p < 0,01$) qui soulignent en outre les effets négatifs de la couverture en corail branchu ($p < 0,01$) et en substrat meuble ($p < 0,001$) sur les densités de planctonophages (Annexe 10). Ces modèles mettent aussi en évidence que la couverture en substrat meuble ($p < 0,001$), en substrat dur abiotique ($p < 0,01$), en corail massif ($p < 0,001$) et en corail branchu ($p < 0,01$) influencent négativement les densités de consommateurs d'invertébrés mobiles (Annexe 10) alors que d'après les BRT (Figure 14), elles sont principalement influencées par la distance à la côte (39%) et la couverture en algues (37%). Les résultats de ces deux types d'analyses divergent également pour les densités en herbivores : les BRT indiquent l'influence positive de la couverture en algues (43%) et l'influence

négative de la couverture en substrat dur abiotique (21%) alors que les modèles de régression linéaire mettent en évidence les influences négatives de la couverture en corail massif ($p < 0,05$) et du confinement ($p < 0,05$). Enfin, les analyses concordent pour expliquer les variations de densités en consommateurs d'invertébrés sessiles et omnivores. Les modèles de régression linéaire (Annexe 10) indiquent que les densités de consommateurs d'invertébrés sessiles sont très négativement influencées par la couverture en substrat meuble ($p < 0,001$) et les BRT (Figure 14) permettent de calculer une influence relative de 59% de ce facteur. D'après les BRT, la couverture en substrat meuble (42%) et le degré de confinement (26%) sont les facteurs qui influencent le plus les densités en omnivores. Les modèles de régression linéaire (Annexe 10) confirment l'influence négative du confinement ($p < 0,001$) et indiquent en plus une influence négative de la couverture en corail massif ($p < 0,01$) sur les densités en omnivores.

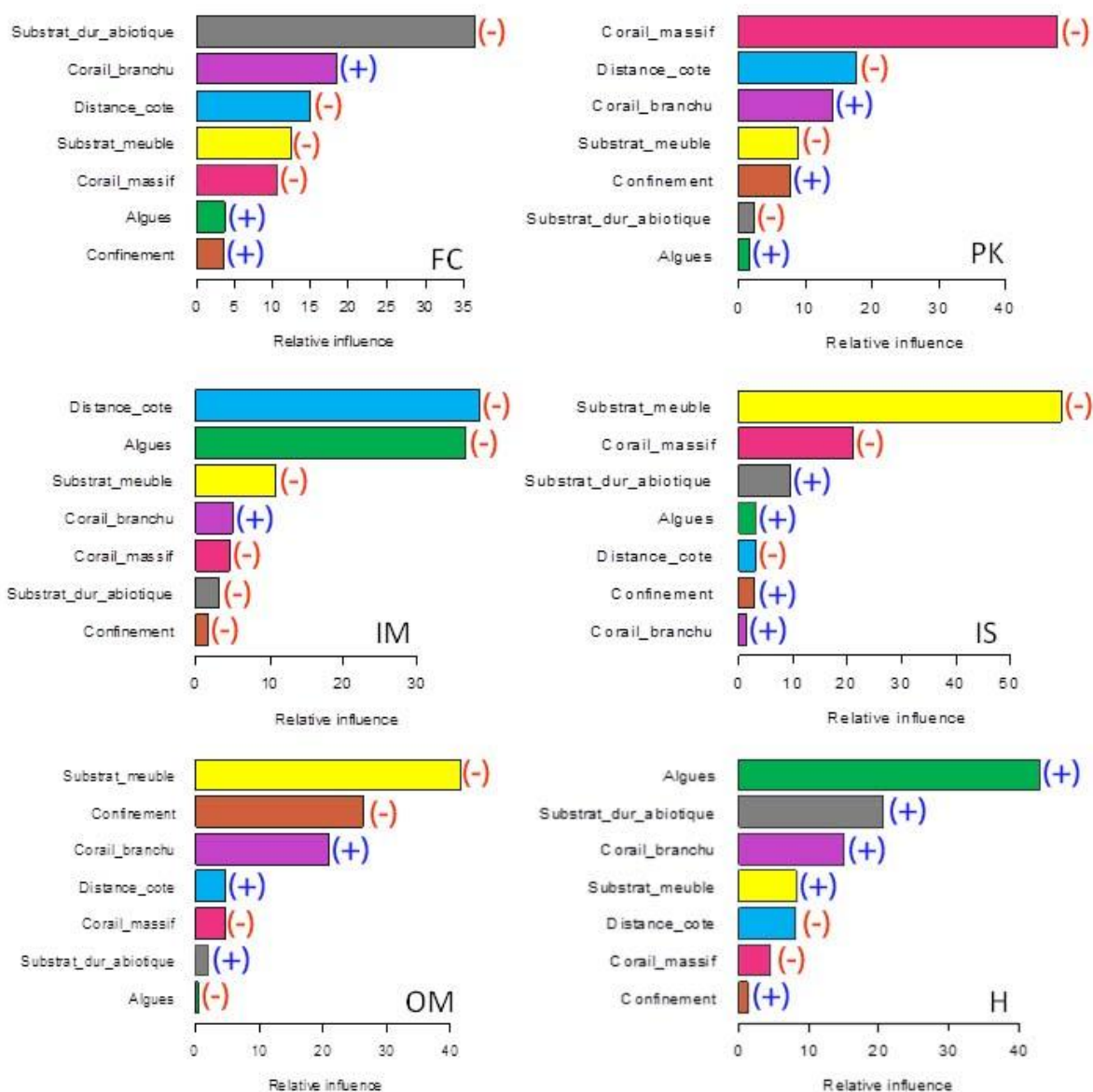


Figure 14. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur les densités moyennes des différents groupes trophiques. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. . Les signes + et - indiquent le sens de la corrélation.

III.4.1.c. Biomasses moyennes par groupe trophique et relations avec les caractéristiques du paysage benthique

cf Pièces cartographiques - Carte 14 : Structures trophiques des peuplements de poissons exprimées en biomasse moyenne relative

La structure trophique des peuplements de poissons en biomasses moyennes est extrêmement variable d'une station à l'autre, y compris entre stations voisines (Carte 14).

Le détail par station est donné en Annexe 14, les valeurs moyennes par zone sont données en Annexe 12.

Les variations de la biomasse moyenne entre les zones de chaque groupe trophique (Figure 15) suivent parfaitement les variations de la biomasse moyenne toutes espèces entre zones (Figure 7), à l'exception des consommateurs d'invertébrés sessiles pour lesquels la biomasse moyenne est presque identique d'une zone à l'autre (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (Figure 15). Les intervalles de confiance conséquents reflètent des variations très importantes au sein de chaque zone et expliquent les différences non significatives de biomasse moyenne entre les zones pour les piscivores, planctonophages et omnivores (tests de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les différences de biomasse moyenne sont très hautement significatives pour les herbivores (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$), avec une biomasse moyenne bien plus élevée dans la grande zone du canal de la Havannah ($15,4 \pm 5,3 \text{ g.m}^{-2}$) qu'autour de l'île Ouen ($4,5 \pm 1,4 \text{ g.m}^{-2}$) et dans la grande baie du Prony ($2,5 \pm 0,9 \text{ g.m}^{-2}$) (test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figure 15). La biomasse moyenne des consommateurs d'invertébrés mobiles est très significativement plus élevée dans la grande zone du canal de la Havannah ($14,1 \pm 2,7 \text{ g.m}^{-2}$) que dans la grande baie du Prony ($6,0 \pm 2,2 \text{ g.m}^{-2}$) (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$ et test post hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figure 15). Elle est de $10,0 \pm 2,7 \text{ g.m}^{-2}$ autour de l'île Ouen (Figure 15).

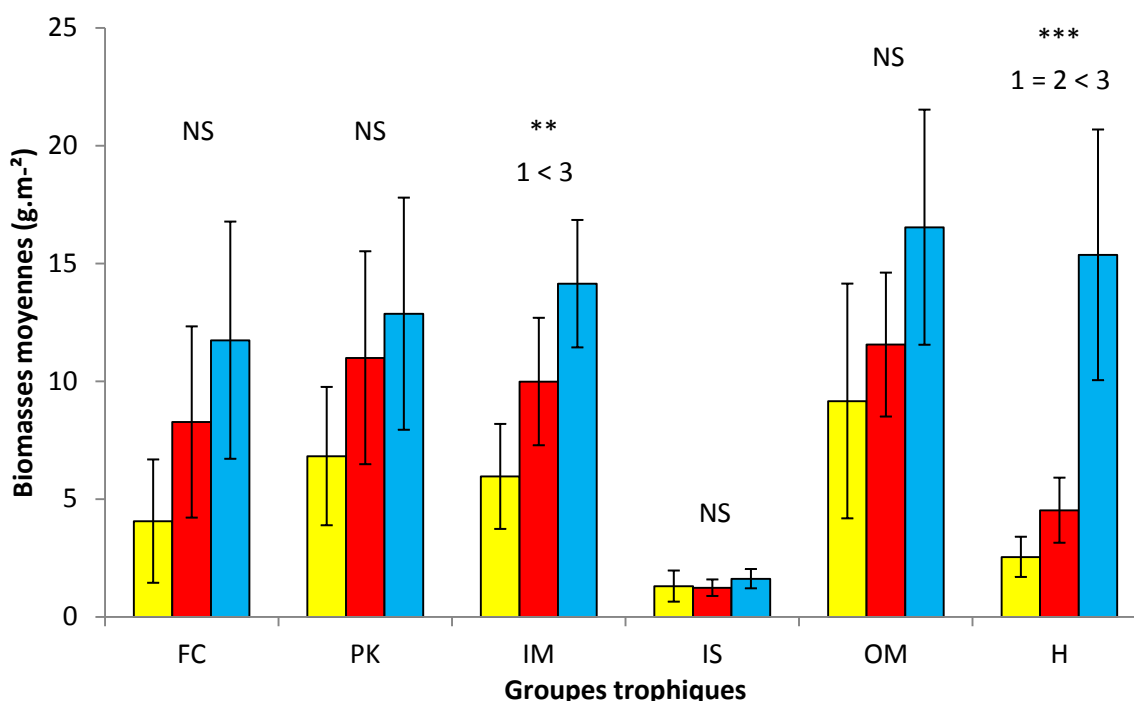


Figure 15. Biomasse moyenne des différents groupes trophiques dans les 3 zones identifiées. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah.

D'après les analyses de type BRT (Figure 16), le degré de confinement est le facteur le plus influent sur les biomasses moyennes des consommateurs d'invertébrés mobiles (54%), des omnivores (41%) et des herbivores (54%). Les modèles de régression linéaire confirment l'influence négative du degré de confinement sur ces biomasses ($p < 0,001$; $p < 0,01$ et $p < 0,001$ respectivement) (Annexe 10). L'influence relative de la couverture en substrat meuble est très importante sur les biomasses des consommateurs d'invertébrés sessiles (61%), des omnivores (27%) et des planctonophages (47%). Les modèles de régression linéaire (Annexe 10) confirment l'influence négative de la couverture en substrat meuble sur la biomasse de consommateurs d'invertébrés sessiles ($p < 0,05$). Les BRT (Figure 16) indiquent également que la distance à la côte influence positivement les biomasses de consommateurs d'invertébrés mobiles (39%), d'herbivores (27%) et de piscivores (24%). De plus, la couverture en algues est le facteur de plus forte influence (51%) sur les biomasses de piscivores (Figure 16).

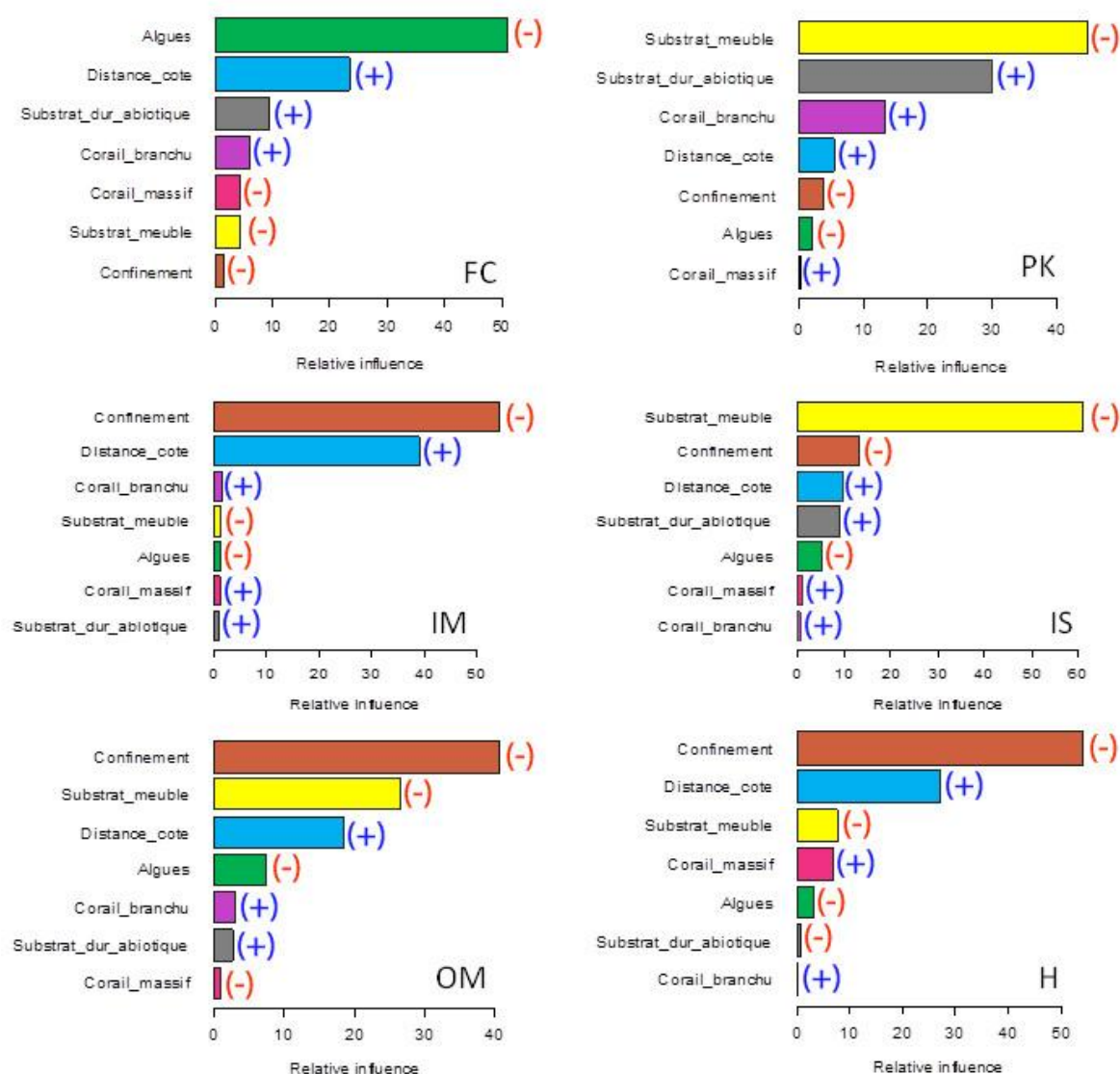


Figure 16. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur les biomasses moyennes des différents groupes trophiques. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores.

III.4.2. Etude selon les classes de taille

Les premières analyses effectuées sur les 6 classes de taille ont révélé des comportements similaires de certaines d'entre-elles. Nous avons effectué des regroupements pour faciliter la compréhension de cette partie de l'étude :

- S1 = T1 : espèces de taille maximale <7cm
- S2 = T2 + T3 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm
- S3 = T4 + T5 + T6 : espèces de taille maximale >30 cm

III.4.2.a. Richesses spécifiques par classe de taille et relations avec les caractéristiques du paysage benthique

cf Pièces cartographiques - Carte 15 : Structures des peuplements de poissons par classes de tailles exprimées en richesse spécifique relative

Les structures des peuplements en richesse spécifique relative montrent quelques différences entre les zones (Carte 15). La seule tendance forte visible sur la carte est le cantonnement des espèces de petite taille (S1) aux stations confinées.

Le détail par station est donné en Annexe 11, les valeurs moyennes par zone sont données en Annexe 12.

La différence de richesse en espèces de petite taille (S1) est hautement significative entre les 3 zones (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$). Elle est significativement plus élevée dans la grande baie du Prony ($3 \pm 0,5$ espèces en moyenne par station) qu'autour de l'île Ouen ($2 \pm 0,2$ espèces en moyenne par station) et plus élevée autour de l'île Ouen que dans la grande zone du canal de la Havannah ($1 \pm 0,2$ espèces en moyenne par station) (test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figure 17). La différence de richesse en espèces de taille moyenne (S2) est également hautement significative entre les 3 zones (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$). La richesse de ces espèces est plus élevée dans la grande baie du Prony ($27 \pm 3,9$ espèces en moyenne par station) et dans la grande zone du canal de la Havannah ($22 \pm 1,4$ espèces en moyenne par station) qu'autour de l'île Ouen ($18 \pm 2,3$ espèces en moyenne par station) (test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figure 17). Enfin, la différence de richesse en espèces de grande taille (S3) est très significative entre les 3 zones (ANOVA, $p < 0,01$). Elle est significativement plus faible dans la grande baie du Prony ($18 \pm 3,4$ espèces en moyenne par station) que dans la grande zone du canal de la Havannah ($26 \pm 2,5$ espèces en moyenne par station) (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$). Elle est en moyenne de $22 \pm 3,0$ espèces par station autour de l'île Ouen (Figure 17).

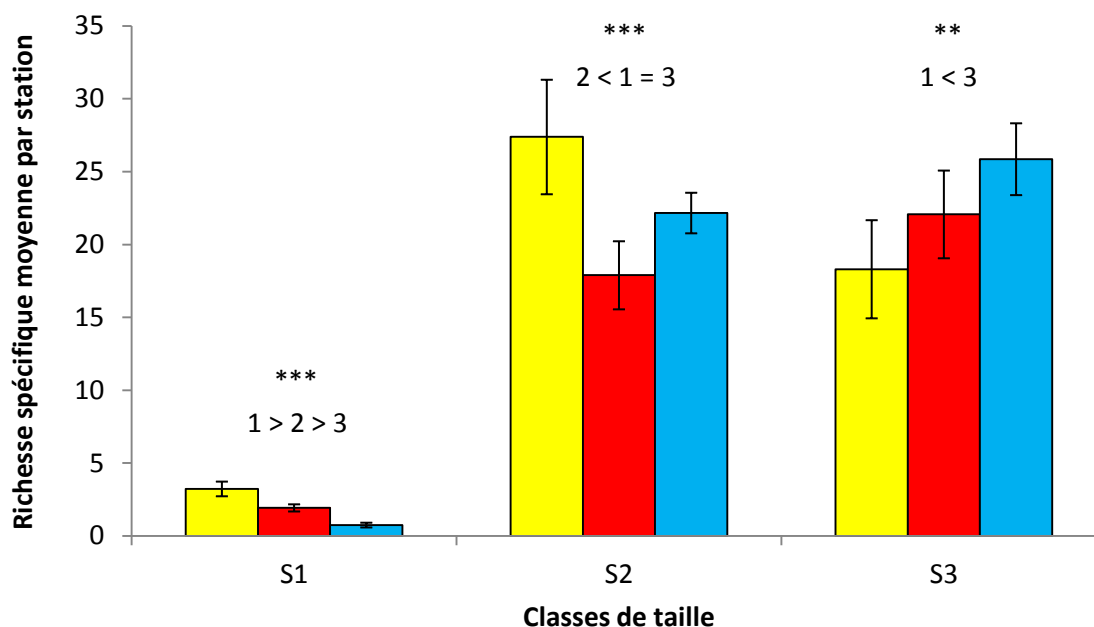


Figure 17. Richesse spécifique des différentes classes de taille dans les 3 zones identifiées. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah.

D'après les analyses de type BRT (Figure 18), la richesse en espèces de petite taille (S1) est très largement déterminée par la distance à la côte (71%), les stations proches de la côte étant les plus riches. Le degré de confinement a une influence relative positive de 19%, résultat confirmé ($p < 0,001$) par les modèles de régression linéaire (Annexe 10). La richesse en espèces de taille moyenne (S2) est influencée négativement par la couverture en substrat meuble ($p < 0,001$) et par le degré de confinement ($p < 0,05$) d'après les modèles de régression linéaire (Annexe 10). Les résultats des BRT concordent, avec une influence relative respective de 77% et 9% de ces 2 facteurs (Figure 18). D'après ces mêmes analyses, plusieurs facteurs ont des influences relatives importantes dans la détermination des richesses en espèces de grande taille (S3). La couverture en algues (31%) et le degré de confinement (23%) ont une influence relative négative alors que la distance à la côte (25%) a une influence relative positive (Figure 18). Les modèles de régression linéaire (Annexe 10) confirment les influences du degré de confinement ($p < 0,01$) et de la distance à la côte ($p < 0,01$) et indiquent en outre une influence positive de la couverture en corail branchu ($p < 0,05$).

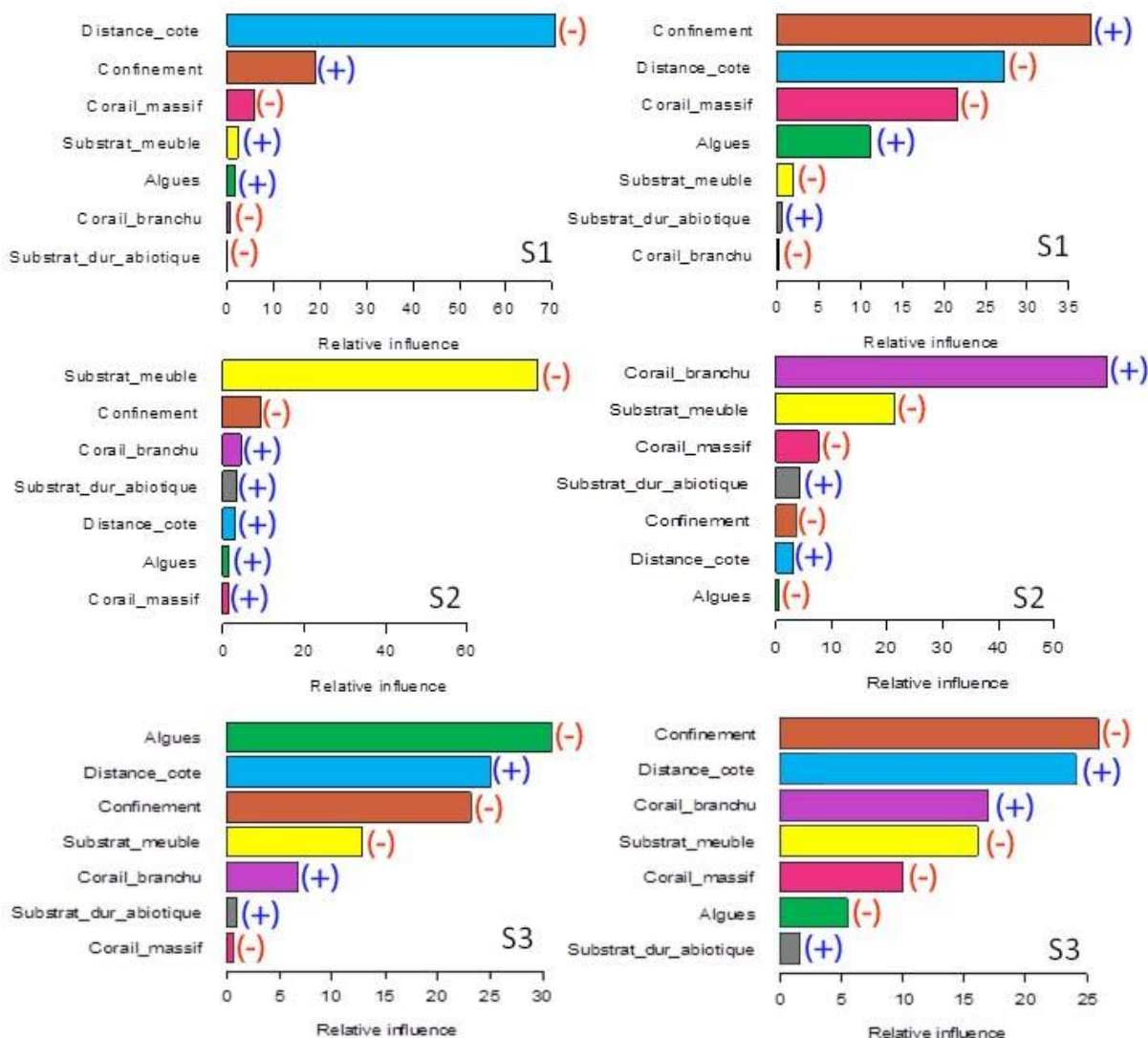


Figure 18. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur les richesses spécifiques (graphiques de gauche) et les densités moyennes (graphiques de droite) des différentes classes de taille. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. . Les signes + et - indiquent le sens de la corrélation.

III.4.2.b. Densités moyennes par classe de taille et relations avec les caractéristiques du paysage benthique

cf Pièces cartographiques - Carte 16 : Structures des peuplements de poissons par classes de tailles exprimées en densité moyenne relative

Les structures des peuplements en densités moyennes montrent des différences importantes entre stations et entre les zones, essentiellement pour les espèces de petite taille (Carte 16). Le détail par station est donné en Annexe 13, les valeurs moyennes par zone sont données en Annexe 12.

Les différences de densités moyennes des espèces de petite taille (S1) sont hautement significatives entre les zones (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$) (Figure 19). Elles sont significativement plus élevées dans la grande Baie du Prony ($2,78 \pm 2,08 \text{ ind.m}^{-2}$) et autour de l'île Ouen ($1,27 \pm 0,47 \text{ ind.m}^{-2}$) que dans la grande zone du canal de la Havannah ($0,02 \pm 0,01 \text{ ind.m}^{-2}$) (test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Les différences entre les zones des densités moyennes des espèces de taille moyenne (S2) et de grande taille (S3) ne sont pas significatives (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (Figure 19).

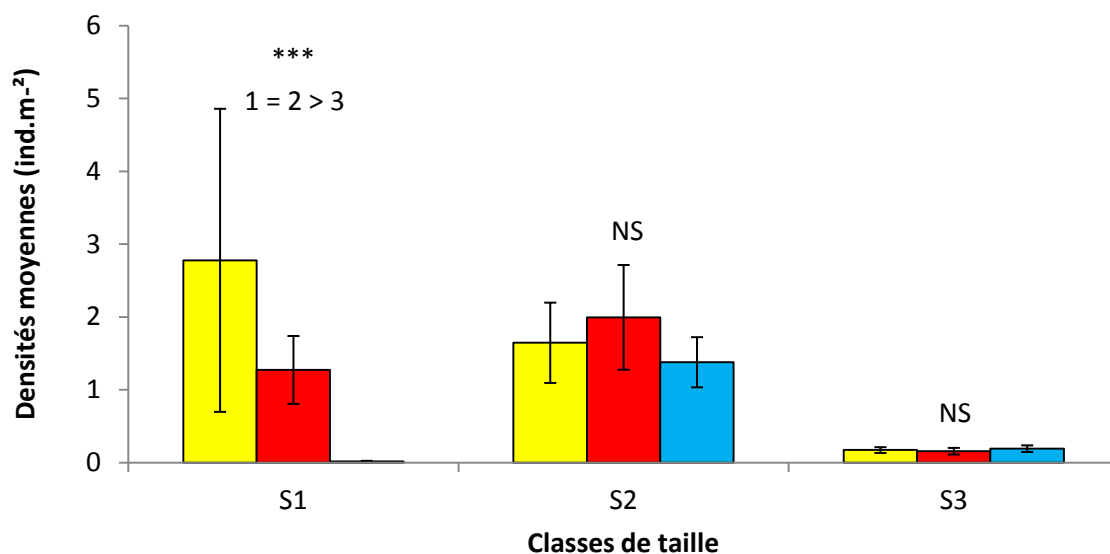


Figure 19. Densités moyennes des différentes classes de taille dans les 3 zones identifiées. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **Zone 2** : île Ouen ; **Zone 3** : grande zone du canal de la Havannah.

D'après les analyses de type BRT, les densités en espèces de petite taille (S1) sont positivement influencées par le degré de confinement (37%) et négativement par la distance à la côte (27%) et la couverture en corail massif (22%). Les modèles de régression linéaire (Annexe 10) confirment l'influence positive du degré de confinement ($p<0,05$) et indiquent les influences négatives de la couverture en substrat meuble ($p<0,05$) et de la couverture en corail branchu ($p<0,001$). Les densités en espèces de taille moyenne (S2) sont positivement influencées par la couverture en corail branchu (59%) et négativement par la couverture en substrat meuble (21%) (Figure 18). Les modèles de régression linéaire donnent des résultats différents en détectant seulement un effet négatif de la couverture en corail massif ($p<0,05$) (Annexe 10). Les densités en espèces de grande taille (S3) sont négativement influencées par le degré de confinement (26%) et positivement par la distance à la côte (24%) (Figure 18), à l'inverse des densités en espèces de petite taille. Les modèles de régression linéaire confirment l'influence négative du degré de confinement ($p<0,01$) (Annexe 10).

III.4.2.c. Biomasses moyennes par classe de taille et relations avec les caractéristiques du paysage

cf Pièces cartographiques – Carte 17 : Structures des peuplements de poissons par classes de tailles exprimées en biomasse moyenne relative

Les structures des peuplements en biomasses moyennes montrent également des différences importantes entre stations et entre les zones (Carte 17). Le détail par station est donné en Annexe 14, les valeurs moyennes par zone sont données en Annexe 12.

Les différences de biomasse moyenne des espèces de petite taille (S1) sont hautement significatives entre les zones (test de Kruskal-Wallis, $p<0,001$) (Figure 20). La biomasse moyenne de ces espèces est significativement plus élevée dans la grande zone de la baie du Prony ($2,9\pm1,8$ g.m⁻²) et autour de l'île Ouen ($2,3\pm0,9$ g.m⁻²) que dans la grande zone du canal de la Havannah ($0,03\pm0,02$ g.m⁻²) (test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p<0,05$) (Figure 20). Les différences de biomasse moyenne en espèces de taille moyenne (S2) sont très significatives entre les zones (test de Kruskal-Wallis, $p<0,01$). Elle est significativement plus élevée dans la grande zone du canal de la Havannah ($15,2\pm3,3$ g.m⁻²) qu'autour

de l'île Ouen ($11,0 \pm 3,9 \text{ g.m}^{-2}$). Dans la grande baie du Prony elle est en moyenne de $8,2 \pm 2,6 \text{ g.m}^{-2}$ (Figure 20). Les différences de biomasse moyenne des espèces de grande taille (S3) sont hautement significatives entre les zones (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$). Elle est significativement plus élevée dans la grande zone du canal de la Havannah ($54,9 \pm 12,2 \text{ g.m}^{-2}$) que dans la grande la baie du Prony ($18,6 \pm 7,1 \text{ g.m}^{-2}$) et autour de l'île Ouen ($33,0 \pm 8,8 \text{ g.m}^{-2}$) (test post-hoc de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figure 20).

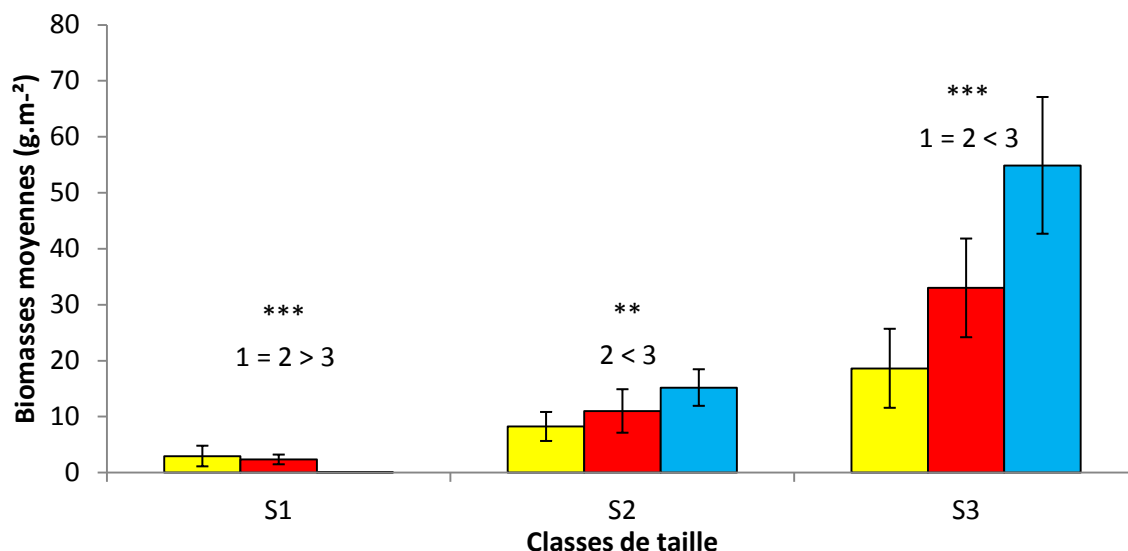


Figure 20. Biomasses moyennes des différentes classes de taille dans les 3 zones identifiées. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah.

Les analyses de type BRT (Figure 21) révèlent que le degré de confinement est le facteur le plus influent sur les variations de biomasses moyennes des 3 classes de taille. Son influence relative est positive pour les biomasses des petites espèces (53%) et négative pour les biomasses des espèces de taille moyenne (43%) et les biomasses des grandes espèces (39%) (Figure 21). Les modèles de régression linéaire confirment l'influence hautement significative ($p < 0,001$) du degré de confinement sur les biomasses de ces 3 classes de tailles (Annexe 10). D'après les BRT, la couverture en corail massif exerce une influence négative (23%) sur les biomasses d'espèces de petite taille (Figure 21). Ce résultat est confirmé ($p < 0,01$) par les modèles de régression linéaire (Annexe 10) qui indiquent en outre l'influence négative ($p < 0,01$) de la couverture en substrat meuble. Les BRT (Figure 21) indiquent que la biomasse en espèces de taille moyenne est également négativement influencée par la couverture en substrat meuble (38%) et que la biomasse en espèces de grande taille est positivement influencée par la distance à la côte (28%).

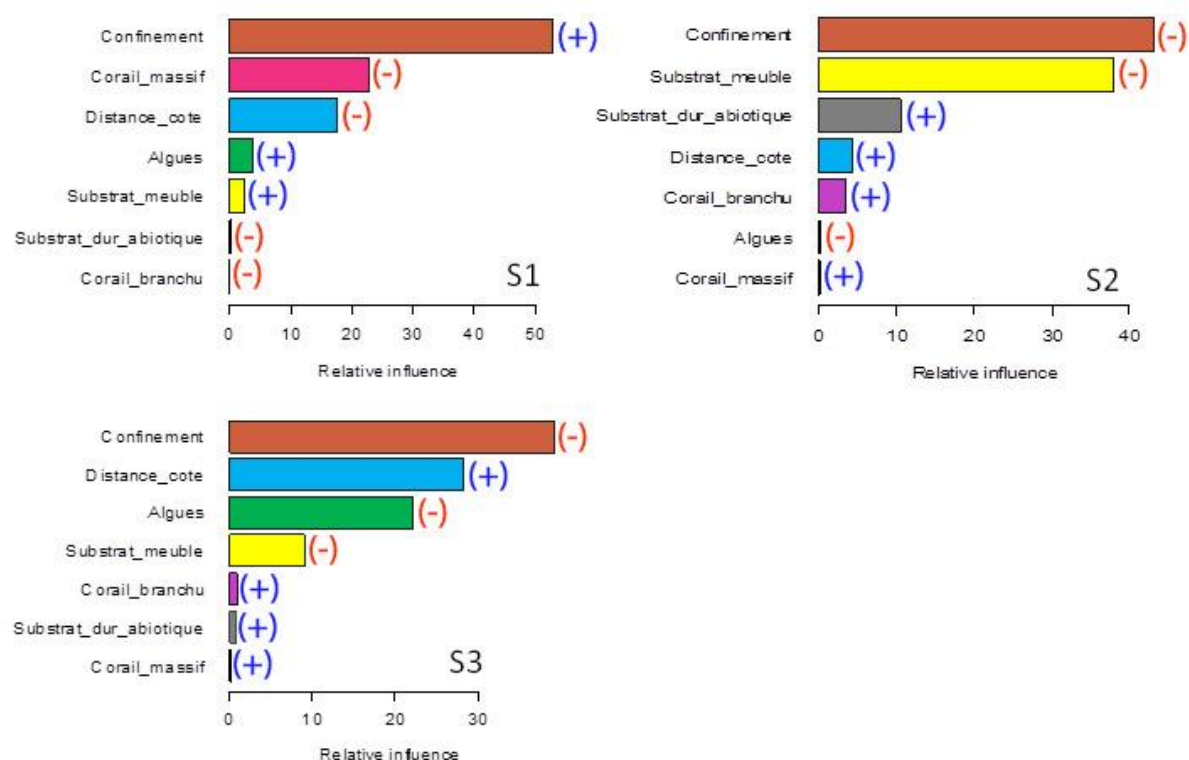


Figure 21. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur les biomasses moyennes des différentes classes de taille. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. Les signes + et - indiquent le sens de la corrélation.

III.5. Vulnérabilité des peuplements de poissons

III.5.1. Recherche de perturbations par la chasse sous-marine avant 1998

Les ANOVAs pratiquées sur les distances d'observations des principales espèces potentiellement visées par la chasse sous-marine (Annexe 15) révèlent plusieurs faits :

- pour 4 des 7 espèces, la distance d'observation dépend significativement de la classe de taille à laquelle appartient l'individu : les individus les plus grands sont détectés de plus loin.
- la distance d'observation est significativement différente d'une zone à l'autre pour seulement 2 espèces (*Scarus rivulatus* et *Scarus ghobban*), dont les structures de taille varient fortement entre les zones.
- la distance d'observation est significativement différente entre les zones pour une même classe de taille pour seulement une espèce (*Naso unicornis*)

III.5.2. Indice de vulnérabilité par rang

cf Pièces cartographiques - Carte 18 : Répartition de la vulnérabilité calculée selon un indice de rangs des stations

La construction de ces indices (cf paragraphe « matériels et méthodes ») a impliqué la synthèse de 9 aspects complémentaires de la vulnérabilité, permettant d'avoir une approche la plus complète possible (Annexe 16). Selon ce premier indice, les 10 stations les plus vulnérables sont :

- les stations 2, 8, 11 et 12 dans la grande Baie du Prony
- les stations 54 et 73 autour de l'île Ouen

- les stations 62 et 64 (île Ugo), 29 et 32 (secteur de la Concession à l'entrée de la baie de Port Boisé) dans le secteur du canal de la Havannah

D'après les analyses de type BRT (Figure 22), la couverture en substrat meuble (32%) et la couverture en corail massif (30%) influencent négativement l'indice de vulnérabilité par rang mais la couverture en corail branchu l'influence positivement (18%). Les stations les plus vulnérables présentent donc des couvertures en substrat meuble et en corail massif peu importantes et de fortes couvertures en corail branchu. Les modèles de régression linéaire (Annexe 17) confirment l'influence négative de la couverture en substrat meuble sur cet indice de vulnérabilité ($p < 0,01$).

