

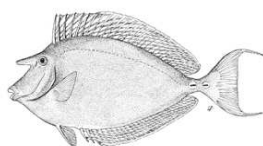
**SUIVI ROUTINIER DES POPULATIONS DE POISSONS EXPLOITEES
EN ZONE RECIFALE PAR OBSERVATIONS VISUELLES EN SURFACE :
TEST METHODOLOGIQUE *IN SITU*, EVALUATION ET
RECOMMANDATIONS DE MISE EN ŒUVRE**

Juillet 2010

Nicolas Guillemot ¹, Marc Léopold ¹, Laurent Wantiez ², Pascal Dumas ¹,
Gérard Mou-Tham ¹, Christophe Peignon ¹

¹ IRD Nouméa, UR 128, BP A5, 98 848 Nouméa cedex

² Université de la Nouvelle-Calédonie, BP R4, 98 852 Nouméa cedex



SOMMAIRE

I. Introduction.....	1
II. Suivi des poissons récifaux exploités par observations visuelles en surface : test <i>in situ</i> et résultats	4
II.1. Matériels et méthodes.....	4
II.1.1. Zone d'étude	4
II.1.2. Liste d'espèces clés.....	5
II.1.3. Protocole <i>in situ</i>	7
II.1.4. Plan d'échantillonnage.....	8
II.1.5. Analyses de données	9
II.2. Résultats.....	11
II.2.1. Bilan logistique de la méthode testée	11
II.2.2. Sélection de résultats et pertinence des données.....	12
III. Evaluation et critique de la méthode de suivi testée.....	21
III.1. Avantages de la méthode.....	21
III.1.1. Echantillonnage et collecte des données.....	21
III.1.2. Utilisation des données collectées.....	22
III.2. Limites de la méthode	23
III.2.1. Echantillonnage et collecte des données.....	23
III.2.2. Un nombre restreint d'espèces clés	24
III.3. Bilan et conclusion de la phase de test.....	25

IV. Recommandations de mise en œuvre pour un suivi routinier des ressources en poissons récifaux par observations visuelles en surface 27

IV.1. Préparation du terrain..... 27

IV.1.1. Mise en place de l'échantillonnage 27

IV.1.2. Choix de la liste d'espèces 28

IV.1.3. Elaboration de la feuille de comptage..... 29

IV.1.4. Matériel nécessaire 29

IV.2. Déroulement du terrain : protocoles *in situ*..... 30

IV.2.1. Cas des transects de comptage simples (sans relevés d'habitat)..... 30

IV.2.2. Cas des transects couplés poissons/habitat..... 31

IV.3. Préparation et analyse des données collectées 31

IV.3.1. Saisie et filtre des données 31

IV.3.2. Calculs des indices classiques pour les peuplements de poisson..... 32

V. Références bibliographiques 34

ANNEXES..... 37

Annexe 1 37

Annexe 2 38

Annexe 3 39

Annexe 4 41

Annexe 5 46

Annexe 6 48

I. Introduction

Dans un contexte mondial d'augmentation démographique, l'attractivité importante exercée par les écosystèmes coralliens sur l'homme est à l'origine d'une anthropisation intense des zones littorales où ils sont présents, s'accompagnant de nombreuses activités extractives telles que la pêche. Une telle situation entraîne des perturbations importantes et croissantes de ces écosystèmes. La nature des perturbations humaines affectant les écosystèmes coralliens varie selon les régions, mais il en résulte un déclin mondial de ces écosystèmes (Wilkinson 2002 & 2004, Gardner et al. 2003, Hughes et al. 2003, Pandolfi et al. 2003). Les constats de dégradation voire de disparition d'habitats, de phénomènes de blanchissement, de shifts algaux (McCook 1999, Done 2004, Bruno et al. 2009), d'eutrophisation (Pastorok & Bilyard 1985, Dubinsky & Stambler 2006) ou d'effondrement des populations biologiques (poisson et invertébrés notamment) vont croissant et sont à l'origine de modifications dans la structure des écosystèmes récifaux (Hughes 1994 ; McClanahan et al. 2002). À l'échelle mondiale, 35% de ces écosystèmes sont aujourd'hui considérés comme gravement perturbés tandis que 55% pourraient avoir disparu dans 20 à 40 ans (Wilkinson 2008). Ces perturbations, en plus de soulever des problèmes écologiques majeurs pour l'équilibre du milieu marin et le maintien de sa biodiversité, menacent la pérennité des ressources économiques qui y sont associées et desquelles dépendent de nombreuses populations.

La pêche constitue l'une des perturbations anthropiques majeures exercées sur les écosystèmes coralliens. Ses effets écologiques sur les peuplements ichtyologiques apparaissent très divers. Brièvement, la pêche est susceptible d'engendrer une perte de diversité spécifique et/ou fonctionnelle des peuplements exploités, des diminutions importantes d'abondance, de biomasse et de production dans les zones les plus exploitées, voire dans certains cas l'extinction localisée d'espèces (extirpation) lorsque leurs caractéristiques biologiques ne s'avèrent plus suffisantes pour assurer le renouvellement de leurs populations (Greenstreet et al. 1999, Dulvy et al. 2003, Dulvy et al. 2004, Worms et al. 2006). En particulier, il a été démontré que de fortes pressions de pêche, en ciblant certains groupes fonctionnels clés des écosystèmes récifaux, tels que les herbivores, sont susceptibles de compromettre leur résilience face à d'autres perturbations, et notamment face aux changements climatiques (Hughes et al. 2003, Halford et al. 2004, Ledlie et al. 2007).

Une étude menée en 2009 par l'IRD sur financement de l'IFRECOR a permis de réaliser une synthèse bibliographique appliquée à la Nouvelle-Calédonie sur la pertinence de mesures interdisant la pêche des poissons herbivores dans les zones inscrites à l'UNESCO pour améliorer la résilience des récifs coralliens face aux changements climatiques (Carassou et al. 2009). D'après ce rapport, l'interdiction de la pêche des poissons herbivores et leur protection intégrale à cette échelle ne constituent pas des mesures nécessaires et urgentes dans le contexte de la Nouvelle-Calédonie. En revanche, la nécessité de suivre l'état de ces populations est clairement soulignée. Plus généralement, plusieurs études en Nouvelle-Calédonie et dans le Pacifique ont démontré qu'il est primordial de mettre en place des systèmes de suivi et de surveillance des populations ichtyologiques exploitées dans le cadre de dispositifs adaptatifs de gestion. Le manque actuel de données sur la pression de pêche et sur la santé des ressources en poissons exploités en Nouvelle-Calédonie, et dans les zones UNESCO en particulier, doit donc être considéré dans le cadre de suivis à long terme. En effet, et malgré un contexte général de pression de pêche modérée en regard d'autres régions du monde, l'augmentation démographique et le développement économique en Nouvelle-Calédonie constituent des facteurs de risques pour les écosystèmes récifaux néo-calédoniens,

au moins dans certaines zones. Le suivi à long terme des zones récifales de Nouvelle-Calédonie doit donc intégrer un suivi fréquent et spécifique des ressources en poissons, notamment des herbivores, pour mesurer les effets de la pêche sur cette composante de l'écosystème qui peut jouer un rôle face aux impacts du changement global et du développement économique. Cette nécessité est particulièrement marquée concernant les poissons herbivores, notamment en raison de leur présence non négligeable dans les captures des pêcheurs calédoniens et des rôles écologiques qu'ils exercent au sein des écosystèmes récifaux, mais elle est toutefois valable pour l'ensemble des espèces exploitées.

Dans un tel contexte, il apparaît important de disposer de méthodes de suivi opérationnelles qui soient adaptées à la surveillance des populations de poissons exploités en Nouvelle-Calédonie. Les comptages visuels en plongée (scaphandre autonome) représentent l'une des méthodes le plus communément utilisées pour suivre *in situ* les peuplements ichtyologiques récifaux. Toutefois, leur mise en œuvre s'avère souvent exigeante en termes de logistique, de compétences nécessaires sur le terrain, et de contraintes administratives (autorisation à plonger en scaphandre autonome dans un cadre professionnel). Cette méthode reste l'une des méthodes non-destructives les plus intéressantes pour des suivis de type inventaires scientifiques de biodiversité, à pas de temps large. Elle s'avère toutefois difficile à mettre en œuvre dans le cas de suivis routiniers pris en charge par des personnels techniques des collectivités locales.

En ce sens, et en complément des méthodes scientifiques communément utilisées, il est nécessaire de développer des méthodes simplifiées et optimisées, permettant une prise en charge du suivi par des acteurs non-scientifiques de surveillance et de gestion des ressources marines. Ces méthodes d'observation et de suivi doivent satisfaire aux contraintes de la législation du travail et pouvoir exiger un niveau d'expertise et un coût sur le terrain réduits, tout en assurant une qualité suffisante des données collectées. Dans cette optique, les méthodes de comptage de poissons depuis la surface et portant sur une liste restreinte d'espèces clés (définie selon les objectifs spécifiques du suivi considéré) peuvent constituer une opportunité réaliste et efficace pour la réalisation de suivis routiniers. Des tests expérimentaux réalisés par l'IRD en 2006 sur 15 espèces cibles ont montré que les observations de poissons depuis la surface fournissent des résultats comparables aux observations en scaphandre autonome en termes d'abondance et de biomasse, dans des conditions de visibilité suffisantes et jusqu'à 7 m de profondeur. Des difficultés d'identification d'espèces ressemblantes, et de détectabilité de petits individus (<13 cm) ou d'espèces benthiques avaient également été mis en évidence.

La présente étude propose donc d'expérimenter une méthode d'évaluation des ressources en poissons exploitées par la pêche, fondée sur des observations visuelles en surface (sans scaphandre autonome) à une échelle spatiale adaptée aux unités de gestion. Sur la base d'un cas d'étude concret et d'une campagne de terrain type, il s'agira d'examiner la faisabilité technique et la pertinence de cette méthode, d'évaluer la qualité des données collectées, et de proposer des recommandations opérationnelles pour sa mise en œuvre dans le cadre de suivis routiniers en zones récifales peu profondes (< 7 m). La première partie de ce rapport abordera la méthode utilisée dans le cadre de la présente étude pilote et les principaux résultats qu'elle a permis d'obtenir. Une seconde partie discutera les avantages et limites potentielles de cette méthode, tels qu'observés lors des phases de terrain et d'analyses, afin d'en valider la pertinence pour suivre les ressources en poissons exploitées en Nouvelle-Calédonie. La troisième et dernière partie constituera un bref guide de mise en œuvre de cette méthode, en vue de son utilisation pour de futurs suivis.

S'agissant d'un test méthodologique dans une situation concrète, les modalités exactes de la méthode seront ici adaptées à cette situation et à ses objectifs (i.e. suivre les ressources

en poissons récifaux exploités par la pêche dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie). Toutefois, les résultats et recommandations seront présentés de manière à être transférables à d'autres zones récifales montrant des caractéristiques géomorphologiques comparables, en particulier en vue de suivis routiniers des ressources ichtyologiques dans les zones inscrites au patrimoine mondial de l'Humanité.

La présente étude a été financée par l'IFRECOR et l'IRD. Le travail présenté dans ce rapport est le résultat d'un partenariat entre l'IRD (UR 227 Coréus 2) et l'Université de Nouvelle-Calédonie (Laurent Wantiez). Cette étude participe à la pérennisation et au renforcement du réseau de suivi de l'état de santé des récifs coralliens en Nouvelle-Calédonie, tel que préconisé dans le plan d'action local 2006-2010 de l'IFRECOR, en particulier dans les zones inscrites à l'UNESCO. Dans cette perspective, elle s'inscrit plus spécifiquement dans le TIT « Changement climatique » concernant les mesures de suivi à mettre en place pour évaluer les capacités de résilience des récifs coralliens face au changement global (cyclones, blanchissement).

II. Suivi des poissons récifaux exploités par observations visuelles en surface : test *in situ* et résultats

II.1. Matériels et méthodes

Cette partie décrit la méthodologie (terrain et analyses) et les choix effectués afin de réaliser cette étude pilote. Les différentes modalités de la méthode employée (plan d'échantillonnage, liste d'espèces utilisée, zone d'étude choisie, etc.) sont liées aux objectifs de l'étude : couvrir une large gamme de situation d'échantillonnage afin d'étudier la validité d'une méthode dans un cas d'étude générique (le suivi des ressources ichtyologiques exploitées par la pêche). Les éléments nécessaires à la compréhension du travail effectué et de ses résultats y sont présentés. La partie IV de ce rapport présentera plus en détails, et à des fins de recommandations opérationnelles, les protocoles de terrain et d'analyses à réaliser pour un suivi routinier utilisant la méthode validée dans la première partie du rapport.

II.1.1. Zone d'étude

La zone d'étude retenue est le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie (Figures 1 & 2), aux abords de Nouméa. Cette zone présente l'intérêt d'inclure des zones pêchées et des zones de réserve, ainsi qu'une grande diversité d'habitat récifaux : des récifs frangeants, des récifs intermédiaires, des récifs d'îlot, et un récif barrière. Cette diversité d'habitats et de statuts de gestion offre donc la possibilité de tester la méthode dans une large gamme de situations.

Cette zone d'étude présentait par ailleurs des avantages logistiques évidents pour un échantillonnage à fréquence journalière, le personnel impliqué et le matériel nécessaire étant basés à Nouméa.

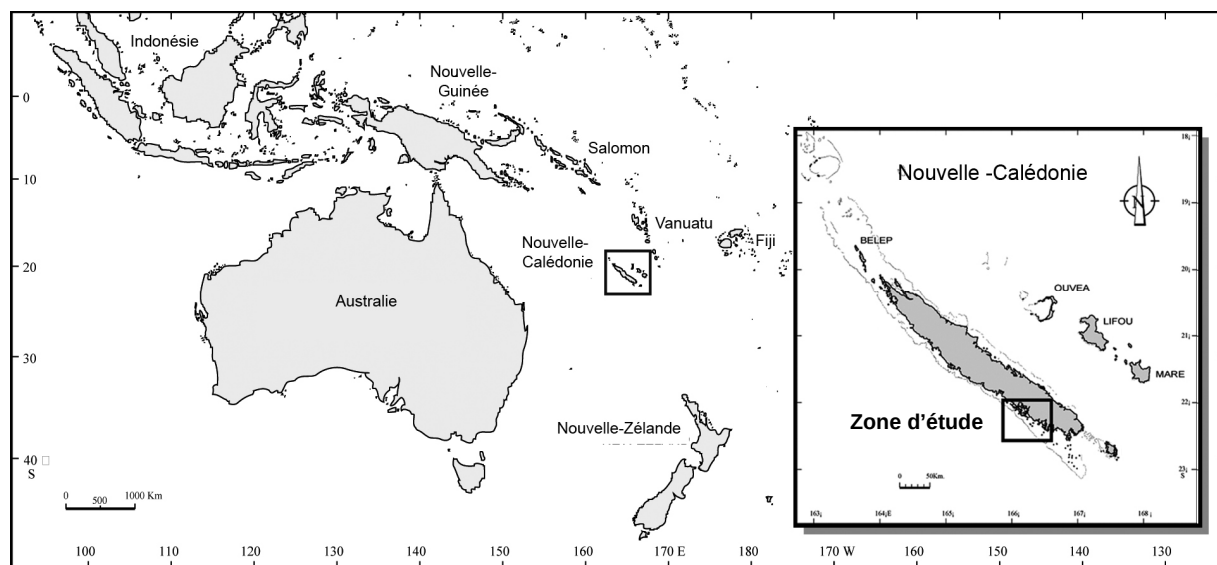


Figure 1 : Situation de la Nouvelle-Calédonie et de la zone d'étude.

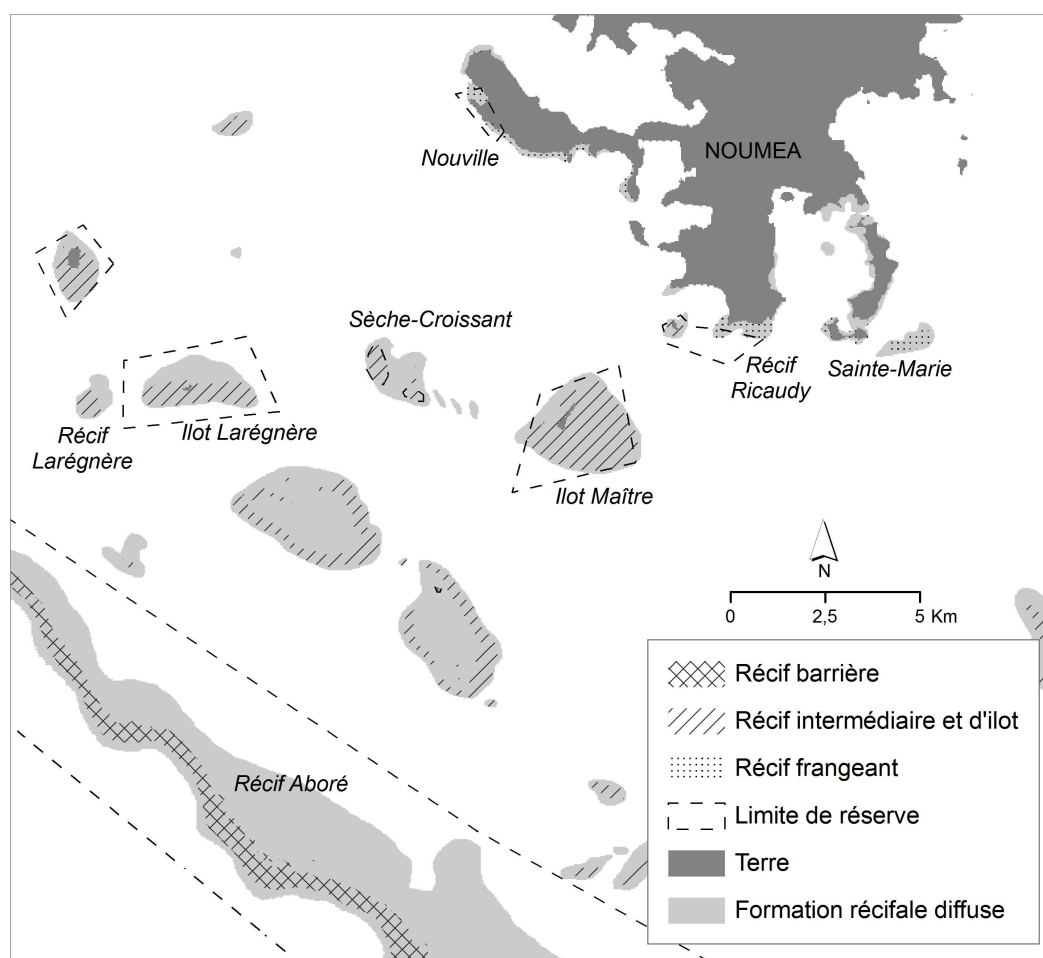


Figure 2 : Présentation de la zone d'étude (lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie) et principaux biotopes récifaux (adapté de Andréfouët & Torres-Pulliza 2004). Les limites des réserves présentes dans cette zone sont indiquées.

