

Borendy 2012

Bilan de l'état de santé des récifs par stations vidéo rotatives STAVIRO

William Roman, Dominique Pelletier, Abigail Powell



1. Remerciements

Ce travail est réalisé dans le cadre du projet AMBIO, « Aires Marines Protégées Biodiversité, Patrimoine Mondial », un projet de recherche construit et piloté par l'Unité de Recherche Lagons, Ecosystèmes et Aquaculture Durable de la Délégation IFREMER de Nouvelle-Calédonie. Le projet AMBIO est financé par le Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, le Conservatoire des Espaces Naturels de Nouvelle-Calédonie, la Province Nord, la Province Sud, la Province des Iles et l'IFREMER. Il bénéficie d'un cofinancement du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (Convention HC/2100903999 - IFREMER 12/1210366/CF).

La collecte des données de 2012 et leur analyse ont bénéficié du soutien financier de l'IFRECOR Nouvelle-Calédonie et de l'IFREMER (Convention HC/AAMP/2012/4 – IFREMER 12/1210206/CF).

L'Agence des Aires Marines Protégées soutient par ailleurs le projet Vidéo de l'IFREMER dans le cadre de la convention AAMP/12/080 – IFREMER 12/1210155/CF.



Nous remercions :

- Christian Tuiagaifo, Steve Paofai de la Direction de l'Environnement de la Province Sud pour leur implication et leur aide tout au long de la mission
- les coutumiers et le comité de gestion pour nous avoir autorisés à réaliser la mission
- la Direction de l'Environnement de la Province Sud pour la mise à disposition du Stenella, de son équipage et le contact avec le comité de gestion et la chefferie.
- Nathalie Baillon pour son aide sur le terrain.

Ce document doit être cité comme suit :

William Roman, Dominique Pelletier & Abigail Powell. 2014. Borendy 2012. Bilan de l'état de santé des récifs par stations vidéo rotatives STAVIRO. Rapport AMBIO/A/11. IFREMER Nouméa. 81 p. Version du 25 mars 2015.

Contenu

1. Remerciements	- 3 -
2. Synthèse	- 6 -
3. Contexte.....	- 13 -
3.1. La région de Borendy : de la Baie de Port Bouquet au nord de la Côte oubliée	- 14 -
3.2. Les statuts de protection.....	- 15 -
4. Matériel et méthodes.....	- 16 -
4.1. Stations vidéo rotatives.....	- 16 -
4.2. Stratégie d'échantillonnage.....	- 16 -
4.3. Analyse des images : l'habitat	- 16 -
4.4. Analyse des images : les poissons et espèces marines emblématiques	- 17 -
4.5. Calcul des indicateurs : l'outil de calcul PAMPA.....	- 17 -
4.6. Analyse des indicateurs.....	- 18 -
4.7. Grille de lecture des indicateurs et tableau de bord.....	- 19 -
4.8. Analyse de la structure de l'assemblage de poissons	- 21 -
5. Distribution des stations	- 22 -
6. Etat initial vidéo	- 24 -
6.1. Bilan de l'analyse des images.....	- 24 -
6.2. Habitat.....	- 24 -
6.3. Indicateurs sur l'ichtyofaune et les tortues.....	29
6.4. Structure des communautés de poissons en fonction de la géomorphologie et de l'habitat	38
7. Evaluation de la mise en protection	43
7.1. Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème.....	43
7.2. Conservation de la biodiversité : Maintien des fonctions de l'écosystème	45
7.3. Conservation de la biodiversité : Espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques	47
7.4. Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats	48
7.5. Exploitation durable des ressources : Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles	49
8. Recommandation pour les suivis	51
8.1. Plan d'échantillonnage pour un suivi vidéo.....	51
9. Annexe 1. Grille de lecture du projet PAMPA	54
10. Annexe 2 : Fiches métriques.....	55
10.1. Richesse spécifique par unité d'observation	56