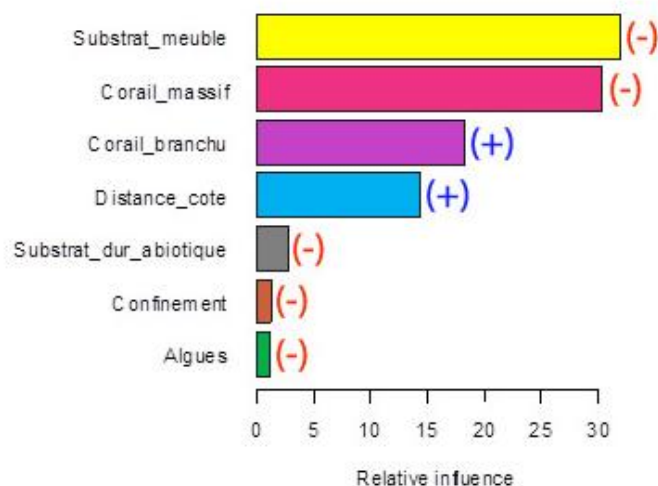


Figure 22. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur l'indice de vulnérabilité par rang. Les signes + et - indiquent le sens de la corrélation.

III.5.3. Indice de vulnérabilité standardisé

cf Pièces cartographiques - Carte 19 : Répartition de la vulnérabilité calculée selon un indice standardisé

Selon ce deuxième indice, les 10 stations les plus vulnérables sont :

- les stations 2, 5, 8, 11 et 12 dans la grande Baie du Prony
- les stations 54 et 73 autour de l'île Ouen
- les stations 64 (île Ugo), 29 et 32 (secteur de la Concession à l'entrée de la baie de Port Boisé) dans le secteur du canal de la Havannah

Il convient de noter une forte convergence entre les stations vulnérables selon l'indice de vulnérabilité par rang et l'indice standardisé.

Les analyses de type BRT réalisées sur ce deuxième indice (Figure 23) confirment l'influence des facteurs identifiés sur le premier indice. L'influence de la couverture en substrat meuble est cependant deux fois plus importante que pour l'indice de vulnérabilité par rang avec 61% d'influence relative négative dans ces analyses (Figure 23). Les modèles de régression linéaire (Annexe 17) confirment ce résultat ($p < 0,01$) et indiquent que la couverture en substrat meuble influence négativement la majorité des indicateurs utilisés pour construire les indices. De plus, ces modèles mettent en évidence que le degré de confinement a une influence négative sur les espèces spécialisées en termes d'habitat ($p < 0,05$) et les biomasses des entités fonctionnelles monospécifiques ($p < 0,01$) mais une influence positive sur les densités de ces entités monospécifiques ($p < 0,01$). Enfin ils indiquent que les biomasses des entités fonctionnelles monospécifiques sont positivement influencées par la couverture en substrat dur abiotique ($p < 0,05$), la couverture en corail branchu ($p < 0,001$) et la couverture en corail massif ($p < 0,01$).

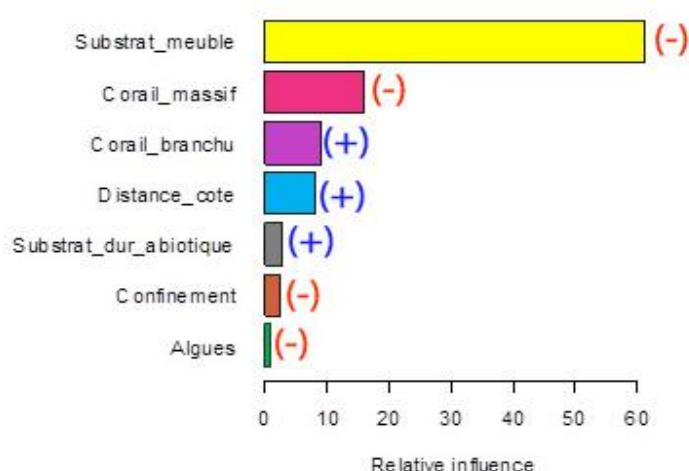


Figure 23. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur l'indice de vulnérabilité standardisé. Les signes + et - indiquent le sens de la corrélation.

III.5.4. Synthèse des indices de vulnérabilité par zone

La valeur de l'indice de vulnérabilité par rang n'est pas significativement différente dans les 3 zones de l'étude (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). La valeur de l'indice de vulnérabilité standardisé est en revanche significativement différente entre les 3 zones (ANOVA, $p < 0,05$). Le test post-hoc de Tukey-Kramer n'a pas été significatif ($p > 0,05$) mais l'approche graphique permet d'observer que la vulnérabilité est plus élevée dans la grande baie du Prony (Figure 24).

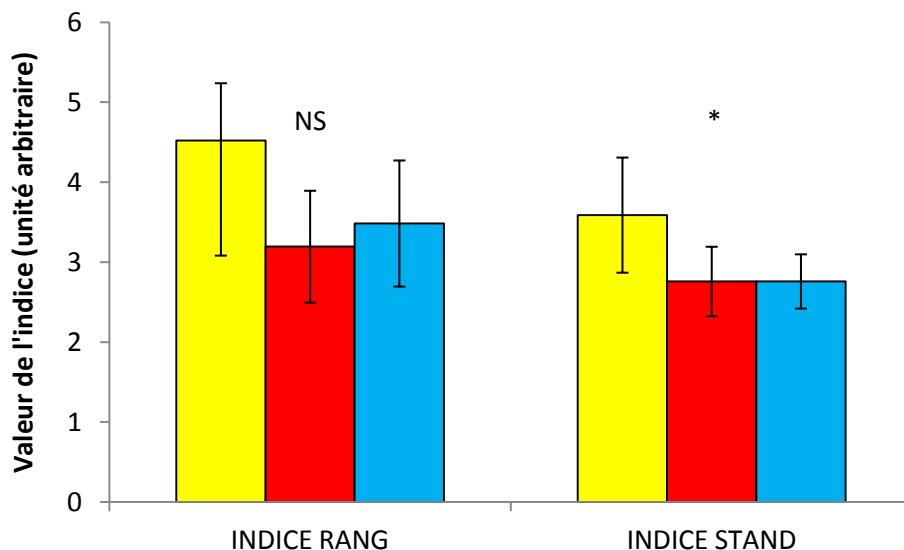


Figure 24. Valeurs moyennes de l'indice de vulnérabilité par rang et de l'indice de vulnérabilité standardisé dans les 3 zones identifiées. Les intervalles de confiance et la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah.

III.6. Comparaison des résultats

Nous avons comparé nos résultats avec ceux d'études réalisées en Nouvelle-Calédonie (lagons est, ouest et sud-ouest, Lifou, Ouvéa et Chesterfield) et dans d'autres régions du Pacifique sud (Fidji, Tonga et Polynésie française), au sein desquelles différents types de récifs ont été échantillonnés (récifs frangeants, récifs intermédiaires, barrières internes, barrières externes). Les données de ces études

ont été recueillies au cours de différents programmes de recherche menés dans la région par l'IRD et ses partenaires. Trois analyses en composantes principales (ACP) portant sur les richesses spécifiques, les densités et les biomasses des groupes trophiques et classes de tailles nous ont permis d'évaluer globalement les ressemblances et différences entre localités selon ces trois indicateurs et d'identifier les variables y contribuant. Nous avons ensuite détaillé les comparaisons sur les richesses spécifiques moyennes par station, densités moyennes et biomasses moyennes du peuplement global, ainsi que sur ces mêmes indicateurs exprimés par groupes trophiques et par classes de tailles. Nous avons choisi de comparer les valeurs absolues de ces différents indicateurs mais également leurs valeurs relatives (pourcentages) exprimées par groupes trophiques et par classes de tailles pour mettre en évidence des similarités entre les structures relatives.

III.6.1. Comparaison des richesses spécifiques moyennes par station

D'après l'ACP pratiquée sur les richesses spécifiques (Figure 25), les zones de la grande baie du Prony, de l'île Ouen et du canal de la Havannah sont très similaires en termes de richesses des différents groupes trophiques et classes de tailles, au regard des différences existant entre toutes les localités. Elles figurent parmi les plus pauvres d'entre-elles (Figure 25). Plusieurs localités présentent une distribution comparable de leurs richesses pour ces différents groupes : les récifs frangeants de Lifou, les récifs intermédiaires de Lifou et d'Ouvéa, de Tongatapu aux Tonga et de Hikueru et Tepoto en Polynésie française, ainsi que les barrières internes de Hikueru, Kauehi, Marokau et Tekokota en Polynésie (Figure 25). Cette analyse révèle en outre que les types de récif ne sont quasiment pas déterminants dans la richesse des différents groupes trophiques et classes de taille et que ces richesses sont corrélées entre-elles à l'exception de celles des planctonophages et des espèces de petite taille (Figure 25). Les comparaisons sont détaillées pour les richesses globales, par groupe trophique et par classe de taille dans le paragraphe suivant.

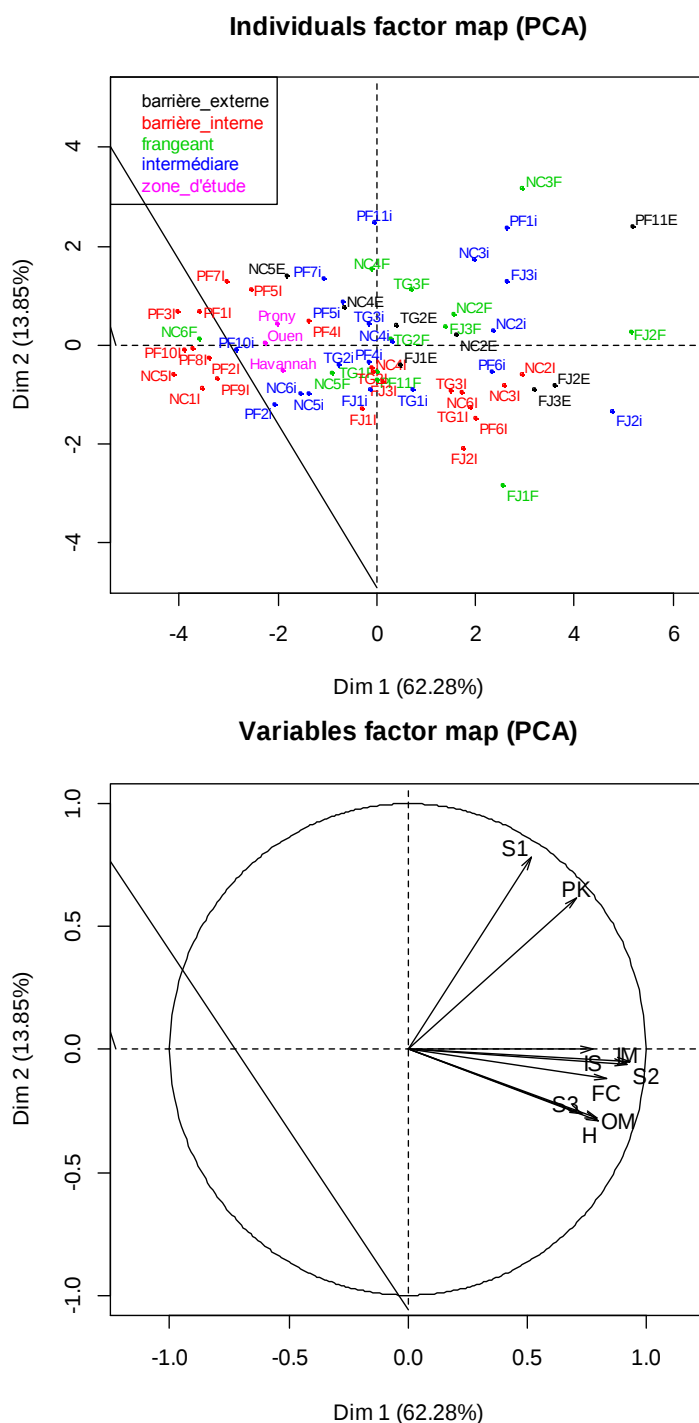


Figure 25. Analyse en Composantes Principales effectuée sur les richesses spécifiques des différents groupes trophiques et classes de tailles. Les localités ont été codées : NC1 : Chesterfield ; NC2 : Lagon Est ; NC3 : Lagon ouest ; NC4 : lagon sud-ouest ; NC5 : Lifou ; NC6 : Ouvéa ; FJ1 : Lakeba ; FJ2 : Vanua-Levu ; FJ3 : Viti-Levu ; TG1 : Haapai ; TG2 : Tongatapu ; TG3 : Vavau ; PF1 : Haraiki ; PF2 : Hikueru ; PF3 : Hiti ; PF4 : Kauehi ; PF5 : Marokau ; PF6 : Mururoa ; PF7 : Nihiru ; PF8 : Taïaro ; PF9 : Tekokota ; PF10 : Tepoto ; PF11 : Tikehau. Les types de récif ont également été codés : F : récif frangeant ; i : récif intermédiaire ; I : barrière interne ; E : barrière externe. Les variables sont codées comme précédemment. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm ; FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores.

Les richesses spécifiques moyennes par station observées dans la zone d'étude sont inférieures à celles généralement observées dans le lagon sud-ouest et plus encore dans le reste de la Nouvelle-Calédonie (Annexe 18). Elles sont néanmoins supérieures à celles observées sur les barrières internes des îles Chesterfield et de Lifou et sur les récifs frangeants d'Ouvéa. Les richesses observées dans la zone d'étude sont très inférieures à celles observées dans les îles Fidji, aux Tonga et sur certains sites de Polynésie française (Kauehi, Mururoa, Tikehau) mais supérieures à celles de la majorité des sites polynésiens (Annexe 18).

Tous les groupes trophiques ne sont pas affectés de la même manière par cette relative pauvreté en espèces (Annexe 19 et Figure 26). Les consommateurs d'invertébrés sessiles font figure d'exception avec une richesse spécifique supérieure à la moyenne observée dans les différentes localités, et ce quel que soit le type de récif. Leur importance relative dans l'assemblage de la zone d'étude est de ce fait la plus forte parmi toutes les localités comparées. Cette caractéristique semble s'étendre à l'ensemble du lagon sud-ouest et ne se retrouve que sur la barrière interne de Tepoto en Polynésie (Annexe 19 et Figure 26). La richesse en espèces piscivores est légèrement inférieure à la moyenne des différentes localités mais est plus élevée que la moyenne des récifs frangeants du lagon sud-ouest, de Lifou ou d'Ouvéa (Annexe 19 et Figure 26). Elle est comparable à celle des récifs frangeants de Haapai et Tongatapu aux Tonga et de Tikehau en Polynésie mais aussi à celle de récifs intermédiaires (lagon ouest et sud-ouest de Nouvelle-Calédonie, certains sites de Polynésie) et de récifs barrière (lagon sud-ouest, Tongatapu aux Tonga, Hikueru en Polynésie). La part relative des piscivores dans l'assemblage de la zone d'étude est parmi les plus élevées sur l'ensemble des localités comparées. La richesse en espèces planctonophages est également assez proche de la moyenne de ces localités (Annexe 19 et Figure 26). Elle est supérieure à celle observée sur les récifs frangeants de Lifou et Ouvéa et comparable à celle des récifs frangeants de Lakeba aux Fidji et Haapai aux Tonga. Des richesses en planctonophages similaires sont également observées sur les barrières internes du lagon sud-ouest, de Viti-Levu aux Fidji et de quelques sites en Polynésie française. Les richesses sur les sites de récifs intermédiaires et barrières externes sont en général plus importantes. La part relative des planctonophages dans l'assemblage figure néanmoins parmi les plus élevées entre les localités comparées. A la différence de ces trois premiers groupes, les richesses spécifiques en consommateurs d'invertébrés mobiles, en herbivores et en omnivores sont très largement inférieures dans la zone d'étude par rapport à celles des autres localités (Annexe 19 et Figure 26). Elles sont comparables à celles des sites les plus pauvres : barrières internes de Chesterfield, de Lifou et de la majeure partie des sites de Polynésie. La part relative des consommateurs d'invertébrés mobiles et des herbivores est cependant tout-à-fait comparable à celle observée sur les récifs frangeants des lagons calédoniens, des Fidji et des Tonga, ainsi que sur les récifs intermédiaires, barrières externes et dans une moindre mesure barrières internes de ces mêmes localités. La part relative des omnivores, un peu plus faible que la moyenne, est comparable à celle rencontrée sur les barrières internes de Polynésie. La structure en richesses relatives la plus ressemblante à celle de la zone d'étude parmi les localités comparées est celle des récifs frangeants du lagon sud-ouest, auxquels elle appartient géographiquement. La zone d'étude est relativement plus riche en piscivores et moins riches en planctonophages que les autres récifs frangeants du lagon sud-ouest.

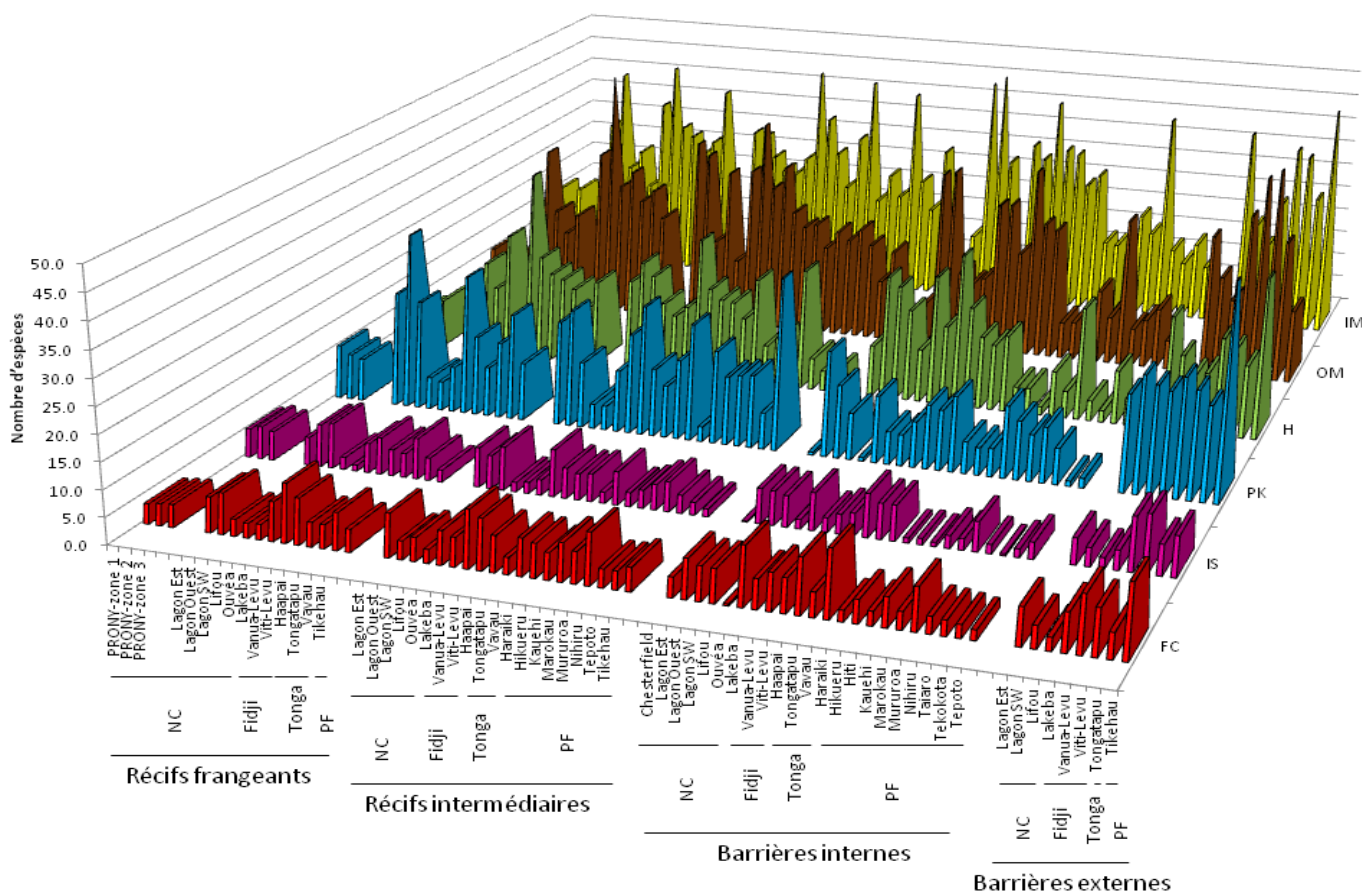


Figure 26. Richesses spécifiques par groupe trophique sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. NC : Nouvelle-Calédonie ; PF : Polynésie française. FC : piscivores ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; PK : planctonophages ; H : herbivores ; OM : omnivores ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles

La richesse spécifique en espèces de petite taille est inférieure à la moyenne pour les récifs frangeants (Figure 27 et Annexe 20). Les valeurs observées dans la zone d'étude sont comparables à celles des récifs de Lifou et Ouvéa, de Haapai aux Tonga et de Tikehau en Polynésie et correspondent plus aux valeurs généralement observées sur les récifs de barrière interne de ces différentes localités (Figure 27 et Annexe 20). La part relative de la richesse en espèces de petites tailles dans l'assemblage s'inscrit parfaitement dans les valeurs généralement observées dans ces localités. La richesse spécifique en espèces de taille moyenne est très en-deçà des valeurs généralement observées dans la région. Seuls les récifs frangeants d'Ouvéa et les récifs barrière de Chesterfield, Lifou et de certains sites de Polynésie révèlent des valeurs aussi basses (Figure 27 et Annexe 20). A contrario, la richesse spécifique en espèces de grande taille n'est égalée sur les récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie que dans le lagon est. Des richesses similaires sont observées sur les récifs frangeants des Fidji, des Tonga et de Tikehau en Polynésie. La richesse en espèces de grande taille dans la zone d'étude est supérieure ou égale à la moyenne observée sur les différents types de récif des localités comparées (Figure 27 et Annexe 20). La part relative de ces espèces dans l'assemblage est en conséquence très importante. Seuls les barrières internes de Chesterfield et Tiaro et les récifs intermédiaires d'Ouvéa, Hikueru et Marokau révèlent une importance relative aussi forte des grandes espèces (et en corollaire une importance aussi faible des espèces de taille moyenne).

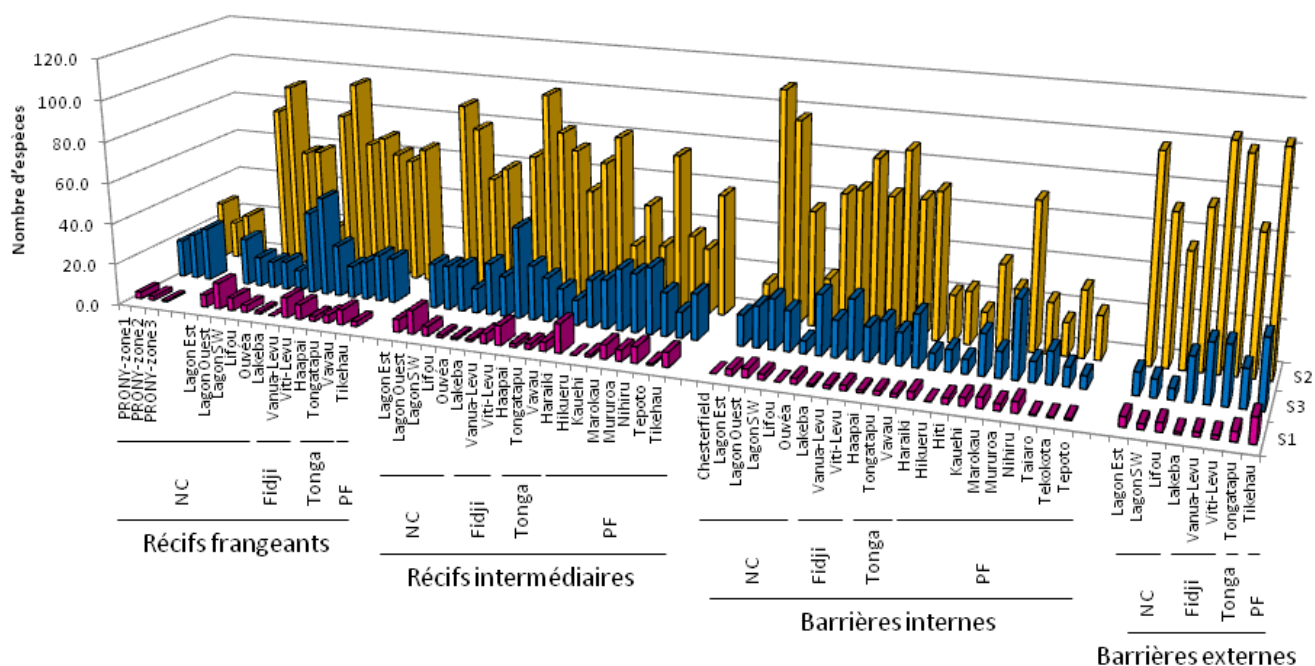


Figure 27. Richesses spécifiques par classe de taille sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale comprise entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30cm ;

III.6.2. Comparaison des densités moyennes

La comparaison des richesses spécifiques a permis de souligner que les différences de richesse entre les 3 zones de peuplement mises en évidence dans notre étude étaient négligeables au regard des différences existant entre ces 3 zones et d'autres localités. L'analyse des différences de densités offre une tout autre approche : les différences de densités existant entre les 3 zones sont du même ordre de grandeur que celles existant entre l'ensemble des localités (Figure 28). Les densités autour de l'île Ouen et plus encore dans la grande baie du Prony sont très influencées par de fortes densités de planctonophages et d'espèces de petite taille, à l'instar des récifs intermédiaires de Viti-Levu aux Fidji. Ces localités présentent des densités moyennes exceptionnelles alors que les densités dans la zone du canal de la Havannah sont beaucoup plus conformes à celles rencontrées par ailleurs. Nous traiterons donc chaque zone séparément dans la plupart des cas détaillés ci-après.

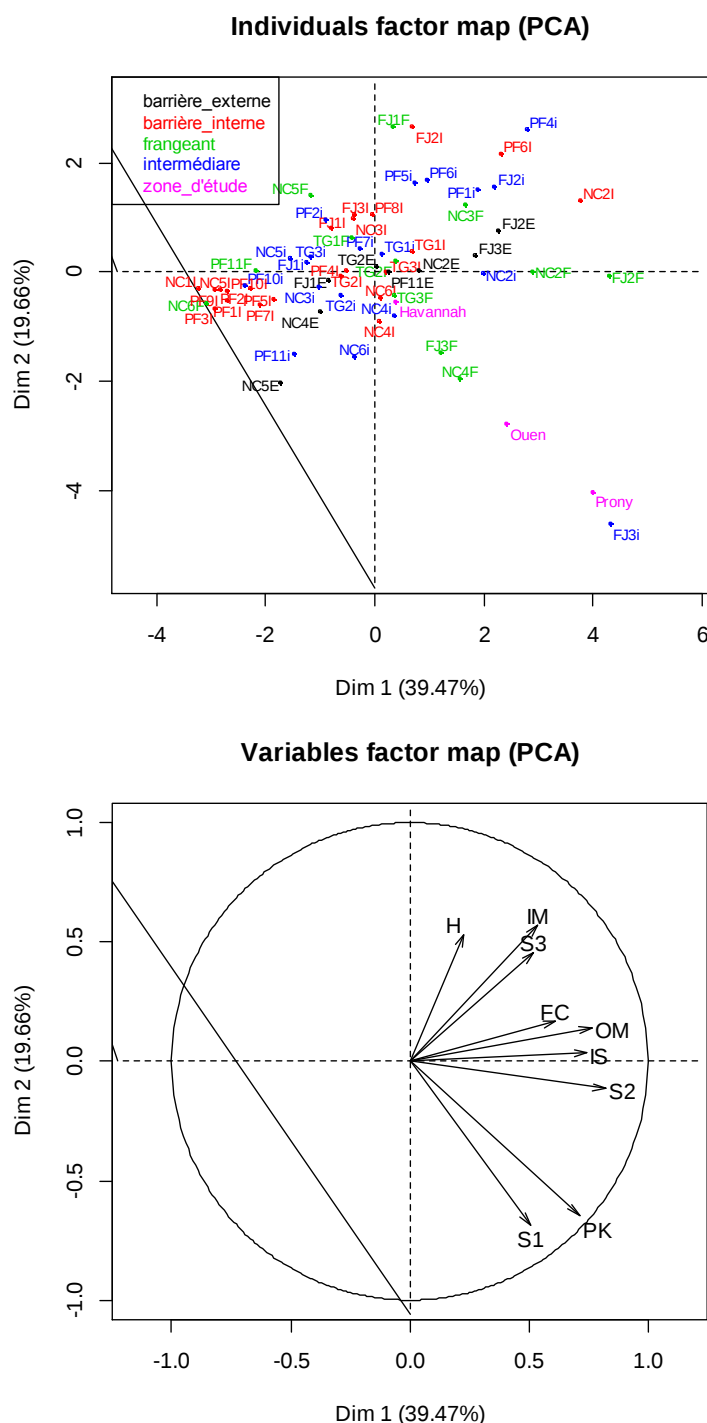


Figure 28. Analyse en Composantes Principales effectuée sur les densités moyennes des différents groupes trophiques et classes de tailles. Les localités ont été codées : NC1 : Chesterfield ; NC2 : Lagon Est ; NC3 : Lagon ouest ; NC4 : lagon sud-ouest ; NC5 : Lifou ; NC6 : Ouvéa ; FJ1 : Lakeba ; FJ2 : Vanua-Levu ; FJ3 : Viti-Levu ; TG1 : Haapai ; TG2 : Tongatapu ; TG3 : Vavau ; PF1 : Haraiki ; PF2 : Hikueru ; PF3 : Hiti ; PF4 : Kauehi ; PF5 : Marokau ; PF6 : Mururoa ; PF7 : Nihiru ; PF8 : Taïaro ; PF9 : Tekokota ; PF10 : Tepoto ; PF11 : Tikehau. Les types de récif ont également été codés : F : récif frangeant ; i : récif intermédiaire ; I : barrière interne ; E : barrière externe. Les variables sont codées comme précédemment. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm ; FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores.

Les densités moyennes observées sur les 3 zones sont supérieures aux moyennes rencontrées sur les récifs des différentes localités (Annexe 21). Les densités moyennes observées dans la grande baie du Prony sont exceptionnellement élevées et ne sont dépassées que sur les récifs intermédiaires de Viti-Levu aux Fidji. Les densités moyennes observées autour de l'île Ouen sont également élevées : elles reflètent les densités généralement rencontrées sur les récifs frangeants du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie et de Vanua-Levu aux Fidji ou encore sur la barrière interne du lagon est de Nouvelle-Calédonie (Annexe 21). Les densités moyennes observées dans le canal de la Havannah, encore supérieures à la moyenne des différentes localités, sont néanmoins plus « courantes » : des densités similaires sont observées sur d'autres récifs du lagon sud-ouest, aux Fidji et sur les récifs les plus densément peuplés des Tonga et de Polynésie (Annexe 21).

Les densités moyennes en piscivores sont légèrement inférieures à la moyenne des densités observées sur les autres récifs frangeants et correspondent plus à des densités rencontrées sur des récifs intermédiaires ou des récifs barrières. Elles correspondent parfaitement aux densités généralement observées sur les différents types de récifs du lagon sud-ouest (Figure 29 et Annexe 22). Leur importance relative est très faible, comme sur les autres récifs frangeants du lagon sud-ouest ou de Lifou et sur d'autres récifs calédoniens. Cette caractéristique semble quasiment absente hors des récifs calédoniens : seuls les récifs intermédiaires de Viti-Levu aux Fidji et Nihiru en Polynésie présentent des importances relatives en piscivores aussi faibles. Les densités moyennes d'herbivores sont très faibles en comparaison à la moyenne des autres localités (Figure 29 et Annexe 22). Elles sont similaires à celles rencontrées sur les autres récifs frangeants du lagon sud-ouest, et sur les récifs frangeants d'Ouvéa, de Vavau aux Tonga et de Tikehau en Polynésie. Elles sont comparables aux densités d'herbivores généralement observées sur certains récifs intermédiaires et sur les récifs barrières de Polynésie ou à Chesterfield. Leur importance relative est également très faible, comme sur les autres récifs frangeants du lagon sud-ouest, du lagon est et d'Ouvéa. Les densités de consommateurs d'invertébrés mobiles dans la grande baie du Prony sont comparables à celles observées sur la grande majorité des autres récifs (Figure 29 et Annexe 22). Les densités autour de l'île Ouen et dans le canal de la Havannah, deux fois moindres, semblent plus correspondre aux densités rencontrées sur certains récifs intermédiaires et barrières (Figure 29 et Annexe 22). Leur importance relative très faible est semblable à celle des autres récifs frangeants du lagon sud-ouest, des récifs intermédiaires d'Ouvéa et de Viti-Levu aux Fidji et des récifs barrière de Lifou. Les densités en consommateurs d'invertébrés sessiles dans la zone d'étude, et en particulier dans la grande baie du Prony, sont très élevées en comparaison à celles rencontrées en moyenne dans les autres localités (Figure 29 et Annexe 22). Seuls certains récifs des lagons est, ouest et sud-ouest, des Fidji et des Tonga supportent de telles densités. En revanche l'importance relative des densités de consommateurs d'invertébrés sessiles est semblable à celle observée sur la grande majorité des localités. Les densités d'espèces omnivores sont exceptionnellement élevées dans la zone d'étude (Figure 29 et Annexe 22). Des densités comparables se retrouvent uniquement sur les récifs du lagon est, de Vanua-Levu aux Fidji, de Haapai aux Tonga et sur la barrière interne de Viti-Levu aux Fidji. L'importance relative des omnivores dans les assemblages autour de l'île Ouen et dans le canal de la Havannah est semblable à celle rencontrée sur la grande majorité des récifs frangeants et des récifs intermédiaires des localités comparées. Leur importance relative dans la grande baie du Prony est plus proche de celle observée sur les barrières internes de ces localités, particulièrement de Polynésie. Les densités de planctonophages dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen sont également exceptionnelles (Figure 29 et Annexe 22). Elles sont comparables à celles observées sur les autres récifs frangeants du lagon sud-ouest, sur les récifs frangeants et barrières internes du lagon est et sur certains récifs frangeants et intermédiaires des Fidji. Les densités observées dans la zone du canal de la Havannah, sensiblement plus faibles, sont néanmoins supérieures à la moyenne et s'apparentent à celles généralement observées sur les récifs calédoniens et sur certains récifs de Polynésie (Figure 29 et Annexe 22). L'importance relative des densités de planctonophages est très élevée dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen, comme sur les autres récifs frangeants du lagon sud-ouest, sur ceux du lagon est et de Viti-Levu aux Fidji. Une importance relative semblable est observée sur les récifs intermédiaires d'Ouvéa, Viti-Levu

et Tikehau en Polynésie et sur la barrière externe de Lifou. L'importance relative des densités de planctonophages dans le canal de la Havannah est plus faible mais reste élevée pour les localités comparées. La structure trophique en densités relatives est très proche de celle de l'ensemble du lagon sud-ouest et se rapproche de celles des récifs frangeants du lagon est et des récifs intermédiaires d'Ouvéa et de Viti-Levu aux Fidji.

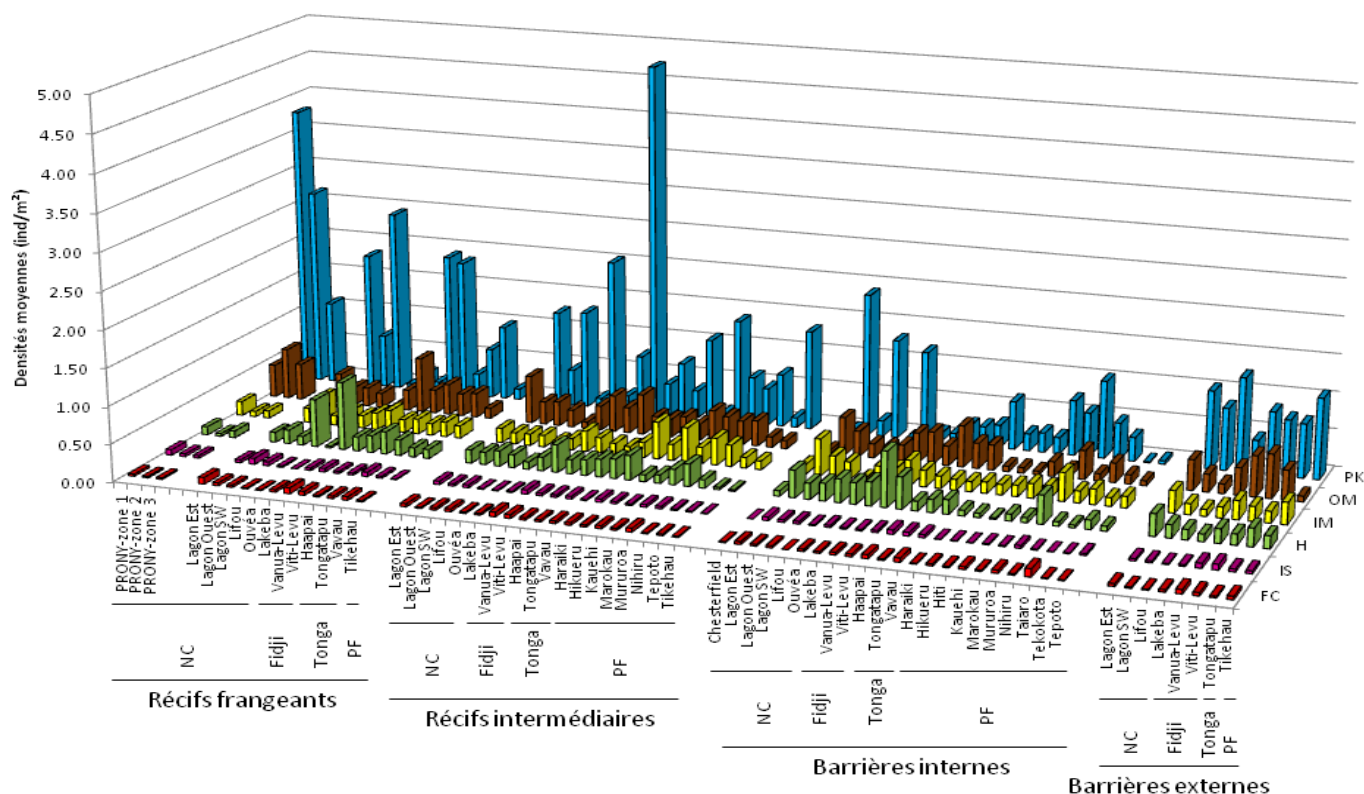
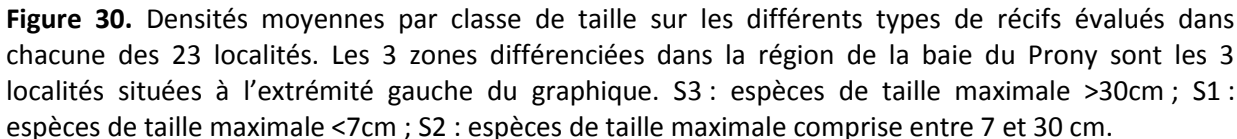


Figure 29. Densités moyennes par groupe trophique sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. FC : piscivores ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; PK : planctonophages ; H : herbivores ; OM : omnivores ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles

Les densités en espèces de petite taille observées dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen sont très supérieures à celles rencontrées sur la majorité des récifs comparés (Figure 30 et Annexe 23). Elles s'apparentent à celles observées sur certains récifs des Fidji, sur la barrière interne du lagon sud-ouest et sur la barrière externe de Lifou. Les densités en espèces de taille moyenne sont supérieures aux moyennes observées sur les autres localités. De telles densités sont néanmoins rencontrées sur certains récifs calédoniens, sur les récifs de Vanua-Levu aux Fidji et sur certains récifs polynésiens (Figure 30 et Annexe 23). Les densités en espèces de grande taille sont globalement supérieures aux moyennes rencontrées sur les autres localités des régions comparées (Figure 30 et Annexe 23). Les structures par classe de taille en densités relatives sont très différentes entre les 3 zones. Aucune des récifs polynésiens ne présentent des structures similaires. La structure relative de la grande baie du Prony est peu fréquente et ne se rencontre que sur les récifs frangeants et intermédiaires de Viti-Levu aux Fidji, sur la barrière interne du lagon sud-ouest et sur la barrière externe de Lifou. La structure de la zone de l'île Ouen est un peu plus commune et se rencontre sur des récifs de différents types. La structure de la zone du canal de la Havannah est similaire à celle observée sur les récifs intermédiaires de Lifou, de Lakeba aux Fidji et Haapai aux Tonga, sur les récifs de la barrière interne de Lifou et sur les récifs barrière de Lakeba.