II.1.2. Liste d'espèces clés

L'un des principaux vecteurs d'optimisation de la méthode testée ici est l'utilisation d'une liste d'espèces prédéterminée et restreinte à certains groupes d'intérêt. L'utilisation d'une telle liste requiert en effet un niveau d'expertise moindre sur le terrain en regard des comptages classiquement utilisés qui nécessitent l'identification de l'ensemble des espèces observées. L'objectif étant ici de se pencher sur les ressources en poissons exploitées par la pêche lagonaire dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie, la liste d'espèces utilisée a été constituée sur la base des noms communs de poissons récifaux communément exploités dans cette région de Nouvelle-Calédonie (sans pour autant aboutir à une liste trop complexe qui aurait été en contradiction avec les objectifs de suivi routinier et simplifié de la méthode). L'utilisation des noms communs des poissons pêchés présente l'avantage d'en faciliter l'identification *in situ*, moyennant une formation préalable courte si nécessaire (cf. partie IV.) et de rester cohérent d'un point de vue taxonomique : chacun des noms communs considérés regroupe *a minima* des espèces de la même famille, voire les espèces d'un même genre, voire ne correspondent qu'à une seule espèce.

La liste sélectionnée comprend donc 12 taxons (nom commun) de poissons récifaux, connus pour être parmi les espèces les plus ciblées par les pêcheurs récifo-lagonaire locaux

(Labrosse et al. 2006, Guillemot 2009, Guillemot et al. 2009, Jollit et al. sous presse). A ces 12 espèces ont été ajoutées 5 espèces remarquables, dont l'observation est rare lors d'observations visuelles mais mérite toutefois d'être enregistrée en raison de leur forte valeur emblématique et/ou économique. La liste des taxons est présentée dans le tableau 1, ainsi que leurs correspondances avec les noms d'espèces qu'elles intègrent.

Tableau 1 : Liste des taxons (noms communs) sélectionnées et espèces correspondantes.

Famille	Nom commun	Espèces taxonomiques
Scaridae	Perroquet bleu	<i>Scarus microrhinos</i>
	Autres perroquets	<i>Scarus</i> sp (sauf <i>microrhinos</i>)
Acanthuridae	Dawa	<i>Naso unicornis</i>
	Picot Kanak	<i>Acanthurus blochii</i>
		<i>Acanthurus nigricauda</i>
		<i>Acanthurus dussumieri</i>
		<i>Acanthurus xanthopterus</i>
Serranidae	Saumonée	<i>Plectropomus leopardus</i>
	Saumonée gros points	<i>Plectropomus laevis</i>
	Loches	<i>Epinephelus</i> sp
		<i>Cromileptes altivelis</i>
Siganidae	Picots	<i>Siganus punctatus</i>
		<i>Siganus argenteus</i>
		<i>Siganus fuscescens</i>
		<i>Siganus lineatus</i>
		<i>Lutjanus bohar</i>
Lutjanidae	Anglais	
Lethrinidae	Bossu	<i>Lethrinus</i> sp (sauf <i>nebulosus</i>)
		<i>Gymnocranius</i> sp
		<i>Monotaxis</i> sp
	Bec de cane	<i>Lethrinus nebulosus</i>
	Carangue	Tous les Carangidae
Espèces remarquables :		
	Napoléon	<i>Cheilinus undulatus</i>
	Perroquet à bosse	<i>Bolbometopon muricatum</i>
	Mekoua	<i>Aprion virescens</i>
	Tazar	<i>Scomberomorus commerson</i>
	Perroquet banane	<i>Bodianus perditio</i>

II.1.3. Protocole in situ

Considérations logistiques

La phase de terrain a été effectuée en 5 jours, du 19 au 23 avril 2010. Les moyens disponibles pour la phase de collecte des données étaient les suivants : un navire côtier de l'IRD (CORIS ou ALDRIC) dans le cadre de sorties à la journée, un pilote, trois personnes dédiées aux comptages de poissons (permettant d'effectuer simultanément trois transects de comptage à chaque arrêt du bateau), et une personne dédiée aux relevés d'habitat par méthode photographique. La liste des participants à la phase de terrain, et leur rôle, est fournie en Annexe 1.

A chaque arrêt du bateau, trois transects de comptage distincts ont été effectués à proximité les uns des autres. Par la suite, on appellera « station » l'ensemble des trois transects de comptages de poissons, correspondant donc à un arrêt du bateau. Sur l'un de ces trois transects, une caractérisation de l'habitat benthique a été effectuée simultanément, afin d'obtenir des informations générales sur les caractéristiques de l'habitat propre à chaque station.

Déroulement des comptages

L'unité d'observation est le transect de comptage, mesurant 100 m de longueur. Le recensement des poissons correspondants à la liste prédéterminée d'espèces a été effectué de manière standardisée et identique pour tous les transects.

Les poissons ont été comptés depuis la surface dans des couloirs fixes de 8 m de large (4 m de part et d'autre du transect), estimés visuellement par les compteurs (i.e. non matérialisés).

Lors des comptages, les poissons ont été comptés à l'unité si les bancs étaient composés de moins de 20 individus, puis de 5 en 5 pour des bancs de 20 à 50 individus, puis de 10 en 10 pour des bancs de plus de 50 individus. La taille des individus comptés a été estimée par classe, selon les classes suivantes (bornes comprises) : de 8 à 12 cm, 13-17 cm, 18-22, 23-27, 28-32, 33-37, 38-42, 43-47, 48-52, > 52 cm. Les modes de ces classes sont ainsi 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 et 55+ cm. Les poissons de taille inférieure à 8 cm n'ont pas été pris en compte.

Quel que soit le nombre de poissons présents sur les transects, ceux-ci devaient être parcourus en un temps équivalent, fixé à 15 minutes environ, et à vitesse constante, afin de standardiser les données collectées entre les différents transects.

Dans le cas des transects où des mesures d'habitat étaient effectuées, le transect a été matérialisé au fond par un filin de 100m de long, nécessaire à la méthode de relevé d'habitat utilisée (voir ci-après). Dans le cas des transects de comptage ne comportant pas de relevé d'habitat, la distance parcourue a été vérifiée en temps réel par le compteur à l'aide d'un GPS portatif trainé en surface, afin d'atteindre les 100 m nécessaires.

La feuille de terrain utilisée lors des comptages de poissons est fournie en Annexe 2.

Déroulement des relevés d'habitat

L'unité d'observation est la station : on considèrera que les caractéristiques générales de l'habitat observées sur l'un des trois transects sont représentatives des deux transects adjacents.

La méthode utilisée pour caractériser depuis la surface l'habitat à petite échelle le long d'un transect est la méthode photographique décrite dans Dumas et al. (2009). Cette méthode,

développée récemment, présente l'intérêt d'être une méthode de suivi optimisée et d'être déjà utilisée par les agents de la Province Sud pour des suivis routiniers des habitats récifaux en eaux peu profondes. Au delà de l'analyse des données d'habitat, l'objectif était d'examiner la compatibilité de cette méthode avec l'observation visuelle en surface des ressources en poissons, afin d'évaluer la possibilité de couplage de ces deux méthodes de suivi.

Sur les transects où un relevé d'habitat était effectué, le transect a été matérialisé au fond par un filin de 100m, comportant des marques colorées tous les 2 m. Ce filin a été déposé par le compteur de poisson au court de son parcours du transect, et le relevé d'habitat a été effectué systématiquement après le comptage de poissons, afin de ne pas perturber les peuplements présents et d'éviter de biaiser l'observation des poissons. Dans le cas présent, les photographies verticales du fond ont été effectuées depuis la surface, tous les 4m le long du transect de comptage, soit 25 photographies par transect.

II.1.4. Plan d'échantillonnage

Afin de tester les avantages et les limites des comptages visuels en surface, une large gamme de conditions environnementales et d'habitats a été considérée. Le plan d'échantillonnage a donc couvert la majorité des différents biotopes récifaux présents sur la zone : récifs frangeants, récifs intermédiaires et d'îlot, et récifs barrières (soit 3 grands types de biotope).

Afin d'examiner si les données de comptage collectées étaient susceptibles de détecter des effets de la pêche sur les ressources en poissons récifaux, l'échantillonnage a également couvert des zones ouvertes et des zones interdites à la pêche (soit 2 statuts de protection).

L'échantillonnage a donc été stratifié selon deux niveaux : les biotopes récifaux d'une part, et les zones de réserve/non-réserve d'autre part. Afin de permettre une analyse rigoureuse des données collectées, l'objectif était d'échantillonner un nombre de transects équivalent entre les six modalités de cette stratification : 3 biotopes $\times$ 2 statuts de protection.

Au total, 39 stations (117 transects) ont été échantillonnées dans 8 sites différents : Nouville, récif Ricaudy, îlots Sainte-Marie, îlot Maître, récif de Sèche-Croissant, îlot Larégnère, récif Larégnère, et récif Aboré. La figure 3 présente l'emplacement de ces stations (i.e. 3 transects de comptage dont un couplé à un transect d'habitat). La liste de l'ensemble des stations et transects effectués, ainsi que leurs coordonnées géographiques, sont respectivement fournies en Annexe 3 & 4.

En raison des conditions météorologiques globalement mauvaises (vents de sud-est de 25 nœuds, ciel couvert), le plan d'échantillonnage initialement prévu a été adapté en temps réel au cours de la semaine de collecte de données. S'agissant d'une étude pilote, ce type de contraintes lors de la phase de terrain permet d'évaluer la méthode testée et ses limites d'utilisation, et sera discuté dans la partie III.

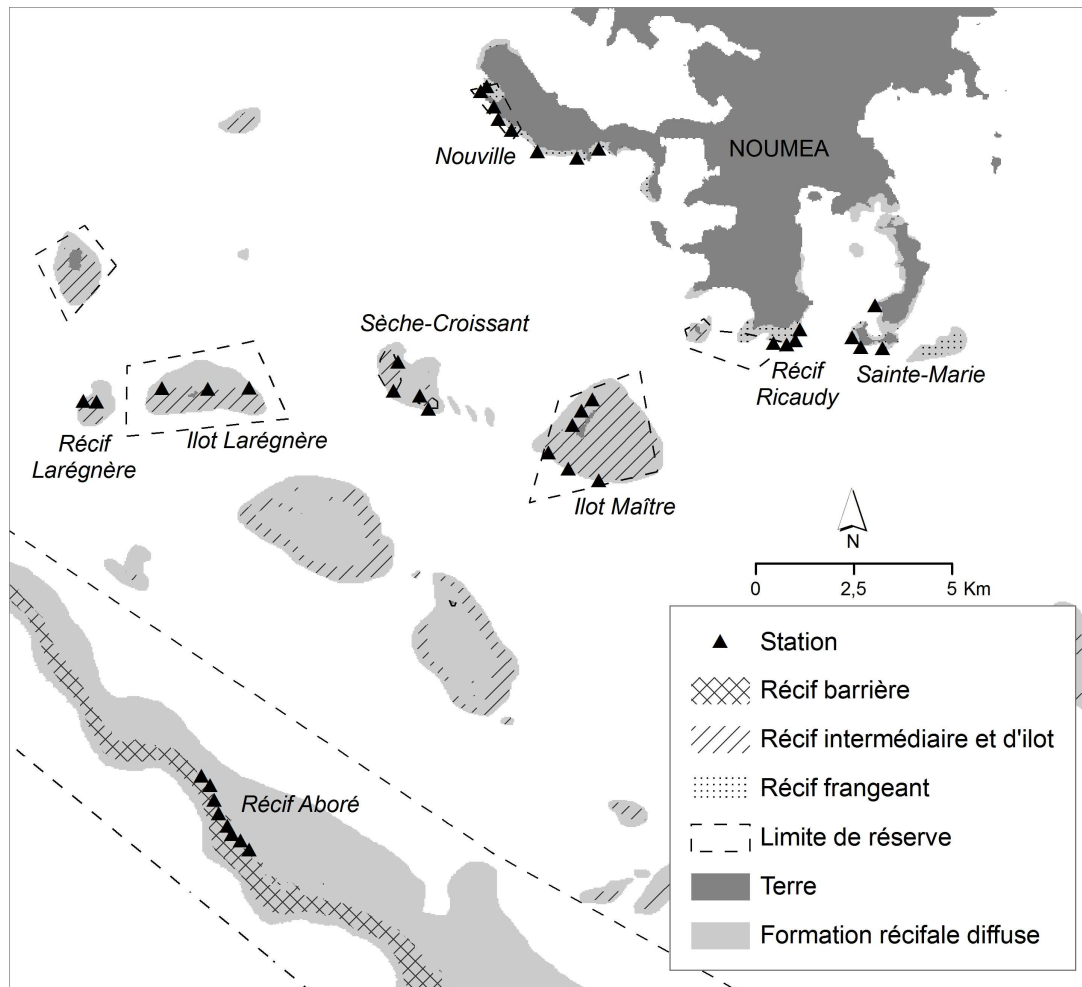


Figure 3 : Localisation des 39 stations (correspondant à 117 transects) échantillonnées lors de la phase de terrain. Les principaux biotopes récifaux et les réserves de la zone d'étude sont indiqués.

II.1.5. Analyses de données

Analyses des données de comptage en surface

Les données de comptage collectées ont permis d'estimer différents paramètres décrivant les peuplements ichthyologiques observés sur chaque transect, de la même manière que lors de comptages en plongée classique effectués sur des transects à couloir fixe.

Les paramètres suivants ont notamment été considérés :

- Densité (individus/m²) : nombre d'individus observé par unité de surface ;
- Biomasse (g/m²) : poids par unité de surface, les données de tailles observées ont été transformées en données de poids à l'aide des tables fournies dans Kulbicki et al. (2005a) ;
- Taille moyenne (cm) : taille moyenne des individus observés (longueur à la fourche) ;
- Diversité : nombre de taxons observés (parmi les espèces sélectionnées). Dans le cas présent, la diversité ne peut donc excéder 17 taxons.

Ces paramètres ont été calculés pour chaque transect échantillonné. Des valeurs synthétiques, de type moyennes et variances ont également été calculées pour différents types de regroupements des transects (stations, biotope, réserve/non-réserve, site, ou combinaison de plusieurs de ces critères) ou selon différents groupes d'espèces (notamment herbivores),

afin de pouvoir être représentées sous forme de tableaux, de graphiques ou de cartes, et être comparées. Dans ce dernier cas, des analyses de variance simples (ANOVA utilisant le test du Chi2) ont été utilisées.

La définition du régime trophique propre à chacune des espèces de poissons récifaux est un problème complexe. Sur la base d'études menées en Nouvelle-Calédonie sur ce sujet (Kulbicki et al. 2005b, Kulbicki, données non-publiées), il est toutefois possible d'associer à la plupart des espèces commerciales une catégorie trophique générique. Dans la présente étude, les espèces sélectionnées considérées comme herbivores sont : tous les perroquets (y compris perroquets bleus et perroquets à bosse), les dawas, les picots Kanaks, et les picots.

Enfin, dans certains cas, les contraintes météorologiques et logistiques sur le terrain n'ont pas permis que les différents transects d'une même station soient suffisamment éloignés les uns des autres pour pouvoir être considérés comme indépendants. Lorsque deux transects étaient trop proches l'un de l'autre, ils ont donc été considérés comme des répliquats d'une même observation, et la moyenne des paramètres de ces deux transects (considérés donc comme une seule unité d'observation) a été utilisée.

Analyse des données d'habitat

Le détail des analyses effectuées à partir des photographies d'habitat par transect sont présentés dans Dumas et al. (2009). Brièvement, ces analyses utilisent le logiciel CPCe[®] qui permet d'estimer, à partir d'un échantillon de points sur chaque photo, les pourcentages de couverture de différents éléments d'habitat sur un transect donné. Dans le cas présent, les éléments d'habitat pris en compte sont : vase, sable, débris, blocs, corail mort en place, roche, coraux vivants, herbier, et macroalgues. Différents types morphologiques ont été distingués au sein des coraux vivants : branchu, digité, encroûtant, foliaire, massif, sub-massif, tabulaire, *Millepora* sp, et coraux mous.

Comparaison avec des données de comptage en plongée

Lors de l'élaboration du plan d'échantillonnage, certains des transects de comptage en surface ont été positionnés de manière à se superposer à des transects de comptages en plongée effectués quelques semaines auparavant par l'Université de Nouvelle-Calédonie (Laurent Wantiez) dans le cadre de suivis annuels des peuplements de poissons dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie. Pour ces transects, des données de comptage en plongée sont donc disponibles et ont permis de comparer quantitativement et qualitativement les données récoltées par les deux méthodes. Après validation *a posteriori* de la position exacte des différents transects en surface et en plongée, deux transects étaient considérés comme comparables s'ils avaient été échantillonnés à moins de 100 m de distance l'un de l'autre. Ainsi, des données de comptage en plongée sont disponibles pour 7 transects de comptages en surface.

Les données des transects de comptage en plongée ont été initialement collectées à l'échelle de l'espèce. A des fins de comparaison, ces données ont donc été agglomérées afin de correspondre aux groupes d'espèces (nom communs) sélectionnés dans la présente étude. L'objectif n'est pas ici d'effectuer une comparaison rigoureuse des données issues de ces deux méthodes (ce qui serait impossible compte-tenu des données disponibles), mais de comparer les ordres de grandeur des niveaux de densité, de biomasse, de taille moyenne et de diversité, ainsi que le type d'espèce observée afin d'obtenir des indications complémentaires concernant la pertinence des données obtenues par comptages en surface.

II.2. Résultats

II.2.1. Bilan logistique de la méthode testée

Lors de la phase de terrain, cinq jours d'échantillonnage et trois compteurs (sur un même navire) ont permis de réaliser 117 transects d'observations. Cet effort d'échantillonnage correspond à 23,4 transects effectués par jour en moyenne, soit à une moyenne de 7,8 transects/personne/jour. Il convient de noter que le nombre de transect réalisable par jour dépend également de la distance entre les stations d'observation, des biotopes échantillonnés et de leur distance à la côte, ainsi que des conditions météorologiques et des moyens navigants utilisés (vitesse, accessibilité aux stations), de même que lors d'observations visuelles en scaphandre autonome.