10.2.	Densité d'abondance toutes espèces	57
10.3.	Densité d'abondance par famille : poissons chirurgiens	59
10.4.	Densité d'abondance par famille : poissons-papillons	61
10.5.	Densité d'abondance par famille : les labres (Labridae)	63
10.6.	Densité d'abondance par famille : les becs et bossus (Lethrinidae)	64
10.7.	Densité d'abondance par famille : les barbillons (Mullidae)	65
10.8.	Densité d'abondance par famille : poissons-perroquets (Scaridae).....	66
10.9.	Densité d'abondance par famille : les picots (Siganidae).....	67
10.10.	Densité d'abondance par famille : les Serranidae	67
10.11.	Richesse spécifique des poissons-papillons (Chaetodontidae)	68
10.12.	Densité des carnivores et piscivores	71
10.13.	Densité des herbivores.....	72
10.14.	Densité d'abondance des espèces commerciales	73
10.15.	Densité d'abondance des espèces consommables	74
10.16.	Densité de la saumonée (<i>Plectropomus leopardus</i>)	75
10.17.	Fréquence d'occurrence des becs de cane (<i>Lethrinus nebulosus</i>).....	76
10.18.	Densité d'abondance des Lethrinidae pêchés	77
10.19.	Densité d'abondance des dawas (<i>Naso unicornis</i>)	78
10.20.	Densité d'abondance des espèces-cibles de la chasse sous-marine	79
11.	Annexe 3 : Références citées	80

2. Synthèse

Contexte et motivation

L'IFREMER Nouvelle Calédonie a initié en 2012 une série de campagnes de terrain les sites présentant des aires marines protégées et/ou inscrits au Patrimoine Mondial. Ces campagnes qui visent les communautés de poissons et leurs habitats reposent sur l'utilisation de STAVIRO, une technique vidéo rotative mise au point en 2007 en collaboration avec l'ADECAL et l'IRD.

Cette étude, conduite en 2012 s'intéresse aux perspectives de suivi de la zone de Thio Borendy en se focalisant sur les deux AGDR (Baie de Port Bouquet qui inclut la Réserve de Némou et Moindé-Ouémié). Elle vient en complément à l'état initial de ces deux AGDR évalué grâce à des comptages visuels en scaphandre autonome (Wantiez et al. 2010).

Méthodologie

Le plan d'échantillonnage a été stratifié en fonction des trois structures récifales (récif frangeant, récif d'îlot aussi noté récif intermédiaire, et récif barrière), et des biotopes associés, et en tenant compte du statut de protection des réserves de Némou et Moindé-Ouémié. 78 stations vidéo rotatives ont été déployées en 3.5 jours de terrain, dont 66 stations ont été exploitables pour l'analyse. Sur chaque rotation, les espèces appartenant à une liste des espèces d'intérêt halieutique et emblématique, et facilement identifiables par STAVIRO (AMBIO/A/1) ont été dénombrées. L'habitat a été caractérisé par une méthode paysagère adaptée de la Medium-Scale-Approach (Clua et al. 2006) (AMBIO/A/1). Les données sur les habitats ont été jointes à l'ensemble des données habitat collectées en Nouvelle-Calédonie afin d'établir une typologie d'habitat unique sur l'ensemble des sites visités (AMBIO/A/6). Chaque station a ainsi été caractérisée par un habitat-type qui est utilisé comme facteur explicatif dans l'analyse des données sur la macrofaune. Les stations ont également été réparties selon leur exposition aux apports terrigènes, importants sur la zone. On distingue ainsi la Baie de Port Bouquet et le frangeant de Toupeti, soumis à une forte influence terrigène, les récifs d'îlots (Mendigué, Maméré, Moindé Ouémié...) soumis à une influence mixte, et le récif barrière qui est soumis à une influence océanique. Ces analyses permettent de tester l'influence sur chaque indicateur (analyse univariée) et sur la structure de l'assemblage (analyse multivariée), des trois facteurs : type de récif, habitat issu de la typologie, et statut de protection.