Les différences de biomasses existant entre les 3 zones ne sont pas aussi importantes que les différences de densités entre ces zones. Elles ne sont pour autant pas négligeables (Figure 31). Comme pour les richesses et les densités, le type de récif ne semble pas être un facteur déterminant pour les biomasses (Figure 31), même si de légères tendances se dessinent. Les biomasses observées dans la baie du Prony sont relativement faibles et sont comparables aux biomasses généralement rencontrées sur les récifs frangeants (Annexe 24). Celles observées autour de l'île Ouen correspondent plus à des biomasses de récifs intermédiaires et celles rencontrées dans le canal de la Havannah à des biomasses de récifs barrière (Annexe 24). Cependant de telles biomasses sont également rencontrées sur les récifs frangeants et intermédiaires du lagon est ou encore sur les récifs intermédiaires du lagon sud-ouest ou de Tongatapu aux Tonga. Les comparaisons par groupe sont détaillées dans le paragraphe suivant.

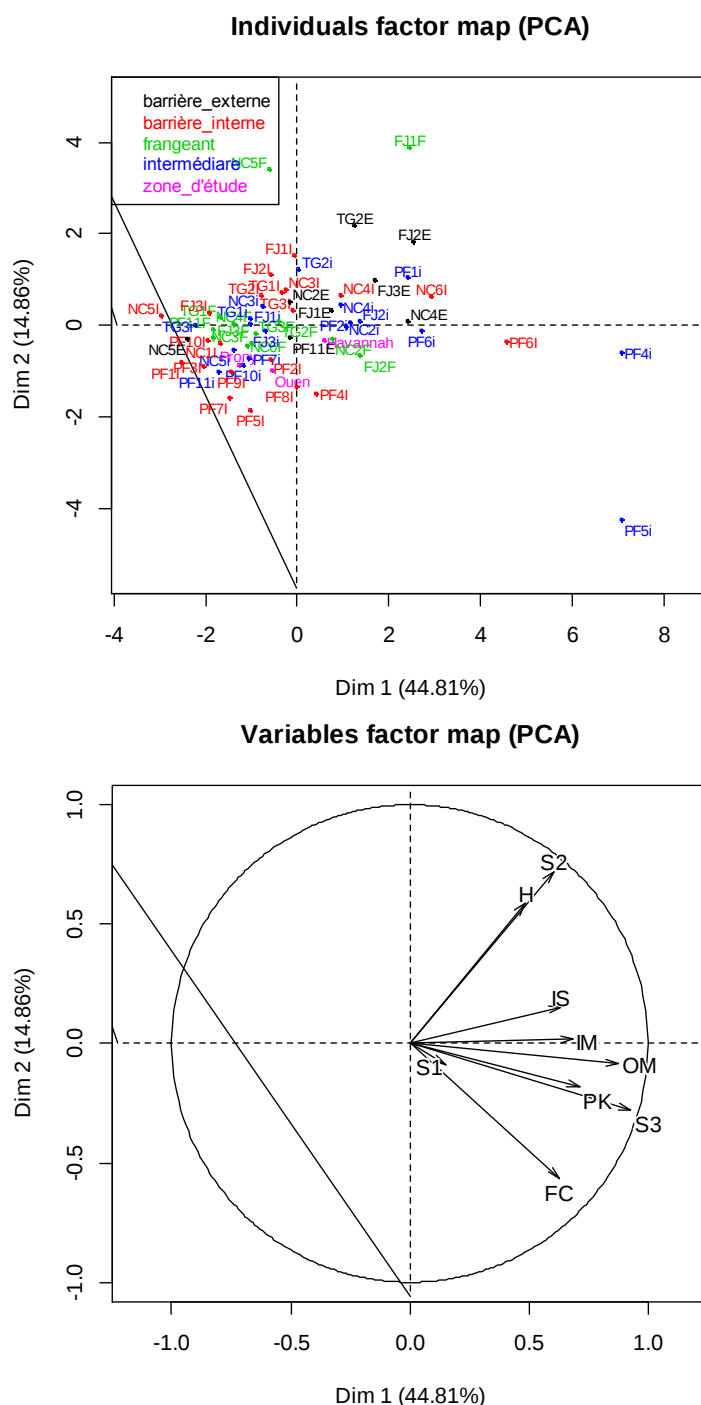


Figure 31. Analyse en Composantes Principales effectuée sur les biomasses moyennes des différents groupes trophiques et classes de tailles. Les localités ont été codées : NC1 : Chesterfield ; NC2 : Lagon Est ; NC3 : Lagon ouest ; NC4 : lagon sud-ouest ; NC5 : Lifou ; NC6 : Ouvéa ; FJ1 : Lakeba ; FJ2 : Vanua-Levu ; FJ3 : Viti-Levu ; TG1 : Haapai ; TG2 : Tongatapu ; TG3 : Vavau ; PF1 : Haraiki ; PF2 : Hikueru ; PF3 : Hiti ; PF4 : Kauehi ; PF5 : Marokau ; PF6 : Mururoa ; PF7 : Nihiru ; PF8 : Taiaro ; PF9 : Tekokota ; PF10 : Tepoto ; PF11 : Tikehau. Les types de récif ont également été codés : F : récif frangeant ; i : récif intermédiaire ; I : barrière interne ; E : barrière externe. Les variables sont codées comme précédemment. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm ; FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. Les points correspondant aux récifs intermédiaires d'Ouvéa et à la barrière interne du lagon est, trop isolés, ont été retirés de l'analyse.

Les biomasses de piscivores calculées pour la grande baie du Prony sont en-deça des moyennes pour tous les types de récifs (Figure 32 et Annexe 25). Elles sont néanmoins supérieures à celles généralement observées dans le lagon sud-ouest et comparables à celles rencontrées sur les récifs frangeants de Lakeba aux Fidji, Vavau aux Tonga et Tikehau en Polynésie. Elles se rapprochent en outre des biomasses de piscivores rencontrées sur certains récifs intermédiaires et barrières dans les différentes régions comparées. Les biomasses de piscivores autour de l'île Ouen sont supérieures à la moyenne pour les récifs frangeants et les barrières externes mais inférieures aux moyennes sur les récifs intermédiaires et barrières internes (Figure 32 et Annexe 25). De telles valeurs sont rencontrées sur certains récifs frangeants (Lagon ouest, Ouvéa, Tongatapu aux Tonga) et surtout sur des récifs intermédiaires (lagon sud-ouest, Lakeba aux Fidji, Haraiki, Kauehi et Tikehau en Polynésie) mais aussi sur les barrières externes de Viti-Levu et Vanua-Levu aux Fidji. Les biomasses de piscivores du canal de la Havannah sont supérieures aux moyennes rencontrées sur tous les types de récifs sauf sur les récifs intermédiaires. Parmi les récifs frangeants, seuls ceux du lagon est et de Vanua-Levu présentent des valeurs plus élevées. Ces valeurs correspondent au maximum de biomasse de piscivores atteint sur les barrières externes. L'importance relative de la biomasse de piscivores dans les assemblages de la zone d'étude est similaire à celle de près de la moitié des récifs frangeants comparés. Elle est beaucoup moins fréquente sur les autres types de récifs. Elle semble donc être caractéristique des récifs frangeants. La biomasse en herbivores dans la baie du Prony et autour de l'île Ouen est très faible et largement inférieure aux moyennes généralement rencontrées pour ce groupe trophique (Figure 32 et Annexe 25). De telles valeurs sont néanmoins courantes sur les récifs frangeants (Lagons ouest et sud-ouest, Viti-Levu aux Fidji, Vavau aux Tonga, Tikehau en Polynésie) ou encore sur les barrières internes de Polynésie. La biomasse en herbivores du canal de la Havannah est atypique. Les biomasses généralement rencontrées sur d'autres récifs sont soit bien moindres soit beaucoup plus importantes. Seuls les récifs intermédiaires de Vanua-Levu et Haraiki et les barrières internes de Chesterfield et du lagon ouest présentent des biomasses comparables (Figure 32 et Annexe 25). La part relative de la biomasse des herbivores dans la biomasse totale de l'assemblage du canal de la Havannah est typique des récifs frangeants du lagon sud-ouest mais semble plus généralement caractéristique des récifs intermédiaires. L'importance relative très faible des herbivores dans la baie du Prony et autour de l'île Ouen ne se retrouve que ponctuellement sur d'autres récifs. Les biomasses de consommateurs d'invertébrés mobiles rencontrées dans la zone d'étude sont identiques à celles calculées pour la majorité des récifs frangeants comparés (Figure 32 et Annexe 25). De telles biomasses sont également observées sur la majorité des barrières internes, à l'exception de celles de Nouvelle-Calédonie, et sur certains récifs intermédiaires. Leur importance relative est identique à celle des récifs frangeants (en particulier ceux des Fidji) et des barrières internes. La biomasse en consommateurs d'invertébrés sessiles est au-dessus des moyennes. Elle est comparable aux biomasses calculées sur les récifs frangeants des Fidji, sur les récifs intermédiaires des lagons est, ouest et sud-ouest de Nouvelle-Calédonie, sur les barrières internes des Tongas et des lagons est et sud-ouest ainsi que sur certaines barrières externes (Figure 32 et Annexe 25).

L'importance relative est élevée et identique à celle des autres sites du lagon sud-ouest et à celle du lagon ouest. Une telle importance relative se retrouve sur les récifs intermédiaires du lagon ouest et de Hikueru en Polynésie et sur les barrières externes de Viti-Levu aux Fidji. La biomasse des omnivores dans la zone d'étude est inférieure aux moyennes calculées sur les différents types de récifs (Figure 32 et Annexe 25). Ces biomasses sont extrêmement variables entre récifs et entre localités. Dans la zone étudiée, elles se rapprochent de celles rencontrées sur les récifs frangeants des Tonga. Leur importance relative est identique à celle observée sur ces récifs frangeants des Tonga, sur les barrières internes des Fidji et sur la majorité des barrières internes de Polynésie. Les biomasses de planctonophages, bien que légèrement supérieures, sont tout à fait comparables aux biomasses observées sur l'ensemble des récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie, à l'exception de ceux de Lifou (Figure 32 et Annexe 25). De telles biomasses se retrouvent également sur des récifs frangeants aux Tonga, sur quelques récifs intermédiaires et barrières internes et sur les barrières externes des Fidji. Plusieurs localités montrent des importances relatives similaires : nous pouvons citer les récifs frangeants du lagon ouest, d'Ouvéa, de Tongatapu et de Vavau aux Tonga, les récifs intermédiaires du

lagon sud-ouest, de Kauehi et de Tikehau en Polynésie et les barrières du lagon est et de Tongatapu. La structure trophique globale en biomasses absolues montre certaines ressemblances avec celles des autres récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie, mais aussi des Tonga, ainsi qu'avec des récifs intermédiaires calédoniens. Les structures en biomasses relatives sont plus diffuses.

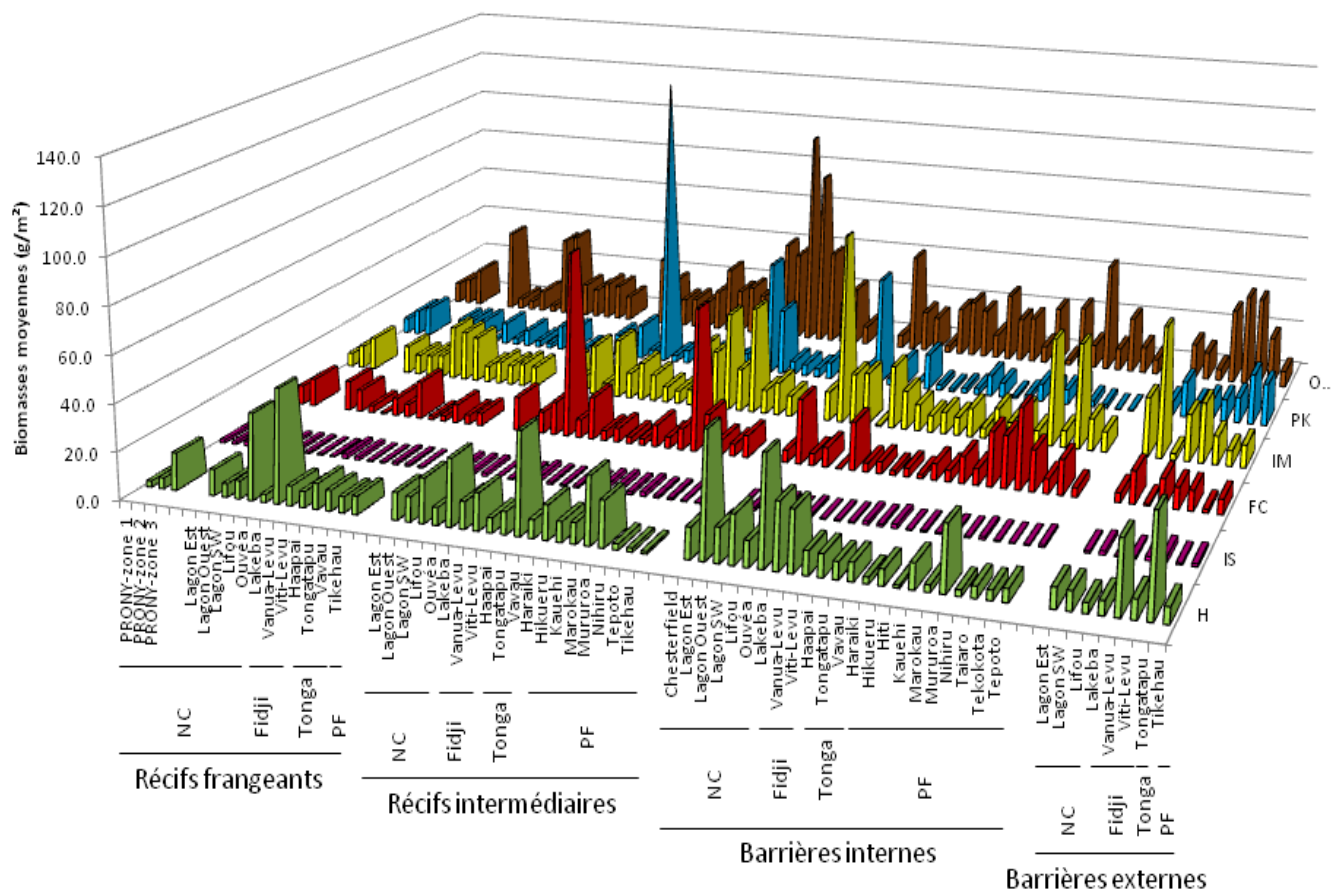


Figure 32. Biomasses moyennes par groupe trophique sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. FC : piscivores ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; PK : planctonophages ; H : herbivores ; OM : omnivores ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles

Les biomasses des espèces de petite taille rencontrées dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen sont très supérieures à la moyenne (Figure 33 et Annexe 26). Seuls les barrières internes du lagon sud-ouest et d'Ouvéa, les récifs intermédiaires de Haraiki et les barrières externes de Tikehau en Polynésie supportent de telles biomasses en espèces de petite taille (Figure 33 et Annexe 26). Peu de sites les égalent en importance relative. A l'inverse, des biomasses en espèces de petite taille aussi faibles que celles observées dans la zone du canal de la Havannah sont très répandues au sein des récifs frangeants mais aussi sur les autres types de récifs (Figure 33 et Annexe 26). Les biomasses des espèces de taille moyenne dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen sont bien inférieures aux moyennes pour cette classe de taille et seuls les récifs frangeants de Viti-Levu aux Fidji présentent des biomasses aussi faibles pour ce type de récif (Figure 33 et Annexe 26). En revanche ces biomasses sont de l'ordre de grandeur de celles des barrières internes de Chesterfield et de Lifou et d'une bonne partie des barrières internes polynésiennes. La biomasse des espèces de taille moyenne dans le canal de la Havannah est également inférieure à la moyenne mais plus proche des valeurs généralement rencontrées sur les récifs frangeants (lagon ouest et sud-ouest, Haapai, Tikehau). De telles valeurs sont également observées sur certains récifs intermédiaires aux Tonga et sur les barrières en Polynésie (Figure 33 et Annexe 26). L'importance relative de ces espèces dans l'assemblage de la zone d'étude

est très inférieure à la moyenne. De rares localités présentent des valeurs aussi basses (récifs frangeants du lagon est et de Vanua-Levu aux Fidji, récifs intermédiaires de Tongatapu et barrières internes de Chesterfield et d'Ouvéa), à l'exception de la majeure partie des localités polynésiennes. La faible biomasse des espèces de grande taille dans la zone de la baie du Prony est commune à de nombreux récifs frangeants (lagons ouest, sud-ouest, Viti-Levu aux Fidji, Haapai aux Tonga et Tikehau en Polynésie). La biomasse de ces espèces autour de l'île Ouen est comparable aux biomasses observées sur les barrières internes de nombreuses localités (Chesterfield, lagon ouest, Vanua-Levu, Vavau, Marokau, Nihiru, Tekokota). La biomasse des espèces de grande taille dans le canal de la Havannah, comparable à la plus haute moyenne, semble plutôt caractéristique de zones de récifs intermédiaires mais peut également être observée sur des récifs frangeants tels que ceux du lagon est et de Lakeba aux Fidji (Figure 33 et Annexe 26). La structure des biomasses relatives par classes de tailles pour la zone du canal de la Havannah est semblable à celle des récifs frangeants du lagon est et de Vanua-Levu aux Fidji, mais aussi à celle des barrières internes de Chesterfield, Ouvéa et de nombreuses localités de Polynésie. De part les biomasses relatives très importantes en espèces de petite taille, aucun récif ne présente une structure relative semblable à celle de la baie du Prony ou de la zone autour de l'île Ouen.

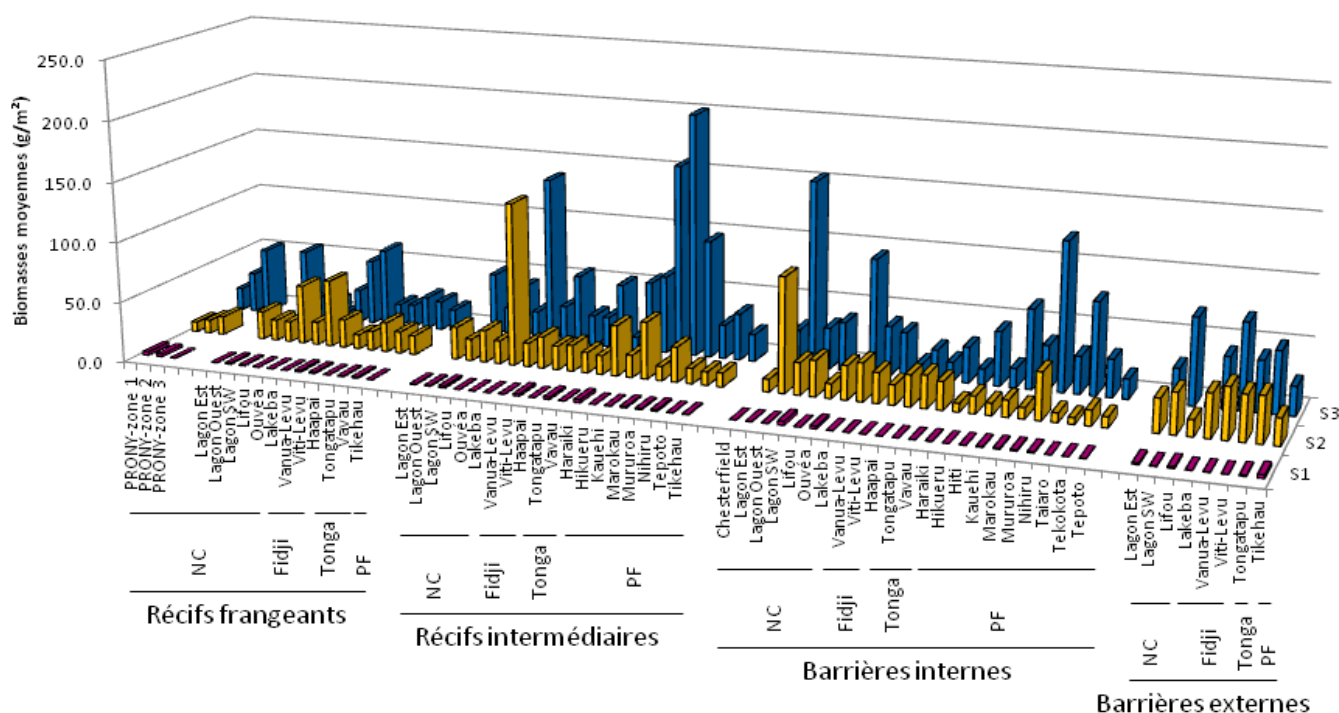


Figure 33. Biomasses moyennes par classe de taille sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale comprise entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30cm.

Chapitre IV - Synthèse des principaux résultats et discussions sur les spécificités de la zone d'étude

IV.1. Les 3 grandes zones de peuplement

A travers notre étude, nous avons établi l'existence de 3 zones principales de peuplement de poissons dans le périmètre d'influence actuel du complexe industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie. Il s'agit de la zone de la grande baie du Prony, de la zone de l'île Ouen et de celle du canal de la Havannah. Ces résultats confirment ceux de l'état de référence réalisé par EMR en 2011 (Sarramegna & Guillaume 2012) malgré l'écart temporel important entre les deux jeux de données et malgré

l'utilisation de méthodes de classification différentes (analyses de cluster basées sur la présence/absence des espèces et des entités fonctionnelles dans notre étude, analyses discriminantes basées sur la présence/absence et la densité des espèces dans l'étude d'EMR). En effet, les 8 zones de peuplement identifiées par EMR sont groupées dans la majorité de leurs analyses en 3 entités identiques aux 3 zones décrites dans notre étude (Sarramegna & Guillaume 2012). Cette convergence entre les 2 études valide la différenciation des zones suivantes :

- zone 1 : grande baie du Prony. Elle comprend la Baie Nord, la Baie de Prony à proprement parler et la baie de Grand Port, correspondantes aux zones I, II et III de l'étude d'EMR (Sarramegna & Guillaume 2012). Cette grande baie est la plus étendue et la plus profonde (profondeur maximale autour de 45m) du sud de la Nouvelle-Calédonie (Testau & Conand 1983). Elle reçoit l'influence de nombreux cours d'eau : la rivière du Carénage, la rivière des Kaoris et la rivière Kadgji auxquelles il convient d'ajouter nombre de creeks. L'influence terrigène y est donc forte et entraîne d'importants dépôts de vase en particulier dans les zones profondes. Les zones superficielles (littoraux de la baie et des îles Montravel et Casy) abritent les principales formations coralliennes qui reçoivent une influence océanique relativement faible et sont abritées des vents dominants. D'après Sarramegna & Guillaume (2012), cette zone est sous l'influence directe de l'usine.
- zone 2 : grande zone de l'île Ouen. Elle comprend le canal Woodin (et notamment la baie Iré), Port Kuté, l'anse Kumbé et la passe face au Port Koutouré. Cette zone correspond à la zone IV de l'étude d'EMR (Sarramegna & Guillaume 2012). L'influence terrigène y est globalement faible. Les récifs frangeants qu'elle abrite reçoivent une influence océanique et une exposition aux vents dominants très variables selon leur localisation. Par exemple, la baie Iré est très protégée des vents dominants et reçoit une influence océanique assez faible alors que la passe face à Port Koutouré est le lieu d'un hydrodynamisme important et est très exposée aux vents dominants. Malgré cela, la composition des peuplements de poissons est très homogène autour de l'île Ouen. D'après Sarramegna & Guillaume (2012), cette zone est éloignée de l'influence directe de l'usine.
- zone 3 : grande zone du canal de la Havannah. Elle comprend le littoral du canal de la Havannah (depuis le récif du Prony, à l'entrée de la baie du même nom, jusqu'au secteur de la Concession à l'entrée de la baie de Port Boisé), la Baie Kué, la baie de Port Boisé et le récif extérieur de l'île Ugo, correspondants aux zones V, VI, VII et VIII de l'étude d'EMR (Sarramegna & Guillaume 2012). Cette zone est globalement soumise à une influence océanique, une exposition aux vents dominants et un hydrodynamisme important. Seuls Port Boisé et la baie Kué sont un peu plus protégés. La rivière du Trou Bleu et la rivière Kué qui se jettent respectivement dans ces 2 baies de petite taille apportent une influence terrigène dans cette zone. Cette influence décroît rapidement en s'éloignant de leurs embouchures. Des récifs coralliens frangeants sont développés sur les faces est et ouest de ces baies ainsi que sur la majeure partie du littoral jusqu'à l'entrée de la baie du Prony. Les récifs frangeants de l'île Ugo reçoivent l'influence océanique la plus forte. L'émissaire marin par lequel sont rejetés les effluents liquides du site industriel débouche dans le canal en face de Port Boisé et de la Baie Kué. En raison de cette caractéristique, Sarramegna & Guillaume (2012) considèrent l'ensemble de cette zone sous l'influence directe de l'usine, à l'exception des récifs de l'île Ugo.

La différenciation de ces 3 zones de part leurs peuplements de poissons particuliers (et de part leurs peuplements benthiques et macro-benthiques dans l'étude d'EMR) met en évidence l'importance du gradient d'exposition côte – large dans la structuration des peuplements de la zone d'étude. Il est plus particulièrement le fruit de la combinaison d'un gradient influences terrigènes – influences océaniques et d'un gradient confinement – hydrodynamisme important.

IV.2. Composition des paysages benthiques selon le gradient côte – large

Ce gradient se traduit notamment dans la composition des paysages benthiques. Nos analyses ont montré que la classification des stations selon les pourcentages de recouvrement des différentes catégories de substrat n'aboutissait pas à une zonation pertinente. Elles ont cependant mis en évidence certaines tendances dans la distribution des paysages benthiques de la zone :

- 1) La couverture en substrat meuble est très significativement corrélée au degré de confinement. En effet, les baies confinées sont des zones relativement calmes dans lesquelles des sédiments fins (sables, vases) peuvent se déposer. C'est le cas de Port Kuté, Port Boisé et de la baie Kué. De plus, les rivières et creeks qui débouchent dans ces baies apportent généralement une charge particulaire qui contribue à la sédimentation. La grande baie du Prony fait figure d'exception. En effet, mises à part 3 stations de la partie est, la couverture en substrat meuble y est très faible voire nulle. La taille et la profondeur de la baie laissent à penser qu'elle est soumise à un hydrodynamisme particulier qui concentre la sédimentation dans les zones profondes (comme en témoignent les dépôts de vase qui y sont rencontrés) et évite ainsi le recouvrement des formations coralliennes superficielles par les apports sédimentaires importants des différents bassins versants de la baie.
- 2) La couverture en algues est également très significativement corrélée au degré de confinement. Les apports terrigènes des différents cours d'eau représentent un afflux de nutriments dont bénéficient les algues pour leur croissance. Le faible hydrodynamisme dans les zones confinées y favorise en outre l'accumulation des nutriments. A l'inverse, les zones très exposées à l'influence océanique ont un hydrodynamisme plus important probablement moins favorable au développement algal. Il est également possible que le niveau des nutriments y soit plus faible, ou de qualité différente, ce qui reste à mesurer et à tester sur la croissance algale. Ainsi, la couverture en algues décroît significativement de la zone de la baie du Prony à celle du canal de la Havannah en suivant le gradient d'exposition mis en évidence.
- 3) La couverture en corail massif est très significativement corrélée à un hydrodynamisme important. Elle suit un gradient inverse à celui de la couverture en algues entre les 3 zones. Les secteurs où les couvertures en corail massif sont notables sont des secteurs très exposés : le récif du Prony, le secteur de la Concession à l'entrée de Port Boisé et la pointe Koué sur l'île Ouen. Les coraux massifs semblent nécessiter ces conditions de fort hydrodynamisme pour se développer dans la zone, bien que des contre-exemples existent (coraux massifs sur le littoral est de la Baie de Prony et faibles taux de recouvrements sur les récifs exposés de l'île Ugo ou au sud de l'île Ouen). Les corrélations négatives de la couverture en corail massif avec la couverture en algues d'une part et la couverture en corail branchu d'autre part pourraient illustrer la compétition entre ces différents organismes pour l'occupation du substrat.
- 4) La couverture en corail branchu ne semble pas affectée par le degré de confinement, révélant leur adaptabilité à des conditions environnementales très variées. En cela, ils ne peuvent pas être considérés comme de bons indicateurs de changements environnementaux. Ils semblent malgré tout affectés par les couvertures importantes en substrat meuble. Il faudrait cependant disposer de la composition spécifique ou morphométrique de ces coraux car il est probable que des espèces ou des morphes différentes dominent en fonction des conditions environnementales (par exemples espèces ou morphes à branches plus développées en zone calme, offrant un habitat différent de coraux à branches courtes ou très ramifiées). Il est également possible que la diversité corallienne, non disponible dans les données étudiées, soit très différente selon les conditions environnementales. Dans ces zones il n'est pas rare d'avoir des zones avec de fortes couvertures de coraux branchus avec très peu d'espèces, alors que des zones avec des couvertures coralliennes moins importantes soient plus diversifiées en espèces ou en morphes.

IV.3. Structuration des peuplements de poissons selon le gradient côte – large

Le gradient côte – large est surtout important dans la structuration des peuplements de poissons et s'illustre au travers de multiples facettes.

IV.3.1. Composition spécifique des peuplements de poissons

Le nombre total d'espèces recensées dans chacune des trois zones ne révèle pas de différences majeures. La zone du canal de la Havannah est globalement un peu plus riche (avec 224 espèces contre 192 dans la zone de la grande baie du Prony et 198 autour de l'île Ouen) mais a fait l'objet d'un plus grand effort d'échantillonnage qui pourrait expliquer cette différence. Les richesses spécifiques moyennes par station varient peu entre les zones et sont significativement différentes seulement entre la zone du canal de la Havannah et celle de l'île Ouen. Sur les 326 espèces recensées, près d'un tiers sont présentes dans les trois zones. Le pourcentage d'espèces spécifiques à la grande baie du Prony ou à la grande zone du canal de la Havannah est identique (16,6%) alors qu'il n'atteint que 10,1% autour de l'île Ouen. Le pourcentage d'espèces présentes uniquement dans 2 des 3 zones est plus important pour le groupe canal de la Havannah – île Ouen (14,4%) que pour les groupes baie du Prony – île Ouen (4,6%) et baie du Prony – canal de la Havannah (6,1%). Le peuplement autour de l'île Ouen semble être le moins particulier. Il est plus proche de celui du canal de la Havannah que de celui de la baie du Prony alors que d'après les analyses de clusters il semblait avoir plus d'affinités avec celui de la baie du Prony. Ces différences s'expriment également d'un point de vue fonctionnel.

La grande baie du Prony est significativement moins riche en espèces commerciales et indicatrices que les 2 autres mais significativement plus riche en espèces de petite et moyenne tailles, notamment planctonophages sédentaires et omnivores. La grande zone du canal de la Havannah est plus riche en espèces de grandes tailles, et en particulier en grandes espèces herbivores. La zone de l'île Ouen révèle une composition intermédiaire en termes de taille et de groupe trophique des espèces, mais abrite moins d'espèces de taille moyenne, de consommateurs d'invertébrés mobiles et d'omnivores que les 2 autres zones. Les consommateurs d'invertébrés mobiles dominent le peuplement dans les 3 zones.

Le degré de confinement a globalement un effet négatif sur les richesses spécifiques. Au sein de chaque zone, les fonds de baies sont moins riches, et plus particulièrement en consommateurs d'invertébrés mobiles, sessiles et en herbivores. A l'inverse, les stations les plus exposées sont les plus riches, les conditions hydrodynamiques exigeantes semblant favoriser la présence d'espèces de moyenne et grande tailles, dont de nombreux piscivores, plus adaptées à ces conditions. Le degré de confinement et la proximité de la côte favorisent cependant la présence d'espèces de petite taille, essentiellement planctonophages. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces résultats. Une dispersion larvaire limitée peut constituer un premier facteur : plus la station est isolée des courants, moins les larves planctoniques peuvent l'atteindre. Ensuite, les apports terrigènes des cours d'eau constituent un afflux de nutriments non seulement favorables aux macroalgues, mais aussi au phytoplancton duquel se nourrit le zooplancton. Cette abondance de zooplancton favoriserait alors la présence de planctonophages dans les baies. Enfin, les zones les plus confinées sont généralement plus turbides et moins favorables au développement des coraux. Ceci pourrait limiter leur croissance et impliquer une complexité moindre de l'habitat, avec une variété et une disponibilité en refuges réduites limitant le nombre d'espèces présentes.

La couverture en substrat meuble a aussi un effet négatif sur la richesse spécifique. Les substrats meubles tels que le sable ou la vase n'offrent pas de refuges pour les poissons et constituent un habitat en tant que tel pour un nombre très limité d'espèces. Nous avons détecté cette influence négative sur les richesses de tous les groupes trophiques à l'exception des piscivores, représentés en majorité par des espèces mobiles voire très mobiles. Leur présence sur des fonds meubles pourrait par exemple être expliquée par la recherche de nourriture. L'influence négative de la couverture en substrat meuble concerne plus particulièrement les espèces de taille moyenne.

IV.3.2. Densités des peuplements de poissons

Nous avons globalement observé un gradient de densités significativement décroissant de la grande baie du Prony (zone la plus confinée) à la zone du canal de la Havannah (zone soumise à la plus forte influence océanique). Ce gradient est presque exclusivement dû aux variations de densités des espèces planctonophages de petite taille. Cette observation confirme les hypothèses émises à partir des relations richesse-densité pour les zones de la baie du Prony et de l'île Ouen : un nombre restreint d'espèces y est représenté par des densités très importantes. De plus, les espèces commerciales et indicatrices, les espèces de moyenne et grande taille, piscivores, consommateurs d'invertébrés sessiles et omnivores présentent des densités comparables dans les 3 zones.

La grande baie du Prony supporte des densités très importantes de planctonophages de petite taille, vraisemblablement du fait des apports terrigènes abondants (creeks et rivières) et d'un hydrodynamisme faible qui favorise ces espèces de petite taille (voir paragraphe précédent). Les densités de consommateurs d'invertébrés mobiles et d'herbivores y sont aussi les plus importantes de la zone d'étude, peut-être du fait de l'abondance de leurs sources d'alimentations respectives. La zone autour de l'île Ouen présente aussi des densités élevées pour la zone (elles sont très élevées dans la Baie Iré). La part des planctonophages de petite taille y est également importante, surtout sur les stations les plus confinées. Les densités dans la zone du canal de la Havannah sont beaucoup plus faibles et en particulier en planctonophages. Les petites espèces en sont presque absentes. Les baies de Port Boisé et Kué n'offrent apparemment pas la même protection face aux influences océaniques ou n'ont pas autant d'apports terrigènes que les baies des autres zones, pouvant expliquer les très faibles densités de planctonophages de petite taille qui y sont rencontrées. Ces baies sont également bien moins profondes et la circulation des masses d'eau n'y est peut-être pas suffisante.

Les effets du degré de confinement sur les densités sont confirmés par les analyses. Nous avons mis en évidence son effet positif sur les densités d'espèces de petite taille, essentiellement planctonophages, qui bénéficient indirectement des apports terrigènes des cours d'eau. Nos analyses mettent également en évidence l'effet négatif du confinement sur les densités des espèces de grande taille ou omnivores qui nécessitent vraisemblablement un habitat plus complexe avec des refuges de grande taille.

Les effets négatifs de la couverture en corail massif et en substrat meuble et l'effet positif de la couverture en corail branchu sur les densités globales sont certainement aussi à mettre en relation avec la disponibilité en refuges. L'influence négative du substrat meuble se retrouve sur les densités des espèces de petite taille, planctonophages, consommateurs d'invertébrés mobiles et sessiles probablement pour des raisons de disponibilité en refuges mais aussi d'alimentation pour les consommateurs d'invertébrés sessiles. L'influence négative de la couverture en corail massif sur les densités des espèces de taille moyenne, planctonophages, consommateurs d'invertébrés mobiles, herbivores et omnivores est aussi à mettre en relation avec le peu de refuges qu'offrent ces formes massives.

L'influence positive de la couverture en algues sur les densités en herbivores suggère qu'ils s'établissent dans les zones où leur source d'alimentation est plus abondante, par exemple dans les baies, et dans la baie de Prony notamment. Ces résultats sont cependant inhabituels dans la mesure où d'autres études réalisées dans la région ont mis en évidence une influence non-significative de la couverture en algues sur les richesses spécifiques, densités et biomasses des herbivores (Rossier & Kulbicki 2000 ; Carassou et al. 2013).

L'influence négative de la couverture en corail branchu sur les densités des espèces de petite taille, planctonophages et consommateurs d'invertébrés mobiles est plus délicate d'interprétation. Il est possible que les zones à forte couverture en coraux branchus soient en fait couvertes par des assemblages de coraux très peu diversifiés qui offrent de ce fait une faible diversité de micro-habitats, donc peu de diversité de proies, et en conséquence peu de mangeurs d'invertébrés. De plus, ces zones pourraient être le lieu d'une très faible hydrodynamique occasionnant peu de circulation de nutriments donc peu de plancton, et au final peu de planctonophages.