Parmi les 117 transects échantillonnés, 111 se sont avérés exploitables pour analyses, et 6 transects inexploitable pour des raisons de visibilité insuffisante au moment du comptage. Les mauvaises conditions météorologiques ont par ailleurs empêché l'accès à certaines stations situées au vent des récifs et îlots. Notamment, les sites du récif Larégnère et de l'îlot Larégnère n'ont pu être échantillonnés que sous le vent.

Le tableau 2 résume quelques-unes des caractéristiques des transects réalisés et validés pour des analyses ultérieures. La visibilité est apparue très hétérogène selon les transects, et a notamment variée selon le type de biotope échantillonné. Malgré cela, l'ensemble des trois principaux biotopes récifo-lagonaires ont pu être échantillonnés de manière suffisante statistiquement, y compris les zones de récifs frangeants où la visibilité est souvent plus limitée. Il convient toutefois de noter que 5 des 6 transects invalidés pour visibilité insuffisante se situaient sur le site de Nouville. Certains récifs frangeants sont donc susceptibles de présenter des caractéristiques limites pour les comptages en surface, notamment en raison d'apport terrigènes importants.

La profondeur moyenne des transects échantillonnés (environ 3m) est similaire quel que soit le biotope considéré. Les zones les plus profondes échantillonnées ont ponctuellement atteint 6m de profondeur, mais la profondeur moyenne d'un transect n'a pas excédée 4,5m, quel que soit le biotope.

La durée moyenne de parcours d'un transect de comptage a été de 12 minutes, mais a pu ponctuellement varier afin de s'adapter aux conditions de terrain très variables rencontrées sur les transects de comptage (mer plus ou moins agitée, profondeur, visibilité, etc.).

Tableau 2 : Caractéristiques des transects échantillonnés lors de la phase de terrain de cinq jours.

		Nombre de transects	Visibilité moyenne (Min. ; Max.)	Profondeur moyenne (Min. ; Max.)	Durée moyenne (Min. ; Max.)
Total		111	10 (5 ; 20)	3 (1 ; 4,5)	12 (6 ; 25)
Biotope	Frangeant	41	7 (5 ; 10)	3 (1 ; 4,5)	12 (6 ; 20)
	Intermédiaire	46	9 (5 ; 12)	3 (1,5 ; 4,5)	13 (7 ; 25)
	Barrière	24	18 (15 ; 20)	3 (1 ; 4,5)	11 (7 ; 15)

Le couplage de certains transects de comptage en surface avec une caractérisation de l'habitat benthique par méthode photographique a permis de constater que ces deux méthodes peuvent être mise en œuvre simultanément. Sur chaque station, la réalisation d'un transect

photographique en parallèle d'un des trois transects de comptage n'a en effet ni retardé l'échantillonnage (en ne prenant pas significativement plus de temps que les transects de comptages simples) ni influencé le déroulement des comptages de poissons d'une quelconque manière, étant donné que la personne en charge de l'habitat se situait suffisamment en arrière du compteur. Il s'avère donc que ces deux méthodes de suivi routinier, complémentaires en termes de données et présentant des conditions de mise en œuvre similaires (plongeur en surface et zone récifo-lagonaires peu profondes) peuvent être couplées avec succès.

Les caractéristiques de l'habitat benthique des transects échantillonnés, issues de l'analyse des jeux de données photographiques obtenus, sont fournies en Annexe 5. S'agissant ici d'évaluer la méthode des comptages en surface pour l'évaluation des ressources ichthyologiques pêchées, les données d'habitat collectées en parallèle des comptages afin de tester la faisabilité du couplage de ces deux méthodes ne feront pas ici l'objet d'analyses approfondies.

II.2.2. Sélection de résultats et pertinence des données

L'objectif de cette partie est de présenter des résultats permettant de démontrer les potentialités de la méthode des comptages en surface et le type d'information auquel les données collectées permettent d'accéder dans le cadre d'un suivi des ressources ichthyologiques exploitées. L'examen de ces résultats devra aussi permettre d'évaluer la pertinence et la qualité des données collectées, afin de valider la présente méthode et d'estimer si elle peut être recommandée en l'état pour la mise en place de suivis futurs.

Comme indiqué dans les matériels et méthodes (partie II.), la distance entre certains couples de transects n'était pas suffisante pour pouvoir les considérer comme deux unités d'observation indépendantes. Ces transects ont donc été considérés comme des répliquats d'une même observation. Dans les analyses qui suivent, l'unité d'observation sur la base de laquelle sont menées les calculs et analyses est donc soit le transect de comptage non-répliqué (si celui-ci était considéré comme indépendant), soit le transect répliqué (correspondant donc à la moyenne de deux transects proches). 77 transects ont ainsi été analysés (contre 111 transects individuels échantillonnés au total). Par commodité, nous continuerons d'utiliser le terme « transect » pour désigner l'unité d'observation (transect répliqué ou non) utilisée dans les analyses effectuées.

Le tableau donné en Annexe 6 présente un résumé des données utilisées et de certains éléments d'information sur les transects. Le statut répliqué ou non des différents transects utilisés dans les analyses y est indiqué. Ce tableau présente en particulier les niveaux de densité, biomasse, taille moyenne et diversité observés sur chaque transect et utilisés pour les analyses présentées dans cette partie.

Espèces observées

La figure 4a montre que le taxon le plus fréquemment observé sur les transects de comptage en surface est le poisson perroquet, qui a été observé sur la quasi-totalité des transects échantillonnés (98%). Les trois autres taxons ayant été observés sur plus de la moitié des transects sont, dans l'ordre, le picot Kanak, le bossu et la loche. La saumonée, le dawa et le picot ont été observés dans plus d'un tiers des transects réalisés. Les huit taxons restants ont été observés dans moins de 15 % des transects échantillonnés. Malgré ces fréquences d'observation variées, l'ensemble des principaux taxons ciblés par la pêche et sélectionnés dans cette étude ont pu être observés par la méthode des comptages en surface, en fournissant une quantité de données suffisantes pour des analyses ultérieures.

En termes de densité moyenne sur l'ensemble des transects suivis (Figure 4b), les poissons perroquets sont très largement dominants, avec en moyenne 22 individus/transect. Les bossus et les picots Kanak sont respectivement classés second et troisième, bien qu'à des niveaux nettement inférieurs (respectivement 7 et 3 individus/transect). On constate donc que malgré une observation fréquente de la plupart des espèces sélectionnées dans cette étude, les niveaux de densité de poissons observés sont essentiellement dus à des poissons perroquets (50 % de la densité en moyenne), des bossus (15 %) et des picots Kanak (14 %).

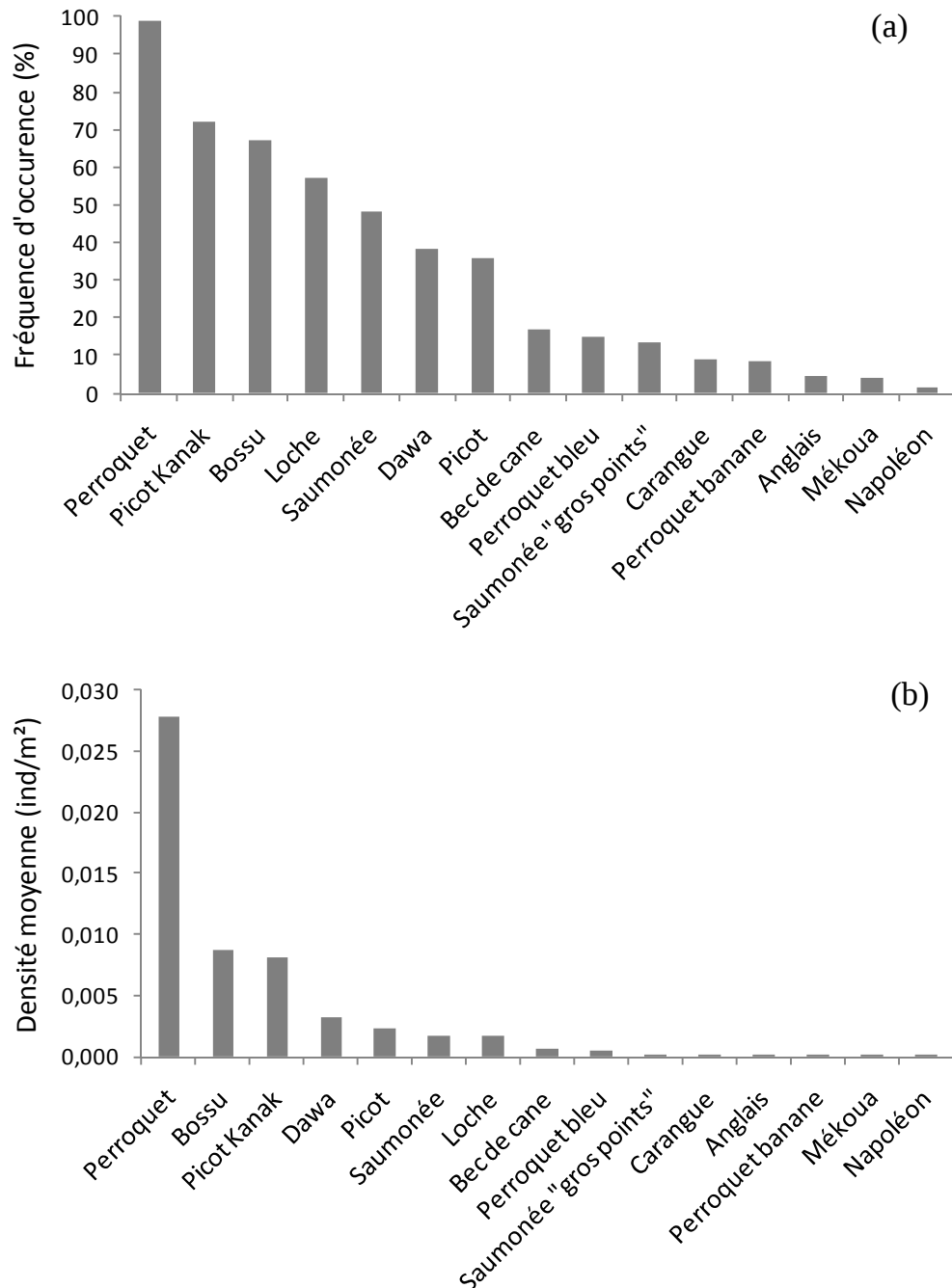


Figure 4 : (a) Fréquence d'observation des espèces sélectionnées, exprimée en pourcentage du nombre total de transects échantillonnés ; (b) densité moyenne des espèces sélectionnées sur l'ensemble des transects.

Comparaisons entre biotopes

La figure 5 présente les niveaux des principaux paramètres quantitatifs décrivant les peuplements ichthyologiques exploités selon les grands biotopes récifo-lagonaires échantillonnés dans cette étude. Ces résultats montrent que la densité, la biomasse, la taille moyenne et la diversité des peuplements ichthyologiques observés sont systématiquement et significativement plus importants sur les récifs intermédiaires et barrière que sur les récifs frangeants côtiers. Les moyennes de densité, de biomasse et de diversité apparaissent également plus importantes sur le récif barrière que sur les récifs intermédiaires, sans pourtant que cette différence soit significative statistiquement (test du Chi2, $p > 0,05$). Ce schéma de répartition des paramètres quantitatifs des peuplements ichthyologiques constitue l'une des bases de la structure écologique des écosystèmes récifaux lagonaires à grande échelle (Sale et al. 1994, Chabanet et al. sous presse). En l'occurrence, l'observation des principaux schémas de structuration des peuplements ichthyologiques selon les biotopes récifo-lagonaires, grâce aux données issues de comptages en surface, constitue un argument en faveur de cette méthode. Ceci suggère en effet qu'elle fournit de données représentatives des peuplements échantillonnés et indicatrices de leurs caractéristiques écologiques générales.

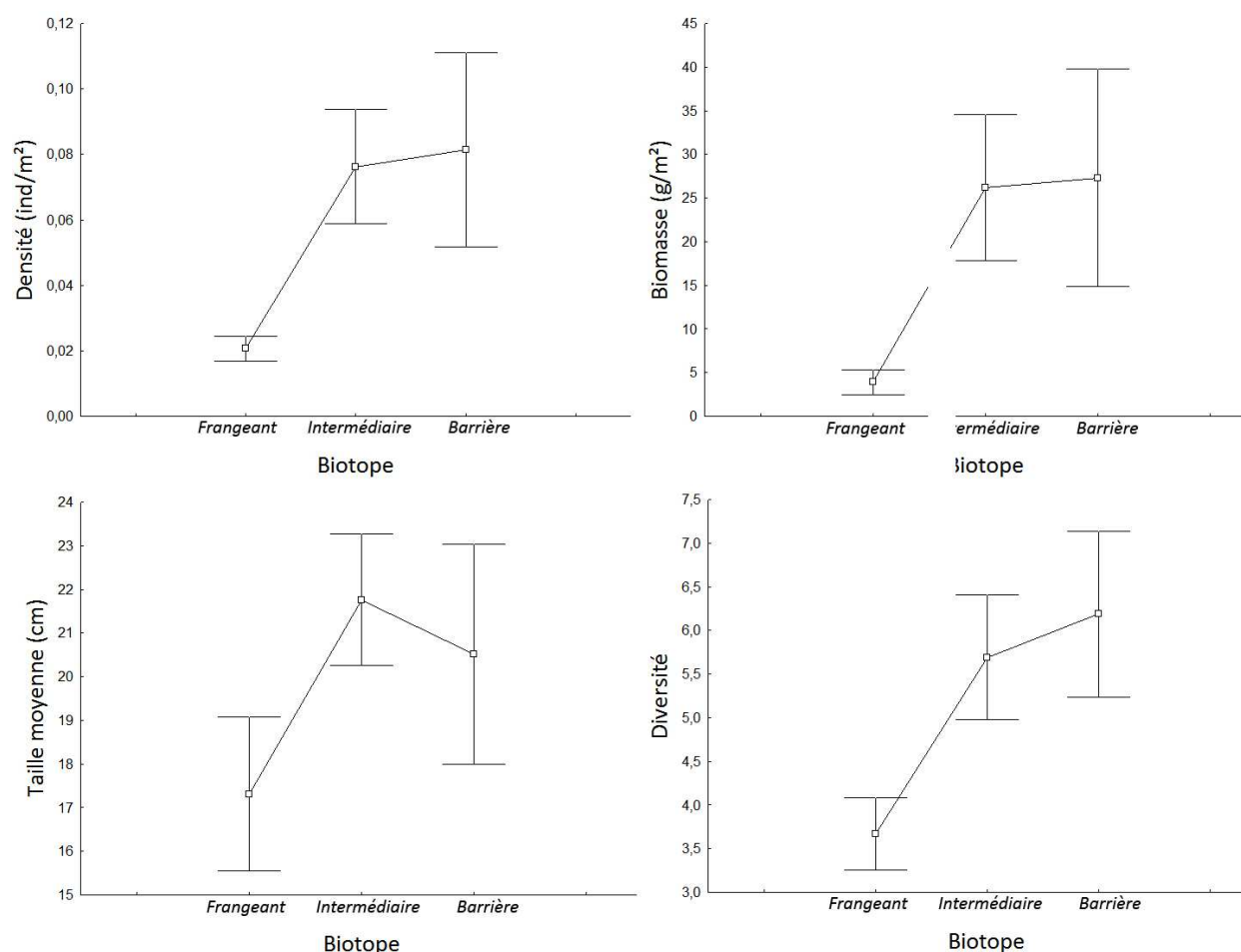


Figure 5 : Moyennes de la densité, biomasse, taille moyenne et diversité (relative à la liste d'espèces utilisée) des poissons récifaux observés par comptages visuels en surface, pour chacun des trois biotopes récifo-lagonaires échantillonnés. Les intervalles de confiance (95%) sont indiqués et permettent d'évaluer la significativité des différences observées.

Détection des effets de la pêche

La figure 6 compare les niveaux moyens de densité, biomasse, taille moyenne et diversité entre les zones où la pêche est interdite et celles où elle est autorisée, pour l'ensemble des espèces d'une part et pour les herbivores uniquement d'autre part (sauf dans le cas de la diversité). On constate que pour chacun de ces quatre paramètres, les niveaux moyens sont systématiquement supérieurs dans les zones en réserve, cette différence étant significative pour la biomasse, la densité et la diversité de l'ensemble des espèces, ainsi que pour la taille moyenne et la biomasse des espèces herbivores (test du Chi2, $p < 0,05$).

La figure 7 présente les niveaux moyens de biomasse de poissons pour l'ensemble des modalités « site $\times$ statut de protection » échantillonnées. Cette carte permet notamment de comparer, pour un même site, les ordres de grandeur de biomasse en zone pêchée et en zone de réserve. On constate que dans les cas où un même site échantillonné comporte les deux statuts de protection considérés, les niveaux de biomasse moyens sont systématiquement supérieurs dans les réserves.

Ces résultats montrent que les données obtenues par comptage en surface permettent de détecter des effets significatifs de la pêche sur les peuplements ichthyologiques exploités pour plusieurs paramètres décrivant ces peuplements. Cette détection est possible dans des situations de fort contraste de pression de pêche (pêche interdite/autorisée). Par ailleurs, la figure 7 suggère que la détection, et donc le suivi, d'effets écologiques de la pêche sur les peuplements ichthyologiques exploités est possible à l'échelle d'un récif ou d'un îlot, i.e. dans un contexte environnemental précis. Enfin, les résultats obtenus suggèrent qu'il est possible de détecter des effets significatifs de la pêche sur les espèces herbivores composant les peuplements échantillonnés. Ceci constitue un argument majeur en faveur de l'utilisation de cette méthode pour le suivi des ressources ichthyologiques exploités, et suggère qu'il est envisageable de focaliser cette méthode sur les espèces herbivores, qui constituent un élément clé dans le fonctionnement des écosystèmes récifaux et qui sont significativement exploités en Nouvelle-Calédonie.