La grille de lecture des indicateurs utilisée est issue du projet PAMPA (Pelletier et al. 2014). Le codage en couleurs des résultats quantitatifs est réalisé à partir de l'interprétation des différences des valeurs de l'indicateur (ampleur et signe) entre zone protégée et zone non protégée. Il tient également compte des valeurs prises par l'indicateur sur l'ensemble de la zone quel que soit le statut, et du fait que la

protection est assez récente (2010). Enfin, les valeurs observées dans d'autres sites où des campagnes ont été réalisées sont aussi considérées.

Attention : Les références à d'autres sites ne doivent pas être interprétées comme résultant de différences dans l'efficacité de la gestion ; elles servent seulement à éclairer l'évaluation par des résultats obtenus dans d'autres environnements et d'autres contextes.

Pour chaque indicateur, le commentaire associé au code couleur est très important. 20 métriques ont été sélectionnées pour évaluer l'effet de la protection par les deux Aires de Gestion Durable des Ressources établies en 2010, la Baie de Port-Bouquet et l'îlot Moindé-Ouémié comprenant respectivement les réserves de Nemou et Moindé-Ouémié. Le terme AGDR désignera la partie hors réserve des AGDR, tandis que le terme RE désignera les deux réserves. Les zones de Port-Bouquet et Moindé-Ouémié sont généralement distinguées dans les analyses.

Les habitats

- Trois des cinq habitats identifiés dans la typologie de Nouvelle-Calédonie ont été observés à Borendy : Corail vivant, Détritique et Fond lagonaire. Aucune des stations n'appartenant aux habitats Herbier et Algueraie, bien que quelques stations aient un recouvrement non négligeable en herbier.
- Les principaux habitats observés sont l'habitat riche en corail vivant (54% des stations), et l'habitat « Fond lagonaire » (30% des stations). Les autres stations sont situées dans l'habitat Détritique (16%).
- Le recouvrement en corail vivant est élevé en moyenne (41.2%) et présente des valeurs très élevées dans certaines stations, mais n'apparaît pas plus élevé dans les zones protégées. Le corail vivant est rencontré sur 97% des stations, et fréquemment sur les îlots et récif intermédiaires. Parmi toutes les campagnes STAVIRO, les recouvrements en corail vivant sont les plus élevés à Borendy.
- Le reste des stations est dominé par un substrat abiotique de type dalle et débris pour les stations détritiques et par du sable pour les stations lagonaires
- La baie de Port Bouquet et les îlots présentent les habitats les plus coralliens.
- Au sein de la baie de Port Bouquet, les coraux durs sont plutôt de formes branchues et tabulaires, témoin d'une zone abritée tandis que les formes massives dominent au niveau des îlots

Ichtyofaune et espèces remarquables

Ces analyses se basent sur la liste d'espèces IEHE (AMBIO/A/1) comprenant les espèces consommables, emblématiques ou présentant un intérêt écologique particulier (429 espèces et 38 familles). Chaque station est posée de manière à avoir une vision panoramique autour de la station ; elle correspond à une durée d'observation de 9 mn et une surface d'observation de 75 m². Les abondances étant moyennées sur les trois rotations, les indicateurs basés sur la densité correspondent à une durée d'observation de 3 mn. Les nombres d'espèces sont cumulés sur les trois rotations et correspondent à une durée d'observation de 9 mn.

Ces informations sont à mettre en regard avec les caractéristiques des transects UVC pratiqués dans la majorité des suivis : Durée d'observation de 30 mn à 1h, Surface de 250 m² (50 m X 5 m) et pose perpendiculaire à la pente sur le tombant récifal.