IV.3.3. Biomasses des peuplements de poissons

La biomasse des peuplements de poissons est extrêmement variable dans la zone d'étude, y compris entre stations proches, car les espèces qui influent le plus sur la biomasse sont en majorité des espèces mobiles. Cependant, les biomasses augmentent significativement selon le gradient d'exposition de la grande baie du Prony à la zone du canal de la Havannah. Ce gradient est perceptible pour les biomasses de l'ensemble des groupes trophiques, exception faite des consommateurs d'invertébrés sessiles. Il n'est cependant significatif que pour les biomasses des consommateurs d'invertébrés mobiles et des herbivores. Le même gradient apparaît pour les biomasses des espèces de moyenne et grande taille mais il est inversé pour les biomasses des espèces de petite taille.

Dans la grande zone de la baie du Prony, la biomasse est dominée par les omnivores puis les planctonophages. Les mêmes groupes trophiques dominent la biomasse autour de l'île Ouen mais elle y est globalement plus importante. La biomasse est encore plus élevée dans le canal de la Havannah où les omnivores dominent, suivis par les herbivores. Dans les 3 zones, la biomasse est dominée par les espèces de grande taille, puis les espèces de taille moyenne et les espèces de petite taille. Par ailleurs, le gradient croissant de richesse des espèces de grande taille, de la grande baie du Prony à la zone du canal de la Havannah, semble se retrouver dans le gradient de biomasse entre ces mêmes zones, suggérant que la biomasse est essentiellement dépendante des espèces de grande taille.

Nos analyses mettent en évidence les influences négatives du degré de confinement et de la couverture en substrat meuble et l'influence positive de la distance à la côte sur les biomasses globales.

L'influence négative du degré de confinement se retrouve sur les biomasses des 3 groupes trophiques qui dominent (en biomasse) le peuplement de la zone du canal de la Havannah : les omnivores, herbivores et consommateurs d'invertébrés mobiles. Des conditions plus favorables d'habitat et de disponibilité en aliments dans les zones les plus exposées peuvent expliquer ces résultats, sauf dans le cas des herbivores. Alors que leurs densités sont plus importantes dans les baies et significativement influencées par la couverture en algues, les biomasses des herbivores sont négativement influencées par le degré de confinement. Ces résultats révèlent que les herbivores rencontrés dans les secteurs exposés tels que le canal de la Havannah sont moins nombreux mais plus gros que ceux des zones confinées comme la grande baie du Prony. De plus cela pourrait suggérer que les herbivores n'ont un effet limitant sur les couvertures en algues qu'à partir d'une certaine taille. Nos résultats ne permettent pas de répondre à cette hypothèse. L'influence du degré de confinement est également négative sur les biomasses des espèces de moyenne et grande tailles mais positive sur la biomasse des espèces de petite taille. La distance à la côte exerce en outre une influence positive sur les biomasses des espèces de grande taille. Ces différents résultats laissent supposer que les individus aptes à faire face à des conditions hydrodynamiques exigeantes se développent mieux dans ces conditions, en y trouvant probablement un habitat plus favorable et une alimentation plus abondante.

L'influence négative de la couverture en substrat meuble est significative pour la biomasse des espèces de petites et moyennes tailles, des omnivores et des planctonophages pour des raisons de disponibilité en refuges et pour la biomasse des consommateurs d'invertébrés sessiles vraisemblablement pour des raisons d'alimentation.

Enfin, les richesses spécifiques, densités et biomasses des espèces commerciales et indicatrices sont positivement influencées par la distance à la côte.

L'augmentation de la biomasse moyenne de la grande baie du Prony à la zone du canal de la Havannah est parfaitement illustrée par les différences de fréquences de tailles entre les 3 zones pour la majorité des espèces commerciales que nous avons sélectionnées.

A travers cette analyse, la grande baie du Prony apparaît comme une possible zone de nourricerie pour ces espèces. En effet les classes de tailles les plus petites sont systématiquement mieux représentées dans cette zone alors que les classes de taille les plus grandes en sont presque absentes. Cette hypothèse pourrait être confirmée par une étude de la microchimie des otolithes qui permettrait de rechercher la signature chimique de l'eau de la baie du Prony dans les premières stries des otolithes d'individus adultes provenant des zones plus exposées (île Ouen et canal de la Havannah).

La zone autour de l'île Ouen fait figure de zone de transition. Des populations juvéniles (constituées d'individus de taille bien inférieure à la taille maximale connue pour l'espèce) y sont établies pour certaines espèces (*Zebрасoma veliferum*, *Siganus vulpinus*, *Acanthurus blochii*) alors que l'on y trouve également des populations adultes pour d'autres (*Scarus rivulatus*, *Plectropomus leopardus*, *Scarus ghobban*, *Siganus doliatus*, *Cheilinus chlorourus*, *Siganus puellus*, *Lutjanus fulvivflamma*). La zone du canal de la Havannah est quant à elle uniquement peuplée par des populations adultes de ces espèces. Les relations richesse – biomasse établies dans chacune de ces 3 zones traduisent cette augmentation de poids des individus de la zone de la baie du Prony à la zone du canal de la Havannah. Là encore, des conditions plus favorables pour ces espèces en termes d'habitat et d'alimentation pourraient expliquer ce gradient.

Ces résultats suggèrent l'existence d'un continuum fonctionnel entre ces 3 zones. Ils soulignent, s'ils sont confirmés par exemple par l'étude des otolithes, l'importance cruciale de la baie de Prony comme zone de nourricerie « alimentant » en individus les autres zones, voire peut-être d'autres zones en dehors de la zone étudiée. Ceci ferait de la zone de la baie du Prony une zone prioritaire en termes de conservation, hypothèse qu'il conviendrait donc de vérifier.

IV.4. Localisation des stations les plus vulnérables dans la zone d'étude

Nos analyses révèlent que les poissons appartenant à des espèces d'intérêt commercial ne se comportent pas différemment vis-à-vis des plongeurs selon leur classe de taille d'une zone à l'autre. Cela signifie qu'à l'époque où les données ont été prises, entre 1986 et 1997, soit il n'existait pas de pression significative de la chasse sous-marine sur les peuplements, ou alors cette pression était répartie de manière uniforme entre les différentes zones. La première hypothèse semble la plus vraisemblable vu l'accès difficile de cette zone à cette époque.

Parmi les 10 stations les plus vulnérables, 5 sont localisées dans la baie du Prony, ce qui en fait une zone particulièrement importante :

- 1) en termes de protection : ces stations abritent des espèces, des fonctions rares dans la zone et/ou des espèces spécialisées en termes d'habitat, d'alimentation ou encore des espèces à faible distribution géographique. Ces différentes espèces sont particulièrement sensibles à des modifications de l'écosystème et auraient probablement une faible résilience en cas de disparition. Les stations qui les hébergent sont donc à protéger en priorité.
- 2) en termes de suivi d'éventuels impacts : les espèces vulnérables, plus sensibles, figurent dans les premières à disparaître en cas de perturbation de l'écosystème, elles pourraient constituer en cela de très bons indicateurs de l'état de santé de l'écosystème. A noter cependant que du fait de leur faible abondance, leur suivi demande la mise au point de méthodes spécifiques. Le suivi régulier des stations présentant les indices de vulnérabilité les plus forts peut ainsi permettre un diagnostic rapide et à moindre effort des éventuelles perturbations de l'écosystème.

En plus des 5 stations de la baie du Prony, 2 des 10 stations les plus vulnérables (situées dans le secteur de la Concession à l'entrée de Port boisé) pourraient constituer des points de référence intéressants. En effet cette zone est soumise à l'influence indirecte du complexe de Vale Nouvelle-Calédonie en raison de sa probable exposition au panache de la rivière Kué qui draine les eaux du site minier (Bouvet & Guillemot 2015). Le suivi régulier de ces 2 stations pourrait également être un outil de diagnostic des éventuelles perturbations de l'écosystème. Les 3 stations restantes, éloignées de l'influence directe de l'usine, pourraient constituer d'excellents points de références.

Les analyses visant à rechercher les effets des facteurs environnementaux sur les indices de vulnérabilité ont indiqué un fort effet négatif de la couverture en substrat meuble et en corail massif

et un effet positif de la couverture en corail branchu. Ces résultats confirment la nécessité de protéger les habitats coralliens et d'éviter la sédimentation (en limitant entre autres l'érosion des sols) afin de préserver la diversité biologique.

IV.5. Ressemblances et spécificités de la zone étudiée dans le contexte biogéographique du Pacifique

La comparaison de nos résultats avec ceux d'autres études effectuées dans la région calédonienne ainsi que dans les îles Fidji, Tonga et en Polynésie française permet de resituer les caractéristiques des peuplements de poissons de la zone d'étude dans un contexte biogéographique.

Cette comparaison révèle la relative pauvreté en espèces de la zone étudiée par rapport au reste du lagon sud-ouest et plus encore par rapport à d'autres localités des lagons calédoniens, des Fidji ou des Tonga. En termes de richesse spécifique, la zone d'étude se rapproche de la majorité des localités de Polynésie française. Cette pauvreté en espèces concerne surtout les herbivores, omnivores, consommateurs d'invertébrés mobiles et toutes les espèces de taille moyenne, pour lesquels les richesses spécifiques s'apparentent à celles observées sur les barrières internes polynésiennes. Les richesses en piscivores et planctonophages sont légèrement inférieures aux moyennes des autres localités mais comparables aux valeurs observées sur certains récifs frangeants des Tonga et de Polynésie. La richesse en piscivores est plus importante dans la zone d'étude que sur les autres récifs frangeants du lagon sud-ouest. A la différence des richesses de ces 5 groupes trophiques, la richesse en consommateurs d'invertébrés sessiles se situe dans la moyenne haute des localités comparées. La richesse en espèces de petite taille est inférieure à la moyenne généralement observée sur les récifs frangeants et se rapproche de la richesse observée sur les récifs-barrière. La richesse en espèces de grande taille est tout-à-fait comparable à celle de la majorité des localités, y compris là où la richesse spécifique globale est beaucoup plus élevée. La structure trophique la plus ressemblante en richesses relatives est celle des récifs frangeants du lagon sud-ouest. La zone d'étude présente donc la signature typique de ce lagon dans sa composition trophique relative, malgré une richesse globale plus faible. Elle est cependant plus riche en piscivores et plus pauvre en planctonophages que les autres récifs frangeants du lagon sud-ouest. La structure par classes de tailles en richesses relatives est tout-à-fait atypique : nous observons un déficit en espèces de taille moyenne essentiellement au profit des espèces de grande taille. Ce type de structure se retrouve dans quelques rares localités : les récifs intermédiaires d'Ouvéa, de Hikueru et Marokau en Polynésie et les barrières internes de Chesterfield et Taiaro en Polynésie. Ces sites ne présentent cependant pas de points communs évidents, il est donc difficile de corréliser cette structure particulière à un facteur spécifique. La richesse importante en espèces de grande taille et en consommateurs d'invertébrés sessiles constitue une particularité de cette zone qui pourrait être interprétée comme un signe de bonne santé de ces récifs à l'époque de l'étude. La richesse en piscivores plus importante que sur les autres récifs frangeants du lagon renforce cette hypothèse.

Les densités moyennes observées dans la zone du canal de la Havannah figurent parmi les plus élevées des récifs de Nouvelle-Calédonie et des Fidji. Les densités rencontrées dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen sont exceptionnellement élevées et ne sont atteintes que sur quelques autres récifs de Nouvelle-Calédonie et des Fidji. Ces fortes valeurs s'expliquent par des densités exceptionnelles de planctonophages, d'omnivores et d'espèces de petite taille, en particulier dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen. Les densités de consommateurs d'invertébrés sessiles y sont également très élevées. Des densités similaires pour ces groupes trophiques sont observées sur les récifs du lagon est et sur les récifs frangeants de Vanua-Levu aux Fidji. Des densités importantes d'espèces de petite taille se retrouvent également sur les récifs frangeants de Vanua-Levu et Viti-Levu aux Fidji, sur les récifs intermédiaires de Viti-Levu, sur la barrière interne du lagon sud-ouest et sur la barrière externe de Lifou. Ces fortes densités de proies potentielles semblent favoriser des densités importantes de piscivores dans les localités fidjiennes (ainsi que des biomasses élevées à Vanua-Levu),

témoignant d'une probable conjonction prédateurs-proies. La situation dans les localités calédoniennes est très différente : il n'y aucune relation évidente entre les densités importantes de proies potentielles et les densités ou biomasses de piscivores, moyennes à faibles dans ces localités, ce qui fait plutôt penser à un cas de libération de l'effet prédateur (« predator release » - les densités de proies ne sont pas régulées par les prédateurs). La pression de pêche, faible à l'époque de la prise de données, ne peut pas être la cause des différences concernant les piscivores entre ces localités fidjiennes et calédoniennes. Une explication possible réside dans la composition spécifique du peuplement de piscivores : les prédateurs présents sur ces récifs calédoniens pourraient viser des espèces de proies plus grosses et ne seraient pas favorisées par des densités importantes en espèces de petite taille alors que les espèces de piscivores fidjiennes, visant des petites espèces, seraient favorisées par leurs fortes densités. Des mécanismes de compétition entre les espèces piscivores pourraient également être mis en jeu dans la limitation de leurs densités. Les densités de piscivores rencontrées dans la zone d'étude sont légèrement inférieures aux densités généralement rencontrées sur les récifs frangeants et s'apparentent plus aux densités des récifs intermédiaires ou barrières. Les densités de consommateurs d'invertébrés mobiles observées dans la zone sont semblables à celles rencontrées sur la très grande majorité des récifs comparés. Les densités en herbivores sont quant à elles très inférieures aux densités généralement observées dans les autres localités, caractéristique commune aux autres récifs frangeants du lagon sud-ouest et à quelques autres récifs frangeants. Ce phénomène est surprenant dans le sens où les conditions réunies sur les récifs frangeants devraient au contraire favoriser les herbivores : les apports de nutriments par lessivage des sols et la clarté de l'eau sont favorables à la croissance algale et l'abondance de planctonophages devrait libérer la pression de prédation sur les herbivores.

De rares sites présentent des densités en espèces de taille moyenne aussi importantes que celles observées dans la zone d'étude, alors que la richesse de ces espèces est particulièrement basse. Ces espèces très abondantes sont en grande majorité des Pomacentridae sédentaires vivant à proximité du substrat, planctonophages (*Chromis viridis*, *Pomacentrus philippinus* et *Neopomacentrus azysron*) et omnivores (*Pomacentrus amboinensis*, *Pomacentrus moluccensis*), ces dernières se nourrissant principalement d'algues et d'organismes planctoniques. Il est probable que les apports terrigènes abondants dans la zone d'étude amènent des nutriments qui favorisent à la fois la croissance algale et le développement planctonique, assurant l'alimentation de ces espèces. De plus, les couvertures en corail branchu élevées dans la zone suggèrent une abondance de refuges pour ces poissons. Ces caractéristiques particulières pourraient expliquer que ces espèces sont particulièrement bien adaptées à cette zone et s'y rencontrent en fortes densités. Les densités en espèces de grande taille sont dans la moyenne de ce qui est observé dans les différentes localités. La structure trophique, exprimée en densités moyennes de chaque groupe, est très proche de celle de l'ensemble des récifs frangeants du lagon sud-ouest, à l'exception des densités des omnivores qui y sont deux fois moins importantes que dans la zone d'étude. Cette structure ressemble également à celle des récifs frangeants et intermédiaires du lagon est, sur lesquels les densités en piscivores et herbivores sont néanmoins un peu plus élevées. Ces récifs frangeants de la côte est ont en commun de forts apports terrigènes et une complexité d'habitat assez forte, en revanche la part de substrats durs y est beaucoup plus importante et les coraux branchus y sont peu représentés. Les densités en piscivores, herbivores et consommateurs d'invertébrés mobiles rencontrées dans la zone d'étude rappellent les densités observées sur les barrières internes de Polynésie. L'habitat de ces récifs polynésiens a *a priori* peu de points communs avec celui de la région de Prony, les couvertures coralliennes y sont faibles, les eaux très oligotrophes et claires. Il n'est pas impossible que les nutriments rencontrés dans les eaux dans notre zone d'étude soient déséquilibrés ou comportent des éléments toxiques (Ni, Cd ...) naturels qui rendent ces nutriments peu disponibles ou mal utilisables par les communautés récifales et donc aboutissent à une pseudo-oligotrophie. Cette hypothèse nécessiterait cependant des analyses fines et ciblées des POM, production primaire et secondaire dans la colonne d'eau. A noter que les rivières de toute cette région de Nouvelle-Calédonie ont des peuplements d'invertébrés et de poissons extrêmement pauvres tant en espèces qu'en densités, ce qui pourrait abonder dans le sens de cette hypothèse. La structure trophique en densités relatives est également très semblable à celle des récifs

frangeants des lagons est et sud-ouest, mais aussi à celle des récifs intermédiaires d'Ouvéa et de Viti-Levu dans les Fidji. Ceci montre que le potentiel est similaire mais que des facteurs différents contrôlent le développement ou à l'opposé le non développement des populations de ces poissons. Les structures par classe de taille en densités relatives dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen sont très particulières et rares alors que celle du canal de la Havannah est beaucoup plus commune. Cette structure de taille en densité relative pourrait être une indication d'un particularisme de cette baie et de l'île Ouen avec peut-être un système dont une partie des fonctionnalités ne sont pas ou peu exprimées suite à des facteurs environnementaux spécifiques. Ces derniers sont peut-être à chercher dans les sols et la végétation très particulière (maquis minier) dans ces deux zones.

Les biomasses observées dans la grande baie du Prony sont comparables à celles rencontrées sur une majorité de récifs frangeants, celles observées autour de l'île Ouen sont typiquement des biomasses de récifs intermédiaires alors que les biomasses du canal de la Havannah s'apparentent plus aux biomasses observées sur les récifs barrières mais aussi sur certains récifs frangeants et intermédiaires. Cette progression est très probablement à lier à l'hydrodynamisme, ce dernier étant faible en baie de Prony, moyen autour l'île Ouen et fort à très fort dans la zone du canal de la Havannah. Il est également possible que la composition en nutriments et le niveau et caractéristiques de la production primaire suivent un gradient comparable à ce qui est observé sur une radiale côte-large en d'autres endroits du lagon sud-ouest.

La fourchette des biomasses de piscivores observées sur ces 3 zones est identique à celle observée généralement sur les récifs frangeants calédoniens, bien que les 3 soient supérieures à la biomasse moyenne des piscivores sur les autres récifs frangeants du lagon sud-ouest. A l'époque des premiers transects dans cette zone (1986) la pêche de loisir, de subsistance ou professionnelle étaient très peu développées, et en 1997 l'accès était certes déjà bien facilité mais la pression de pêche y était probablement encore relativement faible en comparaison des autres récifs frangeants du lagon sud-ouest qui subissent depuis bien plus longtemps une pression importante. Les biomasses de planctonophages sont légèrement supérieures mais comparables à celles des récifs frangeants calédoniens et tongiens. Ces biomasses sont relativement peu élevées car l'essentiel des planctonophages sont de petites espèces (Pomacentridae, Apogonidae), les planctonophages de taille moyenne (Caesionidae, Holocentridae) ou de grande taille (*Naso* spp.) étant rares. Il convient cependant de noter, surtout en baie de Prony, l'existence à l'époque de bancs importants de maquereaux pélagiques (*Rastrelliger* spp.), ces derniers n'étant cependant pas observés sur les transects. Ceci pourrait indiquer que le compartiment "planctonophage moyen" était en fait occupé par des espèces non répertoriées par les observations en plongée. Il pourrait en aller de même pour des prédateurs de pleine eau (thons et thazards) qui étaient relativement abondants à la sortie de la baie de Prony, canal de la Havannah et entrée sud du canal Woodin. Les biomasses en herbivores, particulièrement faibles dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen, sont également similaires à celles rencontrées sur plusieurs des récifs frangeants de notre analyse comparative ou sur les barrières internes polynésiennes. Quelques raisons possibles pour ces faibles valeurs ont déjà été évoquées pour les densités. Les faibles biomasses d'herbivores montrent cependant que non seulement ces poissons étaient peu abondants mais aussi de taille modeste. Vu le faible niveau de pêche à l'époque de ces observations ceci plaide en faveur de facteurs limitants naturels pour ces herbivores. Il est intéressant de noter qu'il n'y a pas de relation entre le niveau des herbivores et celui des algues, ce qui suggère que d'autres facteurs régulent la production primaire benthique dans ces zones. Les biomasses des consommateurs d'invertébrés mobiles sont typiquement celles rencontrées sur les récifs frangeants dans d'autres régions. Les biomasses des omnivores, légèrement inférieures à la moyenne, s'apparentent aux biomasses rencontrées sur les récifs frangeants des Tonga. Les poissons omnivores, par définition, consomment une certaine quantité d'aliments d'origine végétale. Leur relativement faible biomasse pourrait donc avoir des raisons similaires aux faibles biomasses observées pour les herbivores. Les biomasses des consommateurs d'invertébrés sessiles, très élevées, sont supérieures à celles généralement observées sur les récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie et s'apparentent aux biomasses rencontrées sur les récifs frangeants des Fidji, sur les récifs

intermédiaires des lagons calédoniens et sur quelques récifs barrières. Leur part relative dans l'assemblage est exceptionnellement élevée. La plupart de ces espèces consomment des polypes de coraux, en particulier les coraux branchus et tabulaires qui sont par endroits très bien développés dans ces zones. De nombreuses études ont montré que ces poissons étaient très sélectifs et préféraient certaines espèces de coraux à d'autres, ce qui laisse supposer que ces espèces sont bien représentées dans les zones étudiées. La structure trophique globale en biomasses absolues est proche de celles des récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie et de Tonga et des récifs intermédiaires des lagons calédoniens. Dans la grande baie du Prony et autour de l'île Ouen, les biomasses des espèces de petite taille sont exceptionnellement fortes alors que celles des espèces de taille moyenne sont exceptionnellement faibles en comparaison des autres récifs. Les biomasses de ces 2 classes de taille dans la zone du canal de la Havannah sont dans les normes et s'apparentent à celles généralement observées sur les récifs frangeants. Ce contraste étonnant est probablement à lier au déséquilibre en herbivores et planctonophages de taille moyenne, deux groupes qui contribuent en général fortement aux tailles moyennes. Les biomasses des espèces de grande taille sont très différentes dans les 3 zones. Celles de la grande baie du Prony sont proches des biomasses des espèces de grande taille observées sur les autres récifs frangeants, celles de la zone autour de l'île Ouen sont comparables aux biomasses des barrières internes et celles du canal de la Havannah aux biomasses des récifs intermédiaires. Comme déjà indiqué ceci est probablement à lier à la qualité des eaux et au type et qualité de la production primaire, hypothèse qui reste cependant à démontrer. Les structures en biomasses relatives par classes de tailles de la grande baie du Prony et de la zone autour de l'île Ouen sont propres à la zone d'étude ce qui confirme la spécificité de ces zones en termes de structure et donc probablement de fonctionnement. La structure relative du canal de la Havannah s'apparente à celles des récifs frangeants du lagon est et de Viti-Levu aux Fidji et à celles des barrières internes de Chesterfield et d'une grande majorité de localités de Polynésie. Ces zones ont en commun une forte proportion de substrat dur avec peu de refuges et peu de couverture corallienne, ce qui favorise des espèces de taille moyenne à grande, et dans la mesure où la pêche est peu développée, les biomasses peuvent y être relativement importante si la production des eaux le permet.

Conclusion

Les paysages benthiques et les peuplements de poissons de récifs de la zone d'influence du complexe industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie semblent principalement structurés selon un gradient côte-large correspondant à la combinaison des gradients confinement - hydrodynamique importante et influence terrigène - influence océanique. Ces gradients ont un effet sur la distribution des substrats meubles, des algues et des coraux massifs. Ils structurent également les peuplements de poissons en 3 zones distinctes : la grande baie du Prony, la zone de l'île Ouen et la grande zone du canal de la Havannah. Cette structuration n'apparaît pas dans les variations de richesses spécifiques moyennes observées dans ces zones mais elle est très marquée dans le gradient de densités décroissant et le gradient de biomasses croissant qui existent de la baie du Prony au canal de la Havannah. Le degré de confinement et la couverture en substrats meubles exercent globalement une influence négative sur les richesses, densités et biomasses des peuplements de poissons alors que la couverture en corail branchu et la distance à la côte ont plutôt une influence positive. La zone d'étude est globalement pauvre en espèces mais supporte des densités moyennes extrêmement élevées, particulièrement en espèces de petite taille, en planctonophages et en omnivores, par comparaison aux autres localités du Pacifique sud. Les variations de biomasses moyennes observées entre ces zones sont comparables à celles observées dans un gradient côte-large à plus grande échelle sur les récifs du Pacifique sud (gradient récifs frangeants-intermédiaires-barrières internes). L'étude des biomasses de certaines espèces nous laissent également à penser que ces 3 zones correspondent à des habitats successifs nécessaires au développement de ces espèces. La proximité spatiale de zones aux différences aussi marquées souligne la particularité de cet ensemble. De part sa composition relative en richesse, densité et biomasse des groupes trophiques, la zone étudiée présente une signature assez typique des récifs frangeants du Pacifique sud, et plus particulièrement des récifs frangeants du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Elle s'en distingue néanmoins par une richesse et une biomasse de piscivores plus importantes et de part ses densités de planctonophages exceptionnelles.

La structure relative par classe de taille (en richesse, densité et biomasse) de cet ensemble est en revanche tout-à-fait atypique, et en particulier celle de la grande baie du Prony et de la zone autour de l'île Ouen, avec un déficit important en espèces de taille moyenne au profit des petites et grandes espèces. Les richesses spécifiques, densités moyennes et biomasses moyennes élevées des espèces de grande taille et des consommateurs d'invertébrés sessiles par rapport aux autres localités du Pacifique sud pourraient être des indicateurs de la bonne santé des écosystèmes de la zone à l'époque où les données ont été prises. Les valeurs élevées de ces indicateurs pour les piscivores en comparaison à celles généralement observées sur les récifs frangeants du lagon sud-ouest appuient cette hypothèse. La recherche de vulnérabilité dans les assemblages de la zone nous a permis de détecter une vulnérabilité plus importante de stations situées dans les zones d'influence directe du complexe, offrant des perspectives de suivi intéressantes mais constituant également des enjeux de protection importants.

Résumé et abstract

Résumé

A l'heure où l'érosion de la biodiversité est de plus en plus significative, l'évaluation des impacts anthropiques et leur maîtrise sont des composantes indispensables au développement de toute activité humaine. C'est dans cette démarche que s'inscrit notre étude. La construction, à partir de 1998, d'une usine pilote puis du complexe industriel et minier de Vale Nouvelle-Calédonie a donné lieu à de profonds changements dans les paysages aux abords de la baie du Prony. Ces changements pouvant être vecteurs de perturbations pour les écosystèmes, un suivi des communautés de la zone (et notamment des communautés biologiques récifales) a été mis en place. Près de 20 études ont été réalisées depuis les premiers travaux liés à l'installation du complexe et un état de référence a même été établi en 2011. Il manquait jusqu'à présent un état initial complet avec lequel comparer les résultats de ces études successives. La disponibilité de données de l'ORSTOM (actuel IRD) recueillies avant 1998 a permis de combler ce manque et d'établir *a posteriori* un état initial des paysages benthiques et des peuplements de poissons de récifs dans le périmètre d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie.

Nous avons travaillé sur des données recueillies entre 1986 et 1997 par l'ORSTOM, auxquelles nous avons ajouté des données recueillies en 1994 et 1996 par P. Thollot et L. Wantiez suivant des méthodes similaires. Nous avons ainsi compilé les données de 88 stations réparties dans la zone d'influence actuelle du complexe industriel et minier. Les paysages benthiques ont été évalués à l'aide de 2 méthodes distinctes (Medium Scale Approach et Line Intercept Transect) appliquées à des transects de 50m et aboutissant au calcul des pourcentages de recouvrement de 5 grandes catégories de substrat (substrat meuble, substrat dur, corail branchu, corail massif, algues). Les peuplements de poissons ont été évalués sur les mêmes transects par comptages visuels sous-marins en utilisant la méthode des transects à largeur variable. Ces données nous ont permis de calculer les richesses spécifiques, densités moyennes et biomasses moyennes sur chacune des stations pour le peuplement de poissons global, pour le peuplement limité aux espèces d'intérêt commercial et indicatrices, pour chaque groupe trophique et pour chaque classe de taille. L'ensemble des résultats obtenus a été cartographié. L'utilisation de méthodes d'analyses multi-variées nous a permis de regrouper les stations en grandes zones de peuplement selon la composition du substrat et du peuplement de poissons. Nous avons ensuite pu caractériser ces zones en fonction des indicateurs cités précédemment et recherché l'influence des facteurs du substrat (auxquels nous avons ajouté le degré de confinement de la station et la distance à la côte) sur ces indicateurs. Nous avons également construit deux indices permettant d'établir la vulnérabilité des peuplements de poissons de chacune des stations de la région de Prony. Enfin, nous avons comparé nos résultats à ceux d'autres études effectuées dans le Pacifique (Nouvelle-Calédonie, Fidji, Tonga, Polynésie française) par l'IRD et ses partenaires.

Les paysages benthiques et les peuplements de poissons de récifs de la zone étudiée semblent principalement structurés selon un gradient côte-large correspondant à la combinaison des gradients confinement - hydrodynamique importante et influence terrigène - influence océanique. Ces gradients ont un effet sur la distribution des substrats meubles, des algues et des coraux massifs. Ils structurent également les peuplements de poissons en 3 zones distinctes : la grande baie du Prony, la zone de l'île Ouen et la grande zone du canal de la Havannah. Cette structuration n'apparaît pas dans les variations de richesses spécifiques moyennes observées dans ces zones mais elle est très marquée dans le gradient de densités décroissant et le gradient de biomasses croissant qui existent de la baie du Prony au canal de la Havannah. Le degré de confinement et la couverture en substrats meubles exercent globalement une influence négative sur les richesses, densités et biomasses des peuplements de poissons alors que la couverture en corail branchu et la distance à la côte ont plutôt une influence positive. La région d'étude est globalement pauvre en espèces mais supporte des densités moyennes extrêmement élevées, particulièrement en espèces de petite taille, en planctonophages et en omnivores, par comparaison aux autres localités du Pacifique sud. Les variations de biomasses moyennes observées entre les trois zones de Prony sont comparables à celles observées dans un

gradient côte-large à plus grande échelle sur les récifs du Pacifique sud (gradient récifs frangeants-intermédiaires-barrières internes). L'étude des structures de taille de certaines espèces nous laissent également à penser que ces 3 zones correspondent à des habitats successifs nécessaires au développement de ces espèces. La proximité spatiale de zones aux différences aussi marquées souligne la particularité de cet ensemble.

De part sa composition relative en richesse, densité et biomasse des groupes trophiques, la région étudiée présente une signature assez typique des récifs frangeants du Pacifique sud, et plus particulièrement des récifs frangeants du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Elle s'en distingue néanmoins par une richesse et une biomasse de piscivores plus importantes et de part ses densités de planctonophages exceptionnelles. La structure relative par classe de taille (en richesse, densité et biomasse) de cet ensemble est en revanche tout-à-fait atypique, et en particulier celle de la grande baie du Prony et de la zone autour de l'île Ouen, avec un déficit important en espèces de taille moyenne au profit des petites et grandes espèces. Les richesses spécifiques, densités moyennes et biomasses moyennes élevées des espèces de grande taille et des consommateurs d'invertébrés sessiles par rapport aux autres localités du Pacifique sud pourraient être des indicateurs de la bonne santé des écosystèmes de la zone à l'époque où les données ont été prises. Les valeurs élevées de ces indicateurs pour les piscivores en comparaison à celles généralement observées sur les récifs frangeants du lagon sud-ouest appuient cette hypothèse. La recherche de vulnérabilité dans les assemblages de la zone nous a permis de détecter une vulnérabilité plus importante de stations situées dans les zones d'influence directe du complexe, offrant des perspectives de suivi intéressantes mais constituant également des enjeux de protection importants.

Abstract

At the time when the erosion of biodiversity is more and more significant, evaluating human impacts and mastering their evolution are some of the needed components for the development of any human activity. The present work is within this framework. The building, started in 1998, of the industrial and mining complex of Vale New Caledonia has induced major changes in the terrestrial and marine landscapes around Prony Bay. These changes may be major vectors of perturbations for these ecosystems and therefore monitoring the communities in this region (and in particular the reef communities) has been initiated. Nearly 20 studies have already been carried out since the first works linked to the installation of this complex and an initial state was established in 2011. However, there was a lack of information on the status of this region before 1998 to which compare later results. The existence of data from ORSTOM (previous name of IRD) recorded before 1998 allows to fill this gap and to build a posteriori an initial status of benthic landscapes and fish assemblages in the influence perimeter of the Vale New Caledonia complex.

The present work is based on data from 1986 to 1997 sampled by ORSTOM, to which were added data collected in 1994 and 1996 by P.Thollot and L.Wantiez with similar methods. In this way 88 stations distributed within the influence region of Prony were selected. Benthic landscapes were evaluated with two methods ("Medium Scale Approach" and "Line Intercept Transect") applied to 50 m long transects and giving way to estimates the percentages of benthic cover for 5 major substrate categories (soft bottom, hard substrate, branching coral, massive coral, algae and sea grass). Fish assemblages were sampled on the same transects than the benthic landscapes using distance sampling. These data allowed to estimate species richness, average densities and biomasses on each station for all fish species, for each trophic and size group, or also restricted to commercial species. Results were mapped. Multivariate analyses allowed to group stations into large zones according to both benthic and fish components. These zones were then characterized by the benthic and fish variables already mentioned as well as distance to the coast and confinement. Two vulnerability indices were also built to indicate which stations were most at risk in the zones. Then these results were compared to results from other regions of New Caledonia and the South Pacific (Fiji, Tonga, French Polynesia).

Benthic landscapes and reef fish assemblages seem structured along a coast-ocean gradient corresponding to a combination of hydrodynamics and terrestrial input gradients. These gradients have an effect on the distribution of soft bottoms, algae and massive corals. This allowed also to structure fish assemblages into 3 zones: Prony Bay, Ouen island and around, the Havannah channel. These zones have little influence on average species richness, but on the opposite average densities and biomasses increased from Prony bay to the Havannah channel. Confinement and soft bottom cover have globally a negative influence on species richness, densities and biomasses of reef fish assemblages, whereas branched coral and distance to the coast had usually a positive influence. The zone studied had in general low species richness but on the opposite densities were very high, in particular for small species, plankton feeders and omnivores in comparison with other regions in the South Pacific. The variations in biomass amongst regions along coast to ocean gradients in the South Pacific are comparable to the variations in biomass observed along similar gradients in the Prony region. Analyzing the size structure of major commercial species showed that there was a logical succession with small individuals in Prony Bay and the largest individuals in the Havannah channel, suggesting that there could be exchanges between these zones with Prony Bay being a potential nursery area.

The relative taxonomic and diet structures in richness, density and biomass of the Prony region were typical of fringing reefs in the South Pacific, and more specifically of fringing reefs in the South West lagoon of New Caledonia. There were however major differences with piscivore richness and biomass above average as well as exceptional plankton feeders densities. On the opposite the relative size structure (in richness, density, biomass) of the Prony region were atypical. In particular this relative structure in Prony Bay and Ouen island had an important deficit in average size species compared to small and large species. Species richness, average densities and biomasses were high for large size species and sessile invertebrate feeders compared to other regions in the South Pacific. This could be an indication of the good health of these assemblages at that time (before 1998). This is accentuated by the high values for piscivores in the Prony region compared to other fringing reefs in the South West lagoon of New Caledonia. Looking for vulnerable sites in the Prony region allowed to detect a higher vulnerability in sites located under the direct influence of the industrial and mining complex. This opens interesting perspectives for monitoring as well as in terms of protection.