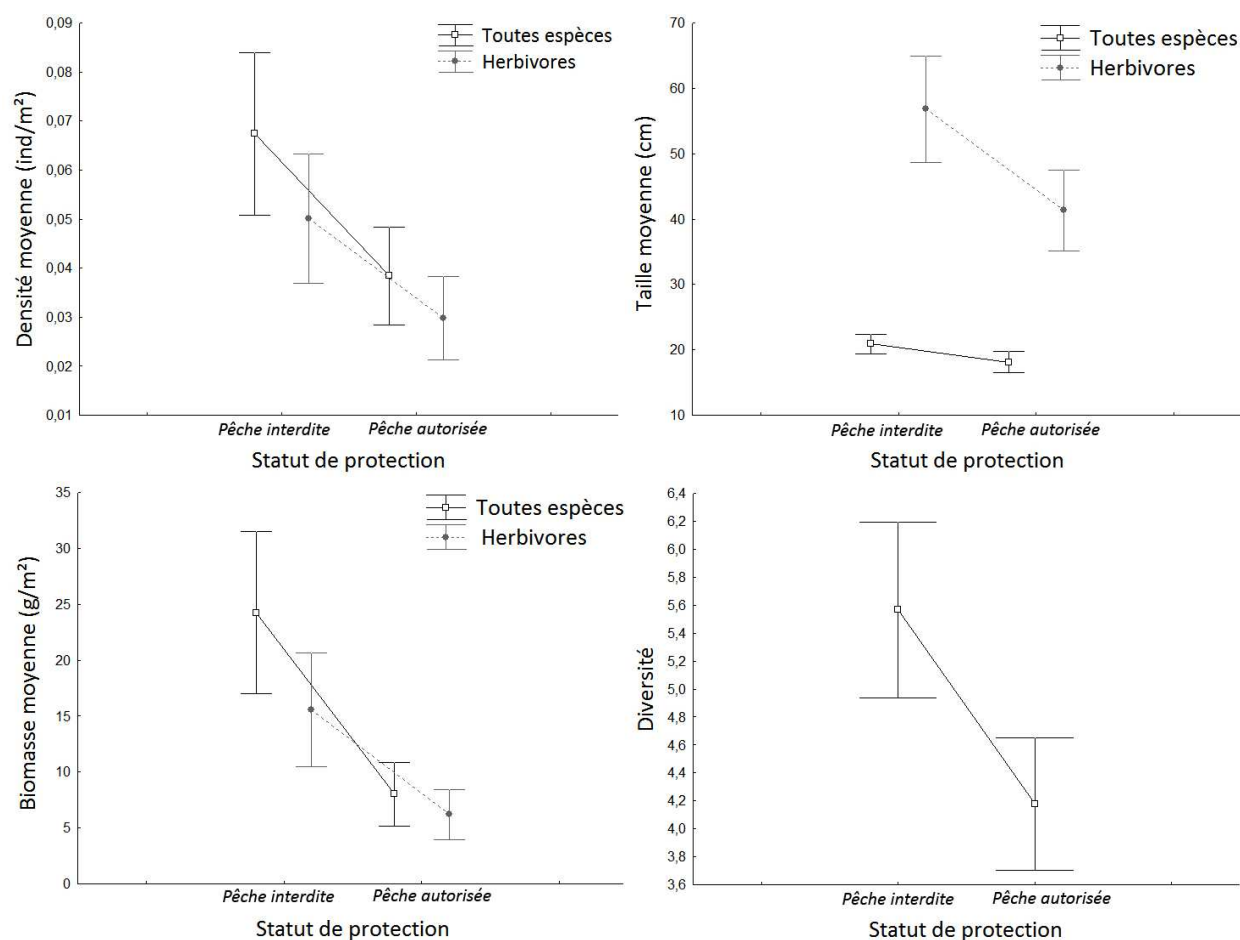


Figure 6 : Moyennes de la densité, biomasse, taille moyenne et diversité (relative à la liste d'espèces utilisée) des poissons récifaux observés par comptages visuels en surface, pour chacune de deux situations d'exploitation par la pêche rencontrées sur la zone d'étude (ouverture ou fermeture à la pêche). La totalité du peuplement cible (espèces sélectionnées) et la fraction des herbivores cibles sont distinguées. Les intervalles de confiance (95%) sont indiqués et permettent d'évaluer la significativité des différences observées.

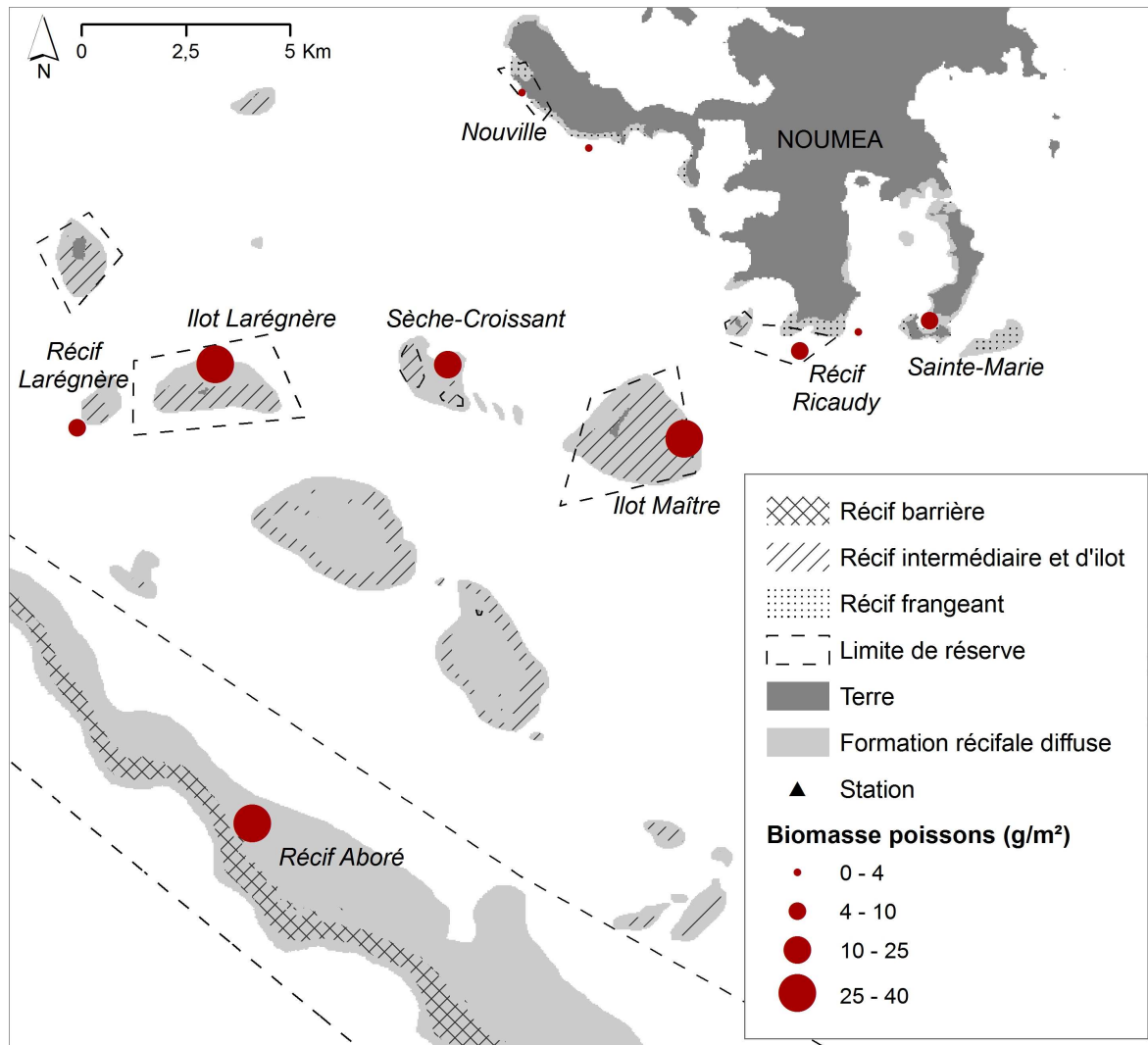


Figure 7 : Représentation cartographique des niveaux de biomasse de poissons (toutes espèces cibles confondues) observés en moyenne sur chacune des huit catégories « site × statut de protection ». La position des points correspondant à chaque site est indicative et ne correspond pas nécessairement à une zone échantillonnée.

Comparaison aux données de comptages en plongée

Le tableau 3 présente différents paramètres décrivant les peuplements ichthyologiques, tels qu'estimés à partir de comptages en plongée et de comptages en surface, pour 7 des transects échantillonnés dans cette étude. La figure 8 compare en particulier les niveaux de densité, biomasse, taille moyenne et diversité entre ces deux méthodes.

On constate que les niveaux de densité et de biomasse sont systématiquement inférieurs dans le cas des comptages en surface, à l'exception d'un transect où la densité observée est légèrement supérieure lors de comptages en surface. Ce n'est toutefois pas le cas pour les tailles moyennes qui, à l'exception d'un transect, sont du même ordre de grandeur entre les deux méthodes. Lorsque l'on considère la moyenne, et intervalles de confiance (95%) associés, des densités, biomasses et tailles moyennes mesurées sur les transects réalisés en surface et en plongée, on constate toutefois que la différence entre ces moyennes n'est pas significative (test du Chi2, $p > 0,05$). Ainsi, si les variations à petite échelle (de temps et

d'espace) entre les deux types de transects considérés peuvent être à l'origine de différences dans la mesure des différents paramètres, ces résultats suggèrent que leurs ordres de grandeur ne sont pas significativement différents. Il convient toutefois de mentionner que ces résultats comparatifs restent d'ordre indicatif. Ils seraient sinon à rapprocher, par exemple, de la taille moyenne élevée (> 8 cm) des poissons cibles considérés dans cette étude : les petits individus n'ayant pas été comptabilisés en surface, les comptages en surface auraient pu conduire à une relative surestimation de la taille moyenne et à une sous-estimation de la densité en regard des estimations fournies par les comptages en plongée.

Ayant été échantillonnés par deux méthodes différentes, et à deux moments différents, il n'est pas possible de réaliser de comparaison formelle et rigoureuse des deux jeux de données. Il est cependant intéressant de constater que les ordres de grandeur des paramètres estimés par les deux méthodes sont proches dans la majorité des cas, quantitativement et qualitativement. Cette observation, s'ajoutant aux résultats précédents, tend donc à confirmer la pertinence des données collectées par comptage en surface pour le suivi de paramètres descriptifs des peuplements ichthyologiques exploités.

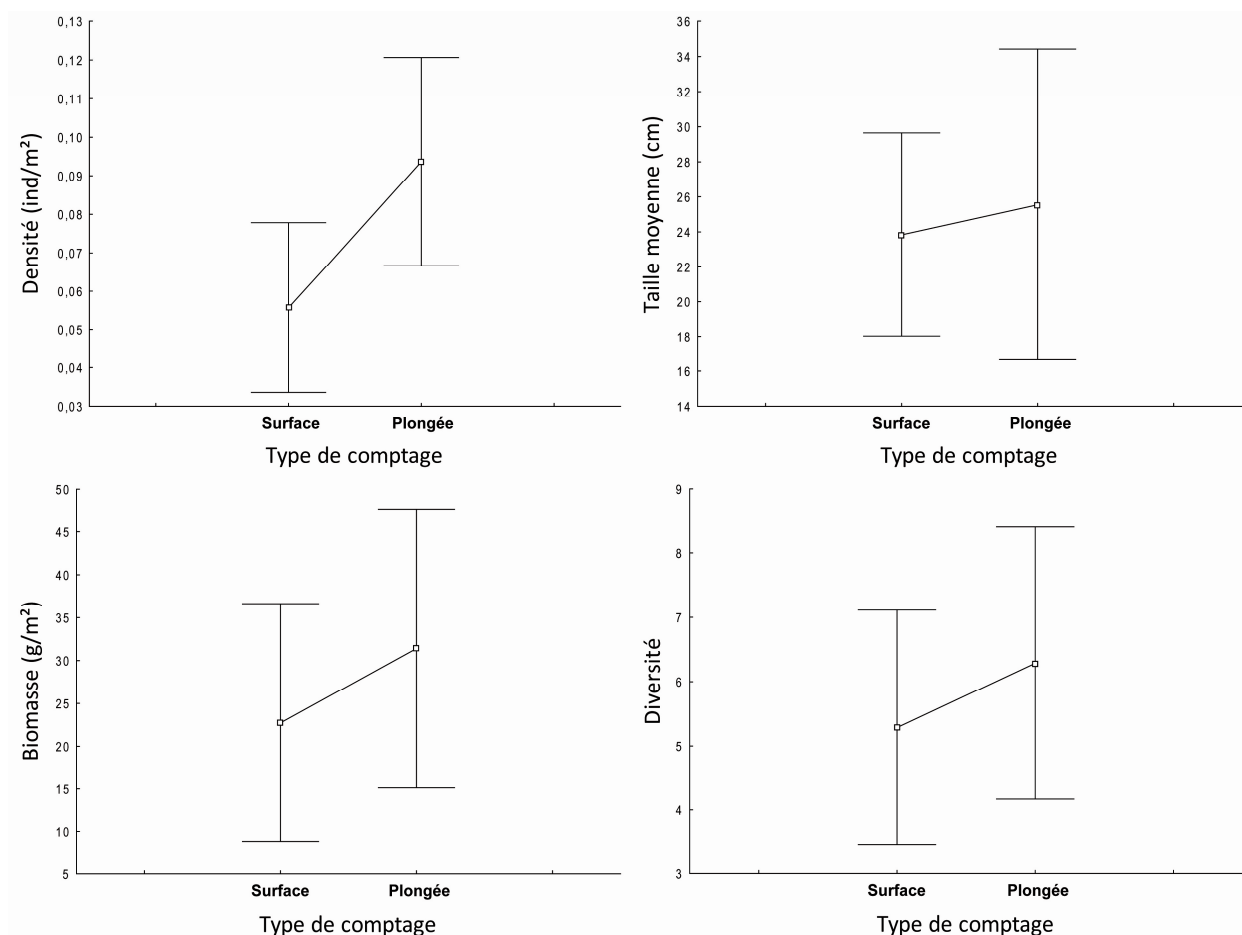


Figure 8 : Moyennes de la densité, biomasse, taille moyenne et diversité (relative à la liste d'espèces utilisée) des poissons récifaux observés pour chacune des deux méthodes : comptages visuels en surface et comptages en scaphandre autonome. Les intervalles de confiance (95%) sont indiqués et permettent d'évaluer la significativité des différences observées.

Pertinence des données et validation de la méthode

Les résultats présentés ici ont montré que les données collectées par comptage en surface permettent d'estimer de manière fiable les principaux paramètres des peuplements ichthyologiques exploités par la pêche (densité, biomasse, taille moyenne, diversité, et détails par biotopes, statut de protection, groupe d'espèces, ou combinaison de ces différents facteurs). Les analyses ont permis de caractériser avec succès la portion des peuplements ichthyologiques ciblée par la liste restreinte d'espèces utilisée, de mettre en évidence les schémas de structuration classiques de ces peuplements, et d'y détecter des effets de la pêche significatifs. La comparaison d'un échantillon de transects de comptage en surface avec des transects de comptages en plongée adjacents a montré que les estimations n'étaient pas significativement différentes, ce qui soutient la pertinence des données collectées en surface pour la caractérisation des peuplements ichthyologiques échantillonnés.

En termes de qualité et de potentialité des données collectées, on peut donc conclure que la méthode des comptages en surface apparaît adaptée à la mise en œuvre de suivis routiniers pour la surveillance de paramètres clés décrivant le statut des ressources en poissons exploitées (notamment les herbivores) dans les zones récifales peu profondes (< 7m).

Tableau 3 : Comparaison des paramètres quantitatifs décrivant les peuplements ichtyologiques exploités, et de l'identité des espèces observées, selon deux méthodes de comptage (en plongée et en surface), à partir de 7 couples de transects situés à moins de 100m de distance et effectués à quelques semaines d'écart.

Type de suivi	Transect	Distance	Site	Date	Densité (ind/m²)	Biomasse (g/m²)	Taille moyenne (cm)	Diversité	Espèces observées
Plongée	PLS02	5m	Nouvelle	23-mars	0,0676	16,64	14,8	6	perroquet; bossu; carangue; loche; picot; picot Kanak
Surface	062	5m	Nouvelle	20-avr	0,0325	7,18	20,4	3	perroquet; picot Kanak; saumonée
Plongée	PLS37	30m	Nouvelle	23-mars	0,0564	7,63	17,3	2	perroquet; picot Kanak
Surface	043	30m	Nouvelle	20-avr	0,0263	2,60	15,7	4	perroquet; bossu; loche; picot
Plongée	PLS09	25m	Ilot Maître	31-mars	0,1198	56,53	25,4	5	perroquet; bossu; loche; picot Kanak; saumonée
Surface	203	25m	Ilot Maître	22-avr	0,0888	42,39	27,5	6	perroquet; bec de cane; bossu; loche; picot Kanak; saumonée
Plongée	PLS15	30m	Ilot Maître	31-mars	0,1001	25,58	44,5	7	perroquet; bossu; dawa; loche; picot; picot Kanak; saumonée
Surface	192	30m	Ilot Maître	22-avr	0,0688	25,44	22,5	6	perroquet; bossu; dawa; perroquet bleu; picot Kanak; saumonée
Plongée	PLS18	85m	Ilot Larégnère	09-mars	0,1351	39,05	23,4	7	perroquet; bossu; dawa; loche; picot; picot Kanak; saumonée
Surface	252	85m	Ilot Larégnère	19-avr	0,0500	31,56	29,8	5	perroquet; dawa; loche; picot; saumonée
Plongée	PLS22	75m	Ilot Larégnère	30-mars	0,1048	49,12	27,4	9	perroquet; bossu; dawa; loche; picot; picot Kanak; saumonée; saumonée "gros points"; perroquet banane
Surface	262	75m	Ilot Larégnère	19-avr	0,0438	35,62	32,7	9	perroquet; bossu; dawa; loche; picot; picot Kanak; saumonée; saumonée "gros points"; perroquet banane
Plongée	PLS19	70m	Récif Larégnère	30-mars	0,0719	25,24	26,0	8	perroquet; bossu; dawa; loche; perroquet bleu; picot Kanak; saumonée; perroquet banane
Surface	313	70m	Récif Larégnère	19-avr	0,0800	14,34	18,4	4	perroquet; dawa; loche; picot Kanak
Moyenne plongée (±IC95)					0,0937 (±0,0216)	31,4 (±13,04)	25,5 (±7,1)	6 (±2)	
Moyenne surface (±IC95)					0,0557 (±0,0177)	22,73 (±11,13)	23,83 (±4,65)	5,29 (±1,46)	

III. Evaluation et critique de la méthode de suivi testée

III.1. Avantages de la méthode

III.1.1. Echantillonnage et collecte des données

Intérêts logistique et coûts

Le matériel nécessaire à la réalisation des comptages en surface se limite à du matériel de plongée libre, au support nécessaire aux comptages sous-marins de poissons (plaquette et feuille), et à un moyen de mesure de la longueur du transect et la profondeur du fond. Le seul élément potentiellement coûteux est un GPS de surface si celui-ci est utilisé pour mesurer la longueur du transect. Le cas échéant, il peut être remplacé par l'utilisation d'un filin de la longueur souhaitée (et déroulé par le compteur) pour délimiter le transect de comptage. En ce sens, cette méthode présente un avantage important en termes de logistique (rapidité de mise en œuvre) et de coût, pour une utilisation routinière.