Statistiques générales

- **111 espèces de poissons (plus 1 espèce de tortue), appartenant à 21 familles¹ ont été observées sur seulement 66 stations.**
- 50% des poissons ont été identifiés au niveau de l'espèce, 10% au niveau du genre et 40% au niveau de la famille. Le pourcentage d'identification à l'espèce est faible en raison d'un grand nombre de petits individus et d'une visibilité relativement médiocre au niveau du récif frangeant (météo défavorable pendant la campagne).
- Les espèces commerciales sont présentes sur 90% des stations.
- **La densité moyenne par station est de 36.8 poissons/100m² tandis que le nombre d'espèces moyen par station est de 12.3 espèces (maximum 27 espèces).**
- 17 espèces de poissons chirurgiens rencontrés sur 92% des stations, sont recensées dont 10 espèces commerciales. Le Dawa (*Naso unicornis*) et les picots kanak (*A. blochii* et *dussumieri*) sont les plus fréquents (55% et 17% des stations).
- 17 espèces, de poissons perroquets² ont été rencontrées sur 94% des stations. De nombreux perroquets sont difficilement identifiables à l'espèce, mais le perroquet sale (*Chlorurus sordidus*) et le perroquet bleu (*Chlorurus microrhinos*) sont les plus fréquemment observés.
- 16 espèces de poissons-papillons, rencontrées sur 80% des stations, une diversité plus faible que sur d'autres sites étudiés.
- 7 espèces de picots (*Siganidae*) ont été rencontrées sur 79% des stations et

¹ dont 5 espèces de Pomacanthidae (non compris dans la liste IEHE)

² Tous les perroquets sont considérés comme commerciaux

présentent des abondances élevées, en particulier le picot à deux bandes (*Siganus doliatus*) et le picot jaune à lignes bleues (*Siganus puellus*).

- Les poissons-anges (Pomacanthidae) sont abondants et assez fréquents sur la zone, 5 espèces ont été observées sur un quart des stations.
- Les loches ont été observées sur 56% des stations (5 espèces) et la saumonée petits points sur 45% des stations.
- Les becs et bossus ont été observés sur 54% des stations, et notamment le bossu d'herbe (20% des stations). Le bec de cane était peu fréquent (5% des stations).
- Peu d'espèces emblématiques (Napoléon, Mère loche, requins, tortues..) ont été observées lors de la campagne.

Distribution spatiale et assemblages des communautés de poissons

- **La densité totale et richesse spécifique sont élevées par rapport à d'autres sites de la côte est (Pouebo, Hienghène) étudiés la même année (respectivement en novembre et août).**
- La richesse spécifique et la densité totale sont significativement supérieures au niveau des récifs soumis à une influence océanique et moins élevées au niveau des formations coralliennes sous influences terrigènes (Baie de Port Bouquet et Toupeti).
- La structure des assemblages de poissons diffère significativement selon l'unité géomorphologique, ainsi les assemblages de poisson sont significativement distincts entre la baie de Port Bouquet et le récif barrière. Ils ne diffèrent pas selon les habitats issus de la typologie. Les espèces caractéristiques de chaque type géomorphologique et de chaque habitat ont pu être identifiées.
- Les stations du récif barrière interne sont caractérisées par la présence de la loche mouchetée et la perche de minuit noire (*Macolor niger*). Les récifs intermédiaires sont caractérisés par la présence de plusieurs espèces de chirurgiens et en particulier par le Dawa (*Naso unicornis*), le requin à ailerons blancs du lagon (*Triaenodon obesus*), le rouget barbet à bandes (*Parupeneus multifasciatus*), le communard long (*Lethrinus variegatus*), un baliste (*Sufflamen chrysopterygum*), le perroquet sale (*Chlorurus sordidus*) et un picot (*Siganus spinus*). Les récifs frangeant sont caractérisés par deux espèces de labre, le bossu d'herbe (*Lethrinus harak*), un picot (*Siganus puellus*) et un poisson papillon (*Chaetodon plebeius*).
- **31 cartes ont été réalisées et sont associées à ce rapport (Dropbox et serveur Sextant).**

Effet de la protection par les AMP

Une liste de 20 métriques pour la plupart communes à l'ensemble des sites 2012 a été sélectionnée. Les résultats sont résumés ci-dessous par objectif de gestion.