Bibliographie

- Bouvet G, Guillemot N (2015) Révision du plan de suivi du milieu marin dans la zone d'influence du complexe minier et industriel de Vale Nouvelle-Calédonie. CAIL, Nouméa (Nouvelle-Calédonie) : 159 p
- Carassou L, Léopold M, Guillemot N, Wantiez L, Kulbicki M (2013) Does Herbivorous Fish Protection Really Improve Coral Reef Resilience? A Case Study from New Caledonia (South Pacific). *PLoS ONE* 8(4): e60564. doi:10.1371/journal.pone.0060564
- Chatfield C, Collins AJ (1980) Introduction to multivariate analysis. Chapman and Hall, Londres (UK)
- Clua E, Legendre P, Vigliola L, Magron F, Kulbicki M, Sarra megna 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: 219–230
- Dormann CF, Elith J, Bacher S, Buchmann C, Carl G, Carré G, García Marquéz JR, Gruber B, Lafourcade B, Leitão PJ, Münkemüller T, McClean C, Osborne PE, Reineking B, Schröder B, Skidmore AK, Zurell D, Lautenbach S (2012) Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography* 35: 1–20
- Elith J, Leathwick JR, Hastie T (2008) A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology* 77: 802–813
- English S, Wilkinson C, Baker V (1997) Survey manual for tropical marine resources. A.I.M.S., Townsville (Australie) : 368 p
- Friedman JH (2001) Greedy function approximation: a gradient boosting machine. *Annals of Statistics* 29: 1189–1232
- Koleff P, Gaston KJ, Lennon JK (2003) Measuring beta diversity for presence–absence data. *Journal of Animal Ecology* 72 : 367–382
- Kreft H, Jetz W (2010) A framework for delineating biogeographical regions based on species distributions. *Journal of Biogeography* 37 : 2029–2053
- Kulbicki M, Sarra megna S (1999) Comparison of density estimates derived from stip transect and distance sampling for underwater visual census: a case study of Chaetodontidae and Pomacantidae. *Aquatic Living Resources* 12 (5) : 315–325
- Kulbicki M, Parravicini V, Bellwood DR, Arias-Gonzalez JE, Chabanet P, Floeter SR, Friedlander AM, McPherson J, Myers RE, Vigliola L, Mouillot D (2013) Global Biogeography of Reef Fishes: A Hierarchical Quantitative Delineation of Regions. *PLoS ONE* 8(12): e81847. doi:10.1371/journal.pone.0081847
- Labrosse P, Kulbicki M, Ferraris J (2002) Underwater visual fish census surveys. Secretariat of the Pacific Community. Nouméa (Nouvelle-Calédonie) : 60 p
- Rossier O, Kulbicki M (2000) A comparison of fish assemblages from two types of algal beds and coral reefs in the South-West lagoon of New Caledonia. *Cybium* 24(1): 3–26
- Sarra megna S, Guillaume M, EMR (2012) Communautés récifales dans le périmètre d'influence de Vale Nouvelle-Calédonie : Etat de référence en 2011. CAIL, Nouméa (Nouvelle-Calédonie) : 1064 p
- Testau JL, Conand F (1983) Estimations des surfaces des différentes zones des lagons de Nouvelle-Calédonie. ORSTOM, Nouméa (Nouvelle-Calédonie) : 5 p

Liste des illustrations

Figure 1. Localisation de la zone d'étude (source carte : Eric Gaba)	8
Figure 2. Schéma explicatif d'un comptage visuel sous-marin selon la méthode du transect à largeur variable. Dans cet exemple, le transect mesure 50 m (Labrosse et al. 2002).....	10
Figure 3. Localisation des 3 grandes zones de peuplements de poissons définies dans la zone d'étude suite au regroupement des stations par les analyses de cluster	18
Figure 4. Relations richesse spécifique (nombre d'espèces par transect) - densité totale (graphiques de gauche) et richesse spécifique - biomasse totale (graphiques de droite) dans les trois zones. ● zone 1, ● zone 2, ● zone 3.....	19
Tableau 1. Corrélations de Pearson entre les variables caractéristiques des paysages benthiques. La significativité et le signe de la corrélation sont indiqués. *** : corrélation très significative ; ** : corrélation moyennement significative ; * : corrélation faiblement significative	20
Figure 5. Pourcentages de recouvrement des différentes catégories de substrat dans les 3 zones de peuplements de poissons identifiées. Les intervalles de confiance, la significativité des tests de Kruskal-Wallis et les résultats des tests post-hoc sont indiqués. Zone 1 : grande baie du Prony ; zone 2 : île Ouen ; zone 3 : grande zone du canal de la Havannah..	21
Figure 6. Répartition des espèces entre les 3 zones en pourcentages. Zone 1 : grande baie du Prony ; zone 2 : île Ouen ; zone 3 : grande zone du canal de la Havannah.	22
Figure 7. Indicateurs globaux des peuplements de poissons dans les 3 zones identifiées. RS : richesse spécifique moyenne ; DENS : densité moyenne (les densités ont été multipliées par 10 pour une meilleur lisibilité) ; BIOMASSE : biomasse moyenne ; total : toutes espèces ; com : espèces d'intérêt commercial et indicatrices. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. Zone 1 : grande baie du Prony ; zone 2 : île Ouen ; zone 3 : grande zone du canal de la Havannah	23
Figure 8. Résultats de l'analyse d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquée sur la richesse spécifique : influences relatives des 7 facteurs du paysage.....	24
Figure 9. Résultats de l'analyse d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquée sur la densité moyenne : influences relatives des 7 facteurs du paysage	25
Figure 10. Résultats de l'analyse d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquée sur la biomasse moyenne : influences relatives des 7 facteurs du paysage	26
Figure 11. Richesse spécifique moyenne par station des différents groupes trophiques dans les 3 zones identifiées. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. Zone 1 : grande baie du Prony ; zone 2 : île Ouen ; zone 3 : grande zone du canal de la Havannah.....	28
Figure 12. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur les richesses spécifiques moyennes par station des différents groupes trophiques. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores.	29
Figure 13. Densité moyenne des différents groupes trophiques dans les 3 zones identifiées. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. Zone 1 : grande baie du Prony ; zone 2 : île Ouen ; zone 3 : grande zone du canal de la Havannah.....	30
Figure 14. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur les densités moyennes des différents groupes trophiques. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores.	31
Figure 15. Biomasse moyenne des différents groupes trophiques dans les 3 zones identifiées. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs	

d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués.

Zone 1 : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah..... 32

Figure 16. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur les biomasses moyennes des différents groupes trophiques. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. 33

Figure 17. Richesse spécifique des différentes classes de taille dans les 3 zones identifiées. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah..... 35

Figure 18. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur les richesses spécifiques (graphiques de gauche) et les densités moyennes (graphiques de droite) des différentes classes de taille. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm..... 36

Figure 19. Densités moyennes des différentes classes de taille dans les 3 zones identifiées. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah..... 37

Figure 20. Biomasses moyennes des différentes classes de taille dans les 3 zones identifiées. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. Les intervalles de confiance, la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis, ainsi que les résultats des tests post-hoc sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah. 38

Figure 21. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur les biomasses moyennes des différentes classes de taille. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. 39

Figure 22. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur l'indice de vulnérabilité par rang. 40

Figure 23. Résultats des analyses d'arbres de régression renforcée (BRT) pratiquées sur l'indice de vulnérabilité standardisé..... 41

Figure 24. Valeurs moyennes de l'indice de vulnérabilité par rang et de l'indice de vulnérabilité standardisé dans les 3 zones identifiées. Les intervalles de confiance et la significativité des ANOVAS ou des tests de Kruskal-Wallis sont indiqués. **Zone 1** : grande baie du Prony ; **zone 2** : île Ouen ; **zone 3** : grande zone du canal de la Havannah..... 41

Figure 25. Analyse en Composantes Principales effectuée sur les richesses spécifiques des différents groupes trophiques et classes de tailles. Les localités ont été codées : NC1 : Chesterfield ; NC2 : Lagon Est ; NC3 : Lagon ouest ; NC4 : lagon sud-ouest ; NC5 : Lifou ; NC6 : Ouvéa ; FJ1 : Lakeba ; FJ2 : Vanua-Levu ; FJ3 : Viti-Levu ; TG1 : Haapai ; TG2 : Tongatapu ; TG3 : Vavau ; PF1 : Haraiki ; PF2 : Hikueru ; PF3 : Hiti ; PF4 : Kauehi ; PF5 : Marokau ; PF6 : Mururoa ; PF7 : Nihiru ; PF8 : Taïaro ; PF9 : Tekokota ; PF10 : Tepoto ; PF11 : Tikehau. Les types de récif ont également été codés : F : récif frangeant ; i : récif intermédiaire ; I : barrière interne ; E : barrière externe. Les variables sont codées comme précédemment. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm ; FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. 43

Figure 26. Richesses spécifiques par groupe trophique sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. NC : Nouvelle-Calédonie ; PF : Polynésie française.

FC : piscivores ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; PK : planctonophages ; H : herbivores ; OM : omnivores ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles 45

Figure 27. Richesses spécifiques par classe de taille sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. S1 : espèces de taille maximale <7cm S3 : espèces de taille maximale >30cm ; S2 : espèces de taille maximale comprise entre 7 et 30 cm. 46

Figure 28. Analyse en Composantes Principales effectuée sur les densités moyennes des différents groupes trophiques et classes de tailles. Les localités ont été codées : NC1 : Chesterfield ; NC2 : Lagon Est ; NC3 : Lagon ouest ; NC4 : lagon sud-ouest ; NC5 : Lifou ; NC6 : Ouvéa ; FJ1 : Lakeba ; FJ2 : Vanua-Levu ; FJ3 : Viti-Levu ; TG1 : Haapai ; TG2 : Tongatapu ; TG3 : Vavau ; PF1 : Haraiki ; PF2 : Hikueru ; PF3 : Hiti ; PF4 : Kauehi ; PF5 : Marokau ; PF6 : Mururoa ; PF7 : Nihiru ; PF8 : Taïaro ; PF9 : Tekokota ; PF10 : Tepoto ; PF11 : Tikehau. Les types de récif ont également été codés : F : récif frangeant ; i : récif intermédiaire ; l : barrière interne ; E : barrière externe. Les variables sont codées comme précédemment. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm ; FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. 47

Figure 29. Densités moyennes par groupe trophique sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. FC : piscivores ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; PK : planctonophages ; H : herbivores ; OM : omnivores ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles 49

Figure 30. Densités moyennes par classe de taille sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. S3 : espèces de taille maximale >30cm ; S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale comprise entre 7 et 30 cm. 50

Figure 31. Analyse en Composantes Principales effectuée sur les biomasses moyennes des différents groupes trophiques et classes de tailles. Les localités ont été codées : NC1 : Chesterfield ; NC2 : Lagon Est ; NC3 : Lagon ouest ; NC4 : lagon sud-ouest ; NC5 : Lifou ; NC6 : Ouvéa ; FJ1 : Lakeba ; FJ2 : Vanua-Levu ; FJ3 : Viti-Levu ; TG1 : Haapai ; TG2 : Tongatapu ; TG3 : Vavau ; PF1 : Haraiki ; PF2 : Hikueru ; PF3 : Hiti ; PF4 : Kauehi ; PF5 : Marokau ; PF6 : Mururoa ; PF7 : Nihiru ; PF8 : Taïaro ; PF9 : Tekokota ; PF10 : Tepoto ; PF11 : Tikehau. Les types de récif ont également été codés : F : récif frangeant ; i : récif intermédiaire ; l : barrière interne ; E : barrière externe. Les variables sont codées comme précédemment. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm ; FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. Les points correspondant aux récifs intermédiaires d'Ouvéa et à la barrière interne du lagon est, trop isolés, ont été retirés de l'analyse. 51

Figure 32. Biomasses moyennes par groupe trophique sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. FC : piscivores ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; PK : planctonophages ; H : herbivores ; OM : omnivores ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles 53

Figure 33. Biomasses moyennes par classe de taille sur les différents types de récifs évalués dans chacune des 23 localités. Les 3 zones différenciées dans la région de la baie du Prony sont les 3 localités situées à l'extrémité gauche du graphique. S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale comprise entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30cm 54

Annexes

Annexe 1. Coordonnées géographiques, profondeur moyenne, méthodes employées et peuplement de poissons concerné sur chaque station échantillonnée. n° : numéro de la station utilisé dans les analyses de cluster ; Longitude : en degrés, minutes, secondes ; Latitude : en degrés, minutes, secondes ; Année : année d'échantillonnage ; Profondeur : profondeur moyenne du transect (en m) ; Substrat : méthode d'évaluation du paysage benthique ; Poissons : peuplement de poissons évalué ("total": toutes les espèces observées sont recensées ; "comm/ind": restreint aux espèces d'intérêt commercial et indicatrices) ; NA : données non disponibles	76
Annexe 2. Catégories de substrat prises en compte dans la méthode du Line Intercept Transect (English et al. 1997)	78
Annexe 3. Catégories de substrat prises en compte par l'ORSTOM (méthode précurseur de la Medium Scale Approach ; Clua et al. 2006)	79
Annexe 4. Liste de l'ensemble des espèces inventoriées dans cette étude	79
Annexe 5. Liste des coefficients a et b utilisés pour le calcul des biomasses et caractéristiques fonctionnelles de l'ensemble des espèces inventoriées dans l'étude. Troph. : groupe trophique ; Taille : classe de taille ; Mobilité : groupe de mobilité ; Activité : groupe d'activité nyctémérale ; Gregar. : comportement grégaire/solitaire ; Col.Eau : place dans la colonne d'eau	87
Annexe 6. Dendrogramme représentant les regroupements de stations réalisés à partir de l'analyse de cluster sur la matrice de présence/absence des espèces d'intérêt commercial et indicatrices. Les flèches indiquent les stations affiliées à une zone à l'issue de l'analyse de cluster mais appartenant d'un point de vue géographique à la zone indiquée par la couleur de la flèche	95
Annexe 7. Dendrogramme représentant les regroupements de stations réalisés à partir de l'analyse de cluster sur la matrice de présence/absence des entités fonctionnelles. Les flèches indiquent les stations affiliées à une zone à l'issue de l'analyse de cluster mais appartenant d'un point de vue géographique à la zone indiquée par la couleur de la flèche.....	96
Annexe 8. Pourcentages de recouvrement des différentes catégories de substrat, distance à la côte (en m), degré de confinement et zone d'appartenance de chacune des stations échantillonnées. "abiot" : abiotique.....	97
Annexe 9. Tableau des indicateurs globaux calculés sur chaque station. RS : richesse spécifique ; DENS : densité moyenne (ind.m ⁻²) ; BIOMASSE : biomasse moyenne (g.m ⁻²) ; total : toutes espèces ; com : espèces d'intérêt commercial et espèces indicatrices.....	99
Annexe 10. Résultats des modèles de régressions linéaires réalisés pour rechercher les effets des facteurs du paysage benthique sur les variables caractéristiques des peuplements de poissons. Seuls les effets significatifs et leur signe sont indiqués. Transfo : transformation effectuée sur la variable quand nécessaire ; Loi distrib : loi de distribution utilisée pour la construction du modèle ; * : p<0,05 résultat significatif ; ** : p<0,01 résultat très significatif ; *** : p<0,001 résultat hautement significatif	101
Annexe 11. Richesses spécifiques des différents groupes trophiques et classes de taille sur chaque station échantillonnée. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores ; S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm.....	102
Annexe 12. Moyennes et intervalles de confiance à 95% des richesses spécifiques, densités et biomasses moyennes par groupe trophique et classe de taille dans les 3 zones de peuplements identifiées. RS : richesse spécifique ; DENS : densité moyenne (ind.m ⁻²) ; BIOM : biomasse moyenne (g.m ⁻²) FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores ; S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. Zone 1 : grande baie du Prony ; zone 2 : île Ouen ; zone 3 : grande zone du canal de la Havannah	104
Annexe 13. Densités moyennes (ind.m ⁻²) des différents groupes trophiques et classes de taille sur chaque station échantillonnée. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs	

d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores ; S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm..... 105

Annexe 14. Biomasses moyennes (g.m^{-2}) des différents groupes trophiques et classes de taille sur chaque station échantillonnée. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores ; S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm..... 107

Annexe 15. Résultats des ANOVAs pratiquées sur les distances d'observation de 7 espèces hautement visées par la chasse sous-marine : recherche des effets de la zone et de la classe de taille. * : $p < 0,05$ résultat significatif ; ** : $p < 0,01$ résultat très significatif ; *** : $p < 0,001$ résultat hautement significatif 109

Annexe 16. Valeurs des différents indicateurs et des 2 indices de vulnérabilité. Leur définition précise est donnée dans le paragraphe 2 « matériels et méthodes ». Esp. Rares (fréq) : nombre d'espèces rares basé sur leur fréquence ; Esp. Rares (ab) : nombre d'espèces rares basé sur leur abondance ; Esp. Spé. Alim. : nombre d'espèces spécialisées en termes d'alimentation ; Esp. Spé. Hab. : nombre d'espèces spécialisées en termes d'habitat ; AOO réduite : nombre d'espèces ayant une aire de répartition géographique réduite ; PLD courte : nombre d'espèces ayant une durée de vie larvaire pélagique courte ; RS-EFmono : nombre d'entités fonctionnelles monospécifiques ; DENS-EFmono : densité (ind.m^{-2}) des poissons appartenant à des entités fonctionnelles monospécifiques ; BIOM-EFmono : biomasse (g.m^{-2}) des poissons appartenant à des entités fonctionnelles monospécifiques ; INDICE RANG : indice de vulnérabilité calculé selon le rang des stations ; INDICE STAND : indice de vulnérabilité standardisé (voir texte principal du rapport)..... 109

Annexe 17. Résultats des modèles de régressions linéaires réalisés pour rechercher les effets des facteurs du paysage benthique sur les différents indicateurs et indices de vulnérabilité. Seuls les effets significatifs et leur signe sont indiqués. Transfo : transformation effectuée sur la variable quand nécessaire ; Loi distrib : loi de distribution utilisée pour la construction du modèle ; * : $p < 0,05$ résultat significatif ; ** : $p < 0,01$ résultat très significatif ; *** : $p < 0,001$ résultat hautement significatif. Esp. Rares (ab) : nombre d'espèces rares basé sur leur abondance ; Esp. Spé. Alim. : nombre d'espèces spécialisées en termes d'alimentation ; Esp. Spé. Hab. : nombre d'espèces spécialisées en termes d'habitat ; AOO réduite : nombre d'espèces ayant une aire de répartition géographique réduite ; PLD courte : nombre d'espèces ayant une durée de vie larvaire pélagique courte ; RS-EFmono : nombre d'entités fonctionnelles monospécifiques ; DENS-EFmono : densité (ind.m^{-2}) des poissons appartenant à des entités fonctionnelles monospécifiques ; BIOM-EFmono : biomasse (g.m^{-2}) des poissons appartenant à des entités fonctionnelles monospécifiques ; INDICE RANG : indice de vulnérabilité calculé selon le rang des stations ; INDICE STAND : indice de vulnérabilité standardisé (voir texte principal du rapport). 112

Annexe 18. Richesses spécifiques moyennes par station dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les richesses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe) et tout habitat confondu..... 113

Annexe 19. Richesses spécifiques moyennes par groupes trophiques dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les richesses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores. 114

Annexe 20. Richesses spécifiques moyennes par classes de tailles dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les richesses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm..... 116

Annexe 21. Densités moyennes (ind.m ⁻²) dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les densités sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe) et tout habitat confondu.	115
Annexe 22. Densités moyennes (ind.m ⁻²) par groupes trophiques dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les densités sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores.	118
Annexe 23. Densités moyennes (ind.m ⁻²) par classes de tailles dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les densités sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm.....	120
Annexe 24. Biomasses moyennes (g.m ⁻²) dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les biomasses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe) et tout habitat confondu.	121
Annexe 25. Biomasses moyennes (g.m ⁻²) par groupes trophiques dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les biomasses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores.....	122
Annexe 26. Biomasses moyennes (g.m ⁻²) par classes de tailles dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les biomasses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm.....	124

Annexe 1. Coordonnées géographiques, profondeur moyenne, méthodes employées et peuplement de poissons concerné sur chaque station échantillonnée. n° : numéro de la station utilisé dans les analyses de cluster ; Longitude : en degrés, minutes, secondes ; Latitude : en degrés, minutes, secondes ; Année : année d'échantillonnage ; Profondeur : profondeur moyenne du transect (en m) ; Substrat : méthode d'évaluation du paysage benthique ; Poissons : peuplement de poissons évalué ("total": toutes les espèces observées sont recensées ; "comm/ind": restreint aux espèces d'intérêt commercial et indicatrices) ; NA : données non disponibles

Station	n°	Longitude	Latitude	Année	Profondeur	Substrat	Poissons
1	1	166°51'15,3000	-22°22'38,4600	1997	2,02	MSA	total
2	2	166°49'34,0320	-22°21'37,9440	1997	2,62	MSA	total
3	3	166°49'38,3160	-22°19'56,8200	1997	3,53	MSA	total
4	4	166°52'33,6360	-22°19'50,8800	1997	2,16	MSA	total
5	5	166°53'25,6920	-22°21'59,3280	1997	3,03	MSA	total
6	6	166°53'46,0320	-22°23'7,1880	1997	2,37	MSA	total
7	7	166°53'18,6720	-22°23'21,9840	1997	2,56	MSA	total
8	8	166°53'13,4880	-22°22'16,7880	1997	2,17	MSA	total
9	9	166°53'25,6560	-22°21'3,4920	1997	2,37	MSA	total
10	10	166°51'33,6600	-22°19'29,0280	1997	1,6	MSA	total
11	11	166°50'26,4120	-22°21'19,2240	1997	2,17	MSA	total
12	12	166°51'22,6800	-22°22'39,8640	1997	2,93	MSA	total
13	13	166°47'31,1640	-22°24'3,9240	1986	NA	NA	total
14	14	166°47'31,1640	-22°24'3,9240	1986	NA	NA	total
15	15	166°47'50,4240	-22°24'16,0920	1986	NA	NA	total
16	16	166°47'50,4240	-22°24'16,0920	1986	NA	NA	total
17	17	166°48'15,6240	-22°24'15,0840	1986	NA	NA	total
18	18	166°48'15,6240	-22°24'15,0840	1986	NA	NA	total
19	19	166°48'12,8520	-22°23'59,7480	1986	NA	NA	total
20	20	166°48'12,8520	-22°23'59,7480	1986	NA	NA	total
21	21	166°57'40,0320	-22°21'26,0640	1987	8,8	MSA	total
22	22	166°57'40,0320	-22°21'26,0640	1987	8,2	MSA	total
23	23	166°57'51,8400	-22°20'57,8760	1987	7,4	MSA	total
24	24	166°57'51,8400	-22°20'57,8760	1987	7,6	MSA	total
25	25	166°58'0,3720	-22°21'23,9040	1987	6,6	MSA	total
26	26	166°58'0,3720	-22°21'23,9040	1987	7,2	MSA	total
27	27	166°58'13,9440	-22°21'19,5480	1987	7,4	MSA	total
28	28	166°58'13,9440	-22°21'19,5480	1987	6,6	MSA	total
29	29	166°57'54,9360	-22°21'48,6000	1987	9,6	MSA	total
30	30	166°57'54,9360	-22°21'48,6000	1987	10,2	MSA	total
31	31	166°57'45,5400	-22°21'54,2160	1987	7,4	MSA	total
32	32	166°57'45,5400	-22°21'54,2160	1987	9,2	MSA	total
33	33	166°56'28,1760	-22°22'50,4120	1987	2,9	MSA	total
34	34	166°56'28,1760	-22°22'50,4120	1987	4	MSA	total
35	35	166°56'22,1640	-22°22'56,4240	1987	3,5	MSA	total
36	36	166°56'22,1640	-22°22'56,4240	1987	2,9	MSA	total
37	37	166°57'17,4240	-22°22'14,1240	1987	6,6	MSA	total
38	38	166°57'17,4240	-22°22'14,1240	1987	5,2	MSA	total
39	39	166°57'8,9640	-22°22'18,2640	1987	6	MSA	total

40	40	166°57'8,9640	-22°22'18,2640	1987	6	MSA	total
41	41	166°53'5,7480	-22°23'49,8120	1987	5,9	MSA	total
42	42	166°53'5,7480	-22°23'49,8120	1987	5,9	MSA	total
43	43	166°53'10,8240	-22°23'46,6080	1987	5,6	MSA	total
44	44	166°53'10,8240	-22°23'46,6080	1987	6,6	MSA	total
45	45	166°53'44,3760	-22°23'34,8720	1987	6,2	MSA	total
46	46	166°53'44,3760	-22°23'34,8720	1987	6,1	MSA	total
47	47	166°53'52,1160	-22°23'37,5000	1987	6,2	MSA	total
48	48	166°53'52,1160	-22°23'37,5000	1987	5,9	MSA	total
49	49	166°52'58,0440	-22°23'38,2560	1987	3,2	MSA	total
50	50	166°52'58,0440	-22°23'38,2560	1987	3,1	MSA	total
51	51	166°53'1,1760	-22°23'32,8560	1987	3	MSA	total
52	52	166°53'1,1760	-22°23'32,8560	1987	3	MSA	total
53	53	166°47'41,7120	-22°28'23,3040	1991	4,45	MSA	total
54	54	166°47'41,7120	-22°28'23,3040	1991	7,8	MSA	total
55	55	166°47'50,7120	-22°28'22,2960	1991	10	MSA	total
56	56	166°47'50,7120	-22°28'22,2960	1991	10,5	MSA	total
57	57	166°49'44,4720	-22°26'42,0360	1991	3,3	MSA	total
58	58	166°49'44,4720	-22°26'42,0360	1991	4,75	MSA	total
59	59	166°49'56,1720	-22°26'39,3720	1991	NA	NA	total
60	60	166°49'56,1720	-22°26'39,3720	1991	NA	NA	total
61	61	166°55'30,3960	-22°26'45,6360	1991	5	MSA	total
62	62	166°55'30,3960	-22°26'45,6360	1991	5	MSA	total
63	63	166°55'20,0640	-22°26'55,2840	1991	3,8	MSA	total
64	64	166°55'20,0640	-22°26'55,2840	1991	3	MSA	total
65	65	166°48'13,2480	-22°26'35,7360	1991	2,5	MSA	total
66	66	166°48'13,2480	-22°26'35,7360	1991	2,5	MSA	total
67	67	166°48'19,7640	-22°26'42,0720	1991	2,5	MSA	total
68	68	166°48'19,7640	-22°26'42,0720	1991	2,5	MSA	total
69	69	166°48'33,1920	-22°26'19,9320	1991	5	MSA	total
70	70	166°48'33,1920	-22°26'19,9320	1991	5	MSA	total
71	71	166°48'43,5240	-22°26'23,7480	1991	5	MSA	total
72	72	166°48'43,5240	-22°26'23,7480	1991	5	MSA	total
73	73	166°49'45,6960	-22°26'12,4440	1991	6	MSA	total
74	74	166°49'45,6960	-22°26'12,4440	1991	6	MSA	total
75	75	166°50'3,4800	-22°26'8,8080	1991	6	MSA	total
76	76	166°50'3,4800	-22°26'8,8080	1991	6	MSA	total
ST02_O	77	166°52'8,7600	-22°19'56,3880	1994	NA	LIT	comm/ind
ST12_O	78	166°53'38,3280	-22°21'18,7200	1996	NA	LIT	total
ST24_O	79	166°52'58,1880	-22°23'50,4960	1994	NA	LIT	comm/ind
ST31_O	80	166°59'4,1640	-22°20'26,9880	1994	NA	LIT	comm/ind
ST32_O	81	166°58'52,1040	-22°20'30,7320	1994	NA	LIT	comm/ind
ST33_O	82	166°59'15,1440	-22°20'44,3760	1994	NA	LIT	comm/ind
ST34_O	83	166°59'0,8520	-22°20'52,5480	1994	NA	LIT	comm/ind
ST36_O	84	166°57'54,4680	-22°21'32,5800	1994	NA	LIT	comm/ind
ST37_O	85	166°58'19,3440	-22°21'13,8960	1994	NA	LIT	comm/ind
ST38_O	86	166°57'50,2920	-22°20'53,6280	1994	NA	LIT	comm/ind

STATION-1	87	166°53'26,7000	-22°21'13,8240	1994	NA	LIT	comm/ind
STATION-11	88	166°50'51,3240	-22°21'49,8960	1994	NA	LIT	comm/ind

Annexe 2. Catégories de substrat prises en compte dans la méthode du Line Intercept Transect
(English et al. 1997)

Codes	Catégorie	Description
s	Sable	particules < 2 cm
r	Débris	2 cm ≤ particules < 10 cm
si	Vase	
wa	Crevasse	crevasse de plus de 50 cm
rck	Roches et dalle corallienne	
dc	Corail mort récemment	couleur blanche
dca	Corail mort en place recouvert d'algues	corail mort recouvert d'algues
acb	<i>Acropora</i> branchu	au moins 2 niveaux de branches
acs	<i>Acropora</i> submassif	
acd	<i>Acropora</i> digité	branches en forme de doigts
act	<i>Acropora</i> tabulaire	branches aplaties horizontalement
ace	<i>Acropora</i> encroûtant	
cb	Corail branchu	au moins 2 niveaux de branches
ce	Corail encroûtant	
cf	Corail foliaire	corail en forme de feuille
cm	Corail massif	
cs	Corail submassif	
cmr	<i>Fungia</i> spp.	corail solitaire
cme	<i>Millepora</i> spp.	corail de feu
sc	Corail mou	
sp	Eponge	
zo	Zoanthaire	
ot	Autres organismes	ascidies, anémones, gorgones, bénitiers
aa	Assemblages d'algues	
ca	Algues calcaires	
ha	<i>Halimeda</i> spp.	
ma	Macrophyte	
ta	Algues filamenteuses	

Annexe 3. Catégories de substrat prises en compte par l'ORSTOM (méthode précurseur de la Medium Scale Approach ; Clua et al. 2006)

Substrat minéral	Coraux vivants	Coraux vivants	Autres
Vase Sable Débris Roche Dalle	Corail substrat	Corail massif Corail branchu	Algues Turf
Somme égale à 100% du quadrat (obligatoire) = couche 1		De 0 à 100% (facultatifs) = couche 2	

Annexe 4. Liste de l'ensemble des espèces inventoriées dans cette étude

Famille	Espèce	Espèce d'intérêt commercial ou indicatrice
Acanthuridae	<i>Acanthurus blochii</i>	X
Acanthuridae	<i>Acanthurus dussumieri</i>	X
Acanthuridae	<i>Acanthurus lineatus</i>	X
Acanthuridae	<i>Acanthurus mata</i>	X
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigricauda</i>	X
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	X
Acanthuridae	<i>Acanthurus olivaceus</i>	X
Acanthuridae	<i>Acanthurus pyroferus</i>	X
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i> sp.	X
Acanthuridae	<i>Acanthurus triostegus</i>	X
Acanthuridae	<i>Ctenochaetus binotatus</i>	X
Acanthuridae	<i>Ctenochaetus striatus</i>	X
Acanthuridae	<i>Naso annulatus</i>	X
Acanthuridae	<i>Naso brevirostris</i>	X
Acanthuridae	<i>Naso lituratus</i>	X
Acanthuridae	<i>Naso tonganus</i>	X
Acanthuridae	<i>Naso unicornis</i>	X
Acanthuridae	<i>Zebrasoma scopas</i>	X
Acanthuridae	<i>Zebrasoma velifer</i>	X
Apogonidae	<i>Apogon</i> sp.	
Apogonidae	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	
Apogonidae	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	
Apogonidae	<i>Ostorhinchus angustatus</i>	
Apogonidae	<i>Ostorhinchus cyanosoma</i>	
Apogonidae	<i>Ostorhinchus novemfasciatus</i>	
Apogonidae	<i>Rhabdamia</i> sp.	
Apogonidae	<i>Zoramia fragilis</i>	
Atherinidae	<i>Atherinidae</i> spp.	
Aulostomidae	<i>Aulostomus chinensis</i>	
Balistidae	<i>Balistapus undulatus</i>	X

Balistidae	<i>Balistidae</i> spp.	X
Balistidae	<i>Pseudobalistes fuscus</i>	X
Balistidae	<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	X
Balistidae	<i>Sufflamen chrysopteron</i>	X
Blenniidae	<i>Aspidontus taeniatus</i>	
Blenniidae	<i>Atrosalarias holomelas</i>	
Blenniidae	<i>Cirripectes</i> sp.	
Blenniidae	<i>Ecsenius bicolor</i>	
Blenniidae	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	
Blenniidae	<i>Plagiotremus laudandus</i>	
Blenniidae	<i>Plagiotremus rhinorhynchus</i>	
Blenniidae	<i>Plagiotremus tapeinosoma</i>	
Blenniidae	<i>Salarias fasciatus</i>	
Caesionidae	<i>Caesio cuning</i>	X
Caesionidae	<i>Caesio</i> sp.	X
Caesionidae	<i>Caesio teres</i>	X
Caesionidae	<i>Pterocaesio digramma</i>	X
Caesionidae	<i>Pterocaesio tile</i>	X
Carangidae	<i>Carangoides ferdau</i>	X
Carangidae	<i>Caranx papuensis</i>	X
Carangidae	<i>Caranx</i> sp.	X
Carangidae	<i>Gnathanodon speciosus</i>	X
Carangidae	<i>Scomberoides lysan</i>	X
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus</i> sp.	X
Carcharhinidae	<i>Triaenodon obesus</i>	X
Centriscidae	<i>Aeoliscus strigatus</i>	
Chaetodontidae	<i>Chaetodon auriga</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon baronessa</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon bennetti</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon citrinellus</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon ephippium</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon flavirostris</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon kleinii</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon lineolatus</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon lunula</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon lunulatus</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon melannotus</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon mertensii</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon ornatissimus</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon pelewensis</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon plebeius</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon rafflesii</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon reticulatus</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i> sp.	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon speculum</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon trifascialis</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon ulietensis</i>	X

Chaetodontidae	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	X
Chaetodontidae	<i>Chaetodon vagabundus</i>	X
Chaetodontidae	<i>Coradion altivelis</i>	X
Chaetodontidae	<i>Heniochus acuminatus</i>	X
Chaetodontidae	<i>Heniochus chrysostomus</i>	X
Chaetodontidae	<i>Heniochus monoceros</i>	X
Chaetodontidae	<i>Heniochus singularius</i>	X
Chaetodontidae	<i>Heniochus varius</i>	X
Clupeidae	<i>Amblygaster sirm</i>	
Clupeidae	<i>Sprat</i> sp.	
Clupeidae	<i>Spratelloides</i> sp.	
Diodontidae	<i>Diodon hystrix</i>	X
Echeneidae	<i>Echeneis naucratis</i>	X
Fistulariidae	<i>Fistularia petimba</i>	
Gobiesocidae	<i>Diademichthys lineatus</i>	
Gobiidae	<i>Amblygobius decussatus</i>	
Gobiidae	<i>Amblygobius phalaena</i>	
Gobiidae	<i>Amblygobius sphynx</i>	
Gobiidae	<i>Asterropteryx semipunctata</i>	
Gobiidae	<i>Eviota</i> sp.	
Gobiidae	<i>Gobiidae</i> spp.	
Gobiidae	<i>Gobiodon okinawae</i>	
Gobiidae	<i>Istigobius</i> sp.	
Gobiidae	<i>Koumansetta rainfordi</i>	
Gobiidae	<i>Oplopomus oplopomus</i>	
Gobiidae	<i>Valenciennea</i> sp.	
Haemulidae	<i>Diagramma pictum</i>	X
Haemulidae	<i>Haemulidae</i> spp.	X
Haemulidae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	X
Haemulidae	<i>Plectorhinchus picus</i>	X
Hemiramphidae	<i>Hemiramphus far</i>	X
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus dussumieri</i>	X
Holocentridae	<i>Neoniphon sammara</i>	X
Holocentridae	<i>Sargocentron rubrum</i>	X
Holocentridae	<i>Sargocentron</i> sp.	X
Holocentridae	<i>Sargocentron spiniferum</i>	X
Kyphosidae	<i>Kyphosus bigibbus</i>	X
Kyphosidae	<i>Kyphosus vaigiensis</i>	X
Labridae	<i>Anampses femininus</i>	
Labridae	<i>Anampses geographicus</i>	
Labridae	<i>Anampses neoguinaicus</i>	
Labridae	<i>Anampses</i> sp.	
Labridae	<i>Bodianus axillaris</i>	
Labridae	<i>Bodianus diana</i>	
Labridae	<i>Bodianus loxozonus</i>	X
Labridae	<i>Bodianus perditio</i>	X
Labridae	<i>Cheilinus chlorourus</i>	X

Labridae	<i>Cheilinus fasciatus</i>	X
Labridae	<i>Cheilinus oxycephalus</i>	
Labridae	<i>Cheilinus trilobatus</i>	X
Labridae	<i>Cheilinus undulatus</i>	X
Labridae	<i>Cheilio inermis</i>	X
Labridae	<i>Choerodon fasciatus</i>	X
Labridae	<i>Choerodon graphicus</i>	X
Labridae	<i>Cirrhilabrus</i> sp.	
Labridae	<i>Coris aygula</i>	X
Labridae	<i>Coris batuensis</i>	
Labridae	<i>Coris gaimard</i>	X
Labridae	<i>Epibulus insidiator</i>	X
Labridae	<i>Gomphosus varius</i>	
Labridae	<i>Halichoeres argus</i>	
Labridae	<i>Halichoeres hortulanus</i>	
Labridae	<i>Halichoeres margaritaceus</i>	
Labridae	<i>Halichoeres marginatus</i>	
Labridae	<i>Halichoeres melanurus</i>	
Labridae	<i>Halichoeres prosopeion</i>	
Labridae	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	X
Labridae	<i>Hemigymnus melapterus</i>	X
Labridae	<i>Labrichthys unilineatus</i>	
Labridae	<i>Labridae</i> spp.	
Labridae	<i>Labroides bicolor</i>	
Labridae	<i>Labroides dimidiatus</i>	
Labridae	<i>Labropsis australis</i>	
Labridae	<i>Oxycheilinus digramma</i>	X
Labridae	<i>Oxycheilinus orientalis</i>	
Labridae	<i>Pseudocheilinus hexataenia</i>	
Labridae	<i>Pteragogus cryptus</i>	
Labridae	<i>Stethojulis bandanensis</i>	
Labridae	<i>Stethojulis interrupta</i>	
Labridae	<i>Stethojulis strigiventer</i>	
Labridae	<i>Thalassoma hardwicke</i>	
Labridae	<i>Thalassoma janseni</i>	
Labridae	<i>Thalassoma lunare</i>	
Labridae	<i>Thalassoma lutescens</i>	
Labridae	<i>Thalassoma purpuraceum</i>	
Labridae	<i>Thalassoma</i> sp.	
Lethrinidae	<i>Gnathodentex aureolineatus</i>	X
Lethrinidae	<i>Gymnocranius euanus</i>	X
Lethrinidae	<i>Lethrinus atkinsoni</i>	X
Lethrinidae	<i>Lethrinus harak</i>	X
Lethrinidae	<i>Lethrinus lentjan</i>	X
Lethrinidae	<i>Lethrinus nebulosus</i>	X
Lethrinidae	<i>Lethrinus obsoletus</i>	X
Lethrinidae	<i>Monotaxis grandoculis</i>	X

Lutjanidae	<i>Lutjanus bohar</i>	X
Lutjanidae	<i>Lutjanus fulvivflamma</i>	X
Lutjanidae	<i>Lutjanus fulvus</i>	X
Lutjanidae	<i>Lutjanus gibbus</i>	X
Lutjanidae	<i>Lutjanus kasmira</i>	X
Lutjanidae	<i>Lutjanus quinquelineatus</i>	X
Lutjanidae	<i>Lutjanus russellii</i>	X
Microdesmidae	<i>Ptereleotris evides</i>	
Microdesmidae	<i>Ptereleotris hanae</i>	
Microdesmidae	<i>Ptereleotris microlepis</i>	
Microdesmidae	<i>Ptereleotris</i> sp.	
Monacanthidae	<i>Cantherhines dumerilii</i>	
Monacanthidae	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	
Mullidae	<i>Mulloidichthys flavolineatus</i>	X
Mullidae	<i>Parupeneus barberinoides</i>	X
Mullidae	<i>Parupeneus barberinus</i>	X
Mullidae	<i>Parupeneus ciliatus</i>	X
Mullidae	<i>Parupeneus crassilabris</i>	X
Mullidae	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	X
Mullidae	<i>Parupeneus indicus</i>	X
Mullidae	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	X
Mullidae	<i>Parupeneus spilurus</i>	X
Mullidae	<i>Upeneus tragula</i>	X
Muraenidae	<i>Muraenidae</i> spp.	X
Nemipteridae	<i>Scolopsis bilineata</i>	X
Nemipteridae	<i>Scolopsis taenioptera</i>	
Nemipteridae	<i>Scolopsis trilineata</i>	
Ostraciidae	<i>Ostracion cubicus</i>	X
Pinguipedidae	<i>Parapercis cylindrica</i>	
Pinguipedidae	<i>Parapercis hexophtalma</i>	
Pinguipedidae	<i>Parapercis</i> sp.	
Plesiopidae	<i>Assessor macneilli</i>	
Pomacanthidae	<i>Centropyge bicolor</i>	
Pomacanthidae	<i>Centropyge bispinosa</i>	
Pomacanthidae	<i>Centropyge flavissima</i>	
Pomacanthidae	<i>Centropyge</i> sp.	
Pomacanthidae	<i>Centropyge tibicen</i>	
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus imperator</i>	X
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	X
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>	X
Pomacanthidae	<i>Pygoplites diacanthus</i>	X
Pomacentridae	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	
Pomacentridae	<i>Abudefduf</i> sp.	
Pomacentridae	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	
Pomacentridae	<i>Abudefduf whitleyi</i>	
Pomacentridae	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>	
Pomacentridae	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	