La réalisation de comptages de type inventaire nécessite un niveau d'expertise élevé afin de pouvoir identifier les individus observés au niveau de l'espèce et d'estimer la longueur des individus observés de manière précise. Cet aspect représente une contrainte forte en termes de coût et de disponibilité d'experts sur le terrain, et constitue souvent un obstacle à la mise en place de suivis routiniers et réactifs à grande échelle. L'utilisation d'une liste restreinte de quelques espèces ou groupes d'espèces particuliers et reliés à des objectifs de gestion précis, ainsi que l'utilisation de classe de taille prédéfinies, constituent des moyens intéressants pour réduire le niveau d'expertise nécessaire sur le terrain. De plus, si les compétences nécessaires ne sont pas directement disponibles, elles peuvent être acquises moyennant de courtes formations. Notamment, concernant l'estimation de la taille des individus par classe, plusieurs études ont démontré qu'un entraînement rapide permet à un novice en comptage de pouvoir estimer la longueur des individus avec une marge d'erreur d'environ 2,5 cm (Harvey et al. 2001), ce qui est inférieur à la taille des classes utilisé ici (4 cm).

Par ailleurs, l'utilisation d'un scaphandre autonome correspond nécessairement à une préparation et à une logistique plus lourde que des échantillonnages à partir de la surface (matériel de plongée, matériel de sécurité lié aux activités hyperbares, niveau de formation des plongeurs, cadre administratif fortement réglementé, etc.). Les comptages depuis la surface sont plus faciles à mettre en œuvre, logistiquement et administrativement, ce qui est un avantage pour des suivis routiniers.

Par conséquent, l'absence d'activité hyperbare, la simplicité logistique et le niveau d'expertise faible sur le terrain (en regard des comptages toutes espèces) rendent la méthode des comptages en surface accessible à une très large gamme d'acteurs (scientifiques et non-scientifiques) en diminuant fortement les coûts et contraintes nécessaires à sa mise en œuvre. Néanmoins, il convient de noter que le recours à des pêcheurs locaux ou des personnes possédant peu de formation académique est susceptible de causer des problèmes de biais et de forte variabilité des observations (Léopold et al. 2009).

Enfin, la présente étude a montré qu'il est possible de coupler de manière efficace la méthode de comptage en surface avec une méthode de suivi des habitats par photographie en surface (Dumas et al. 2009). Cet aspect est un avantage en termes d'intégration de la méthode dans des plans de suivis des récifs coralliens plus large que la simple surveillance des ressources ichthyologiques exploitées.

Puissance d'échantillonnage

La présente étude pilote a démontré que les comptages en surface peuvent être utilisés pour une large gamme de conditions environnementale et météorologiques. Des données de qualité ont en effet pu être collectées par cette méthode pour l'ensemble des principaux biotopes récifaux : récifs frangeants, récifs intermédiaires, récifs d'îlot et récif barrière. De même, les mauvaises conditions météorologiques lors de la phase de terrain (fort vent d'alizé et ciel nuageux) ont démontré que la collecte des données par cette méthode ne nécessite pas nécessairement un temps calme (pour lequel elle sera *a fortiori* adaptée), mais qu'elle peut être réalisée pour une large plage de conditions météo. Le principal obstacle rencontré en raison des mauvaises conditions, et ayant empêché l'échantillonnage de certains transects exposés aux vents dominants, a été le mouillage du bateau, et non la réalisation des transects de comptage. Ce problème est toutefois commun à toutes méthodes de suivi *in situ* réalisées depuis un navire. La méthode des comptages en surface apparaît donc polyvalente et valide pour une large gamme de conditions d'utilisations, ce qui est un avantage pour la mise en place de suivis routiniers.

Par ailleurs, le nombre potentiel de transects réalisable par jour est beaucoup plus élevé que pour les comptages en plongée (limité à 2 ou 3 transects par jour pour des raisons de sécurité des plongeurs). L'échantillonnage des zones d'étude peut donc être plus important à durée égale. Parallèlement, la faible logistique nécessaire à l'utilisation des comptages en surface, l'utilisation d'une liste restreinte d'espèces, et l'utilisation d'une fiche de comptage pré-remplie (nécessitant donc peu d'écriture *in situ*) permettent un parcours rapide du transect de comptage. Les caractéristiques de la méthode présentée ici autorisent ainsi une grande répétabilité (spatiale et/ou temporelle) et donc une grande efficacité d'échantillonnage, ce qui améliore la qualité statistique des données.

III.1.2. Utilisation des données collectées

Les données obtenues par comptages en surface sont des données simples ne nécessitant pas d'expertise approfondies en gestion de données pour être exploitables. Leur saisie et le calcul des indices de base permettant de caractériser les peuplements échantillonnés (cf. partie IV.) sont accessibles à une large gamme de personnes travaillant sur le suivi des écosystèmes marins.

Les résultats exposés précédemment ont aussi démontré que ces données ont la pertinence et la qualité statistique nécessaire pour effectuer des analyses écologiques classiques de la même manière qu'avec des données de comptage issues d'observations en plongée. Il a notamment été possible d'analyser et de cartographier les valeurs de densité, taille moyenne, biomasse et diversité selon différents critères : biotopes, statut de protection, site, etc. ou combinaison de ces différents facteurs. Ceci a permis de mener avec succès des diagnostics et des comparaisons des peuplements ichtyologiques exploités, selon leur contexte environnemental ou leur statut de protection vis-à-vis de la pêche, et d'en interpréter les résultats de manière simple. Notamment, les valeurs des paramètres décrivant les peuplements ichtyologiques obtenues ont permis de retrouver les caractéristiques connues des peuplements ichtyologiques et leur structuration selon les différents biotopes récifo-lagonaires présents sur la zone d'étude (cf. partie II.2.). Le jeu de donnée utilisé a également rendu possible la détection d'effets écologiques de la pêche significatifs sur les niveaux de biomasse, de densité et de diversité de l'ensemble des espèces, ainsi que pour la taille moyenne et la biomasse des espèces herbivores.

Par ailleurs, certaines des données collectées ont pu être comparées avec des données provenant de comptages en plongée sur des transects contigus (i.e. à moins de 100 m de distance). Cette comparaison a montré que les comptages en surface fournissent des valeurs cohérentes (quantitativement et qualitativement) avec les données collectées en plongée, confirmant la qualité des données obtenus par la présente méthode.

L'ensemble de ces résultats démontre que le jeu de données utilisé fournit des indications pertinentes concernant les paramètres généraux des peuplements ichthyologiques observés et qu'il est possible d'émettre des conclusions quand au statut de santé général de ces peuplements à partir de données de comptages en surface.

III.2. Limites de la méthode

III.2.1. Echantillonnage et collecte des données

En tant que méthode d'observation visuelle des peuplements ichthyologiques, les comptages en surface sont soumis à des biais similaires à ceux des comptages en plongée. Les biais propres aux estimations visuelles des peuplements ichthyologiques en plongée ont souvent été discutés dans la littérature (Harmelin-Vivien et al. 1985, John et al. 1990, Jennings & Polunin 1995, Samoilys 1997, Kulbicki 1998), l'un des plus importants d'entre eux étant la présence d'un plongeur, ce qui biaise le comportement des poissons et donc leur détectabilité. L'ensemble de ces biais ne seront pas détaillés ici, et nous nous pencherons sur les limites et biais potentiels propres aux comptages en surface.

S'agissant d'une étude pilote, les problèmes d'échantillonnage survenus pendant la phase de terrain sont autant d'informations permettant d'évaluer la méthode testée et ses limites d'utilisation sur le terrain. A l'issue de cette étude, les quatre principales limites identifiées pour la mise en œuvre de comptages en surface sont : la visibilité, la profondeur, l'exposition des transects échantillonnés, et la crypticité des espèces observées.

La visibilité est de fait une des limites principales lors d'observation visuelles sous-marines. Lors de comptages en surface, le compteur est positionné plusieurs mètres au dessus du transect. Une visibilité faible diminue donc plus rapidement la largeur du couloir de comptage potentiel que lors de comptages en plongée (où le compteur se situe près du fond). En ce sens, la visibilité constitue l'un des facteurs majeurs régissant la faisabilité de comptages en surface sur un site donné. De manière générale, il n'est pas recommandé d'effectuer les comptages si la visibilité n'excède pas la profondeur plus la $\frac{1}{2}$ largeur du couloir de comptage. Sur l'ensemble des 117 transects échantillonnés dans cette étude (tous biotopes confondus), 6 se sont avérés avoir une visibilité insuffisante pour garantir une largeur du couloir de comptage suffisante (8 m ans le cas présent). Dans la majorité des cas, les comptages en surface sont donc possibles, mais il convient de noter que les récifs frangeant (notamment après de fortes précipitations et dans des situations d'apports terrigènes importants ou de remise en suspension de particules fines en cas de mer agitée) sont susceptibles de présenter des niveaux de visibilité incompatibles avec des comptages en surface.

Par définition, la détectabilité des poissons benthiques et démersaux (composant une large part des peuplements ichthyologiques récifaux) par comptages en surface est limitée par la distance entre le compteur et le fond. En ce sens, la profondeur constitue une limite évidente pour cette méthode en regard d'un échantillonnage en scaphandre autonome. De récents tests de comparaison direct entre observations visuelles en plongée et en surface

(Léopold 2008, données non publiées), ont montré que la profondeur de validité limite pour les comptages en surface était d'environ 7 m (dans les cas de très bonne visibilité). Dans le cas présent, aucun des transects échantillonnés dans la présente étude n'a dépassé 6m de profondeur. La profondeur limite de validité sur un transect donné dépend évidemment de la visibilité au moment du comptage. Toutefois, de manière générique, une profondeur maximale de 7m peut donc être considérée pour cette méthode. Cette limite montre que seuls les petits fonds (platiers, haut de tombant, petits tombants) peuvent être échantillonnés de la surface. Cette technique permettra donc de suivre les communautés uniquement dans cette zone limitée de l'écosystème corallien et ne permettra pas de caractériser les variations temporelles de l'ensemble de cet écosystème dans une zone déterminée.

Comme évoqué précédemment, les conditions météorologiques durant la phase de test ont été agitées, avec des vents dominants (alizés) atteignant 25 nœuds certains jours. Dans le cas de vents forts, la principale conséquence a été un problème d'accessibilité aux transects prévus au vent des récifs et îlots. Si les données collectées sur les transects exposés ayant effectivement été échantillonnés se sont avérées exploitables, il apparaît clairement que l'échantillonnage par comptages en surface est compromis au-delà de 25 nœuds de vent établis, pour des raisons de sécurité et de qualité des données.

L'observation des espèces cryptiques est un biais reconnu des observations visuelles en plongée (Willis 2001). Dans le cas des comptages en surface, et étant donné la position haute et distante du compteur vis-à-vis du fond, ce problème est davantage marqué que lors de comptages en plongée où le plongeur est plus proche du fond et peut se déplacer ou explorer le substrat si nécessaire. Dans la présente étude, les espèces suivies n'étaient pas des espèces cryptiques, mais il convient de mentionner que les comptages en surface ne sont pas adaptés à l'observation de ces espèces, sous peine d'obtenir des données fortement sous-estimées. La crypticité des espèces sélectionnées devra donc être un paramètre important à prendre en compte pour élaborer une liste prédéterminée d'espèces.

III.2.2. Un nombre restreint d'espèces clés

En termes de jeux de données et d'analyses ultérieures, il convient de rappeler les potentialités des comptages en surface en regard des comptages en scaphandre autonome. Ces derniers permettent en effet d'échantillonner des transects à des fins d'inventaires, et de produire des jeux de données complets concernant toutes les espèces de poissons observables à l'échelle de l'espèce. Ils permettent donc de mener des analyses écologiques poussées concernant la structure, le fonctionnement et l'évolution des peuplements ichthyologiques et des écosystèmes qui les abrite.

Les comptages en surface restent en revanche optimisés à des fins d'efficacité d'échantillonnage et de suivi, mais ne peuvent de fait porter que sur un nombre restreint d'espèce ou de groupes d'espèces d'intérêt. En fournissant des données pertinentes permettant d'évaluer le statut des ressources ichthyologiques en un point donné, les comptages en surface constituent donc une méthode puissante pour un suivi routinier d'indicateurs donnés, mais ils ne peuvent prétendre à caractériser de manière approfondie les peuplements ichthyologiques ou à en étudier la structuration écologique.

III.3. Bilan et conclusion de la phase de test

Le tableau 4 récapitule les principaux avantages et limites des comptages en surface sur la base d'une liste limitée d'espèces, pour le suivi des peuplements ichthyologiques en zone récifale.

Tableau 4 : Synthèse des avantages et limite des comptages visuels en surface d'un nombre limité d'espèces pour suivre les peuplements ichthyologiques en zone récifale.

	Avantages	Limites
Echantillonnage	- matériel simple et peu coûteux - niveau d'expertise de terrain faible - parcours rapide des transects (≈ 15 minutes) et grande répétabilité quotidienne - large gamme de biotopes et de conditions environnementales échantillonnables (en zones peu profondes) - possibilité de couplage direct avec des méthodes de caractérisation de l'habitat depuis la surface (photos notamment)	- limité à la partie peu profonde des récifs (profondeur maximale du transect : 7m) - non adapté aux situations de faible visibilité - non adapté à des conditions de vent > 25 nœuds - non adapté aux espèces cryptiques
Données	- niveau d'expertise faible pour analyser et interpréter les données collectées - qualité suffisante pour caractériser le statut des ressources ichthyologiques (notamment herbivores) et en surveiller l'évolution	- ne permet pas de mener des analyses écologiques approfondies - ne permet pas seule de faire un bilan sur l'évolution temporelle d'une zone récifale dont une fraction ne pourrait pas être échantillonnée (profondeur trop importante)

De manière générale, le test de la méthode de comptage en surface pour un suivi routinier des poissons récifaux s'est avéré probant, concernant le suivi des ressources dans leur ensemble et plus précisément des poissons herbivores. Cette méthode nécessite en effet des compétences moins importantes que les comptages en scaphandre autonome, présente une puissance d'échantillonnage importante (grande répétabilité des observations) tout en limitant les coûts, et fournit des données utilisables pour caractériser le statut d'exploitation des ressources échantillonnées et détecter des changements dans les indicateurs suivis dans les zones peu profondes.

En ce sens, la méthode de comptage en surface, telle que testée ici, est validée et peut être recommandée pour la mise en œuvre de suivis des ressources ichthyologiques récifolaginaires en zone récifale peu profonde. Les zones échantillonnées pourraient, dans certaines

conditions, jouer le rôle de témoins dans un espace plus vaste : les habitats peu profonds, plus accessibles à la pêche, sont en effet généralement plus rapidement sensibles à l'exploitation (ainsi qu'à d'autres perturbations, comme les cyclones). La partie IV présentera les principales pistes de mise en œuvre pour de futurs suivis routiniers intégrant cette méthode.

Dans le cas présent, l'étude pilote a porté sur les espèces de poissons communément exploitées en Nouvelle-Calédonie, la problématique étant de savoir si la méthode de comptage en surface était adaptée au suivi routinier de ces espèces et en particulier des espèces herbivores exploitées par la pêche. Il est cependant envisageable que cette méthode puisse être utilisée pour suivre des groupes d'espèces plus ciblés, ou différents, ou que l'on cherche à évaluer sa pertinence pour la surveillance d'autres types impacts (naturels ou anthropiques). En effet, en termes de logistique, de puissance d'échantillonnage, et de qualité des données collectées pour un suivi routinier, les résultats présentés ici suggèrent que cette méthode pourrait être utilisée pour servir d'autres objectifs de suivi. A titre d'exemple, elle pourrait éventuellement être intégrée dans le suivi des conséquences écologiques, sur les zones peu profondes, d'épisodes de blanchissement coralliens, de cyclones, ou encore de rejets industriels ou domestiques. Il conviendrait alors d'adapter les modalités de mise en œuvre de cette méthode (échantillonnage, liste d'indicateurs suivis) au nouveau contexte et aux nouveaux objectifs de suivi.

IV. Recommandations de mise en œuvre pour un suivi routinier des ressources en poissons récifaux par observations visuelles en surface

Sur la base de l'expérience et du bilan de la présente étude pilote, cette partie vise à fournir les recommandations opérationnelles nécessaires à la mise en œuvre d'une campagne d'échantillonnage (terrain et analyses) des peuplements ichthyologiques peu profonds utilisant des comptages en surface. Elle présente donc, en complément de la partie II de ce rapport, les éléments clés et les indications essentielles pour la préparation de la phase de terrain (échantillonnage, matériel), sa réalisation, et le calcul des indices descriptifs classiques de peuplements de poissons à partir des données obtenues.

IV.1. Préparation du terrain

IV.1.1. Mise en place de l'échantillonnage

Unité d'observation et effectif d'échantillonnage

L'unité d'observation pour cette méthode est le transect. L'utilisation d'une liste restreinte d'espèces implique une occurrence relativement faible des espèces à compter et donc un parcours du transect plus rapide que lors de comptages de type inventaire. En ce sens, une longueur de 100m est apparue pertinente dans cette étude, en regard de la liste d'espèce considérée. Cette longueur a en effet permis d'observer les espèces sélectionnées de manière statistiquement suffisante, tout en gardant une bonne faisabilité sur le terrain. Par ailleurs, l'utilisation de couloirs de comptages de 8m de large est apparue raisonnable mais toutefois contraignante en termes de visibilité minimale requise. Ces deux paramètres (100m × 8m) sont donc recommandés comme paramètres génériques pour un suivi des peuplements ichthyologiques si la visibilité est supérieure à 10m. Il pourra cependant être envisageable que la longueur des transects et surtout la largeur du couloir de comptage soit modifiées selon les espèces ciblées par le suivi, sa localisation (dans des eaux plus ou moins claires) et ses objectifs.

Concernant le nombre de stations à échantillonner, le nombre exact devra être déterminé selon la taille de la zone d'étude et les objectifs spécifiques du suivi. En terme de logistique, la présente étude-pilote démontre que pour des transect de 100m (parcours en environ 15 minutes), des stations proches et des moyens navigants rapides, il est possible de prévoir jusqu'à 8 transects par jour et par compteur. Ce nombre dépendra toutefois de la distance séparant les différentes stations (et des moyens à la mer utilisés) et de la durée nécessaire à la réalisation d'un transect. Fixée à 15 minutes ici, cette dernière sera en effet susceptible de varier selon les caractéristiques des transects effectués (longueur, largeur) et la complexité de la liste d'espèce choisie.

Elaboration d'un plan d'échantillonnage

La structure du plan d'échantillonnage d'un suivi donné est directement dirigée par les objectifs de ce suivi, ainsi que par les caractéristiques de la zone d'étude et de la ressource suivie (espèces sélectionnées). Dans le cas présents il s'agissait de tester la méthode des comptages en surface afin d'appréhender ses avantages et limites de mise en œuvre dans un cas d'étude concret : le suivi des ressources ichthyologiques exploitées par la pêche, et notamment des poissons herbivores, en zone peu profonde. L'échantillonnage a donc porté

sur une large gamme de biotopes et de conditions environnementales. Lors de suivis futurs portant sur les ressources en poissons récifo-lagonaires exploités par la pêche, il sera toutefois possible de concentrer l'effort d'échantillonnage sur certaines zones d'intérêt ou certaines espèces selon les objectifs. De manière générale, la construction du plan d'échantillonnage utilisé précédemment (cf. partie II.1.4.) pourra être repris lors de la réalisation de suivis des peuplements ichtyologiques exploités portant sur une liste d'espèces similaire. En revanche, si l'objet du suivi est différent, la construction de l'échantillonnage devra lui être propre et il n'est donc pas possible d'en déterminer les modalités exactes à l'avance.

Quel que soit l'objet du suivi, certains critères indispensables à la construction d'un plan d'échantillonnage optimisé peuvent être évoqués.

- L'utilisation d'une liste restreinte d'espèce fournit un volume relativement faible d'observations par transects (maximum d'individus observés sur un transect ans l'étude présente : 372 ; minimum : 2 ; moyenne : 49) en regard des méthodes de comptage de type inventaire. Il sera donc nécessaire de prévoir un nombre important de transects pour chacune des modalités de la stratification choisie, ou augmenter la longueur des transects, afin de pouvoir disposer d'une puissance statistique suffisante lors d'analyses ultérieures. A titre d'exemple, dans l'étude présentée ici, une moyenne de 22 transects de 100 m a été échantillonnée par modalité biotope × statut de gestion.
- La répartition du nombre de transects échantillonnés entre les différentes modalités de la stratification choisie devra être équilibré, afin d'assurer une représentativité statistique comparable entre les différentes strates.
- Les transects de comptages devront être suffisamment éloignés les uns des autres (~100m minimum, s'il s'agit de transects de 100m de long) afin de pouvoir être considérés comme indépendants et fournir des données distinctes statistiquement.

Cette étude a par ailleurs montré que la méthode de comptage en surface peut aisément être couplée à une caractérisation de l'habitat benthique par méthode photographique. Selon l'objectif du suivi en question, il pourra donc être utile de mener simultanément ces deux types de suivis. Dans la suite, la description des protocoles *in situ* pour la mise en œuvre de comptages en surface prendra donc en compte la possibilité d'effectuer simultanément des relevés d'habitat par méthode photographique.

IV.1.2. Choix de la liste d'espèces

De même que de nombreux choix liés à l'échantillonnage, le contenu exact de la liste restreinte d'espèces utilisée lors des comptages devra directement dépendre des objectifs de suivi souhaités. Toutefois, elle devra être en adéquation avec la zone échantillonnable, c'est-à-dire contenir des espèces qui fréquentent les petits fonds (<7 m). Il est donc envisageable d'utiliser une liste d'espèce différentes. Si la liste d'espèce choisie devait porter sur des espèces très différentes de celle présentée dans cette étude, il serait probablement nécessaire de refaire des tests *in situ* pour valider la pertinence de la méthode pour ce type d'espèces.

Selon le niveau d'expertise des personnes en charge du suivi et l'objet de ce dernier, la liste d'espèces à compter pourra être plus ou moins complexe. Dans tous les cas, cette liste devra rester courte et synthétique, la méthode des comptages en surface constituant une variante optimisée des comptages en plongée pour le suivi routinier de quelques indicateurs. L'utilité de la méthode et son avantage pour des suivis routiniers résident dans son faible niveau d'expertise et son haut rendement sur le terrain (en termes de transects réalisés par jour), dont l'utilisation d'une liste restreinte est un facteur important.

Enfin, les espèces sélectionnées devront être aisément détectables depuis la surface, fréquentes dans les zones peu profondes (< 7 m), et ne devront donc pas inclure d'espèces trop petites (< 8 cm) ou d'espèces cryptiques.

IV.1.3. Elaboration de la feuille de comptage

La feuille de comptage utilisée dans la présente étude-pilote (Annexe 2) s'est avérée efficace et adaptée à la collecte des données par observations visuelles en surface. Elle comporte deux parties : des données de contexte (en haut de la feuille) et les données de comptage en elles-mêmes. Cette feuille a été élaborée de manière à ce que le compteur, à chaque observation d'un individu ou d'un groupe d'individus, n'ait que des chiffres à écrire dans les cases correspondantes (espèce × classe de taille).

Le format et la structure de cette feuille peuvent donc être repris pour de futures campagnes de terrain. Comme évoqué précédemment, il pourra toutefois être nécessaire de modifier la liste des espèces considérées selon les objectifs du suivi, ou d'ajouter d'autres champs dans les données de contexte, si nécessaire.

IV.1.4. Matériel nécessaire

Cas des transects de comptage simples (sans relevés d'habitat)

La réalisation d'un transect de comptage de poissons utilisant la méthode d'observation en surface testée dans la présente étude nécessite les éléments suivants (outre les équipements personnels pour plonger en surface) :

- Plaquette de comptage et crayons
- Feuilles de comptage vierges
- Liste des poissons à compter et correspondance avec les noms d'espèces (si nécessaire)
- Système de mesure de profondeur (profondimètre de poignet ou fil lesté gradué)
- Système de mesure de la visibilité (exemple : fil lesté gradué de 20 m)
- Système de positionnement étanche, pour mesurer la distance parcourue le long du transect : GPS portable dans une pochette étanche, fixé sur une planchette flottante reliée au compteur par un bout. Le bout devra être suffisamment court, afin d'éviter le va-et-vient du GPS derrière le plongeur, ce qui fausserait la mesure de distance.

Ou

- Filin de la longueur du transect (100m dans cette étude) et à flottabilité négative (pour se déposer au fond sans nécessité de plonger fréquemment), déroulé par le compteur au fur et à mesure du comptage. Il pourra également servir à mesurer la visibilité sur le transect.

Cas des transects couplés poissons/habitat

La réalisation d'un transect de comptage de poissons utilisant la méthode d'observation en surface et sur lequel est également effectué un relevé d'habitat benthique par méthode photographique (Dumas et al. 2009) nécessite (outre les équipements personnels pour plonger en surface, et outre le matériel nécessaire aux relevés photographiques, qui ne sont pas l'objet de cette étude) :

- Plaquette de comptage et crayons
- Feuilles de comptage vierges
- Liste des espèces à compter et correspondance avec espèces (si nécessaire)
- Système de mesure de profondeur (profondimètre de poignet ou fil lesté gradué)
- Filin de la longueur du transect (100m dans cette étude) et à flottabilité négative (pour se déposer au fond sans nécessité de plonger fréquemment), déroulé par le compteur au fur et à mesure du comptage. Le filin sera marqué à intervalles réguliers (dont l'espacement est déterminé par les objectifs de précision de la méthode photographique). Il pourra également servir à mesurer la visibilité sur le transect.

IV.2. Déroulement du terrain : protocoles *in situ*

Le protocole adopté *in situ* dans cette étude-pilote s'est avéré efficace et adapté lors de la phase de terrain. C'est donc ce protocole qui est recommandé ici. Toutefois, il reste indicatif et peut être modifié selon les besoins de l'opérateur ou d'éventuelles contraintes logistiques. Nous ne décrirons pas ici la méthodologie de comptage de poissons en elle-même, celle-ci ayant déjà été décrite dans la partie de matériels et méthodes de ce rapport (II.1.3).

IV.2.1. Cas des transects de comptage simples (sans relevés d'habitat)

A l'arrêt du bateau, le compteur se met à l'eau.

Il nage jusqu'à l'endroit préalablement choisi (protocole d'échantillonnage) pour le début du transect de comptage puis :

- mesure la profondeur
- enregistre le point GPS correspondant
- initie la mesure de distance du parcours (fonction disponible sur la grande majorité des GPS portables)
- débute le comptage.

Lors du comptage, le plongeur devra :

- surveiller régulièrement la distance parcourue pour ne pas dépasser la longueur totale de transect fixée
- veiller à garder une trajectoire approximativement rectiligne, afin de ne pas repasser plusieurs fois au même endroit ou que le couloir de comptage se superpose en différents points du transects
- veiller à ne pas échantillonner de zone de plus 7m de profondeur, à partir de laquelle les comptages en surface ne sont plus valides
- veiller à ne pas nager trop rapidement (15 minutes pour 100 m), même en cas de faible densité des espèces.

Une fois que la longueur fixée pour le transect est atteinte :

- le comptage s'arrête, le compteur doit en particulier éviter de compter les poissons observés au-delà de la limite de longueur du transect
- la profondeur de fin de transect est mesurée.
- la visibilité est mesurée (distance maximale de détectabilité de la plaquette) à l'aide du fil lesté gradué de 20m ou du filin matérialisant le transect si celui-ci a été utilisé.

Le compteur retourne au bateau.

IV.2.2. Cas des transects couplés poissons/habitat

A l'arrêt du bateau, les deux plongeurs se mettent à l'eau.

Ils nagent jusqu'à l'endroit choisi pour le début du transect de comptage, où le compteur :

- mesure la profondeur
- fixe le filin au fond
- débute le comptage.

Lors du comptage, le compteur devra :

- dérouler progressivement le filin matérialisant le transect sur lequel il compte
- veiller à garder une trajectoire rectiligne
- veiller à ne pas échantillonner de zone de plus 7m de profondeur, à partir de laquelle les comptages en surface et les relevés photographiques ne sont plus valides
- veiller à ne pas nager trop rapidement (15 minutes pour 100 m), même en cas de faible densité des espèces.

Une fois le comptage débuté, la personne en charge de l'habitat :

- débute la prise de données photographiques le long du transect
- veille à rester à distance suffisante du compteur de poisson (minimum 10m) pour ne pas perturber les peuplements observés.

Une fois que la fin du transect atteinte par le compteur :

- le comptage s'arrête, le compteur doit en particulier éviter de compter les poissons observés au-delà de la limite de longueur du transect
- la profondeur de fin de transect est mesurée
- la visibilité est mesurée (distance maximale de détectabilité de la plaquette) à l'aide du filin matérialisant le transect
- la personne en charge de l'habitat termine le parcours du transect et la prise de données

Les plongeurs récupèrent le filin matérialisant le transect et retournent au bateau.

Nous avons décrit ici le cas de figure où deux plongeurs sont impliqués : l'un comptant les poissons, l'autre réalisant les relevés d'habitat. Il est tout à fait envisageable qu'une seule et même personne effectue successivement le comptage de poissons puis les relevés d'habitat. Le protocole serait alors similaire, à la différence que les relevés d'habitat photo seraient effectués par le compteur une fois le comptage terminé. Cette alternative nécessite plus de temps pour échantillonner un transect donné.

IV.3. Préparation et analyse des données collectées

IV.3.1. Saisie et filtre des données

Les données de comptage collectées par la présente méthode d'observation sont des données simples, ne nécessitant pas de formulaires de saisie complexes. Deux types de données seront saisis à la suite d'une campagne de terrain : les données de contexte pour un transect donné (date, heure, profondeur, visibilité, etc.) et les données de comptage en elles-mêmes. Chacun de ces deux types de données peut être saisi dans une table distincte et comportant les mêmes champs que ceux apparaissant sur la feuille de collecte de données. Il est fortement recommandé de créer une base de données simple de type MS Access, reliant la table de contexte à la table de données de comptage par l'intermédiaire des identifiants de transects. Cette option présente l'avantage de pouvoir faire des extractions de données plus

facilement si nécessaire par la suite. Il peut toutefois être envisagé de saisir simplement ces deux types de données dans des documents Excel, le calcul des indices classiques décrivant les peuplements ichthyologiques (cf. partie suivante) pouvant être effectué de la même manière dans les deux cas.

Une fois les données saisies, il s'agira d'examiner les transects potentiellement invalides ou aberrants. Dans le cas de cette méthode, la principale source de rejet d'un transect est un manque de visibilité. Si la visibilité au moment du comptage n'a pas permis au compteur d'observer les poissons sur une bande de 8 m de large au fond (si c'est cette valeur de couloir qui a été initialement choisie), le transect ne pourra pas être pris en compte dans de futures analyses car il ne sera pas comparable aux autres transects. La profondeur moyenne sur le transect et la visibilité, évaluées sur le terrain, permettent de calculer la largeur de la bande visible au fond par le compteur pour chaque transect, et donc de rejeter les transects pour lesquelles la visibilité était trop faible pour obtenir des mesures standardisées des peuplements de poissons.

IV.3.2. Calculs des indices classiques pour les peuplements de poisson

Comme indiqué précédemment, les données de comptage collectées permettent de calculer les indices écologiques classiques décrivant les peuplements ichthyologiques. Il s'agit de l'abondance et de la densité, de la biomasse, de la taille moyenne, et de la diversité. A titre informatif, les modes de calcul de ces différents paramètres sont présentés ci-dessous. Selon l'objectif et le niveau d'expertise des acteurs en charge du suivi, les données collectées et ces paramètres pourront permettre de poursuivre vers différents types d'analyses statistiques, les données récoltées pouvant être analysées et utilisées de la même manière que les données de comptages complets classiques.

Abondance et densité

L'abondance totale sur un transect correspond à la somme des poissons observés sur le transect. La densité, plus communément utilisée en écologie, est l'abondance par unité de surface (nombre de poissons/m²). Elle s'obtient donc en divisant l'abondance par la surface sur laquelle ont été comptés les poissons (dans le cas présent : 800m², mais pouvant être différente selon le cas de figure). Les calculs d'abondance et de densité peuvent être effectués par sous-groupe (espèces, groupes trophiques, etc.) selon les objectifs de l'analyse.

Biomasse

La première étape pour le calcul de la biomasse est d'estimer le poids des individus observés, à partir de leur longueur. La formule classiquement utilisée pour ce calcul est : Poids = (a × Longueur)^b, où a et b sont des coefficients propres à chaque espèce ou à chaque groupe d'espèces. Kulbicki et al. (2005a) fournit les valeurs de ces coefficients à divers niveaux taxonomiques pour un grand nombre de poissons récifo-lagonaires de l'Indo-Pacifique. Ces coefficients peuvent également être obtenus sur le site de FishBase (www.fishbase.fr). Une fois les poids des individus calculés, il est possible d'obtenir en les additionnant la biomasse totale sur le transect, ou par groupes d'espèces. De même que la densité, la biomasse est classiquement exprimée par unité de surface, en g/m².

Taille moyenne

Il s'agit de la moyenne des tailles des poissons observés sur le transect. On peut calculer la taille moyenne générale sur le transect ou par groupe d'espèces.

Diversité

Le calcul d'un indice de diversité n'est pas nécessairement pertinent lorsque l'on travaille à partir d'une liste restreinte d'espèces. L'utilité de son calcul dépendra donc de la liste considérée (inutile si l'on suit une ou deux espèces par exemple). Comme dans la présente étude, il peut toutefois être intéressant de déterminer le nombre d'espèces observées sur un transect parmi les espèces de la liste.

V. Références bibliographiques

Andréfouët S, Torres-Pulliza D (2004) Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, IFRECOR Nouvelle-Calédonie.

Bruno JF, Sweatman H, Precht WF, Selig ER, Schutte VGW (2009) Assessing evidence of phase shifts from coral to macroalgal dominance on coral reefs. *Ecology* 90(6): 1478-1484.

Carassou L, Léopold M, Guillemot N, Wantiez L (2009) Impacts potentiels de la pêche des poissons herbivores sur la structure des communautés coralliennes et algales en Nouvelle-Calédonie - Synthèse des connaissances bibliographiques et analyse du contexte néo-calédonien. Rapport d'étude IFRECOR, 53p.

Chabanet P, Guillemot N, Kulbicki M, Vigliola L, Sarraména S (sous presse) Baseline study of the spatio-temporal patterns of reef fish communities prior to a major mining project in New Caledonia (South Pacific). *Marine Pollution Bulletin*. DOI : 10.1016/j.marpolbul.2010.06.032.

Done TJ (2004) Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiologia* 247(1-3): 121-132.

Dubinsky Z, Stambler N (2006) Marine pollution and coral reefs. *Global Change Biology* 2(6): 511-526.

Dulvy NK, Sadovy Y, Reynolds JD (2003) Extinction vulnerability in marine populations. *Fish and Fisheries* 4: 25-64.

Dulvy NK, Ellis JR, Goodwin NB, Grant A, Reynolds JD, Jennings S (2004) Methods of assessing extinction risk in marine fishes. *Fish and Fisheries* 5: 255-276.

Dumas P, Bertaud A, Peignon C, Léopold M, Pelletier D (2009) A “quick and clean” photographic method for the description of coral reef habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 368: 161-168.

Gardner TA, Côté IM, Gill JA, Grant A, Watkinson AR (2003) Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science* 301: 258-260.

Greenstreet SPR, Spence FB, Shanks AM, McMillan JA (1999) Fishing effects in northeast Atlantic shelf seas : patterns in fishing effort, diversity and community structure. V. Changes in structure of the North Sea groundfish species assemblage between 1925 and 1996. *Fisheries Research* 40: 153-183.