Pomacentridae	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>	
Pomacentridae	<i>Amphiprion akindynos</i>	
Pomacentridae	<i>Amphiprion clarkii</i>	
Pomacentridae	<i>Amphiprion melanopus</i>	
Pomacentridae	<i>Amphiprion perideraion</i>	
Pomacentridae	<i>Amphiprion</i> sp.	
Pomacentridae	<i>Amphiprion tricinctus</i>	
Pomacentridae	<i>Cheiloprion labiatus</i>	
Pomacentridae	<i>Chromis atripes</i>	
Pomacentridae	<i>Chromis chrysurus</i>	
Pomacentridae	<i>Chromis fumea</i>	
Pomacentridae	<i>Chromis</i> sp.	
Pomacentridae	<i>Chromis ternatensis</i>	
Pomacentridae	<i>Chromis viridis</i>	
Pomacentridae	<i>Chrysiptera brownriggii</i>	
Pomacentridae	<i>Chrysiptera rex</i>	
Pomacentridae	<i>Chrysiptera rollandi</i>	
Pomacentridae	<i>Chrysiptera taupou</i>	
Pomacentridae	<i>Dascyllus aruanus</i>	
Pomacentridae	<i>Dascyllus reticulatus</i>	
Pomacentridae	<i>Dascyllus</i> sp.	
Pomacentridae	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	
Pomacentridae	<i>Neoglyphidodon melas</i>	
Pomacentridae	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>	
Pomacentridae	<i>Neoglyphidodon polyacanthus</i>	
Pomacentridae	<i>Neopomacentrus azysron</i>	
Pomacentridae	<i>Neopomacentrus nemurus</i>	
Pomacentridae	<i>Neopomacentrus</i> sp.	
Pomacentridae	<i>Neopomacentrus violascens</i>	
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus adelus</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus amboinensis</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus bankanensis</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus brachialis</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus chrysurus</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus coelestis</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus lepidogenys</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus pavo</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus philippinus</i>	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus</i> sp.	
Pomacentridae	<i>Pomacentrus vaiuli</i>	
Pomacentridae	<i>Stegastes nigricans</i>	
Pomacentridae	<i>Stegastes punctatus</i>	
Priacanthidae	<i>Priacanthus hamrur</i>	X
Pseudochromidae	<i>Cypho purpurascens</i>	

Scaridae	<i>Cetoscarus ocellatus</i>	X
Scaridae	<i>Chlorurus bleekeri</i>	X
Scaridae	<i>Chlorurus microrhinos</i>	X
Scaridae	<i>Chlorurus sordidus</i>	X
Scaridae	<i>Hipposcarus longiceps</i>	X
Scaridae	<i>Scaridae</i> spp.	X
Scaridae	<i>Scarus altipinnis</i>	X
Scaridae	<i>Scarus chameleon</i>	X
Scaridae	<i>Scarus flavipectoralis</i>	X
Scaridae	<i>Scarus frenatus</i>	X
Scaridae	<i>Scarus ghobban</i>	X
Scaridae	<i>Scarus globiceps</i>	X
Scaridae	<i>Scarus niger</i>	X
Scaridae	<i>Scarus oviceps</i>	X
Scaridae	<i>Scarus rivulatus</i>	X
Scaridae	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	X
Scaridae	<i>Scarus schlegeli</i>	X
Scaridae	<i>Scarus</i> sp.	X
Scaridae	<i>Scarus spinus</i>	X
Serranidae	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	X
Serranidae	<i>Cephalopholis argus</i>	X
Serranidae	<i>Cephalopholis boenak</i>	X
Serranidae	<i>Cephalopholis urodeta</i>	X
Serranidae	<i>Cromileptes altivelis</i>	X
Serranidae	<i>Diploprion bifasciatum</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus areolatus</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus coeruleopunctatus</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus cyanopodus</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus hexagonatus</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus howlandi</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus macrospilos</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus maculatus</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus malabaricus</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus merra</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus ongus</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus polyphekadion</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus rivulatus</i>	X
Serranidae	<i>Epinephelus tauvina</i>	X
Serranidae	<i>Plectropomus laevis</i>	X
Serranidae	<i>Plectropomus leopardus</i>	X
Serranidae	<i>Pseudanthias</i> sp.	
Siganidae	<i>Siganus argenteus</i>	X
Siganidae	<i>Siganus corallinus</i>	X
Siganidae	<i>Siganus doliatus</i>	X
Siganidae	<i>Siganus fuscescens</i>	X
Siganidae	<i>Siganus puellus</i>	X
Siganidae	<i>Siganus punctatus</i>	X

Siganidae	<i>Siganus</i> sp.	X
Siganidae	<i>Siganus spinus</i>	X
Siganidae	<i>Siganus vulpinus</i>	X
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>	X
Sphyraenidae	<i>Sphyraena novaehollandiae</i>	X
Sphyraenidae	<i>Sphyraena obtusata</i>	X
Synodontidae	<i>Saurida gracilis</i>	
Synodontidae	<i>Saurida undosquamis</i>	
Synodontidae	<i>Synodus dermatogenys</i>	
Synodontidae	<i>Synodus variegatus</i>	
Tetraodontidae	<i>Arothron nigropunctatus</i>	X
Tetraodontidae	<i>Arothron</i> sp.	X
Tetraodontidae	<i>Canthigaster valentini</i>	
Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i>	

Annexe 5. Liste des coefficients a et b utilisés pour le calcul des biomasses et caractéristiques fonctionnelles de l'ensemble des espèces inventoriées dans l'étude. Troph. : groupe trophique ; Taille : classe de taille ; Mobilité : groupe de mobilité ; Activité : groupe d'activité nyctémérale ; Gregar. : comportement grégaire/solitaire ; Col.Eau : place dans la colonne d'eau

Espèce	a	b	Troph.	Taille	Mobilité	Activité	Gregar.	Col.Eau
<i>Acanthurus blochii</i>	0,025056	3,031929	HD	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Acanthurus dussumieri</i>	0,042561	2,868264	HD	T5	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Acanthurus lineatus</i>	0,028033	2,982884	HD	T4	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Acanthurus mata</i>	0,022242	3,007953	PK	T5	VMob	Day	LargeG	Low
<i>Acanthurus nigricauda</i>	0,016785	3,167725	HD	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	0,02637	3,028367	HD	T3	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Acanthurus olivaceus</i>	0,028033	2,982884	HD	T4	Mob	Day	MedG	Bottom
<i>Acanthurus pyroferus</i>	0,028033	2,982884	HD	T4	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Acanthurus sp,</i>	0,028033	2,982884				Day		
<i>Acanthurus triostegus</i>	0,083063	2,569683	HD	T3	VMob	Day	LargeG	Bottom
<i>Ctenochaetus binotatus</i>	0,039157	2,874629	OM	T3	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Ctenochaetus striatus</i>	0,023132	3,063472	OM	T4	Sed	Day	MedG	Bottom
<i>Naso annulatus</i>	0,051032	2,71537	PK	T6	VMob	Day	MedG	High
<i>Naso brevirostris</i>	0,010649	3,242973	OM	T5	VMob	Day	LargeG	Low
<i>Naso lituratus</i>	0,008481	3,249644	HM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Naso tonganus</i>	0,008481	3,249644	HM	T5	Mob	Day	MedG	Bottom
<i>Naso unicornis</i>	0,01788	3,035454	HM	T5	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Zebrasoma scopas</i>	0,029053	2,99274	HD	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Zebrasoma velifer</i>	0,034252	2,865806	HD	T4	Mob	Day	Pair	Bottom
<i>Apogon sp,</i>	0,015449	3,121264	PK		Sed	Night		Low
<i>Cheilodipterus macrodon</i>	0,002177	3,857772	FC	T4	Sed	Night	Sol	Low
<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	0,016072	2,999229	FC	T3	Sed	Night	SmallG	Low
<i>Ostorhinchus angustatus</i>	0,004929	3,780061	IM	T2	Sed	Night	SmallG	Bottom
<i>Ostorhinchus cyanosoma</i>	0,007381	3,563284	PK	T2	Sed	Night	MedG	Low
<i>Ostorhinchus novemfasciatus</i>	0,008628	3,413552	PK	T2	Sed	Night	SmallG	Bottom
<i>Rhabdamia sp,</i>	0,014257	3,142885	PK	T1	Sed	Night	LargeG	Low
<i>Zoramia fragilis</i>	0,015449	3,121264	PK	T1	Sed	Night	LargeG	Low
<i>Atherinidae spp,</i>	0,006365	3,297522	PK		VMob	Day	LargeG	High
<i>Aulostomus chinensis</i>	0,000214	3,514432	FC	T5	Mob	Day	Sol	Low
<i>Balistapus undulatus</i>	0,005696	3,393028	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Balistidae spp,</i>	0,005696	3,393028				Day		
<i>Pseudobalistes fuscus</i>	0,072553	2,760281	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	0,005696	3,393028	IM	T4	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Sufflamen chrysopterum</i>	0,032441	2,929115	IM	T4	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Aspidontus taeniatus</i>	0,002176	3,900643	OM	T3	Sed	Day	Sol	Low
<i>Atrosalarias holomelas</i>	0,014905	3,017857	HD	T3	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Cirripectes sp,</i>	0,013041	3,149656	HD		Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Ecsenius bicolor</i>	0,023915	2,583072	OM	T3	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	0,000865	4,470213	IM	T2	Sed	Day	Pair	Low
<i>Plagiotremus laudandus</i>	0,001805	3,580559	FC	T2	Sed	Day	Sol	Low
<i>Plagiotremus rhinorhynchus</i>	0,001198	3,792087	FC	T2	Sed	Day	Sol	Low

<i>Plagiotremus tapeinosoma</i>	0,005657	2,908321	IM	T3	Sed	Day	Sol	Low
<i>Salarias fasciatus</i>	0,013813	2,979676	OM	T3	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Caesio cuning</i>	0,014873	3,121332	PK	T4	VMob	Day	LargeG	High
<i>Caesio</i> sp,	0,009289	3,252731	PK	T4	VMob	Day	LargeG	High
<i>Caesio teres</i>	0,009289	3,252731	PK	T4	VMob	Day	LargeG	High
<i>Pterocaesio digramma</i>	0,006911	3,341319	PK	T4	VMob	Day	LargeG	High
<i>Pterocaesio tile</i>	0,009145	3,233787	PK	T4	VMob	Day	LargeG	High
<i>Carangoides ferdau</i>	0,036826	2,851155	FC	T5	VMob	Both	MedG	High
<i>Caranx papuensis</i>	0,02354	2,922789	FC	T5	VMob	Both	SmallG	High
<i>Caranx</i> sp,	0,019833	2,986046	FC		VMob			High
<i>Gnathanodon speciosus</i>	0,019922	2,994962	FC	T6	VMob	Both	MedG	High
<i>Scomberoides lysan</i>	0,010847	2,923019	FC	T6	VMob	Both	SmallG	High
<i>Carcharhinus</i> sp,	0,001298	3,507763	FC	T6				
<i>Triaenodon obesus</i>	0,001797	3,343934	FC	T6		Both		Low
<i>Aeoliscus strigatus</i>	0,00389	3,12	PK	T3	Mob	Day	SmallG	Low
<i>Chaetodon auriga</i>	0,040397	2,829431	IM	T4	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon baronessa</i>	0,045008	2,814159	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon bennetti</i>	0,038395	2,885079	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon citrinellus</i>	0,035299	2,834138	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon ephippium</i>	0,022485	3,060922	IS	T4	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon flavirostris</i>	0,025097	3,113247	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon kleinii</i>	0,045008	2,814159	PK	T3	Sed	Day	Pair	Low
<i>Chaetodon lineolatus</i>	0,069265	2,621507	IS	T4	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon lunula</i>	0,045008	2,814159	IS	T4	Sed	Both	Pair	Low
<i>Chaetodon lunulatus</i>	0,031101	2,975659	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon melannotus</i>	0,026693	3,0486	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon mertensii</i>	0,004297	3,793382	IM	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon ornatissimus</i>	0,045008	2,814159	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon pelewensis</i>	0,015326	3,296587	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon plebeius</i>	0,060611	2,627817	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon rafflesii</i>	0,045008	2,814159	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon reticulatus</i>	0,045008	2,814159	IS	T3	Sed	Day	Pair	Low
<i>Chaetodon</i> sp,	0,045008	2,814159			Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon speculum</i>	0,066371	2,693022	IS	T3	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Chaetodon trifascialis</i>	0,025777	2,969077	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon ulietensis</i>	0,031142	2,874117	OM	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon unimaculatus</i>	0,053303	2,833279	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Chaetodon vagabundus</i>	0,027755	2,973465	IM	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Coradion altivelis</i>	0,042051	2,847332	IM	T3	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Heniochus acuminatus</i>	0,024699	3,105802	IM	T4	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Heniochus chrysostomus</i>	0,016134	3,262174	IS	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Heniochus monoceros</i>	0,016997	3,210582	IM	T4	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Heniochus singularius</i>	0,025152	3,082177	IM	T4	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Heniochus varius</i>	0,025152	3,082177	IM	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Amblygaster sirm</i>	0,00932	3,314243	PK	T3	VMob	Day	LargeG	High
<i>Sprat</i> sp,	0,00932	3,314243	PK		VMob	Day	LargeG	High
<i>Spratelloides</i> sp,	0,00932	3,314243	PK		VMob	Both	LargeG	High

<i>Diodon hystrix</i>	0,193426	2,471791	IM	T5	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Echeneis naucrates</i>	0,000755	3,357789	IM	T6	VMob	Both	Sol	High
<i>Fistularia petimba</i>	0,000262	3,205344	FC	T6	VMob	Both	SmallG	Low
<i>Diademichthys lineatus</i>	0,0055	3,11	IM	T1	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Amblygobius decussatus</i>	0,018376	2,833568	OM	T2	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Amblygobius phalaena</i>	0,018376	2,833568	OM	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Amblygobius sphynx</i>	0,018376	2,833568	OM	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Asterropteryx semipunctata</i>	0,026388	2,622566	OM	T1	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Eviota</i> sp,	0,026388	2,622566	IM		Sed	Day		Bottom
<i>Gobiidae</i> spp,	0,014165	2,902488			Sed	Day		Bottom
<i>Gobiodon okinawae</i>	0,057696	2,439173	IS	T1	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Istigobius</i> sp,	0,018307	2,782198	OM	T2	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Koumansetta rainfordi</i>	0,018376	2,833568	OM	T1	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Oplopomus oplopomus</i>	0,026388	2,622566	OM	T2	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Valenciennea</i> sp,	0,010398	2,858948	IM		Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Diagramma pictum</i>	0,014413	2,987563	IM	T5	Mob	Day	MedG	Bottom
<i>Haemulidae</i> spp,	0,021701	2,898215	IM					
<i>Plectorhinchus lessonii</i>	0,019663	2,969262	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Plectorhinchus picus</i>	0,011508	3,088918	IM	T5	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Hemiramphus far</i>	0,329763	1,831381	OM	T4	VMob	Day	MedG	High
<i>Hyporhamphus dussumieri</i>	5,96E-06	4,920291	OM	T3	VMob	Day	LargeG	High
<i>Neoniphon sammara</i>	0,027615	2,888354	PK	T4	Mob	Night	SmallG	Low
<i>Sargocentron rubrum</i>	0,027516	2,998402	IM	T4	Mob	Night	Sol	Low
<i>Sargocentron</i> sp,	0,021915	3,047387	IM			Night	Sol	Low
<i>Sargocentron spiniferum</i>	0,015406	3,118811	IM	T4	Mob	Night	Sol	Low
<i>Kyphosus bigibbus</i>	0,012853	3,150589	HM	T5	VMob	Day	MedG	Low
<i>Kyphosus vaigiensis</i>	0,019983	3,036957	HM	T5	VMob	Day	MedG	Low
<i>Anampses femininus</i>	0,022609	2,792711	IM	T3	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Anampses geographicus</i>	0,022609	2,792711	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Anampses neoguinaicus</i>	0,022609	2,792711	IM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Anampses</i> sp,	0,022609	2,792711	IM		Mob	Day		Bottom
<i>Bodianus axillaris</i>	0,010815	3,173052	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Bodianus diana</i>	0,010815	3,173052	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Bodianus loxozonus</i>	0,010815	3,173052	IM	T5	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Bodianus perditio</i>	0,011849	3,148753	IM	T5	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Cheilinus chlorourus</i>	0,019725	2,993152	IM	T5	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Cheilinus fasciatus</i>	0,015508	3,057917	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Cheilinus oxycephalus</i>	0,015508	3,057917	IM	T3	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Cheilinus trilobatus</i>	0,016233	3,05947	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Cheilinus undulatus</i>	0,01131	3,136202	IM	T6	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Cheilio inermis</i>	0,003491	3,081569	FC	T4	VMob	Day	Sol	Bottom
<i>Choerodon fasciatus</i>	0,015111	3,122482	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Choerodon graphicus</i>	0,01512	3,121976	IM	T5	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Cirrhilabrus</i> sp,	0,010669	3,17765	PK		Sed	Day	MedG	Low
<i>Coris aygula</i>	0,00266	3,488575	IM	T5	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Coris batuensis</i>	0,006501	3,254414	IM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Coris gaimard</i>	0,006501	3,254414	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom

<i>Epibulus insidiator</i>	0,016138	3,081018	FC	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Gomphosus varius</i>	0,024367	2,702688	IM	T3	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Halichoeres argus</i>	0,017459	2,956822	IM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Halichoeres hortulanus</i>	0,016013	2,98742	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Halichoeres margaritaceus</i>	0,016013	2,98742	IM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Halichoeres marginatus</i>	0,016013	2,98742	IM	T3	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Halichoeres melanurus</i>	0,00931	3,261504	IM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Halichoeres prosopion</i>	0,016013	2,98742	IM	T3	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Hemigymnus fasciatus</i>	0,02479	2,912845	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Hemigymnus melapterus</i>	0,024234	2,922618	IM	T5	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Labrichthys unilineatus</i>	0,010669	3,17765	IS	T3	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Labridae spp,</i>	0,010669	3,17765				Day		
<i>Labroides bicolor</i>	0,006366	3,201578	IM	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Labroides dimidiatus</i>	0,005855	3,230934	IM	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Labropsis australis</i>	0,010669	3,17765	IS	T2	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Oxycheilinus digramma</i>	0,010669	3,17765	FC	T4	Mob	Day	Sol	Low
<i>Oxycheilinus orientalis</i>	0,010669	3,17765	IM	T3	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Pseudocheilinus hexataenia</i>	0,010669	3,17765	IM	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Pteragogus cryptus</i>	0,010669	3,17765	IM	T2	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Stethojulis bandanensis</i>	0,030348	2,581	IM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Stethojulis interrupta</i>	0,029218	2,608079	IM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Stethojulis strigiventer</i>	0,019084	2,876258	IM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Thalassoma hardwicke</i>	0,01783	2,977653	IM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Thalassoma janseni</i>	0,012306	3,09702	IM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Thalassoma lunare</i>	0,021101	2,831738	IM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Thalassoma lutescens</i>	0,012996	3,041862	IM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Thalassoma purpurum</i>	0,012306	3,09702	IM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Thalassoma sp,</i>	0,012306	3,09702			Mob	Day		
<i>Gnathodentex aureolineatus</i>	0,01804	3,062543	IM	T4	Mob	Night	LargeG	Bottom
<i>Gymnocranius euanus</i>	0,022513	3,000939	IM	T5	Mob	Night	SmallG	Bottom
<i>Lethrinus atkinsoni</i>	0,017799	3,057375	IM	T4	VMob	Night	MedG	Bottom
<i>Lethrinus harak</i>	0,017006	3,04226	IM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Lethrinus lentjan</i>	0,019697	2,98618	IM	T4	Mob	Night	SmallG	Bottom
<i>Lethrinus nebulosus</i>	0,018714	2,996165	IM	T5	VMob	Night	MedG	Bottom
<i>Lethrinus obsoletus</i>	0,01733	3,025828	IM	T4	Mob	Night	SmallG	Bottom
<i>Monotaxis grandoculis</i>	0,022959	3,022235	IM	T5	Mob	Night	Sol	Low
<i>Lutjanus bohar</i>	0,015628	3,058646	FC	T6	Mob	Night	MedG	Low
<i>Lutjanus fulviflamma</i>	0,020479	2,95985	IM	T4	Mob	Both	MedG	Low
<i>Lutjanus fulvus</i>	0,021061	2,974332	IM	T4	Mob	Both	SmallG	Low
<i>Lutjanus gibbus</i>	0,013093	3,137521	IM	T5	Mob	Both	MedG	Bottom
<i>Lutjanus kasmira</i>	0,008425	3,246964	IM	T4	Mob	Night	LargeG	Low
<i>Lutjanus quinquelineatus</i>	0,014601	3,099583	IM	T4	Mob	Night	LargeG	Low
<i>Lutjanus russellii</i>	0,016584	2,977892	FC	T4	Mob	Night	SmallG	Low
<i>Ptereleotris evides</i>	0,026388	2,622566	PK	T3	Sed	Day	MedG	Low
<i>Ptereleotris hanae</i>	0,026388	2,622566	PK	T3	Sed	Day	MedG	Low
<i>Ptereleotris microlepis</i>	0,026388	2,622566	PK	T2	Sed	Day	MedG	Low
<i>Ptereleotris sp,</i>	0,026388	2,622566	PK		Sed	Day		Low

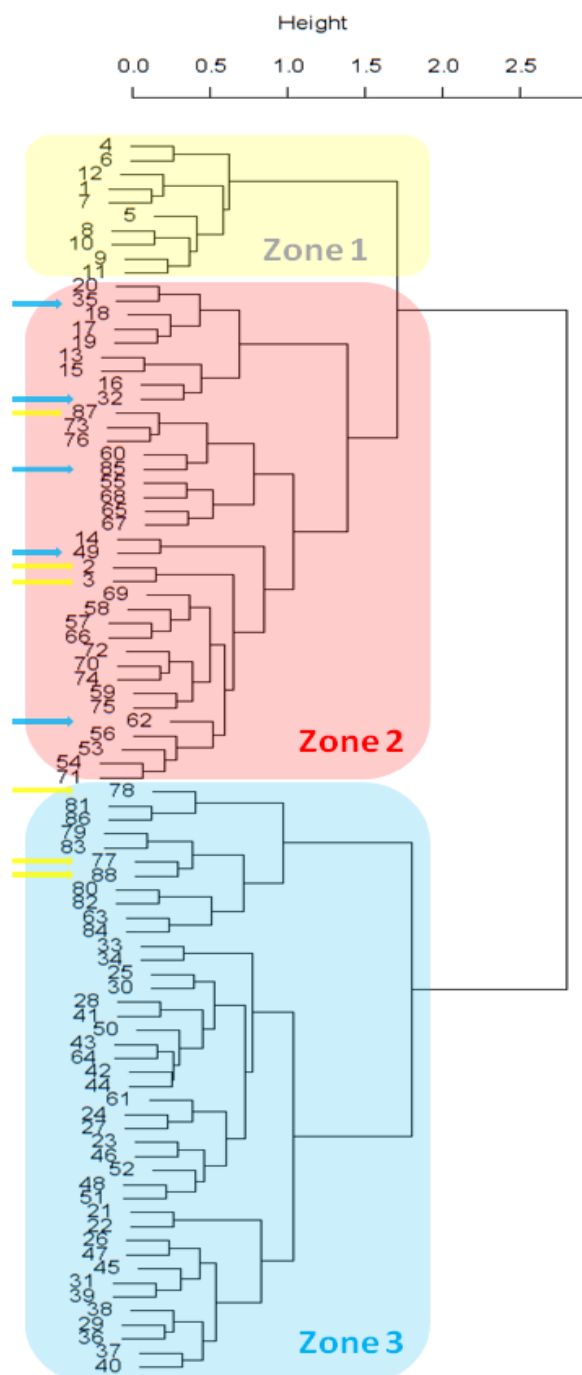
<i>Cantherhines dumerilii</i>	0,012225	3,032757	IS	T4	Mob	Day	Pair	Bottom
<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	0,012225	3,032757	IS	T2	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Mulloidichthys flavolineatus</i>	0,011974	3,101093	IM	T4	Mob	Day	MedG	Bottom
<i>Parupeneus barberinoides</i>	0,014446	3,12992	IM	T4	Mob	Day	MedG	Bottom
<i>Parupeneus barberinus</i>	0,013067	3,122492	IM	T5	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Parupeneus ciliatus</i>	0,011633	3,219917	IM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Parupeneus crassilabris</i>	0,014446	3,12992	IM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Parupeneus cyclostomus</i>	0,014446	3,12992	FC	T5	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Parupeneus indicus</i>	0,01415	3,114207	IM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Parupeneus multifasciatus</i>	0,011359	3,210819	IM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Parupeneus spilurus</i>	0,019174	3,021705	IM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Upeneus tragula</i>	0,013654	3,068002	IM	T4	Mob	Both	MedG	Bottom
<i>Muraenidae spp,</i>	0,004654	2,613511			Sed		Sol	Bottom
<i>Scolopsis bilineata</i>	0,013828	3,173777	IM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Scolopsis taenioptera</i>	0,018473	2,981168	IM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Scolopsis trilineata</i>	0,015738	3,054293	IM	T3	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Ostracion cubicus</i>	0,128822	2,519495	IS	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Parapercis cylindrica</i>	0,012377	3,000237	IM	T3	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Parapercis hexophtalma</i>	0,006821	3,157263	FC	T3	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Parapercis sp,</i>	0,013312	2,942682			Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Assessor macneilli</i>	0,018112	2,7907	PK	T1	Sed	Day	SmallG	Low
<i>Centropyge bicolor</i>	0,074481	2,576934	HD	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Centropyge bispinosa</i>	0,09195	2,457987	HD	T2	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Centropyge flavissima</i>	0,074481	2,576934	HD	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Centropyge sp,</i>	0,074481	2,576934	HD		Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Centropyge tibicen</i>	0,049231	2,794514	HD	T3	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Pomacanthus imperator</i>	0,066943	2,722333	IS	T4	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	0,066943	2,722333	IS	T4	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Pomacanthus sexstriatus</i>	0,066858	2,723779	IS	T4	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Pygoplites diacanthus</i>	0,058435	2,718278	IS	T4	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	0,021276	3,151969	PK	T3	Sed	Day	MedG	Low
<i>Abudefduf sp,</i>	0,022562	3,132018				Day		Low
<i>Abudefduf vaigiensis</i>	0,022562	3,132018	PK	T3	Sed	Day	MedG	Low
<i>Abudefduf whitleyi</i>	0,025435	3,092681	PK	T3	Sed	Day	MedG	Low
<i>Amblyglyphidodon aureus</i>	0,014348	3,330369	PK	T3	Sed	Day	SmallG	Low
<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	0,012595	3,43508	PK	T3	Sed	Day	MedG	Low
<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>	0,029736	2,936047	PK	T3	Sed	Day	MedG	Low
<i>Amphiprion akindynos</i>	0,031617	2,929802	PK	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Amphiprion clarkii</i>	0,018866	3,19021	PK	T3	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Amphiprion melanopus</i>	0,015454	3,297979	PK	T3	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Amphiprion perideraion</i>	0,018866	3,19021	PK	T3	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Amphiprion sp,</i>	0,018866	3,19021	PK		Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Amphiprion tricinctus</i>	0,038525	2,904056	PK	T3	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Cheiloprion labiatus</i>	0,020909	3,1908	IS	T2	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Chromis atripes</i>	0,022859	3,175228	PK	T2	Sed	Day	MedG	Low
<i>Chromis chrysur</i>	0,022823	3,222324	PK	T3	Sed	Day	MedG	Low
<i>Chromis fumea</i>	0,01444	3,351375	PK	T2	Sed	Day	LargeG	Low

<i>Chromis</i> sp,	0,022859	3,175228	PK			Day		
<i>Chromis ternatensis</i>	0,015971	3,408003	PK	T2	Sed	Day	MedG	Low
<i>Chromis viridis</i>	0,035072	2,899652	PK	T2	Sed	Day	LargeG	Low
<i>Chrysiptera brownriggii</i>	0,025947	2,92639	OM	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Chrysiptera rex</i>	0,025947	2,92639	OM	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Chrysiptera rollandi</i>	0,025947	2,92639	PK	T1	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Chrysiptera taupou</i>	0,021989	3,001146	OM	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Dascyllus aruanus</i>	0,041507	2,988875	PK	T2	Sed	Day	MedG	Bottom
<i>Dascyllus reticulatus</i>	0,031105	3,132714	PK	T2	Sed	Day	MedG	Bottom
<i>Dascyllus</i> sp,	0,020909	3,1908	PK	T2	Sed	Day	MedG	Bottom
<i>Dascyllus trimaculatus</i>	0,031324	3,043251	PK	T3	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Neoglyphidodon melas</i>	0,017526	3,212387	OM	T3	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Neoglyphidodon nigroris</i>	0,017822	3,1822	OM	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Neoglyphidodon polyacanthus</i>	0,020578	3,146207	OM	T3	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Neopomacentrus azysron</i>	0,025827	2,943306	PK	T2	Sed	Day	LargeG	Low
<i>Neopomacentrus nemurus</i>	0,025904	2,91315	PK	T2	Sed	Day	LargeG	Low
<i>Neopomacentrus</i> sp,	0,025833	2,932689	PK	T2	Sed	Day	LargeG	Low
<i>Neopomacentrus violascens</i>	0,025833	2,932689	PK	T2	Sed	Day	LargeG	Low
<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>	0,020909	3,1908	OM	T2	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Pomacentrus adelus</i>	0,017612	3,291498	HD	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Pomacentrus amboinensis</i>	0,043945	2,823758	OM	T2	Sed	Day	MedG	Bottom
<i>Pomacentrus aurifrons</i>	0,01479	2,99	PK	T1	Sed	Day	LargeG	Low
<i>Pomacentrus bankanensis</i>	0,028008	3,023852	OM	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Pomacentrus brachialis</i>	0,011603	3,386685	PK	T2	Sed	Day	MedG	Low
<i>Pomacentrus chrysurus</i>	0,026422	3,082795	OM	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Pomacentrus coelestis</i>	0,028008	3,023852	OM	T2	Sed	Day	MedG	Bottom
<i>Pomacentrus lepidogenys</i>	0,021498	3,210056	PK	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Pomacentrus moluccensis</i>	0,0453	2,907154	OM	T2	Sed	Day	MedG	Bottom
<i>Pomacentrus pavo</i>	0,025178	2,97153	PK	T2	Sed	Day	MedG	Low
<i>Pomacentrus philippinus</i>	0,023144	3,057608	PK	T2	Sed	Day	MedG	Low
<i>Pomacentrus</i> sp,	0,028008	3,023852			Sed	Day		
<i>Pomacentrus vaiuli</i>	0,047199	2,775249	OM	T2	Sed	Day	SmallG	Bottom
<i>Stegastes nigricans</i>	0,038408	3,009999	HD	T3	Sed	Day	MedG	Bottom
<i>Stegastes punctatus</i>	0,065149	2,740514	HD	T3	Sed	Day	MedG	Bottom
<i>Priacanthus hamrur</i>	0,029966	2,800846	IM	T4	Mob	Night	SmallG	Low
<i>Cypho purpurascens</i>	0,009939	3,144832	PK	T2	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Cetoscarus ocellatus</i>	0,022237	2,970682	HD	T6	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Chlorurus bleekeri</i>	0,023374	2,956463	OM	T5	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Chlorurus microrhinos</i>	0,024694	2,955476	OM	T5	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Chlorurus sordidus</i>	0,024311	2,969306	OM	T4	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Hipposcarus longiceps</i>	0,022237	2,970682	OM	T5	Mob	Day	MedG	Bottom
<i>Scaridae</i> spp,	0,023374	2,956463			Mob	Day		
<i>Scarus altipinnis</i>	0,018396	3,029321	OM	T5	Mob	Day	LargeG	Bottom
<i>Scarus chameleon</i>	0,023374	2,956463	OM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Scarus flavipectoralis</i>	0,023374	2,956463	OM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Scarus frenatus</i>	0,023374	2,956463	OM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom

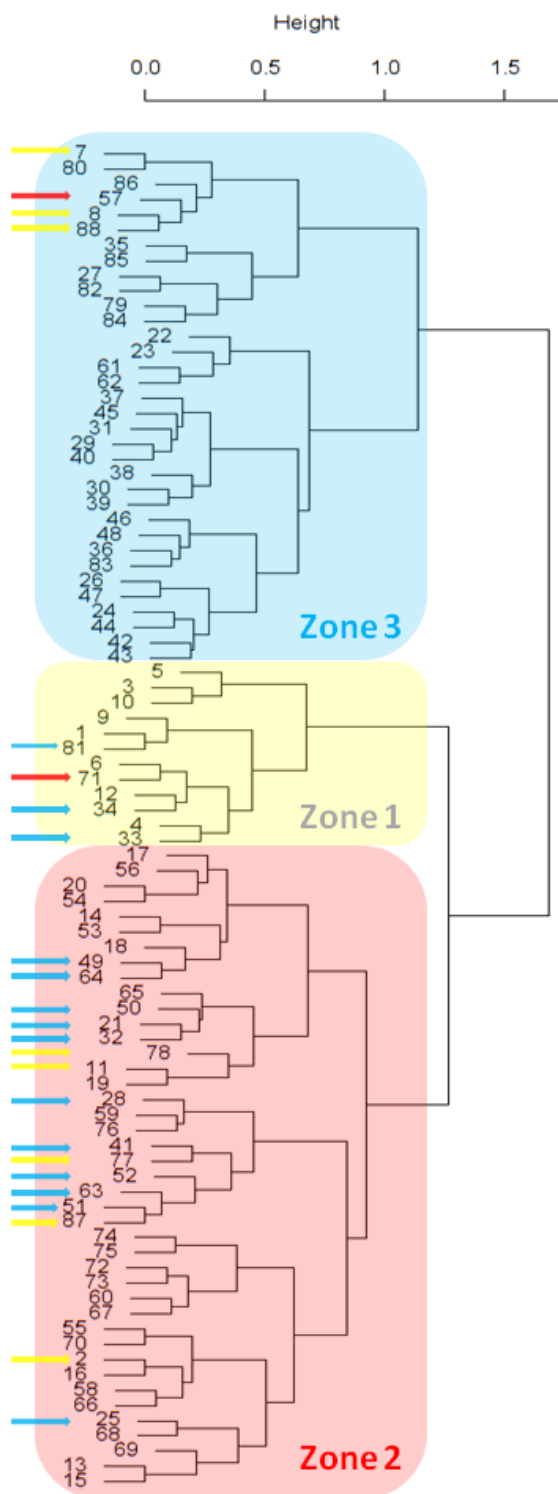
<i>Scarus ghobban</i>	0,016505	3,041159	OM	T5	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Scarus globiceps</i>	0,023374	2,956463	OM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Scarus niger</i>	0,013346	3,159957	OM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Scarus oviceps</i>	0,023374	2,956463	OM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Scarus rivulatus</i>	0,017448	3,074048	OM	T5	Mob	Day	MedG	Bottom
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0,023374	2,956463	OM	T5	Mob	Day	SmallG	Bottom
<i>Scarus schlegeli</i>	0,023059	2,969192	OM	T4	Mob	Day	MedG	Bottom
<i>Scarus sp,</i>	0,023374	2,956463			Mob	Day		
<i>Scarus spinus</i>	0,023374	2,956463	OM	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	0,001418	3,548062	FC	T5	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Cephalopholis argus</i>	0,009293	3,180743	FC	T5	Sed	Both	Sol	Bottom
<i>Cephalopholis boenak</i>	0,01462	3,01915	FC	T4	Sed	Both	Sol	Bottom
<i>Cephalopholis urodeta</i>	0,028223	2,817751	FC	T4	Sed	Both	Sol	Bottom
<i>Cromileptes altivelis</i>	0,096187	2,489277	FC	T5	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Diploprion bifasciatum</i>	0,008862	3,277496	IM	T4	Sed	Day	Sol	Low
<i>Epinephelus areolatus</i>	0,011421	3,048121	FC	T4	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus coeruleopunctatus</i>	0,018	2,937798	FC	T5	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus cyanopodus</i>	0,011051	3,113732	FC	T5	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus hexagonatus</i>	0,012237	3,052671	FC	T4	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus howlandi</i>	0,015254	2,999094	FC	T4	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus macrospilos</i>	0,013199	3,030716	FC	T4	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus maculatus</i>	0,011037	3,061971	FC	T5	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus malabaricus</i>	0,012067	3,051888	FC	T6	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus merra</i>	0,015835	2,966364	FC	T4	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus ongus</i>	0,018995	2,927803	FC	T4	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus polyphkadion</i>	0,008333	3,165759	FC	T5	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus rivulatus</i>	0,011387	3,086201	FC	T4	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Epinephelus tauvina</i>	0,012237	3,052671	FC	T5	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Plectropomus laevis</i>	0,005908	3,237744	FC	T6	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Plectropomus leopardus</i>	0,011753	3,059545	FC	T6	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Pseudanthias sp,</i>	0,014035	3,139905	PK		Sed	Day	LargeG	Low
<i>Siganus argenteus</i>	0,010903	3,154186	HD	T4	VMob	Day	LargeG	Bottom
<i>Siganus corallinus</i>	0,00234	3,82079	HD	T4	Mob	Day	Pair	Bottom
<i>Siganus doliatus</i>	0,01036	3,27208	HD	T4	Mob	Day	Pair	Bottom
<i>Siganus fuscescens</i>	0,014478	3,121693	HD	T4	VMob	Day	LargeG	Bottom
<i>Siganus puellus</i>	0,017612	3,028394	HD	T4	Mob	Day	Pair	Bottom
<i>Siganus punctatus</i>	0,009493	3,276164	HD	T4	Mob	Day	Pair	Bottom
<i>Siganus sp,</i>	0,014478	3,121693	HD			Day		Bottom
<i>Siganus spinus</i>	0,015018	3,092509	HD	T3	VMob	Day	LargeG	Bottom
<i>Siganus vulpinus</i>	0,014478	3,121693	HD	T4	Mob	Day	Pair	Bottom
<i>Sphyraena barracuda</i>	0,006171	3,010951	FC	T6	VMob	Night	SmallG	High
<i>Sphyraena novaehollandiae</i>	0,02401	2,53039	FC	T6	VMob	Night	MedG	High
<i>Sphyraena obtusata</i>	0,025665	2,5883	FC	T5	VMob	Night	LargeG	High
<i>Saurida gracilis</i>	0,006574	3,164928	FC	T4	Mob	Both	Sol	Bottom
<i>Saurida undosquamis</i>	0,006292	3,134099	FC	T5	Sed	Day	Sol	Bottom
<i>Synodus dermatogenys</i>	0,004646	3,345533	FC	T3	Mob	Both	Sol	Bottom

<i>Synodus variegatus</i>	0,003143	3,483799	FC	T4	Mob	Both	Pair	Bottom
<i>Arothron nigropunctatus</i>	0,035235	2,901326	IS	T4	Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Arothron sp,</i>	0,035235	2,901326			Mob	Day	Sol	Bottom
<i>Canthigaster valentini</i>	0,036673	2,943193	OM	T2	Sed	Day	Pair	Bottom
<i>Zanclus cornutus</i>	0,014704	3,369908	OM	T3	Mob	Day	SmallG	Bottom

Annexe 6. Dendrogramme représentant les regroupements de stations réalisés à partir de l'analyse de cluster sur la matrice de présence/absence des espèces d'intérêt commercial et indicatrices. Les flèches indiquent les stations affiliées à une zone à l'issue de l'analyse de cluster mais appartenant d'un point de vue géographique à la zone indiquée par la couleur de la flèche.