Guillemot N (2009) Les peuplements de poissons récifaux et leur exploitation dans la zone de Voh-Koné-Pouembout (Nouvelle-Calédonie) : caractérisation, indicateurs et enjeux de suivi. Mémoire de doctorat, 350p.

Guillemot N, Léopold M, Chabanet P, Cuif M (2009) Characterization and management of informal fisheries confronted with socio-economic changes in New Caledonia (South Pacific). *Fisheries Research* 98: 51-61.

Halford A, Cheal AJ, Ryan D, Williams DM (2004) Resilience to large-scale disturbance in coral and fish assemblages on the Great Barrier Reef. *Ecology* 85:1892-1905

Harmelin-Vivien ML, Harmelin JG, Chauvet C, Duval C, Galzin R, Lejeune P, Barnabé G, Blanc F, Chevalier R, Duclerc J, Lasserre G (1985) Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. *Revue Ecologie Terre Vie* 40: 467-539.

Harvey E, Fletcher D, Shortis M (2001) A comparaison of the precision and accuracy of estimates of reef-fish lengths determined visually by divers with estimates produced by stereo-video system. *Fishery Bulletin* 99: 63-71.

Hughes TP (1994) Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265: 1547-1551.

Hughes TP, Baird AH, Bellwood DR, Card M, Connolly SR, Folke C, Grosberg R, Hoegh-Guldberg O, Jackson JBC, Kleypas J, Lough JM, Marshall P, Nyström M, Palumbi SR, Pandolfi JM, Rosen B, Roughgarden J (2003) Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science* 301: 929-933.

Jennings S, Polunin NVC (1995) Biased underwater visual census biomass estimates for target species in tropical reef fisheries. *Journal of Fish Biology* 47: 733-736.

John JS, Russ GR, Gladstone W (1990) Accuracy and bias of visual estimates of numbers, size structure and biomass of a coral reef fish. *Marine Ecology Progress Series* 64: 253-262.

Jollit I, Léopold M, Guillemot N, David G, Chabanet P, Lebigre JM, Ferraris J (sous presse) The spatial structure of informal coastal fisheries in New Caledonia. *Marine Pollution Bulletin*.

Kulbicki M (1998) How the acquired behavior of commercial reef fishes may influence the results obtained from visual censuses? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 222: 11-30.

Kulbicki M, Guillemot N, Amand M (2005a) A general approach to length-weight relationships for New Caledonian lagoon fishes. *Cybium* 29(3): 235-252.

Kulbicki M, Bozec YM, Labrosse P, Letourneur Y, Mou Tham G, Wantiez L (2005b) Diet composition of carnivorous fishes from coral reef lagoons of New Caledonia. *Aquatic Living Ressources* 18(3): 231-250.

Labrosse P, Ferraris J, Letourneur Y (2006) Assessing the sustainability of subsistence fisheries in the Pacific: the use of data on fish consumption. *Ocean Coast. Manage.* 49, 203–221.

Ledlie MH, Graham NAJ, Bythell JC, Wilson SK, Jennings S, Polunin NVC, Hardcastle J (2007) Phase shifts and the role of herbivory in the resilience of coral reefs. *Coral Reefs* 26:641-653.

Léopold M, Cakacaka A, Meo S, Sikolia J, Lecchini D (2009) Evaluation of the effectiveness of three underwater reef fish monitoring methods in Fiji. *Biodiversity and Conservation* 18:3367-3382.

McClanahan TR, Polunin NVC, Done T (2002) Ecological states and the resilience of coral reefs. *Conservation Ecology* 6(2): 18.

McCook LJ (1999) Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 18(4): 357-367.

Pandolfi JM, Bradbury RH, Sala E, Hughes TP, Bjorndal KA, Cooke RG, McArdle D, McClenahan L, Newman MJH, Paredes G, Warner RR, Jackson JBC (2003) Global Trajectories of the Long-Term Decline of Coral Reef Ecosystems. *Science* 301(5635): 955-958.

Pastorok RA, Bilyard GR (1985) Effects of sewage pollution on coral-reef Communities. *Marine ecology Progress Series* 21: 175-189.

Sale PF, Doherty PJ, Eckert GJ, Douglas WA, Ferrell DJ (1984) Large scale spatial and temporal variation in recruitment to fish populations on coral reefs. *Oecologia* 64(2): 191-198.

Samoilys M (1997) Underwater visual census surveys. In: *Manual for Assessing Fish Stocks on Pacific Coral Reefs*. Department of Primary Industries, Townsville.

Wilkinson CR (2002) Status of coral reefs of the world: 2002. Clyde Wilkinson (éd.). Australian Institute of Marine Sciences, Townsville, Australia.

Wilkinson CR (2004) Status of coral reefs of the world: 2004. Clyde Wilkinson (éd.). Australian Institute of Marine Sciences, Townsville, Australia.

Wilkinson CR (2008) Status of coral reefs of the world: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia.

Willis TJ (2001) Visual census methods underestimate density and diversity of cryptic reef fishes. *Journal of Fish Biology* 59: 1408-1411.

Worms B, Barbier EB, Beaumont N, Duffy JE, Folke C, Halpern BS, Jackson JBC, Lotze HK, Micheli F, Palumbi SR, Sala E, Selkoe KA, Stachowicz JJ, Watson R (2006) Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Science* 314(5800): 787-790.

ANNEXES

***Annexe 1** - Liste des participants à la collecte de données sur le terrain (comptages de poissons en surface et relevés d'habitat par méthode photographique), et rôles respectifs.*

Nom	Organisme	Rôle
Laurent Wantiez	UNC, Maître de conférences	Comptage de poissons
Gérard Mou-Tham	IRD, assistant-ingénieur	Comptage de poissons
Christophe Peignon	IRD, assistant-ingénieur	Relevé d'habitat (méthode photographique)
Nicolas Guillemot	Prestataire scientifique	Comptage de poissons

Annexe 2 - Feuille de relevé utilisée pour les comptages de poisson en surface.

Etude IRD/UNC/IFRECOR - Comptages poissons surface, lagon Sud-Ouest, Nouvelle-Calédonie

Transect N° _ _ _	Point GPS N° _ _	Plongeur _ _ _ _	Visibilité _ _ m
Heure : Début _ _ : _ _ Fin _ _ : _ _		Profondeur : Début _,_ m Fin _,_ m	
Site _ _ _ _		Date _ _ /04/2010 Vent _ _ nds (Sect _ _) Ciel _ _ _ _	

Taille (cm)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55 et +
Perroquet bleu										
Autre perroquet										
Dawa										
Picot kanak										
Saumonée										
Saumonée "gros points"										
Loche										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55 +
Picot										
Anglais										
Bossu										
Bec de cane										
Carangue										
Espèce remarquable										

Annexe 3 - Liste des stations échantillonnées et informations géographiques correspondantes.

Station	Date	Site	Biotope	Réserve	Longitude	Latitude	Long. décimale	Lat. décimale
01	20-avr	Nouvelle	Frangeant	OUI	166° 23,184' E	22° 15,470' S	166,386001	-22,257799
02	20-avr	Nouvelle	Frangeant	OUI	166° 23,313' E	22° 15,679' S	166,389007	-22,261299
03	20-avr	Nouvelle	Frangeant	OUI	166° 23,425' E	22° 15,851' S	166,389999	-22,2642
04	20-avr	Nouvelle	Frangeant	OUI	166° 23,583' E	22° 16,004' S	166,393005	-22,2667
05	20-avr	Nouvelle	Frangeant	NON	166° 23,916' E	22° 16,296' S	166,399002	-22,2716
06	20-avr	Nouvelle	Frangeant	NON	166° 23,240' E	22° 15,400' S	166,38733	-22,2567
07	20-avr	Nouvelle	Frangeant	NON	166° 24,500' E	22° 16,379' S	166,408004	-22,273
08	20-avr	Nouvelle	Frangeant	NON	166° 24,787' E	22° 16,261' S	166,412994	-22,270999
09	21-avr	Récif Ricaudy	Frangeant	OUI	166° 27,198' E	22° 18,922' S	166,453002	-22,315399
10	21-avr	Récif Ricaudy	Frangeant	OUI	166° 27,348' E	22° 18,943' S	166,455993	-22,3157
11	21-avr	Récif Ricaudy	Frangeant	NON	166° 27,491' E	22° 18,890' S	166,457992	-22,3148
12	21-avr	Récif Ricaudy	Frangeant	NON	166° 27,536' E	22° 18,737' S	166,458999	-22,312299
13	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON	166° 28,573' E	22° 18,407' S	166,476217	-22,306783
14	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON	166° 28,236' E	22° 18,847' S	166,470993	-22,3141
15	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON	166° 28,399' E	22° 18,975' S	166,473007	-22,316299
16	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON	166° 28,707' E	22° 18,994' S	166,477996	-22,3166
17	22-avr	Ilot Maître	Intermédiaire	OUI	166° 24,090' E	22° 20,425' S	166,4015	-22,34041667
18	22-avr	Ilot Maître	Intermédiaire	OUI	166° 24,363' E	22° 20,648' S	166,40605	-22,34413333
19	22-avr	Ilot Maître	Intermédiaire	OUI	166° 24,770' E	22° 20,809' S	166,412994	-22,346799
20	22-avr	Ilot Maître	Intermédiaire	OUI	166° 24,403' E	22° 20,045' S	166,406997	-22,3341
21	22-avr	Sèche-Croissant	Intermédiaire	NON	166° 22,454' E	22° 19,822' S	166,373992	-22,3304
22	19-avr	Sèche-Croissant	Intermédiaire	NON	166° 22,349' E	22° 19,643' S	166,371994	-22,3274
23	19-avr	Sèche-Croissant	Intermédiaire	NON	166° 21,980' E	22° 19,578' S	166,365997	-22,326299
24	22-avr	Sèche-Croissant	Intermédiaire	NON	166° 22,004' E	22° 19,182' S	166,367004	-22,3197
25	19-avr	Ilot Larégnère	Intermédiaire	OUI	166° 18,804' E	22° 19,544' S	166,313003	-22,3257
25b	19-avr	Ilot Larégnère	Intermédiaire	OUI	166° 19,408' E	22° 19,552' S	166,323467	-22,325867

Station	Date	Site	Biotope	Réserve	Longitude	Latitude	Long. décimale	Lat. décimale
					(suite)			
26	19-avr	Ilot Larégnère	Intermédiaire	OUI	166° 19,959' E	22° 19,538' S	166,332992	-22,325599
30	19-avr	Récif Larégnère	Intermédiaire	NON	166° 17,885' E	22° 19,726' S	166,298004	-22,3288
31	19-avr	Récif Larégnère	Intermédiaire	NON	166° 17,678' E	22° 19,718' S	166,294998	-22,328599
41	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	166° 19,295' E	22° 24,856' S	166,322006	-22,4143
42	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	166° 19,414' E	22° 24,990' S	166,324005	-22,4165
43	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	166° 19,491' E	22° 25,186' S	166,324996	-22,419799
44	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	166° 19,574' E	22° 25,374' S	166,326004	-22,422899
45	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	166° 19,674' E	22° 25,551' S	166,328002	-22,4258
46	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	166° 19,748' E	22° 25,662' S	166,328994	-22,4277
47	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	166° 19,868' E	22° 25,748' S	166,330993	-22,4291
48	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	166° 19,993' E	22° 25,873' S	166,332992	-22,4312
50	22-avr	Ilot Maître	Intermédiaire	OUI	166° 24,544' E	22° 19,850' S	166,4090667	-22,33083333
51	22-avr	Ilot Maître	Intermédiaire	OUI	166° 24,693' E	22° 19,695' S	166,41155	-22,32825

Annexe 4 - Liste des transects échantillonnés et informations géographiques correspondantes.

Transect	Station	Date	Site	Biotope	Réserve	Habitat	Long. décimale	Lat. décimale
011	01	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI		166,3862667	-22,25891667
012	01	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI	X	166,386001	-22,257799
013	01	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI		166,3863333	-22,25906667
021	02	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI		166,3881833	-22,26145
022	02	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI	X	166,389007	-22,261299
023	02	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI		166,38635	-22,25906667
031	03	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI		166,39045	-22,26426667
032	03	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI	X	166,389999	-22,2642
033	03	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI		166,3904333	-22,26418333
041	04	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI		166,3926667	-22,2658
042	04	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI	X	166,393005	-22,2667
043	04	20-avr	Nouvelle	Frangéant	OUI		166,3926167	-22,26588333
051	05	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON		166,3986	-22,2712
052	05	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON	X	166,399002	-22,2716
053	05	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON		166,399002	-22,2716
061	06	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON		166,3875833	-22,25668333
062	06	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON	X	166,38733	-22,2567
063	06	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON		166,3876333	-22,25651667
071	07	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON		166,4082167	-22,27281667
072	07	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON	X	166,408004	-22,273
073	07	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON		166,40805	-22,27268333
081	08	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON		166,4125	-22,27095
082	08	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON	X	166,412994	-22,270999
083	08	20-avr	Nouvelle	Frangéant	NON		166,4123	-22,27103333
091	09	21-avr	Ricaudy	Frangéant	OUI		166,45285	-22,31573333
092	09	21-avr	Ricaudy	Frangéant	OUI	X	166,453002	-22,315399

Transect	Station	Date	Site	Biotope	Réserve	Habitat	Long. décimale	Lat. décimale
(suite)								
093	09	21-avr	Ricaudy	Frangeant	OUI		166,45305	-22,31576667
101	10	21-avr	Ricaudy	Frangeant	OUI		166,4557	-22,31588333
102	10	21-avr	Ricaudy	Frangeant	OUI	X	166,455993	-22,3157
103	10	21-avr	Ricaudy	Frangeant	OUI		166,4556833	-22,31573333
111	11	21-avr	Ricaudy	Frangeant	NON		166,4583	-22,31508333
112	11	21-avr	Ricaudy	Frangeant	NON	X	166,457992	-22,3148
113	11	21-avr	Ricaudy	Frangeant	NON		166,4582333	-22,31495
121	12	21-avr	Ricaudy	Frangeant	NON		166,4588167	-22,31273333
122	12	21-avr	Ricaudy	Frangeant	NON	X	166,458999	-22,312299
123	12	21-avr	Ricaudy	Frangeant	NON		166,38735	-22,25673333
131	13	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON		166,4762833	-22,3066
132	13	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON	X	166,476217	-22,306783
133	13	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON		166,47625	-22,30665
141	14	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON		166,4705333	-22,31361667
142	14	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON	X	166,470993	-22,3141
143	14	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON		166,4705667	-22,31358333
151	15	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON		166,47305	-22,3162
152	15	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON	X	166,473007	-22,316299
153	15	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON		166,4729333	-22,31623333
161	16	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON		166,4786833	-22,31638333
162	16	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON	X	166,477996	-22,3166
163	16	21-avr	Sainte Marie	Frangeant	NON		166,4785667	-22,31645
171	17	22-avr	Îlot Maître	Intermédiaire	OUI		166,4066833	-22,33406667
172	17	22-avr	Îlot Maître	Intermédiaire	OUI	X	166,4015	-22,34041667
173	17	22-avr	Îlot Maître	Intermédiaire	OUI		166,4015833	-22,34015
181	18	22-avr	Îlot Maître	Intermédiaire	OUI		166,40605	-22,34375

Transect	Station	Date	Site	Biotope	Réserve	Habitat	Long. décimale	Lat. décimale
<i>(suite)</i>								
182	18	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI	X	166,40605	-22,34413333
183	18	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI		166,4061167	-22,34376667
191	19	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI		166,4128167	-22,34618333
192	19	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI	X	166,412994	-22,346799
193	19	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI		166,4125667	-22,34615
201	20	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI		166,4066833	-22,33406667
202	20	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI	X	166,406997	-22,3341
203	20	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI		166,4064833	-22,33406667
211	21	22-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON		166,3734833	-22,33046667
212	21	22-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON	X	166,373992	-22,3304
213	21	22-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON		166,3733833	-22,33043333
221	22	19-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON		166,3723333	-22,32751667
222	22	19-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON	X	166,371994	-22,3274
223	22	19-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON		166,3725333	-22,32758333
231	23	19-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON		166,3662167	-22,32668333
232	23	19-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON	X	166,365997	-22,326299
233	23	19-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON		166,3663333	-22,32658333
241	24	22-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON		166,3667667	-22,3193
242	24	22-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON	X	166,367004	-22,3197
243	24	22-avr	S. Croissant	Intermédiaire	NON		166,3666167	-22,31928333
251	25	19-avr	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	OUI		166,3135	-22,32638333
252	25	19-avr	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	OUI	X	166,313003	-22,3257
253	25	19-avr	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	OUI		166,31365	-22,32631667
25b1	25b	19-avr	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	OUI		166,3234167	-22,32603333
25b2	25b	19-avr	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	OUI	X	166,323467	-22,325867
25b3	25b	19-avr	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	OUI		166,3236833	-22,32635

Transect	Station	Date	Site	Biotope	Réserve	Habitat	Long. décimale	Lat. décimale
<i>(suite)</i>								
261	26	19-avr	Îlot Larégnère	Intermédiaire	OUI		166,3327667	-22,32561667
262	26	19-avr	Îlot Larégnère	Intermédiaire	OUI	X	166,332992	-22,325599
263	26	19-avr	Îlot Larégnère	Intermédiaire	OUI		166,3328333	-22,32583333
301	30	19-avr	Récif Larégnère	Intermédiaire	NON		166,2982333	-22,32836667
302	30	19-avr	Récif Larégnère	Intermédiaire	NON	X	166,298004	-22,3288
303	30	19-avr	Récif Larégnère	Intermédiaire	NON		166,29815	-22,32836667
311	31	19-avr	Récif Larégnère	Intermédiaire	NON		166,29515	-22,32873333
312	31	19-avr	Récif Larégnère	Intermédiaire	NON	X	166,294998	-22,328599
313	31	19-avr	Récif Larégnère	Intermédiaire	NON		166,295	-22,3289
411	41	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3220833	-22,41418333
412	41	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	X	166,322006	-22,4143
413	41	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3219333	-22,4143
421	42	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3239833	-22,41645
422	42	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	X	166,324005	-22,4165
423	42	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3238	-22,41678333
431	43	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3260167	-22,42021667
432	43	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	X	166,324996	-22,419799
433	43	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3259667	-22,4202
441	44	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3271333	-22,42255
442	44	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	X	166,326004	-22,422899
443	44	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3271833	-22,4228
451	45	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3281667	-22,42523333
452	45	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	X	166,328002	-22,4258
453	45	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,32825	-22,42523333
461	46	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3295167	-22,42728333
462	46	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	X	166,328994	-22,4277