Annexe 7. Dendrogramme représentant les regroupements de stations réalisés à partir de l'analyse de cluster sur la matrice de présence/absence des entités fonctionnelles. Les flèches indiquent les stations affiliées à une zone à l'issue de l'analyse de cluster mais appartenant d'un point de vue géographique à la zone indiquée par la couleur de la flèche.



Annexe 8. Pourcentages de recouvrement des différentes catégories de substrat, distance à la côte (en m), degré de confinement et zone d'appartenance de chacune des stations échantillonnées. "abiot" : abiotique

Station	ZONE	Substrat meuble	Substrat dur abiot	Corail branchu	Corail massif	Algues	Distance côte	Confinement
1	1	9,6	27,8	40	13,3	9,3	43	2
2	1	2,6	46,7	4,7	1,3	44,7	31	3
3	1	3,1	32,9	39,3	2	22,7	79	4
4	1	6,5	14,9	61,3	1,3	16	71	4
5	1	15,3	19,4	21,3	28,7	15,3	97	3
6	1	0,5	2,8	61,3	0,7	34,7	56	3
7	1	6,3	18,3	38,7	2,7	34	90	2
8	1	0,5	15,5	80	0	4	49	2
9	1	5,4	48	29,3	1,3	16	86	3
10	1	9,8	22,9	50,7	1,3	15,3	60	4
11	1	13,2	44,8	32	6,7	3,3	34	3
12	1	0	27,3	62,7	1,3	8,7	70	2
13	2	NA	NA	NA	NA	NA	144	3
14	2	NA	NA	NA	NA	NA	144	3
15	2	NA	NA	NA	NA	NA	170	3
16	2	NA	NA	NA	NA	NA	170	3
17	2	NA	NA	NA	NA	NA	198	3
18	2	NA	NA	NA	NA	NA	198	3
19	2	NA	NA	NA	NA	NA	122	3
20	2	NA	NA	NA	NA	NA	122	3
21	3	61	13	6	10	10	251	2
22	3	38	14	16	14	18	251	2
23	3	50	6	20	14	10	155	3
24	3	48	8	17	9	18	155	3
25	3	4	36	38	22	0	681	2
26	3	0	54	30	16	0	681	2
27	3	14	28	36	22	0	411	2
28	3	10	40	32	18	0	411	2
29	3	0	40	42	18	0	391	1
30	3	16	52	21	11	0	391	1
31	3	0	38	44	18	0	252	1
32	3	0	52	34	14	0	252	1
33	3	0	66	0	18	16	131	1
34	3	0	70	0	16	14	131	1
35	3	0	46	33	15	6	144	1
36	3	0	26	44	18	12	144	1
37	3	0	36	48	16	0	361	1
38	3	0	42	46	12	0	361	1
39	3	0	36	48	16	0	194	1
40	3	0	50	37	13	0	194	1
41	3	0	66	25	9	0	843	1

42	3	0	56	31	13	0	843	1
43	3	0	46	38	16	0	687	1
44	3	0	24	62	14	0	687	1
45	3	0	18	75	7	0	180	1
46	3	0	26	49	25	0	180	1
47	3	0	56	38	6	0	177	1
48	3	0	20	78	2	0	177	1
49	3	44	10	0	46	0	772	1
50	3	18	30	10	42	0	772	1
51	3	24	8	4	64	0	617	1
52	3	30	4	2	64	0	617	1
53	2	6	40	45	9	0	1108	1
54	2	4	44	48	4	0	1108	1
55	2	20	16	46	18	0	1054	1
56	2	34	30	26	10	0	1054	1
57	2	0	54	12	34	0	97	2
58	2	6	28	26	40	0	97	2
59	2	NA	NA	NA	NA	NA	158	2
60	2	NA	NA	NA	NA	NA	158	2
61	3	24	15	52	9	0	453	1
62	3	2	16	70	12	0	453	1
63	3	30	16	44	10	0	895	1
64	3	0	4	88	8	0	895	1
65	2	62	0	32	6	0	60	4
66	2	50	17	24	9	0	60	4
67	2	36	20	34	10	0	58	4
68	2	24	18	46	12	0	58	4
69	2	21	10	53	8	8	216	4
70	2	32	12	37	7	12	216	4
71	2	24	12	22	6	36	278	4
72	2	12	28	58	2	0	278	4
73	2	12	8	44	6	30	845	2
74	2	26	38	33	3	0	845	2
75	2	28	28	40	4	0	491	2
76	2	23	43	28	6	0	491	2
ST02_O	1	0	84,6	7	8,4	0	751	4
ST12_O	1	18,7	48,8	17,6	10,4	4,5	55	3
ST24_O	3	2,4	31,4	41,6	24,6	0	1012	1
ST31_O	3	5,2	71,8	3,6	18,8	0,6	178	3
ST32_O	3	72,4	27,6	0	0	0	268	3
ST33_O	3	3,2	71	12	13,8	0	319	2
ST34_O	3	21,4	61,4	0,6	16,6	0	722	2
ST36_O	3	20,8	48,8	13	13	4,4	406	2
ST37_O	3	10,2	84,4	0	5,4	0	169	2
ST38_O	3	10,2	49,6	19,2	1,8	19,2	19	3
STATION-1	1	18,8	52,2	3,6	24	1,4	101	3
STATION-11	1	0	79,2	14	5,2	1,6	597	3

Annexe 9. Tableau des indicateurs globaux calculés sur chaque station. RS : richesse spécifique ; DENS : densité moyenne (ind.m⁻²) ; BIOMASSE : biomasse moyenne (g.m⁻²) ; total : toutes espèces ; com : espèces d'intérêt commercial et espèces indicatrices

Station	ZONE	RS total	RS com	DENS total	DENS com	BIOMASSE total	BIOMASSE com
1	1	47	19	1,68	0,17	20,65	14,92
2	1	60	31	16,89	0,37	53,97	28,69
3	1	34	12	4,89	0,17	13,35	4,54
4	1	42	15	4,78	0,07	17,89	6,65
5	1	49	16	3,78	0,13	23,43	14,54
6	1	56	25	3,47	0,19	21,56	10,27
7	1	63	26	4,10	0,25	37,83	24,60
8	1	69	35	5,88	0,31	21,55	10,93
9	1	48	21	2,28	0,18	19,22	13,55
10	1	41	14	1,68	0,10	23,97	18,13
11	1	59	27	2,78	0,24	41,15	34,04
12	1	70	39	4,65	0,40	72,60	57,26
13	2	52	31	9,58	0,44	93,61	62,41
14	2	24	11	9,30	0,04	26,32	4,60
15	2	25	14	2,72	0,07	10,61	4,97
16	2	31	18	2,73	0,11	14,79	6,93
17	2	49	32	9,14	0,36	89,78	44,65
18	2	41	28	10,06	0,22	55,91	21,27
19	2	38	25	6,41	0,24	44,64	20,67
20	2	28	18	3,99	0,14	27,86	10,51
21	3	32	18	1,19	0,13	51,36	42,09
22	3	38	24	1,12	0,15	79,72	69,10
23	3	31	16	0,86	0,07	14,80	9,25
24	3	41	22	0,50	0,10	33,66	30,64
25	3	66	36	6,16	0,49	200,88	141,22
26	3	50	30	1,21	0,47	68,59	50,71
27	3	58	39	1,17	0,37	110,09	104,09
28	3	41	22	1,48	0,31	51,79	42,68
29	3	72	40	4,85	0,46	157,65	113,38
30	3	57	30	4,72	0,23	71,12	35,24
31	3	58	35	1,98	0,19	56,33	37,70
32	3	64	42	1,90	0,38	142,00	124,75
33	3	59	34	1,70	0,26	62,26	43,48
34	3	40	20	1,28	0,17	53,36	41,87
35	3	48	31	1,33	0,29	84,02	69,27
36	3	48	33	0,99	0,32	72,10	58,77
37	3	65	41	1,50	0,49	86,53	73,43
38	3	48	26	1,50	0,16	46,05	34,27
39	3	46	24	1,20	0,23	38,17	29,90
40	3	55	35	1,07	0,46	64,66	58,95
41	3	59	40	1,80	0,41	86,86	73,35
42	3	58	43	1,88	0,32	103,00	82,70

43	3	54	36	1,82	0,25	68,68	55,17
44	3	54	37	1,90	0,44	103,45	91,70
45	3	60	39	3,35	0,86	171,46	150,96
46	3	53	37	3,32	0,60	211,51	175,68
47	3	59	39	3,68	0,39	108,60	84,82
48	3	63	47	2,25	0,20	102,97	86,87
49	3	49	28	0,53	0,17	35,69	31,79
50	3	42	21	0,67	0,12	20,72	17,37
51	3	46	32	0,56	0,26	45,15	40,70
52	3	52	34	0,64	0,30	98,80	94,74
53	2	60	35	2,01	0,23	56,91	39,09
54	2	72	47	2,62	0,42	113,78	97,63
55	2	56	39	1,86	0,27	54,07	46,82
56	2	54	40	2,90	0,69	70,83	66,14
57	2	59	37	2,90	0,35	86,63	73,09
58	2	57	37	5,22	0,28	67,05	47,81
59	2	54	32	1,76	0,21	85,44	79,23
60	2	51	30	3,28	0,17	48,61	38,48
61	3	53	31	3,39	0,31	59,67	40,56
62	3	49	27	1,58	0,26	63,17	53,39
63	3	61	39	3,19	0,62	95,47	77,08
64	3	77	56	2,15	0,80	168,31	159,71
65	2	39	25	1,19	0,13	35,48	32,46
66	2	36	25	1,24	0,13	30,75	27,74
67	2	32	25	0,76	0,13	19,24	17,49
68	2	34	23	1,51	0,09	16,71	12,68
69	2	41	25	5,94	0,10	27,57	17,85
70	2	33	25	1,75	0,15	17,12	14,12
71	2	24	15	2,49	0,20	30,76	25,56
72	2	36	27	3,06	0,25	37,32	30,43
73	2	67	44	2,51	0,50	99,75	85,14
74	2	54	39	2,11	0,41	79,92	68,96
75	2	55	41	2,86	0,25	80,87	66,43
76	2	52	32	1,25	0,33	50,65	43,87
ST02_O	1	NA	24	NA	0,15	NA	35,26
ST12_O	1	40	24	1,94	0,24	19,59	15,90
ST24_O	3	NA	34	NA	0,44	NA	76,69
ST31_O	3	NA	11	NA	0,03	NA	6,15
ST32_O	3	NA	8	NA	0,03	NA	5,56
ST33_O	3	NA	23	NA	0,93	NA	136,75
ST34_O	3	NA	11	NA	0,14	NA	7,41
ST36_O	3	NA	21	NA	0,20	NA	29,02
ST37_O	3	NA	23	NA	0,17	NA	8,10
ST38_O	3	NA	28	NA	0,41	NA	20,30
STATION-1	1	NA	19	NA	0,11	NA	18,75
STATION-11	1	NA	26	NA	0,72	NA	159,92

Annexe 10. Résultats des modèles de régressions linéaires réalisés pour rechercher les effets des facteurs du paysage benthique sur les variables caractéristiques des peuplements de poissons. Seuls les effets significatifs et leur signe sont indiqués. Transfo : transformation effectuée sur la variable quand nécessaire ; Loi distrib : loi de distribution utilisée pour la construction du modèle ; * : $p < 0,05$ résultat significatif ; ** : $p < 0,01$ résultat très significatif ; *** : $p < 0,001$ résultat hautement significatif

Variables	Transfo.	Loi distrib.	S. meuble	S. dur abiotique	Corail branchu	Corail massif	Algues	Dist. côte	Confinement
RS total		Normale	*(-)						***(-)
RS com		Normale			*			*	***(-)
DENS total	r. cubique	Qpoisson	***(-)			*(-)			
DENS com	r. cubique	Qpoisson						*	
BIOM total	r. carrée	Normale							***(-)
BIOM com	r. carrée	Normale						*	**(-)
RS-S1		Qpoisson							***
RS-S2		Normale	***(-)						*(-)
RS-S3		Normale			*			**	**(-)
RS-FC		Normale		*(-)					
RS-PK		Normale	**(-)	*(-)					
RS-IM		Normale							***(-)
RS-IS	r. carrée	Normale							
RS-OM	r. carrée	Normale						*	
RS-H	r. carrée	Normale			*				***(-)
DENS-S1	log	Qpoisson	*(-)		***(-)				*
DENS-S2	log	Normale				*(-)			
DENS-S3	r. carrée	Qpoisson							**(-)
DENS-FC	r. cubique	Normale		*(-)					
DENS-PK	log	Qpoisson	***(-)		**(-)	**(-)			
DENS-IM	log	Qpoisson	***(-)	**(-)	**(-)	***(-)			
DENS-IS	r. cubique	Normale	***(-)						
DENS-OM	r. carrée	Normale				**(-)			***(-)
DENS-H	log	Qpoisson				*(-)			*(-)
BIOM-S1	log	Qpoisson	**(-)		**(-)				***
BIOM-S2	r. carrée	Normale							***(-)
BIOM-S3	log	Normale							***(-)
BIOM-FC	log	Normale							
BIOM-PK	log	Normale							
BIOM-IM	r. carrée	Normale							***(-)
BIOM-IS	r. carrée	Normale	*(-)						
BIOM-OM	log	Normale							**(-)
BIOM-H	log	Normale							***(-)

Annexe 11. Richesses spécifiques des différents groupes trophiques et classes de taille sur chaque station échantillonnée. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores ; S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm

Station	Zone	S1	S2	S3	FC	PK	IM	IS	OM	H
1	1	3	30	13	2	9	18	6	6	5
2	1	5	29	24	7	12	11	9	9	11
3	1	4	16	9	4	6	7	2	7	5
4	1	3	24	11	2	10	16	3	5	3
5	1	4	27	14	5	11	13	3	10	7
6	1	3	28	23	5	13	15	5	10	8
7	1	2	38	19	5	12	16	6	15	5
8	1	3	39	22	4	14	14	10	15	10
9	1	4	23	17	3	7	16	4	9	5
10	1	3	22	13	2	8	13	1	11	5
11	1	4	30	21	2	11	17	6	14	7
12	1	2	34	31	1	12	18	10	17	10
13	2	2	19	27	3	13	14	5	7	8
14	2	2	12	7	3	9	3	3	4	1
15	2	2	9	11	1	7	6	4	4	2
16	2	2	13	13	4	9	4	4	4	4
17	2	2	23	22	3	13	13	7	4	8
18	2	2	18	19	1	9	10	8	5	7
19	2	2	17	15	1	8	9	7	4	7
20	2	1	15	11	2	8	5	5	3	4
21	3	1	14	12	2	3	12	2	3	7
22	3	1	16	19	5	5	12	2	8	4
23	3	2	13	14	5	5	9	1	5	4
24	3	1	17	17	1	7	10	3	9	7
25	3	1	29	30	6	10	19	5	12	11
26	3	1	23	22	3	8	12	3	11	10
27	3	1	20	34	6	8	13	3	12	13
28	3	0	20	18	2	7	10	3	10	6
29	3	1	35	32	6	15	20	8	10	10
30	3	1	26	26	7	11	14	4	9	9
31	3	1	23	30	5	9	19	4	6	13
32	3	1	28	29	3	8	16	10	13	10
33	3	0	26	28	5	9	20	7	6	9
34	3	1	20	14	1	9	12	6	5	5
35	3	0	23	21	2	7	15	6	7	8
36	3	0	23	22	2	4	18	7	5	10
37	3	1	27	31	2	9	21	9	8	12
38	3	0	22	21	3	7	13	4	9	9
39	3	1	22	19	3	6	14	4	8	9
40	3	1	25	25	3	7	18	9	5	11

41	3	1	21	32	4	6	19	7	12	8
42	3	1	20	33	1	5	13	9	14	13
43	3	0	22	28	2	5	15	6	14	9
44	3	1	19	30	3	7	11	6	13	11
45	3	1	19	33	6	10	11	4	11	13
46	3	0	17	32	5	8	14	4	6	13
47	3	1	21	32	5	8	11	5	13	14
48	3	1	24	34	8	8	14	8	9	13
49	3	1	22	20	3	7	17	6	7	5
50	3	1	25	13	4	10	9	6	6	5
51	3	1	21	21	5	7	12	7	5	8
52	3	1	19	28	5	11	16	4	6	8
53	2	1	30	26	4	8	17	9	12	7
54	2	1	27	39	8	10	18	10	15	8
55	2	2	22	29	5	12	14	5	10	8
56	2	3	15	31	5	10	13	6	10	6
57	2	3	26	27	4	9	16	9	12	6
58	2	3	22	29	4	12	11	6	11	10
59	2	2	24	26	10	11	7	5	10	9
60	2	2	23	23	4	9	12	7	8	8
61	3	0	22	29	6	9	20	3	4	9
62	3	0	24	22	4	11	17	3	7	5
63	3	0	25	34	6	11	16	4	11	12
64	3	1	25	46	7	10	21	9	13	14
65	2	3	13	21	3	7	12	4	5	6
66	2	2	14	17	2	6	7	5	9	4
67	2	1	9	19	2	3	11	4	3	6
68	2	3	11	18	4	7	8	3	5	5
69	2	2	19	17	4	8	9	6	6	6
70	2	2	10	19	4	5	7	5	6	4
71	2	2	10	9	0	4	5	5	4	3
72	2	1	12	20	4	4	9	4	6	6
73	2	1	30	34	9	14	11	10	10	10
74	2	1	18	32	6	9	10	7	9	11
75	2	2	17	33	7	8	9	8	9	11
76	2	2	23	24	2	10	12	5	11	9
ST12_O	1	2	16	21	5	7	15	3	5	4

Annexe 12. Moyennes et intervalles de confiance à 95% des richesses spécifiques, densités et biomasses moyennes par groupe trophique et classe de taille dans les 3 zones de peuplements identifiées. RS : richesse spécifique ; DENS : densité moyenne (ind.m²) ; BIOM : biomasse moyenne (g.m²) FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores ; S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm. Zone 1 : grande baie du Prony ; zone 2 : île Ouen ; zone 3 : grande zone du canal de la Havannah.

	Moyennes			Intervalles de confiance		
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 1	Zone 2	Zone 3
RS-FC	3,6	3,9	4,1	1,0	0,9	0,6
RS-PK	10,2	8,6	8,0	1,4	1,0	0,8
RS-IM	14,5	10,1	14,8	1,7	1,4	1,2
RS-IS	5,2	5,9	5,3	1,6	0,7	0,8
RS-OM	10,2	7,4	8,7	2,2	1,2	1,0
RS-H	6,5	6,6	9,4	1,4	1,0	1,0
RS-S1	3,2	1,9	0,8	0,5	0,2	0,2
RS-S2	27,4	17,9	22,2	3,9	2,3	1,4
RS-S3	18,3	22,1	25,9	3,4	3,0	2,5
DENS-FC	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00
DENS-PK	3,78	2,65	1,11	2,12	0,81	0,37
DENS-IM	0,19	0,07	0,10	0,04	0,02	0,02
DENS-IS	0,07	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01
DENS-OM	0,44	0,68	0,49	0,18	0,33	0,11
DENS-H	0,11	0,04	0,09	0,04	0,01	0,02
DENS-S1	2,78	1,27	0,02	2,08	0,47	0,01
DENS-S2	1,65	2,00	1,38	0,55	0,72	0,34
DENS-S3	0,17	0,16	0,19	0,04	0,05	0,05
BIOM-FC	4,06	8,27	11,74	2,62	4,06	5,04
BIOM-PK	6,82	11,00	12,86	2,94	4,52	4,93
BIOM-IM	5,96	9,98	14,14	2,23	2,70	2,71
BIOM-IS	1,30	1,23	1,62	0,66	0,35	0,41
BIOM-OM	9,16	11,55	16,54	4,98	3,05	4,99
BIOM-H	2,54	4,52	15,36	0,85	1,38	5,32
BIOM-S1	2,95	2,34	0,03	1,84	0,87	0,02
BIOM-S2	8,23	11,00	15,18	2,59	3,89	3,27
BIOM-S3	18,62	32,99	54,88	7,06	8,82	12,22

Annexe 13. Densités moyennes (ind.m⁻²) des différents groupes trophiques et classes de taille sur chaque station échantillonnée. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores ; S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm

Station	Zone	S1	S2	S3	FC	PK	IM	IS	OM	H
1	1	0,14	1,42	0,13	0,01	0,90	0,13	0,10	0,50	0,04
2	1	14,73	1,90	0,24	0,02	16,10	0,17	0,19	0,32	0,09
3	1	4,40	0,18	0,15	0,03	4,50	0,19	0,01	0,06	0,06
4	1	3,47	0,91	0,06	0,01	3,85	0,16	0,01	0,20	0,23
5	1	1,95	1,64	0,12	0,03	3,37	0,14	0,03	0,17	0,05
6	1	0,79	2,49	0,18	0,12	2,49	0,17	0,06	0,56	0,07
7	1	1,41	2,44	0,23	0,03	3,27	0,21	0,06	0,44	0,06
8	1	3,50	2,17	0,20	0,01	4,22	0,16	0,19	1,18	0,10
9	1	1,23	0,88	0,13	0,01	1,28	0,27	0,06	0,54	0,08
10	1	0,61	0,93	0,10	0,01	0,83	0,32	0,00	0,23	0,27
11	1	1,49	1,11	0,13	0,01	2,07	0,14	0,07	0,32	0,14
12	1	0,19	4,16	0,28	0,00	3,30	0,10	0,12	1,03	0,07
13	2	3,32	5,57	0,36	0,01	7,43	0,06	0,03	1,97	0,03
14	2	4,51	4,71	0,02	0,01	8,00	0,01	0,01	1,26	0,00
15	2	0,97	0,77	0,03	0,00	2,40	0,02	0,01	0,24	0,01
16	2	1,39	0,77	0,04	0,01	2,57	0,02	0,02	0,04	0,01
17	2	2,31	6,44	0,24	0,09	5,11	0,12	0,09	3,66	0,03
18	2	2,99	6,92	0,08	0,00	8,11	0,05	0,08	1,72	0,03
19	2	1,25	4,82	0,13	0,00	3,51	0,11	0,04	2,62	0,02
20	2	0,32	3,58	0,06	0,01	2,56	0,03	0,05	1,30	0,01
21	3	0,03	1,02	0,07	0,02	0,31	0,07	0,02	0,38	0,35
22	3	0,02	0,94	0,12	0,02	0,29	0,07	0,00	0,36	0,34
23	3	0,15	0,65	0,05	0,02	0,41	0,04	0,01	0,23	0,15
24	3	0,06	0,32	0,09	0,02	0,16	0,06	0,01	0,17	0,06
25	3	0,00	4,24	0,26	0,03	4,52	0,14	0,04	1,11	0,09
26	3	0,02	0,70	0,12	0,05	0,53	0,05	0,04	0,18	0,06
27	3	0,03	0,50	0,15	0,03	0,57	0,07	0,03	0,20	0,07
28	3	0,00	0,88	0,04	0,00	0,76	0,06	0,03	0,36	0,02
29	3	0,01	3,66	0,37	0,02	4,23	0,09	0,05	0,35	0,07
30	3	0,02	4,10	0,17	0,02	4,04	0,06	0,03	0,48	0,03
31	3	0,00	1,64	0,14	0,02	1,65	0,12	0,02	0,09	0,06
32	3	0,00	0,83	0,21	0,04	1,25	0,10	0,07	0,26	0,11
33	3	0,00	1,44	0,17	0,02	0,68	0,19	0,04	0,62	0,08
34	3	0,00	1,07	0,06	0,00	0,71	0,16	0,03	0,27	0,06
35	3	0,00	1,00	0,13	0,01	0,57	0,11	0,03	0,43	0,07
36	3	0,00	0,74	0,08	0,00	0,37	0,16	0,05	0,20	0,03
37	3	0,00	0,81	0,40	0,01	0,81	0,11	0,06	0,39	0,08
38	3	0,00	0,83	0,10	0,01	0,89	0,06	0,01	0,41	0,07
39	3	0,00	0,53	0,10	0,02	0,60	0,07	0,03	0,33	0,08
40	3	0,00	0,58	0,20	0,01	0,22	0,12	0,07	0,39	0,08

41	3	0,00	1,20	0,18	0,01	0,81	0,11	0,03	0,56	0,06
42	3	0,00	1,04	0,16	0,00	0,99	0,05	0,03	0,60	0,06
43	3	0,00	1,22	0,13	0,01	0,83	0,06	0,03	0,73	0,06
44	3	0,00	1,06	0,19	0,01	0,88	0,05	0,03	0,60	0,13
45	3	0,01	2,09	0,76	0,04	2,23	0,09	0,04	0,75	0,11
46	3	0,00	2,21	0,42	0,01	1,91	0,05	0,04	0,97	0,18
47	3	0,00	2,64	0,28	0,01	2,29	0,04	0,05	1,18	0,05
48	3	0,02	2,07	0,13	0,03	1,28	0,04	0,04	0,76	0,07
49	3	0,00	0,27	0,16	0,01	0,20	0,15	0,03	0,08	0,03
50	3	0,00	0,57	0,07	0,03	0,38	0,06	0,02	0,12	0,04
51	3	0,00	0,35	0,14	0,01	0,20	0,09	0,04	0,08	0,08
52	3	0,00	0,31	0,20	0,01	0,28	0,15	0,02	0,04	0,07
53	2	0,11	1,70	0,18	0,01	1,44	0,12	0,03	0,33	0,05
54	2	0,08	2,15	0,30	0,04	1,55	0,12	0,06	0,66	0,11
55	2	0,13	1,49	0,21	0,02	1,33	0,14	0,03	0,29	0,04
56	2	1,71	0,43	0,60	0,01	2,42	0,17	0,03	0,18	0,02
57	2	0,31	1,28	0,18	0,02	0,65	0,14	0,06	0,85	0,05
58	2	0,91	1,83	0,15	0,01	2,37	0,06	0,05	0,34	0,06
59	2	0,95	0,63	0,16	0,03	1,25	0,05	0,02	0,34	0,05
60	2	2,54	0,57	0,13	0,01	2,77	0,06	0,02	0,33	0,05
61	3	0,00	2,96	0,33	0,04	1,97	0,26	0,03	0,90	0,09
62	3	0,00	1,31	0,15	0,01	0,46	0,14	0,03	0,77	0,06
63	3	0,00	2,57	0,25	0,04	1,27	0,15	0,02	1,24	0,10
64	3	0,13	1,30	0,36	0,04	0,34	0,11	0,12	1,10	0,10
65	2	0,51	0,55	0,09	0,01	0,95	0,04	0,01	0,10	0,02
66	2	0,68	0,44	0,08	0,01	1,03	0,04	0,02	0,08	0,01
67	2	0,35	0,27	0,08	0,00	0,60	0,06	0,01	0,01	0,02
68	2	0,52	0,89	0,06	0,01	1,35	0,03	0,01	0,04	0,02
69	2	4,34	1,51	0,08	0,08	5,71	0,05	0,02	0,05	0,02
70	2	1,53	0,10	0,10	0,02	1,59	0,03	0,03	0,03	0,02
71	2	1,55	0,69	0,07	0,00	2,08	0,05	0,05	0,12	0,02
72	2	1,32	1,54	0,12	0,02	2,73	0,06	0,06	0,06	0,04
73	2	0,14	1,95	0,29	0,04	1,24	0,12	0,07	0,82	0,09
74	2	0,39	1,32	0,19	0,02	1,14	0,08	0,04	0,54	0,07
75	2	0,34	2,28	0,15	0,02	1,89	0,05	0,03	0,74	0,05
76	2	0,21	0,70	0,25	0,01	0,53	0,10	0,04	0,42	0,06
ST12_O	1	2,22	1,18	0,31	0,07	2,91	0,29	0,05	0,20	0,17

Annexe 14. Biomasses moyennes (g.m⁻²) des différents groupes trophiques et classes de taille sur chaque station échantillonnée. FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores ; S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm

Station	ZONE	S1	S2	S3	FC	PK	IM	IS	OM	H
1	1	0,16	6,52	13,97	0,84	1,75	6,51	1,50	7,09	2,97
2	1	12,04	16,10	25,69	9,82	21,18	8,19	4,11	7,81	2,77
3	1	6,78	1,91	3,78	0,86	7,44	1,25	0,07	1,94	1,06
4	1	5,83	4,42	6,44	0,17	7,37	1,12	0,16	6,31	1,63
5	1	2,40	6,40	13,76	5,58	6,47	3,64	0,64	5,29	1,07
6	1	0,91	10,22	10,40	1,84	7,18	3,25	0,65	7,60	1,03
7	1	1,65	11,99	21,31	1,33	8,89	7,28	1,27	13,66	2,53
8	1	2,90	8,59	9,94	0,35	5,11	4,13	2,33	7,84	1,69
9	1	1,06	4,52	13,29	8,34	1,22	3,46	0,58	3,68	1,59
10	1	1,04	4,70	18,11	0,30	1,64	5,30	0,02	12,13	4,50
11	1	1,66	6,64	32,49	14,51	4,65	10,34	0,97	6,90	3,45
12	1	0,22	18,24	53,07	0,01	12,61	16,29	2,92	37,41	2,28
13	2	6,12	23,93	57,41	0,62	64,82	7,82	0,82	12,96	1,46
14	2	8,84	12,84	3,69	1,98	16,78	0,57	0,32	5,86	0,04
15	2	1,79	2,32	3,07	0,13	4,86	0,97	0,49	2,25	0,21
16	2	3,52	3,72	3,86	1,48	7,48	1,37	0,44	0,23	0,96
17	2	5,25	44,93	35,90	14,86	26,45	14,52	4,51	20,39	5,76
18	2	5,89	32,07	13,05	0,08	24,20	8,84	3,09	12,21	2,71
19	2	1,63	22,59	15,80	0,56	11,28	11,15	1,08	13,67	2,77
20	2	0,91	18,76	6,36	0,40	11,27	1,62	1,64	9,84	1,26
21	3	0,07	8,86	26,16	3,39	1,77	6,48	0,25	4,09	19,83
22	3	0,07	10,34	64,81	7,30	1,24	15,74	0,07	11,58	39,30
23	3	0,36	5,21	8,37	2,49	1,68	2,83	0,13	5,71	1,09
24	3	0,08	2,67	28,31	0,37	0,95	17,08	0,46	6,54	5,79
25	3	0,01	48,49	108,07	24,70	44,23	25,57	1,54	43,46	28,97
26	3	0,03	15,19	23,69	9,32	14,65	3,63	1,01	8,41	6,35
27	3	0,04	4,39	63,68	26,26	3,47	11,94	0,68	12,26	15,47
28	3	0,00	7,38	18,71	4,76	4,27	5,53	0,73	10,52	2,26
29	3	0,02	41,68	104,10	10,17	70,86	17,72	3,98	23,51	25,45
30	3	0,03	33,08	33,21	12,98	36,58	6,07	1,34	8,12	3,80
31	3	0,00	18,78	35,71	14,42	17,83	9,81	0,79	4,25	8,75
32	3	0,00	14,41	115,33	61,21	13,08	10,54	2,91	37,78	11,52
33	3	0,00	17,90	33,31	2,64	8,34	18,66	2,04	8,62	11,04
34	3	0,00	10,35	16,03	0,45	4,18	11,75	1,13	8,38	11,88
35	3	0,00	16,58	43,56	1,78	9,02	19,63	0,75	15,84	14,02
36	3	0,00	15,17	23,90	1,45	8,04	18,21	1,43	4,32	5,66
37	3	0,00	13,30	62,95	0,86	31,24	10,57	3,63	16,32	15,35
38	3	0,00	9,36	31,31	5,94	6,53	15,04	0,64	9,49	6,62
39	3	0,00	7,63	21,90	10,41	7,82	3,85	0,70	4,32	5,64
40	3	0,01	10,43	47,49	11,68	9,66	13,77	2,93	13,89	6,72

41	3	0,01	15,80	44,59	2,02	8,60	18,65	3,81	17,87	10,15
42	3	0,00	21,12	57,91	2,65	16,16	8,80	3,94	38,50	11,33
43	3	0,00	12,45	32,71	1,18	7,26	10,31	1,00	18,18	8,99
44	3	0,00	15,39	53,28	2,65	6,75	8,11	2,70	24,75	25,27
45	3	0,01	17,11	136,36	52,11	31,22	23,33	1,72	20,84	27,43
46	3	0,00	31,13	145,57	17,38	36,48	17,07	2,07	11,23	96,14
47	3	0,01	22,81	58,19	11,21	20,91	15,73	1,47	24,89	10,81
48	3	0,03	17,42	81,46	54,22	10,93	4,49	1,58	18,86	8,87
49	3	0,00	4,61	25,97	2,17	1,01	14,36	1,14	6,89	5,33
50	3	0,00	5,48	13,38	6,93	0,96	4,18	0,87	2,80	3,15
51	3	0,01	9,66	27,33	2,98	2,87	10,70	2,81	5,28	12,45
52	3	0,01	7,74	78,41	5,18	1,93	45,24	1,80	17,49	14,85
53	2	0,22	17,89	36,23	0,68	16,10	14,35	1,13	12,88	9,20
54	2	0,14	18,27	85,55	12,80	13,77	22,13	2,27	35,93	17,59
55	2	0,19	9,25	41,21	5,21	9,36	18,62	1,76	9,67	6,95
56	2	1,93	3,52	55,61	6,57	8,82	25,87	0,83	16,70	2,36
57	2	0,47	8,26	63,25	33,28	4,48	9,78	2,34	17,29	4,81
58	2	1,55	9,82	40,16	4,86	8,10	14,69	1,79	16,72	5,36
59	2	2,19	4,55	72,59	37,47	3,46	7,19	0,47	25,23	5,50
60	2	6,29	4,25	36,96	1,64	7,74	6,99	0,75	22,63	7,74
61	3	0,00	16,49	41,80	4,04	8,89	18,93	0,45	11,11	14,87
62	3	0,00	10,34	51,75	1,30	4,84	25,63	0,51	14,17	15,65
63	3	0,00	17,53	74,19	29,03	6,16	19,10	0,43	20,80	16,20
64	3	0,11	10,37	142,16	15,05	2,71	19,95	4,81	84,21	26,11
65	2	0,90	2,27	24,63	6,77	2,10	7,19	0,53	4,26	6,96
66	2	1,23	1,96	20,18	6,86	2,39	2,06	0,38	9,55	2,12
67	2	0,64	1,19	12,25	1,19	1,38	6,18	0,35	1,70	3,29
68	2	0,89	3,19	12,05	2,63	3,28	4,11	0,40	1,89	3,81
69	2	5,68	4,29	15,67	2,88	8,87	3,41	1,48	6,23	2,77
70	2	2,62	0,53	12,83	4,82	2,83	2,13	0,81	4,29	1,10
71	2	2,60	2,69	13,85	0,00	4,21	8,63	0,63	2,83	2,86
72	2	1,71	5,71	20,30	4,63	6,31	12,23	0,66	2,95	0,95
73	2	0,33	16,89	71,40	29,46	9,47	25,25	1,53	14,70	8,21
74	2	0,85	10,90	50,14	16,75	6,89	19,23	1,39	11,80	5,82
75	2	0,68	14,51	57,35	28,96	9,49	13,75	1,60	13,86	4,87
76	2	0,47	6,84	42,39	3,90	11,68	8,94	1,01	14,97	9,19
ST12_O	1	1,68	6,74	19,83	8,83	3,16	6,68	1,70	1,41	6,48

Annexe 15. Résultats des ANOVAs pratiquées sur les distances d'observation de 7 espèces hautement visées par la chasse sous-marine : recherche des effets de la zone et de la classe de taille. * : $p < 0,05$ résultat significatif ; ** : $p < 0,01$ résultat très significatif ; *** : $p < 0,001$ résultat hautement significatif

Distance d'observation de :	Classe de taille	Zone	Classe de taille X Zone
<i>Scarus rivulatus</i>	***	***	NS
<i>Siganus argenteus</i>	NS	NS	NS
<i>Plectropomus leopardus</i>	NS	NS	NS
<i>Chlorurus microrhinos</i>	*	NS	NS
<i>Scarus ghobban</i>	**	**	NS
<i>Acanthurus dussumieri</i>	NS	NS	NS
<i>Naso unicornis</i>	**	NS	**

Annexe 16. Valeurs des différents indicateurs et des 2 indices de vulnérabilité. Leur définition précise est donnée dans le paragraphe 2 « matériels et méthodes ». Esp. Rares (fréq) : nombre d'espèces rares basé sur leur fréquence ; Esp. Rares (ab) : nombre d'espèces rares basé sur leur abondance ; Esp. Spé. Alim. : nombre d'espèces spécialisées en termes d'alimentation ; Esp. Spé. Hab. : nombre d'espèces spécialisées en termes d'habitat ; AOO réduite : nombre d'espèces ayant une aire de répartition géographique réduite ; PLD courte : nombre d'espèces ayant une durée de vie larvaire pélagique courte ; RS-EFmono : nombre d'entités fonctionnelles monospécifiques ; DENS-EFmono : densité (ind.m^{-2}) des poissons appartenant à des entités fonctionnelles monospécifiques ; BIOM-EFmono : biomasse (g.m^{-2}) des poissons appartenant à des entités fonctionnelles monospécifiques ; INDICE RANG : indice de vulnérabilité calculé selon le rang des stations ; INDICE STAND : indice de vulnérabilité standardisé (voir texte principal du rapport).

Station	Zone	Esp. Rares (fréq)	Esp. Rares (ab)	Esp. Spé. Alim.	Esp. Spé. Hab.	AOO réduite	PLD courte	RS-EFmono	DENS-EFmono	BIOM-EFmono	INDICE RANG	INDICE STAND
1	1	2	4	10	12	6	4	5	0,04	1,01	3,48	3,61
2	1	2	9	17	15	5	4	11	0,06	1,87	6,99	4,83
3	1	3	7	4	6	2	4	5	0,10	0,76	2,80	2,90
4	1	5	9	8	7	2	2	2	0,23	1,14	2,81	3,35
5	1	7	13	10	7	4	4	7	0,06	1,28	4,29	4,58
6	1	4	8	13	9	2	4	7	0,14	0,55	4,10	3,95
7	1	2	7	13	12	5	5	6	0,06	1,63	4,63	4,08
8	1	5	10	18	13	4	7	10	0,08	1,98	8,77	5,52
9	1	3	7	8	8	2	3	9	0,09	0,66	3,32	3,35
10	1	5	7	5	3	5	2	6	0,32	1,41	2,96	3,79
11	1	6	12	14	13	5	4	13	0,15	3,31	10,10	5,73
12	1	2	9	21	18	7	3	8	0,10	13,53	10,42	5,38
13	2	4	9	9	9	4	4	5	0,02	3,58	3,50	3,73
14	2	1	2	6	6	2	2	1	0,00	0,98	1,77	1,56
15	2	0	2	8	6	1	3	1	0,00	0,65	1,75	1,51
16	2	0	3	7	7	2	3	0	0,00	0,00	1,80	1,64
17	2	3	1	12	11	5	4	5	0,11	14,29	4,65	3,84

18	2	0	2	10	13	3	2	5	0,05	2,45	2,73	2,58
19	2	0	1	10	10	2	2	4	0,02	3,10	2,15	2,06
20	2	0	0	8	8	0	2	3	0,02	4,46	1,85	1,47
21	3	2	4	4	5	0	1	2	0,01	0,24	1,68	1,35
22	3	2	6	6	6	1	1	2	0,01	4,53	1,94	1,83
23	3	1	4	3	5	1	1	2	0,01	0,39	1,69	1,30
24	3	0	1	8	5	0	3	4	0,01	5,26	1,85	1,57
25	3	0	9	13	12	1	2	7	0,05	17,53	3,72	3,25
26	3	1	2	10	8	1	3	8	0,04	6,73	2,75	2,59
27	3	3	4	10	11	1	3	9	0,04	6,87	3,46	3,24
28	3	1	2	6	11	2	5	5	0,01	3,46	2,44	2,63
29	3	1	9	16	15	3	5	10	0,05	13,56	7,69	4,59
30	3	0	6	9	10	1	3	10	0,02	5,66	2,88	2,87
31	3	0	6	9	7	3	3	7	0,03	7,91	2,98	2,82
32	3	1	5	17	12	3	4	9	0,09	60,64	6,80	4,86
33	3	3	5	13	9	3	2	5	0,04	1,43	3,05	3,09
34	3	2	2	11	11	0	2	3	0,01	4,13	2,16	2,16
35	3	0	3	14	10	2	2	7	0,04	13,55	3,15	2,84
36	3	1	4	14	12	2	1	4	0,02	3,74	2,62	2,59
37	3	0	8	15	13	3	2	5	0,06	12,47	4,26	3,42
38	3	1	5	8	10	2	3	10	0,08	13,50	3,83	3,29
39	3	0	1	9	8	1	1	8	0,07	5,10	2,31	2,07
40	3	1	6	16	12	3	1	5	0,08	8,87	3,80	3,25
41	3	1	8	14	7	3	3	9	0,05	8,32	4,15	3,53
42	3	0	5	17	11	3	2	7	0,04	23,35	4,03	3,49
43	3	0	3	15	10	3	2	10	0,03	5,02	3,18	3,11
44	3	0	4	15	10	2	2	9	0,05	10,88	3,55	3,10
45	3	0	4	10	6	3	2	7	0,02	5,70	2,58	2,48
46	3	3	7	11	9	3	2	8	0,03	22,49	3,98	3,69
47	3	0	7	14	11	2	3	9	0,03	8,97	3,85	3,38
48	3	1	8	16	16	2	2	6	0,02	11,53	3,76	3,59
49	3	0	3	11	7	1	3	4	0,02	2,84	2,18	2,08
50	3	2	4	10	10	3	3	4	0,03	3,27	2,92	2,88
51	3	0	1	11	9	1	2	6	0,05	7,96	2,48	2,22
52	3	4	9	8	8	4	3	5	0,07	19,16	4,42	3,85
53	2	3	7	15	10	4	1	6	0,04	9,87	4,03	3,59
54	2	6	12	18	12	4	1	11	0,11	35,26	9,17	5,56
55	2	2	5	11	7	4	3	4	0,02	4,33	2,87	2,96
56	2	4	7	14	6	2	4	7	0,04	12,60	4,15	3,72
57	2	0	4	17	12	7	3	3	0,03	9,66	3,64	3,64
58	2	1	6	11	9	6	3	6	0,03	9,77	3,64	3,55
59	2	1	7	9	12	4	6	4	0,03	6,06	3,50	3,61
60	2	0	3	14	10	5	3	4	0,01	3,68	2,79	2,96
61	3	0	4	9	8	2	4	5	0,04	10,43	2,94	2,65
62	3	2	9	11	10	3	4	6	0,05	26,44	5,29	3,99
63	3	3	9	10	9	2	4	10	0,06	10,31	5,00	3,94
64	3	4	15	19	13	5	4	9	0,10	44,67	18,52	6,13

65	2	3	4	8	5	3	1	4	0,01	5,40	2,28	2,36
66	2	0	0	10	8	1	1	3	0,01	4,25	1,86	1,53
67	2	0	3	7	5	2	0	1	0,01	2,28	1,70	1,23
68	2	2	4	5	5	2	1	3	0,01	3,13	1,94	1,80
69	2	3	5	14	8	3	3	6	0,08	1,97	3,75	3,41
70	2	0	3	9	7	2	1	2	0,01	0,81	1,83	1,63
71	2	0	0	6	7	2	0	1	0,00	0,03	1,59	1,04
72	2	1	2	8	7	2	1	3	0,02	0,41	1,88	1,76
73	2	5	10	16	16	3	5	10	0,05	6,76	9,01	5,18
74	2	0	7	12	13	4	2	7	0,03	5,35	3,60	3,31
75	2	0	7	9	12	3	3	7	0,03	4,18	3,27	3,09
76	2	0	1	12	13	5	3	5	0,02	1,72	2,75	2,96
ST02_O	1	0	2	5	3	1	0	5	0,06	21,58	2,02	1,55
ST12_O	1	5	6	6	8	1	0	5	0,07	0,67	2,34	2,54
ST24_O	3	2	3	12	7	1	0	6	0,19	11,05	2,80	2,65
ST31_O	3	0	0	3	2	1	0	1	0,01	0,04	1,45	0,49
ST32_O	3	0	1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,38	0,07
ST33_O	3	1	3	6	4	1	0	5	0,44	34,98	2,33	2,96
ST34_O	3	0	0	4	4	1	0	2	0,03	2,22	1,59	0,81
ST36_O	3	0	2	7	3	0	0	7	0,08	10,38	2,06	1,53
ST37_O	3	2	4	6	3	1	0	5	0,03	2,41	1,98	1,65
ST38_O	3	2	2	11	5	0	0	4	0,03	0,70	1,88	1,62
STATION-1	1	0	2	6	4	1	0	1	0,00	0,59	1,53	0,88
STATION-11	1	0	2	12	7	1	0	2	0,01	0,15	1,74	1,41

Annexe 17. Résultats des modèles de régressions linéaires réalisés pour rechercher les effets des facteurs du paysage benthique sur les différents indicateurs et indices de vulnérabilité. Seuls les effets significatifs et leur signe sont indiqués. Transfo : transformation effectuée sur la variable quand nécessaire ; Loi distrib : loi de distribution utilisée pour la construction du modèle ; * : $p < 0,05$ résultat significatif ; ** : $p < 0,01$ résultat très significatif ; *** : $p < 0,001$ résultat hautement significatif. Esp. Rares (ab) : nombre d'espèces rares basé sur leur abondance ; Esp. Spé. Alim. : nombre d'espèces spécialisées en termes d'alimentation ; Esp. Spé. Hab. : nombre d'espèces spécialisées en termes d'habitat ; AOO réduite : nombre d'espèces ayant une aire de répartition géographique réduite ; PLD courte : nombre d'espèces ayant une durée de vie larvaire pélagique courte ; RS-EFmono : nombre d'entités fonctionnelles monospécifiques ; DENS-EFmono : densité (ind.m^{-2}) des poissons appartenant à des entités fonctionnelles monospécifiques ; BIOM-EFmono : biomasse (g.m^{-2}) des poissons appartenant à des entités fonctionnelles monospécifiques ; INDICE RANG : indice de vulnérabilité calculé selon le rang des stations ; INDICE STAND : indice de vulnérabilité standardisé (voir texte principal du rapport).

Variables	Transfo.	Loi distrib.	S. meuble	S. dur abiotique	Corail branchu	Corail massif	Algues	Dist. côte	Confinement
Esp. Rares (fréq)	r. carrée	Qpoisson	*(-)						
Esp. Rares (ab)		Normale	*(-)						
Esp. Spé. Alim.		Normale	*(-)						
Esp. Spé. Hab.		Normale	*(-)						*(-)
AOO réduite	log	Qpoisson							
PLD courte		Qpoisson	*(-)	*(-)					
RS-EFmono		Normale							
DENS-EFmono		Qpoisson	***(-)						**
BIOM-EFmono	log	Normale		*	***	**			**(-)
INDICE RANG	r. carrée	Qpoisson	**(-)						
INDICE STAND		Normale	**(-)						

Annexe 18. Richesses spécifiques moyennes par station dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les richesses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe) et tout habitat confondu.

Région	Localité	Richesses spécifiques moyennes par station				Tout habitat
		Frangeant	Intermédiaire	Barrière interne	Barrière externe	
NC	PRONY-zone 1	52				52
NC	PRONY-zone 2	45				45
NC	PRONY-zone 3	53				53
NC	PRONY-global	50				50
NC	Chesterfield			35		35
NC	Lagon Est	110	119	137	117	121
NC	Lagon Ouest	127	117	130		126
NC	Lagon Sud-Ouest	81	86	82	83	82
NC	Lifou	78	77	30	66	67
NC	Ouvéa	34	60	101		92
Fidji	Lakeba	125	91	89	98	96
Fidji	Vanua-Levu	156	151	117	136	143
Fidji	Viti-Levu	102	120	91	131	108
Tonga	Haapai	92	100	112		98
Tonga	Tongatapu	89	78	87	95	84
Tonga	Vavau	95	89	100		94
PF	Haraiki		120	35		42
PF	Hikueru		54	36		37
PF	Hiti			27		27
PF	Kauehi		82	64		65
PF	Marokau		66	47		49
PF	Mururoa		114	112		113
PF	Nihiru		68	40		43
PF	Taiaro			32		32
PF	Tekokota			42		42
PF	Tepoto		45	28		32
PF	Tikehau	93	89		149	105

Annexe 19. Richesses spécifiques moyennes par groupes trophiques dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les richesses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores.

Région	Localité	Récifs frangeants						Récifs intermédiaires					
		FC	H	IM	IS	OM	PK	FC	H	IM	IS	OM	PK
NC	PRONY-zone 1	3,6	6,5	14,5	5,2	10,2	10,2						
NC	PRONY-zone 2	3,9	6,6	10,1	5,9	7,4	8,6						
NC	PRONY-zone 3	4,1	9,4	14,8	5,3	8,7	8,0						
NC	PRONY-global	3,9	7,9	13,0	5,5	8,5	8,6						
NC	Chesterfield												
NC	Lagon Est	6,3	15,4	29,7	5,1	32,0	21,5	7,8	17,4	30,9	7,2	36,6	19,5
NC	Lagon Ouest	7,3	18,0	41,0	7,7	19,7	33,0	3,3	21,3	30,1	6,0	34,3	21,9
NC	Lagon Sud-ouest	3,0	13,2	20,8	8,2	15,3	20,3	4,2	18,9	25,9	7,8	16,6	12,3
NC	Lifou	2,6	24,0	24,4	2,2	19,2	6,0	2,4	13,7	23,1	1,7	31,0	4,6
NC	Ouvéa	2,7	4,3	17,1	1,1	3,8	5,4	6,0	11,5	22,5	2,0	13,0	4,5
Fidji	Lakeba	7,0	36,7	35,2	5,3	32,5	8,5	5,2	13,5	26,0	2,8	31,9	11,5
Fidji	Vanua-Levu	10,5	20,3	43,3	6,7	49,0	26,1	10,3	27,0	44,8	8,5	41,6	18,5
Fidji	Viti-Levu	8,3	17,3	30,5	4,8	26,2	14,8	9,0	17,6	35,0	5,4	28,8	24,1
Tonga	Haapai	4,3	16,4	28,8	4,4	29,3	9,2	6,4	15,6	27,9	4,7	33,2	12,6
Tonga	Tongatapu	4,2	14,6	25,1	7,4	23,5	14,2	3,0	15,3	20,8	5,0	24,1	9,7
Tonga	Vavau	6,6	10,7	27,9	4,1	25,8	19,8	6,6	12,4	31,4	2,0	21,3	14,8
PF	Haraiki							6,0	20,3	43,5	6,0	22,0	21,8
PF	Hikueru							4,8	7,5	18,5	2,5	17,5	2,8
PF	Hiti												
PF	Kauehi							6,8	9,3	24,0	3,3	21,0	17,3
PF	Marokau							5,6	4,4	19,7	4,6	19,4	12,7
PF	Mururoa							9,2	23,0	41,7	5,3	21,8	13,2
PF	Nihiru							3,3	6,0	23,4	3,3	18,9	13,5
PF	Taiaro												
PF	Tekokota												
PF	Tepoto							3,3	3,8	17,5	2,3	11,6	6,8
PF	Tikehau	4,1	16,5	38,9	2,2	20,4	10,8	4,2	3,7	30,1	1,4	17,9	32,1
		Barrières internes						Barrières externes					
		FC	H	IM	IS	OM	PK	FC	H	IM	IS	OM	PK
NC	Chesterfield	3,5	9,8	12,6	0,2	8,0	0,5						
NC	Lagon Est	7,0	23,5	45,5	6,3	34,8	19,6	6,6	21,4	39,1	4,7	27,2	17,9
NC	Lagon Ouest	6,1	21,8	47,0	6,1	35,5	13,6						
NC	Lagon Sud-ouest	5,9	17,5	29,2	5,6	15,0	8,6	3,9	14,3	20,4	3,3	19,3	21,6
NC	Lifou	0,3	10,0	4,0	1,7	13,0	0,7	2,3	10,8	16,1	1,9	15,0	20,0
NC	Ouvéa	10,4	24,5	33,1	6,7	14,4	12,4						
Fidji	Lakeba	5,2	15,0	30,5	2,6	29,6	6,0	6,7	11,5	25,3	3,5	32,0	19,2

Fidji	Vanua-Levu	6,6	29,0	42,3	3,5	29,8	5,8	10,0	18,3	36,7	9,6	39,5	22,0
Fidji	Viti-Levu	6,0	19,2	32,8	4,0	20,1	8,4	8,1	16,5	35,3	10,3	41,2	19,9
Tonga	Haapai	9,8	13,8	32,0	7,8	37,0	11,8						
Tonga	Tongatapu	4,3	12,5	25,8	6,4	26,6	11,1	4,4	13,7	27,0	5,4	27,3	17,4
Tonga	Vavau	11,9	14,4	27,9	6,3	25,6	13,9						
PF	Haraiki	2,0	4,9	14,0	0,9	7,0	5,9						
PF	Hikueru	4,1	4,9	13,6	1,1	7,3	5,1						
PF	Hiti	2,5	1,6	12,0	0,8	4,7	5,2						
PF	Kauehi	5,2	8,6	20,2	2,3	14,1	13,3						
PF	Marokau	3,1	5,1	16,8	2,1	9,1	10,8						
PF	Mururoa	7,5	21,3	40,8	5,3	28,7	8,6						
PF	Nihiru	3,0	3,8	13,8	1,6	7,3	10,2						
PF	Taiaro	2,7	2,2	11,1	0,3	9,2	6,7						
PF	Tekokota	2,3	10,1	15,3	1,5	11,6	1,0						
PF	Tepoto	1,8	5,0	10,8	3,0	5,6	1,8						
PF	Tikehau							12,9	30,3	45,3	7,3	14,0	39,6

Annexe 20. Richesses spécifiques moyennes par classes de tailles dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les richesses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm

Région	Localité	Récifs frangeants			R. intermédiaires			Barrières internes			Barrières externes		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
NC	PRONY-zone 1	3,2	27,4	18,3									
NC	PRONY-zone 2	1,9	17,9	22,1									
NC	PRONY-zone 3	0,8	22,2	25,9									
NC	PRONY-global	1,6	21,5	23,2									
NC	Chesterfield							0,0	18,0	14,9			
NC	Lagon Est	6,0	79,1	22,9	6,2	90,2	21,6	3,0	111,3	19,9	4,6	98,2	10,6
NC	Lagon Ouest	12,7	92,0	14,3	11,5	79,4	21,4	4,0	97,6	24,3			
NC	Lagon Sud-ouest	6,2	58,9	12,8	4,5	55,1	22,0	2,7	55,3	19,6	2,6	71,7	8,4
NC	Lifou	3,4	60,0	13,6	1,3	60,9	11,9	0,0	23,7	6,0	4,1	54,9	5,3
NC	Ouvéa	1,1	21,4	10,2	1,0	33,5	25,0	2,7	65,1	28,9			
Fidji	Lakeba	0,0	79,7	40,0	1,2	68,4	19,5	1,0	67,5	17,6	1,1	75,2	20,7
Fidji	Vanua-Levu	9,8	96,1	48,2	4,7	99,2	44,4	1,6	83,1	28,5	2,1	105,4	27,9
Fidji	Viti-Levu	7,2	66,6	25,0	9,4	81,5	26,6	2,5	66,1	16,4	1,9	100,3	27,8
Tonga	Haapai	2,4	70,2	15,5	1,7	73,4	21,5	1,3	88,3	20,3			
Tonga	Tongatapu	3,9	62,7	18,3	2,5	54,2	16,9	1,9	66,2	15,6	4,4	66,4	18,1
Tonga	Vavau	7,2	60,0	22,6	4,3	68,6	12,2	1,7	70,7	25,0			
PF	Haraiki				14,0	81,8	22,8	3,5	22,6	7,8			
PF	Hikueru				0,0	29,5	23,8	0,1	25,4	10,4			
PF	Hiti							2,7	16,3	6,8			
PF	Kauehi				1,3	50,0	30,0	3,9	39,8	19,7			
PF	Marokau				6,9	30,7	28,6	5,1	28,9	12,4			
PF	Mururoa				5,3	75,7	32,3	3,2	71,0	37,3			
PF	Nihiru				7,8	37,3	21,1	5,1	24,4	9,7			
PF	Taiaro							0,5	15,9	15,4			
PF	Tekokota							0,5	32,0	9,1			
PF	Tepoto				0,9	31,6	12,6	0,7	21,0	6,0			
PF	Tikehau	2,5	66,4	21,8	7,1	58,5	22,3				11,8	104,5	32,8

Annexe 21. Densités moyennes (ind.m⁻²) dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les densités sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe) et tout habitat confondu.

Région	Localité	Densités moyennes				
		Frangéant	Intermédiaire	Barrière interne	Barrière externe	Tout habitat
NC	PRONY-zone 1	4,52				4,52
NC	PRONY-zone 2	3,69				3,69
NC	PRONY-zone 3	1,96				1,96
NC	PRONY-global	3,02				3,02
NC	Chesterfield			0,29		0,29
NC	Lagon Est	2,70	2,37	3,35	2,10	2,58
NC	Lagon Ouest	1,63	1,15	1,10		1,12
NC	Lagon Sud-Ouest	3,02	2,06	2,03	1,42	2,49
NC	Lifou	1,13	0,72	0,53	1,63	1,21
NC	Ouvéa	0,45	2,35	1,97		1,77
Fidji	Lakeba	1,60	0,90	1,05	1,10	1,07
Fidji	Vanua-Levu	3,25	2,01	1,68	1,94	2,19
Fidji	Viti-Levu	2,64	5,56	1,22	1,79	2,94
Tonga	Haapai	1,26	1,38	1,21		1,31
Tonga	Tongatapu	1,43	1,41	1,02	1,57	1,34
Tonga	Vavau	1,72	1,12	1,40		1,56
PF	Haraiki		2,29	0,53		0,69
PF	Hikueru		0,68	0,56		0,57
PF	Hiti			0,45		0,45
PF	Kauehi		2,44	1,26		1,34
PF	Marokau		1,47	0,96		1,01
PF	Mururoa		1,55	2,26		2,11
PF	Nihiru		1,47	0,83		0,90
PF	Taiaro			0,92		0,92
PF	Tekokota			0,39		0,39
PF	Tepoto		0,47	0,36		0,38
PF	Tikehau	0,59	1,60		1,69	1,13

Annexe 22. Densités moyennes (ind.m⁻²) par groupes trophiques dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les densités sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores.

Région	Localité	Récifs frangeants						Récifs intermédiaires					
		FC	H	IM	IS	OM	PK	FC	H	IM	IS	OM	PK
NC	PRONY-zone 1	0,03	0,11	0,19	0,07	0,44	3,78						
NC	PRONY-zone 2	0,02	0,04	0,07	0,04	0,68	2,65						
NC	PRONY-zone 3	0,02	0,09	0,10	0,04	0,49	1,11						
NC	PRONY-global	0,02	0,07	0,10	0,04	0,55	2,12						
NC	Chesterfield												
NC	Lagon Est	0,09	0,13	0,19	0,04	0,41	1,83	0,04	0,18	0,19	0,04	0,64	1,27
NC	Lagon Ouest	0,04	0,18	0,38	0,08	0,24	0,71	0,01	0,16	0,15	0,03	0,31	0,49
NC	Lagon Sud-ouest	0,03	0,11	0,13	0,05	0,25	2,45	0,03	0,20	0,15	0,04	0,32	1,31
NC	Lifou	0,01	0,64	0,20	0,02	0,19	0,07	0,04	0,17	0,16	0,01	0,23	0,12
NC	Ouvéa	0,01	0,02	0,17	0,00	0,02	0,22	0,02	0,10	0,10	0,01	0,08	2,04
Fidji	Lakeba	0,03	0,91	0,22	0,03	0,28	0,13	0,02	0,18	0,15	0,02	0,33	0,20
Fidji	Vanua-Levu	0,08	0,19	0,28	0,05	0,74	1,92	0,06	0,37	0,27	0,05	0,48	0,77
Fidji	Viti-Levu	0,05	0,23	0,17	0,03	0,32	1,85	0,05	0,19	0,21	0,03	0,34	4,74
Tonga	Haapai	0,02	0,30	0,20	0,03	0,41	0,30	0,03	0,21	0,15	0,03	0,54	0,43
Tonga	Tongatapu	0,03	0,21	0,16	0,06	0,30	0,67	0,03	0,24	0,12	0,03	0,26	0,73
Tonga	Vavau	0,05	0,12	0,20	0,03	0,33	1,00	0,03	0,26	0,20	0,01	0,25	0,37
PF	Haraiki							0,03	0,33	0,50	0,04	0,30	1,09
PF	Hikueru							0,03	0,09	0,22	0,03	0,22	0,10
PF	Hiti												
PF	Kauehi							0,04	0,11	0,46	0,02	0,42	1,39
PF	Marokau							0,03	0,21	0,22	0,03	0,36	0,63
PF	Mururoa							0,05	0,30	0,36	0,03	0,32	0,49
PF	Nihiru							0,01	0,11	0,29	0,02	0,34	0,71
PF	Taiaro												
PF	Tekokota												
PF	Tepoto							0,02	0,03	0,14	0,01	0,14	0,13
PF	Tikehau	0,02	0,12	0,17	0,01	0,14	0,14	0,01	0,02	0,11	0,01	0,11	1,34
		Barrières internes						Barrières externes					
		FC	H	IM	IS	OM	PK	FC	H	IM	IS	OM	PK
NC	Chesterfield	0,01	0,07	0,13	0,00	0,04	0,04						
NC	Lagon Est	0,03	0,36	0,49	0,05	0,50	1,91	0,03	0,29	0,29	0,03	0,41	1,04
NC	Lagon Ouest	0,02	0,21	0,29	0,03	0,34	0,20						
NC	Lagon Sud-ouest	0,03	0,23	0,23	0,03	0,19	1,32	0,02	0,17	0,14	0,02	0,24	0,83
NC	Lifou	0,00	0,31	0,03	0,01	0,16	0,01	0,01	0,13	0,09	0,01	0,13	1,26
NC	Ouvéa	0,03	0,28	0,21	0,03	0,21	1,20						
Fidji	Lakeba	0,02	0,31	0,19	0,02	0,40	0,11	0,03	0,10	0,14	0,02	0,36	0,44

Fidji	Vanua-Levu	0,03	0,74	0,33	0,02	0,43	0,13	0,06	0,19	0,25	0,06	0,54	0,84
Fidji	Viti-Levu	0,04	0,42	0,22	0,03	0,26	0,26	0,04	0,14	0,19	0,07	0,59	0,75
Tonga	Haapai	0,05	0,13	0,16	0,05	0,55	0,26						
Tonga	Tongatapu	0,02	0,17	0,14	0,05	0,34	0,31	0,02	0,24	0,15	0,04	0,39	0,72
Tonga	Vavau	0,05	0,19	0,13	0,04	0,34	0,65						
PF	Haraiki	0,01	0,07	0,15	0,01	0,07	0,23						
PF	Hikueru	0,03	0,06	0,14	0,01	0,07	0,26						
PF	Hiti	0,02	0,02	0,15	0,00	0,05	0,22						
PF	Kauehi	0,04	0,09	0,19	0,02	0,19	0,74						
PF	Marokau	0,02	0,07	0,17	0,01	0,11	0,59						
PF	Mururoa	0,04	0,38	0,38	0,04	0,38	1,04						
PF	Nihiru	0,02	0,06	0,16	0,01	0,09	0,49						
PF	Taiaro	0,10	0,04	0,20	0,00	0,26	0,32						
PF	Tekokota	0,01	0,12	0,11	0,01	0,12	0,01						
PF	Tepoto	0,01	0,06	0,15	0,02	0,06	0,04						
PF	Tikehau							0,04	0,17	0,29	0,04	0,07	1,08

Annexe 23. Densités moyennes (ind.m⁻²) par classes de tailles dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les densités sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm

Région	Localité	Récifs frangeants			R. intermédiaires			Barrières internes			Barrières externes		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
NC	PRONY-zone 1	2,78	1,65	0,17									
NC	PRONY-zone 2	1,27	2,00	0,16									
NC	PRONY-zone 3	0,02	1,38	0,19									
NC	PRONY-global	0,94	1,65	0,18									
NC	Chesterfield							0,00	0,15	0,12			
NC	Lagon Est	0,09	2,29	0,29	0,17	1,99	0,19	0,04	3,06	0,21	0,57	1,37	0,07
NC	Lagon Ouest	0,19	1,04	0,25	0,22	0,75	0,13	0,05	0,83	0,17			
NC	Lagon Sud-ouest	0,35	2,48	0,08	0,59	1,03	0,15	1,10	0,70	0,14	0,18	1,19	0,05
NC	Lifou	0,05	0,93	0,13	0,01	0,56	0,10	0,00	0,47	0,06	0,88	0,68	0,03
NC	Ouvéa	0,01	0,37	0,05	0,01	2,18	0,17	0,69	1,05	0,14			
Fidji	Lakeba	0,00	1,20	0,25	0,01	0,73	0,12	0,01	0,84	0,14	0,01	0,94	0,12
Fidji	Vanua-Levu	1,26	1,58	0,36	0,13	1,48	0,31	0,03	1,32	0,20	0,09	1,65	0,20
Fidji	Viti-Levu	1,47	0,90	0,19	2,99	2,34	0,17	0,05	0,87	0,11	0,05	1,54	0,17
Tonga	Haapai	0,05	0,94	0,11	0,02	1,16	0,15	0,03	1,02	0,12			
Tonga	Tongatapu	0,11	1,01	0,20	0,49	0,66	0,15	0,05	0,79	0,11	0,18	1,01	0,20
Tonga	Vavau	0,57	0,87	0,15	0,09	0,90	0,07	0,06	1,18	0,13			
PF	Haraiki				0,47	1,57	0,24	0,08	0,38	0,07			
PF	Hikueru				0,00	0,33	0,34	0,00	0,44	0,11			
PF	Hiti							0,13	0,25	0,06			
PF	Kauehi				0,04	1,58	0,82	0,15	0,91	0,20			
PF	Marokau				0,26	0,54	0,66	0,18	0,64	0,13			
PF	Mururoa				0,15	1,11	0,27	0,11	1,66	0,48			
PF	Nihiru				0,35	0,76	0,29	0,20	0,53	0,10			
PF	Taiaro							0,01	0,56	0,35			
PF	Tekokota							0,01	0,30	0,08			
PF	Tepoto				0,01	0,31	0,14	0,02	0,26	0,07			
PF	Tikehau	0,03	0,42	0,12	0,14	1,31	0,11				0,50	1,00	0,19

Annexe 24. Biomasses moyennes (g.m^{-2}) dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les biomasses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe) et tout habitat confondu.

Région	Localité	Biomasses moyennes				Tout habitat
		Frangeant	Intermédiaire	Barrière interne	Barrière externe	
NC	PRONY-zone 1	29,7				29,7
NC	PRONY-zone 2	52,6				52,6
NC	PRONY-zone 3	85,8				85,8
NC	PRONY-global	64,3				64,3
NC	Chesterfield			41,8		41,8
NC	Lagon Est	82,2	80,2	251,0	59,4	113,0
NC	Lagon Ouest	38,3	44,0	61,9		56,5
NC	Lagon Sud-Ouest	33,3	77,3	78,1	105,7	57,3
NC	Lifou	56,1	43,9	14,0	19,3	31,0
NC	Ouvéa	46,4	272,8	128,9		120,3
Fidji	Lakeba	114,0	50,8	74,7	79,2	72,7
Fidji	Vanua-Levu	89,9	85,6	63,7	113,8	89,0
Fidji	Viti-Levu	33,0	48,0	31,8	80,2	44,8
Tonga	Haapai	37,6	48,8	55,4		44,2
Tonga	Tongatapu	52,8	74,6	45,3	92,7	64,4
Tonga	Vavau	46,1	27,0	54,5		43,7
PF	Haraiki		102,7	20,4		27,9
PF	Hikueru		82,8	59,5		60,9
PF	Hiti			26,3		26,3
PF	Kauehi		205,9	80,3		88,8
PF	Marokau		214,5	47,7		65,7
PF	Mururoa		129,0	163,6		156,2
PF	Nihiru		42,9	39,8		40,2
PF	Taiaro			82,1		82,1
PF	Tekokota			44,2		44,2
PF	Tepoto		50,0	25,7		31,1
PF	Tikehau	34,3	34,7		48,7	37,7

Annexe 25. Biomasses moyennes (g.m^{-2}) par groupes trophiques dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les biomasses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). FC : piscivores ; PK : planctonophages ; IM : consommateurs d'invertébrés mobiles ; IS : consommateurs d'invertébrés sessiles ; OM : omnivores ; H : herbivores.

Région	Localité	Récifs frangeants						Récifs intermédiaires					
		FC	H	IM	IS	OM	PK	FC	H	IM	IS	OM	PK
NC	PRONY-zone 1	4,1	2,5	6,0	1,3	9,2	6,8						
NC	PRONY-zone 2	8,3	4,5	10,0	1,2	11,6	11,0						
NC	PRONY-zone 3	11,7	15,4	14,1	1,6	16,5	12,9						
NC	PRONY-global	9,2	9,3	11,2	1,4	13,5	11,2						
NC	Chesterfield												
NC	Lagon Est	12,6	10,7	12,0	1,1	36,9	8,9	14,3	11,2	12,7	1,6	30,8	9,6
NC	Lagon Ouest	9,3	5,5	8,6	1,1	4,6	9,2	1,8	10,1	6,5	1,5	20,6	3,6
NC	Lagon Sud-ouest	3,0	7,4	8,8	0,9	4,0	9,3	9,1	18,2	21,6	1,4	12,3	14,9
NC	Lifou	0,4	35,4	9,4	0,5	9,1	1,2	14,0	7,3	5,2	0,2	13,0	4,3
NC	Ouvéa	7,5	3,3	23,0	0,3	2,9	9,4	78,7	27,4	25,4	0,4	12,0	128,8
Fidji	Lakeba	5,5	46,8	21,4	1,7	35,8	2,9	7,7	11,1	11,1	0,5	17,7	2,8
Fidji	Vanua-Levu	15,9	8,1	19,5	1,4	37,9	7,0	17,9	15,2	16,0	1,9	28,9	5,7
Fidji	Viti-Levu	1,4	6,6	7,0	0,5	14,9	2,7	4,2	6,0	11,3	0,9	19,1	6,4
Tonga	Haapai	2,3	10,5	9,3	0,5	12,9	2,0	5,9	9,2	6,7	0,6	21,4	5,0
Tonga	Tongatapu	7,8	8,4	8,4	1,0	16,3	10,8	2,8	41,5	5,6	0,8	18,0	5,8
Tonga	Vavau	3,9	6,6	9,7	0,8	15,7	9,3	2,6	7,4	6,6	0,2	7,6	2,7
PF	Haraiki							9,2	13,9	26,9	1,8	43,7	7,2
PF	Hikueru							4,7	8,2	24,9	2,1	39,3	3,7
PF	Hiti												
PF	Kauehi							9,0	8,5	42,0	1,3	95,7	49,4
PF	Marokau							60,6	27,5	18,2	1,8	77,6	28,8
PF	Mururoa							16,4	18,6	45,6	0,9	41,4	5,9
PF	Nihiru							6,1	2,5	10,1	0,9	18,3	5,0
PF	Taiaro												
PF	Tekokota												
PF	Tepoto							5,0	1,6	14,0	0,4	25,3	3,7
PF	Tikehau	5,3	7,5	8,8	0,4	11,0	1,3	9,3	1,0	8,9	0,3	8,0	7,1
		Barrières internes						Barrières externes					
NC	Chesterfield	5,1	12,6	12,5	0,1	5,7	5,9						
NC	Lagon Est	27,2	50,7	81,1	1,3	43,4	47,3	3,9	8,2	25,1	0,9	15,2	6,0
NC	Lagon Ouest	5,0	14,0	21,5	0,9	17,6	2,9						
NC	Lagon Sud-ouest	8,2	19,8	22,5	1,2	15,6	10,8	13,5	7,7	55,6	1,5	12,0	15,3
NC	Lifou	0,0	10,4	0,5	0,1	2,9	0,0	0,8	4,1	2,6	0,2	5,0	6,5
NC	Ouvéa	20,3	44,4	26,7	1,1	20,9	15,5						
Fidji	Lakeba	3,8	26,8	16,6	0,4	24,7	2,4	11,7	5,7	19,9	0,9	32,2	8,8
Fidji	Vanua-Levu	4,9	24,6	11,3	0,5	21,1	1,2	8,9	29,3	25,3	1,6	39,4	9,4
Fidji	Viti-Levu	1,9	9,6	7,2	0,5	10,4	2,1	8,4	7,8	12,0	2,5	38,6	11,0
Tonga	Haapai	3,6	9,1	9,3	1,4	29,5	2,6						
Tonga	Tongatapu	1,8	6,9	7,7	1,0	18,8	9,1	1,5	40,7	6,6	0,7	21,5	21,6

Tonga	Vavau	6,9	7,5	12,2	1,7	19,9	6,4										
PF	Haraiki	4,9	2,6	4,3	0,3	7,3	1,1										
PF	Hikueru	11,3	6,5	13,4	0,7	25,5	2,2										
PF	Hiti	6,8	1,1	8,1	0,4	2,2	7,6										
PF	Kauehi	22,8	10,3	13,6	0,7	26,9	6,0										
PF	Marokau	21,9	2,8	5,8	0,5	10,2	6,4										
PF	Mururoa	34,0	26,5	45,6	1,2	47,3	9,1										
PF	Nihiru	17,3	2,5	7,1	0,5	9,6	2,8										
PF	Taiaro	6,1	4,7	44,9	0,2	24,3	1,8										
PF	Tekokota	14,7	4,0	13,6	0,3	11,4	0,2										
PF	Tepoto	3,8	5,4	8,6	1,0	6,5	0,4										
PF	Tikehau							6,3	6,6	9,6	1,2	7,0	18,1				

Annexe 26. Biomasses moyennes (g.m^{-2}) par classes de tailles dans la zone d'étude et dans 23 localités de Nouvelle-Calédonie (NC), des îles Fidji et Tonga et de Polynésie française (PF). Les biomasses sont données par type de récif (récif frangeant, intermédiaire, barrière interne ou externe). S1 : espèces de taille maximale <7cm ; S2 : espèces de taille maximale entre 7 et 30 cm ; S3 : espèces de taille maximale >30 cm

Région	Localité	Récifs frangeants			R. intermédiaires			Barrières internes			Barrières externes		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
NC	PRONY-zone 1	2,9	8,2	18,6									
NC	PRONY-zone 2	2,3	11,0	33,0									
NC	PRONY-zone 3	0,0	15,2	54,9									
NC	PRONY-global	1,4	12,5	40,8									
NC	Chesterfield							0,0	10,4	30,3			
NC	Lagon Est	0,1	23,2	56,8	0,5	26,8	52,6	0,2	95,0	154,6	1,2	27,7	29,3
NC	Lagon Ouest	1,1	17,1	17,8	0,6	18,0	24,5	0,2	26,7	34,3			
NC	Lagon Sud-ouest	0,6	17,0	14,3	1,6	26,6	43,6	3,2	29,8	40,0	0,5	33,7	71,5
NC	Lifou	0,1	48,9	6,7	0,0	19,2	23,9	0,0	12,1	1,9	1,3	13,6	3,8
NC	Ouvéa	0,1	19,0	27,2	0,0	134,8	138,0	2,2	28,3	95,0			
Fidji	Lakeba	0,0	55,5	53,9	0,0	19,7	30,7	0,0	31,7	40,7	0,0	35,8	42,6
Fidji	Vanua-Levu	1,4	23,3	64,3	0,2	26,3	57,9	0,1	25,1	36,7	0,2	42,1	71,3
Fidji	Viti-Levu	1,1	11,8	18,3	1,9	19,8	25,3	0,1	16,6	11,7	0,1	37,6	42,2
Tonga	Haapai	0,1	15,8	18,7	0,0	21,7	24,8	0,1	26,1	24,8			
Tonga	Tongatapu	0,7	24,5	26,5	1,8	17,0	53,7	0,1	27,2	15,9	0,9	38,0	51,1
Tonga	Vavau	1,1	18,0	24,0	0,2	15,6	10,1	0,1	23,3	29,7			
PF	Haraiki				2,5	41,8	58,0	0,4	7,1	12,9			
PF	Hikueru				0,0	18,4	64,3	0,0	14,4	45,1			
PF	Hiti							0,2	10,1	16,0			
PF	Kauehi				0,2	47,3	158,4	0,6	13,8	65,9			
PF	Marokau				1,1	11,8	201,6	0,8	9,2	37,5			
PF	Mururoa				0,8	29,1	97,6	0,9	38,9	123,2			
PF	Nihiru				1,4	12,9	28,1	0,8	7,8	31,2			
PF	Taiaro							0,0	5,3	76,7			
PF	Tekokota							0,0	12,8	31,4			
PF	Tepoto				0,1	11,3	38,6	0,1	8,8	16,7			
PF	Tikehau	0,1	15,9	18,1	0,3	11,7	22,6				2,7	21,9	24,1