Transect	Station	Date	Site	Biotope	Réserve	Habitat	Long. décimale	Lat. décimale
<i>(suite)</i>								
463	46	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,32955	-22,42711667
471	47	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3314	-22,4288
472	47	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	X	166,330993	-22,4291
473	47	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,33145	-22,42893333
481	48	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3334167	-22,4309
482	48	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI	X	166,332992	-22,4312
483	48	23-avr	Récif Aboré	Barrière	OUI		166,3334667	-22,43076667
501	50	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI		166,4094	-22,33035
502	50	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI	X	166,4090667	-22,33083333
503	50	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI		166,4123	-22,27103333
511	51	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI		166,4114333	-22,3284
512	51	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI	X	166,41155	-22,32825
513	51	22-avr	Ilôt Maître	Intermédiaire	OUI		166,4116333	-22,32848333

Annexe 5 - Résumé des caractéristiques de l'habitat benthique (en pourcentage de couverture des différentes catégories) sur les transects de comptage couplés à un relevé d'habitat par méthode photographique (Dumas et al. 2009)

Transect	Vase	Sable	Débris	Bloc	Corail mort en place	Roche	Herbier	Macroalgues	Corail vivant	Corail vivant - détail								Millepora sp.	Corail mou
										Branchu	Tabulaire	Digité	Foliaire	Massif	Submassif	Encroûtant			
012	2,2	0,4	5,7	43,4	5,0	14,3	0,0	0,0	29,0	12,2	3,2	0,0	0,0	8,6	2,5	2,2	0,0	0,4	
022	0,0	0,0	23,9	0,0	1,6	3,9	0,0	0,0	70,6	50,7	7,8	0,0	0,3	0,0	4,6	7,2	0,0	0,0	
032	0,0	0,0	21,4	0,0	2,0	15,5	0,0	0,0	61,1	33,7	13,5	0,0	0,0	5,6	4,8	3,6	0,0	0,0	
042	0,0	0,4	14,2	2,3	2,7	26,8	0,0	0,0	53,6	26,8	11,9	0,0	0,0	3,8	6,1	5,0	0,0	0,0	
052	0,0	0,9	3,8	0,0	6,4	35,9	0,0	0,0	53,0	19,7	6,8	0,0	0,9	4,7	10,3	10,7	0,0	0,0	
062	1,6	0,3	5,9	1,6	4,9	32,7	0,0	0,0	52,9	3,6	1,3	0,0	0,0	47,1	0,7	0,3	0,0	0,0	
072	0,0	10,6	13,2	0,0	11,6	24,3	0,0	2,1	38,1	15,9	3,2	0,0	0,5	5,8	5,8	2,6	1,6	2,6	
082	0,0	25,7	10,4	0,0	1,0	12,2	34,4	14,2	2,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,0	0,0	0,0	
092	0,0	10,1	30,0	0,7	1,7	27,9	0,0	12,5	17,2	3,4	11,1	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	
102	0,0	2,1	5,7	0,0	7,9	34,9	2,9	4,8	41,8	17,0	17,0	0,0	0,6	0,6	2,9	3,6	0,0	0,0	
112	0,0	0,4	5,3	0,0	11,9	35,0	0,0	0,4	46,9	26,3	7,4	0,0	0,0	2,1	3,7	6,2	0,8	0,4	
122	0,0	5,8	4,3	0,0	1,9	41,5	1,4	41,5	3,4	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	
132	28,4	9,9	10,5	7,7	0,0	32,1	0,0	0,3	11,1	9,3	0,3	0,0	0,0	0,6	0,9	0,0	0,0	0,0	
142	2,3	3,9	29,1	0,0	4,6	13,7	0,3	0,7	45,4	29,4	4,2	0,0	2,0	3,3	6,2	0,3	0,0	0,0	
152	0,0	19,7	10,2	2,1	3,7	21,1	13,7	0,0	29,6	10,6	5,8	0,0	0,7	3,5	4,4	0,9	0,0	3,7	
162	0,0	11,1	14,3	2,0	7,4	20,2	5,6	0,0	39,4	19,6	9,4	0,0	0,7	3,3	2,4	3,3	0,4	0,2	
172	0,0	12,4	3,1	0,0	0,9	8,4	41,3	32,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9	0,4	0,0	0,0	
182	0,0	15,1	13,3	0,0	2,2	34,8	1,1	0,7	33,0	10,4	10,8	0,0	0,0	0,7	3,9	7,2	0,0	0,0	
192	0,0	0,4	7,8	0,0	5,1	33,6	0,0	0,0	53,1	27,8	18,0	0,0	0,0	1,1	4,0	2,2	0,0	0,0	
202	0,0	40,6	10,8	0,7	2,8	4,9	22,9	0,7	16,7	4,9	1,4	0,0	0,0	0,0	9,4	1,0	0,0	0,0	
212	0,0	7,1	52,9	0,0	4,0	16,9	0,0	12,0	7,1	0,4	2,7	0,0	0,0	0,9	2,2	0,9	0,0	0,0	
222	0,0	26,0	17,4	0,0	7,3	0,5	0,0	0,0	48,7	28,3	7,5	0,0	0,5	1,1	5,9	2,7	2,5	0,2	
232	0,0	0,5	20,2	0,0	23,7	21,2	0,0	0,0	34,3	15,7	0,5	0,0	0,0	14,6	3,5	0,0	0,0	0,0	
242	0,0	31,0	5,4	0,0	0,0	8,4	15,3	36,4	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	
252	0,0	1,4	14,5	0,7	14,5	31,4	0,0	0,0	37,4	20,0	3,4	0,0	0,0	2,7	6,3	3,1	0,0	1,9	
25b2	0,0	16,9	20,0	0,0	15,4	3,8	0,0	0,0	43,8	28,1	1,5	0,0	0,2	2,5	4,8	0,8	5,6	0,4	
262	0,0	2,3	18,5	0,0	10,9	16,7	0,0	0,0	51,6	37,3	2,1	0,0	0,2	5,1	2,8	0,9	2,5	0,7	
302	0,0	0,0	15,3	0,0	42,6	10,6	0,0	0,0	31,5	26,2	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	

Transect	Vase	Sable	Débris	Bloc	Corail mort en place	Roche	Herbier	Macroalgues	Corail vivant	Corail vivant - détail								<i>Millepora sp.</i>	Corail mou
										Branchu	Tabulaire	Digité	Foliaire	Massif	Submassif	Encroûtant			
(suite)																			
312	0,0	0,0	4,8	0,0	18,4	74,4	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	0,0	0,0	
412	0,0	0,7	85,2	0,0	0,0	12,6	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
422	0,0	14,4	25,5	0,0	2,8	55,6	0,0	0,9	0,9	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	
432	0,0	19,1	36,4	0,0	7,6	32,0	0,0	0,0	4,9	1,8	0,9	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	
442	0,0	31,1	28,9	0,3	10,5	13,3	0,0	0,0	15,9	5,7	2,2	0,0	3,2	1,6	2,5	0,3	0,0	0,3	
452	0,0	21,8	37,9	0,0	10,2	18,1	0,0	0,0	12,0	4,4	0,7	0,0	0,2	3,1	3,3	0,2	0,2	0,0	
462	0,0	6,5	52,9	0,0	2,9	37,3	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
472	0,0	13,6	27,2	0,0	28,0	16,8	0,0	0,0	14,3	3,2	0,4	0,0	0,0	2,2	7,9	0,7	0,0	0,0	
482	0,0	16,9	33,0	0,0	21,5	23,0	0,0	0,0	5,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,4	3,1	0,0	0,0	0,0	
502	0,0	17,2	26,9	0,4	1,4	4,7	39,8	5,0	4,7	0,7	1,1	0,0	0,0	0,4	2,2	0,4	0,0	0,0	
512	2,1	8,2	26,3	0,0	7,0	19,8	0,0	0,4	36,2	23,0	3,7	0,0	0,4	2,9	2,5	3,7	0,0	0,0	

Annexe 6 - Eléments de contexte et principales variables décrivant les peuplements ichthyologiques pour l'ensemble des transects échantillonnés (répliqués ou non)

Station	Transect	Site	Biotope	Réserve	Réplikat	Visibilité (m)	Vent (nds)	Direction du vent	Profondeur moyenne	Durée du transect (min)	Densité (ind/m ²)	Biomasse (g/m ²)	Taille moyenne (cm)	Diversité
01	011	Nouvelle	Frangeant	Oui	Non	6	20	SE	2,6	9	0,0213	2,60	15,6	2
01	013	Nouvelle	Frangeant	Oui	Non	6	20	SE	1,8	15	0,0225	8,81	24,2	3
02	022	Nouvelle	Frangeant	Oui	Oui	6,5	15	SE	3,6	8	0,0038	0,10	11,3	2
02	023	Nouvelle	Frangeant	Oui	Non	7	15	SE	2,5	15	0,0125	2,22	18,5	2
03	031	Nouvelle	Frangeant	Oui	Non	5	25	SE	3,1	20	0,0076	0,14	10,0	3
03	033	Nouvelle	Frangeant	Oui	Non	7	25	SE	2,0	15	0,0175	2,44	16,8	5
04	042	Nouvelle	Frangeant	Oui	Oui	6	20	SE	3,4	10	0,0188	1,23	16,9	3
04	043	Nouvelle	Frangeant	Oui	Non	6	20	SE	2,0	15	0,0263	2,60	15,7	4
05	052	Nouvelle	Frangeant	Non	Oui	5	20	SE	2,8	9	0,0114	2,71	19,8	2
05	053	Nouvelle	Frangeant	Non	Non	6	20	SE	2,5	15	0,0288	3,26	15,4	6
06	062	Nouvelle	Frangeant	Non	Oui	6	20	SE	2,8	12	0,0225	4,20	17,7	3
06	063	Nouvelle	Frangeant	Non	Non	9	20	SE	1,8	15	0,0125	1,95	17,0	4
07	072	Nouvelle	Frangeant	Non	Non	6	20	SE	3,0	8	0,0113	1,15	15,6	3
07	073	Nouvelle	Frangeant	Non	Non	6	20	SE	3,0	15	0,0200	0,79	12,2	5
08	083	Nouvelle	Frangeant	Non	Non	4	10	SE	1,3	15	0,0118	0,23	10,0	4
09	092	Récif Ricaudy	Frangeant	Oui	Oui	8	15	SE	2,7	9	0,0188	3,20	16,6	3
09	093	Récif Ricaudy	Frangeant	Oui	Non	8	15	SE	2,0	15	0,0113	1,94	19,4	4
10	102	Récif Ricaudy	Frangeant	Oui	Oui	8	15	SE	3,1	14	0,0244	2,15	15,9	4,5
10	103	Récif Ricaudy	Frangeant	Oui	Non	9	15	SE	2,0	12	0,0400	11,23	22,5	4
11	112	Récif Ricaudy	Frangeant	Non	Oui	6	15	SE	3,0	9	0,0263	3,84	14,7	4,5
11	113	Récif Ricaudy	Frangeant	Non	Non	7	15	SE	1,0	15	0,0313	4,50	18,4	4
12	122	Récif Ricaudy	Frangeant	Non	Oui	6	10	SE	1,7	10	0,0213	1,47	13,2	3,5
12	123	Récif Ricaudy	Frangeant	Non	Non	6	10	SE	1,3	16	0,0038	0,11	11,7	2
13	132	Sainte Marie	Frangeant	Non	Oui	5	5	SE	2,0	10	0,0125	2,29	18,7	3
14	142	Sainte Marie	Frangeant	Non	Oui	6,5	5	SE	3,0	9	0,0256	5,55	19,0	5
14	143	Sainte Marie	Frangeant	Non	Non	5	5	SE	1,3	15	0,0463	13,00	22,0	4
15	152	Sainte Marie	Frangeant	Non	Non	6	20	SE	3,5	18	0,0200	11,49	29,7	4
15	153	Sainte Marie	Frangeant	Non	Non	7	20	SE	4,5	15	0,0238	13,65	28,7	4
16	162	Sainte Marie	Frangeant	Non	Oui	9,5	20	SE	2,6	10	0,0306	5,31	17,4	5
16	163	Sainte Marie	Frangeant	Non	Non	10	20	SE	1,8	15	0,0375	2,75	14,8	5

Station	Transect	Site	Biotope	Réserve	Réplicat	Visibilité (m)	Vent (nds)	Direction du vent	Profondeur moyenne	Durée du transect (min)	Densité (ind/m ²)	Biomasse (g/m ²)	Taille moyenne (cm)	Diversité
(Suite)														
17	172	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Oui	7	20	E	2,8	10	0,0700	31,63	26,0	6,5
17	173	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Non	10	20	E	2,5	10	0,0638	21,76	21,3	6
18	182	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Oui	9	15	E	3,2	11	0,1069	63,73	25,1	6
18	183	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Non	11	15	E	2,5	15	0,0313	11,33	23,0	8
19	192	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Oui	11	15	E	3,5	12	0,1094	24,36	20,3	4,5
19	193	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Non	12	15	E	3,5	15	0,1175	31,43	21,5	10
20	202	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Oui	7,5	20	E	2,2	11	0,2794	109,89	25,0	6,5
20	203	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Non	12	20	E	1,8	15	0,0888	42,39	27,5	6
21	212	Sèche-Croissant	Intermédiaire	Non	Oui	9	15	E	3,5	9	0,1238	31,59	20,7	5
21	213	Sèche-Croissant	Intermédiaire	Non	Non	10	15	E	4,5	15	0,0888	13,36	17,5	4
22	222	Sèche-Croissant	Intermédiaire	Non	Oui	8	20	SE	2,9	10	0,0481	15,71	22,8	6
22	223	Sèche-Croissant	Intermédiaire	Non	Non	8	20	SE	3,5	15	0,0788	27,47	23,2	5
23	232	Sèche-Croissant	Intermédiaire	Non	Oui	7	20	SE	3,9	15	0,0663	15,38	19,4	4,5
23	233	Sèche-Croissant	Intermédiaire	Non	Non	6	20	SE	2,3	15	0,0463	12,44	20,8	8
24	242	Sèche-Croissant	Intermédiaire	Non	Oui	10	15	SE	2,3	8	0,0619	5,24	15,2	4
24	243	Sèche-Croissant	Intermédiaire	Non	Non	10	15	SE	1,5	15	0,0288	4,54	19,8	3
25	252	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	Oui	Oui	8	20	SE	3,5	12	0,0569	24,89	26,1	5,5
25	253	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	Oui	Non	8	20	SE	2,0	25	0,0950	18,11	19,5	9
25b	25b2	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	Oui	Oui	11	20	SE	2,3	13	0,1081	72,00	26,1	7
25b	25b3	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	Oui	Non	10	20	SE	2,3	20	0,0288	4,95	18,3	3
26	262	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	Oui	Oui	10	20	SE	3,5	10	0,0494	32,84	30,6	8,5
26	263	Ilôt Larégnère	Intermédiaire	Oui	Non	10	20	SE	2,5	20	0,0613	9,96	17,4	8
30	302	Récif Larégnère	Intermédiaire	Non	Oui	8	20	SE	2,8	14	0,0375	7,59	18,8	2,5
30	303	Récif Larégnère	Intermédiaire	Non	Non	10	20	SE	1,3	15	0,0225	2,15	14,2	6
31	312	Récif Larégnère	Intermédiaire	Non	Oui	9	20	SE	2,9	13	0,0588	14,46	19,2	2,5
31	313	Récif Larégnère	Intermédiaire	Non	Non	10	20	SE	3,9	25	0,0800	14,34	18,4	4
31	314	Récif Larégnère	Intermédiaire	Non	Non	8	20	SE	2,0	7	0,0525	6,18	15,6	4
41	412	Récif Aboré	Barrière	Oui	Oui	19	15	E	3,2	9	0,0569	6,38	13,6	4,5
41	413	Récif Aboré	Barrière	Oui	Non	15	15	E	1,0	10	0,0088	0,59	14,3	3
42	422	Récif Aboré	Barrière	Oui	Oui	19	15	E	3,6	9	0,0688	14,86	16,5	4,5
42	423	Récif Aboré	Barrière	Oui	Non	20	15	E	4,5	15	0,0763	23,53	22,6	8
43	432	Récif Aboré	Barrière	Oui	Oui	20	20	E	2,9	10	0,2281	80,61	19,3	8,5

Station	Transect	Site	Biotope	Réserve	Réplicat	Visibilité (m)	Vent (nds)	Direction du vent	Profondeur moyenne	Durée du transect (min)	Densité (ind/m ²)	Biomasse (g/m ²)	Taille moyenne (cm)	Diversité
<i>(Suite)</i>														
43	433	Récif Aboré	Barrière	Oui	Non	20	20	E	2,0	15	0,0725	20,45	21,7	8
44	442	Récif Aboré	Barrière	Oui	Oui	17,5	20	E	2,8	10	0,1194	27,68	18,8	7,5
44	443	Récif Aboré	Barrière	Oui	Non	20	20	E	2,3	15	0,1213	23,40	19,0	8
45	452	Récif Aboré	Barrière	Oui	Oui	18	15	E	2,5	11	0,0913	47,96	23,3	7,5
45	453	Récif Aboré	Barrière	Oui	Non	20	15	E	3,0	15	0,0388	3,33	14,0	4
46	462	Récif Aboré	Barrière	Oui	Oui	19	10	E	2,9	11	0,0594	23,38	20,5	4,5
46	463	Récif Aboré	Barrière	Oui	Non	17	10	E	3,0	15	0,0225	5,50	21,1	5
47	472	Récif Aboré	Barrière	Oui	Oui	17	20	E	2,7	9	0,1056	46,01	24,7	6,5
47	473	Récif Aboré	Barrière	Oui	Non	17	20	E	4,0	15	0,0313	10,46	23,4	5
48	482	Récif Aboré	Barrière	Oui	Oui	16,5	20	E	2,7	11	0,1563	70,09	23,3	7,5
48	483	Récif Aboré	Barrière	Oui	Non	15	20	E	4,0	15	0,0463	32,70	32,2	7
50	502	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Oui	6	15	E	2,0	9	0,1219	34,24	20,9	5
50	503	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Non	8	15	E	1,8	15	0,0563	45,80	27,6	5
51	512	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Oui	7	20	E	2,1	8	0,0556	24,12	25,4	5,5
51	513	Ilôt Maître	Intermédiaire	Oui	Non	9	20	E	4,0	15	0,0713	37,00	27,5	8