Conservation de la biodiversité : Objectif 1 : Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème

- La plupart des indicateurs présentent des valeurs élevées sur l'ensemble de la zone et supérieures à celles observées lors des autres campagnes réalisées sur la côte Est la même année (Hienghene et Pweevo, en août et novembre respectivement). Cette situation a été prise en compte pour interpréter les comparaisons entre zones protégées et non protégées.
- Les familles sont assez abondantes sur toute la zone, mais les chirurgiens, perroquets et loches montrent une situation moins favorable dans la Baie de Port-Bouquet qu'au sud de cette Baie.
- Dans la Baie de Port-Bouquet, la densité des chirurgiens et perroquets est significativement plus faible en RE que HR. Le même signal est observé dans le sud, mais n'est pas significatif.
- Au sud de la Baie, les loches sont significativement plus abondantes en RE (Moindé-Ouémié).
- Les autres familles ne présentent pas de différences marquantes entre RE et HR.
- Les densités et richesse spécifique des poissons papillons indiquent un bon état de santé dans les deux Réserves. La Réserve de Nemou présente des valeurs significativement plus élevées en réserve pour ces deux indicateurs. La Réserve de Moindé-Ouémié présente aussi des résultats favorables et des valeurs parfois plus élevées qu'à Nemou, mais pas de différences significatives avec les zones non protégées environnantes.

Conservation de la biodiversité : Objectif 2 : Maintien des fonctions de l'écosystème

- Seule la densité d'abondance par groupe trophique a été testée pour cet objectif. Les densités des deux principaux groupes présentent des valeurs élevées sur l'ensemble de la zone, et supérieures à celles observées lors des autres campagnes réalisées sur la côte Est la même année (Hienghene et Pweevo, en août et novembre respectivement). Cette situation a été prise en compte pour interpréter les comparaisons entre zones protégées et non protégées.
- La densité des carnivores est plus élevée en RE dans les deux sites et celle des herbivores est moins élevée en RE, mais pas de différences significatives entre les zones en réserve et les zones non protégées.
- Les densités sont plus élevées au sud de la zone que dans la Baie de Port Bouquet.

Conservation de la biodiversité : Objectif 3 : Espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques

- Les espèces emblématiques ont été insuffisamment observées pour informer sur l'effet du statut de protection.

Conservation de la biodiversité : Objectif 4 : Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats

- Le recouvrement en corail vivant est élevé, mais pas plus élevé dans les zones protégées que dans les zones non protégées.
- Le corail vivant est rencontré sur 97% des stations, et fréquemment sur les îlots et récifs intermédiaires. Parmi toutes les campagnes STAVIRO, les recouvrements en corail vivant sont les plus élevés à Borendy.
- Pas de stations en herbier sur cette zone

Exploitation durable des ressources : Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles

- Tous les indicateurs montrent des valeurs clairement plus élevées à Borendy que dans les autres sites de la côte Est visités en 2012.
- Toutes espèces confondues, il n'apparaît pas de différence entre la Baie de Port-Bouquet et le sud de la zone, et les densités sont légèrement plus élevées hors réserve que dans les réserves, sans pour autant être significatives.
- Lorsque l'on distingue les espèces, les résultats sont plus contrastés. Les becs et bossus sont plus abondants dans la Baie de Port Bouquet dans tous les habitats et plus abondants hors réserve, alors que dans le sud, ils sont plus observés en réserve (différences NS). A l'inverse, les espèces-cibles de la chasse (dawa, saumonée et espèces-cibles) sont plus abondants dans le sud de la zone que dans la Baie de Port-Bouquet. Le dawa est significativement plus abondant dans la réserve de Moindé-Ouémié que dans celle de Nemou (marginalelement significatif, $p < 0.1$).
- Dans le sud de la zone, chacune des cibles est plus abondante en réserve que dans les zones non protégées (différences toutefois non significatives).

Protocole pour un suivi vidéo complémentaire des suivis existants

Un des objectifs de l'état initial est de définir un plan d'échantillonnage de suivi vidéo en routine, complémentaire aux observations en UVC. 86 stations sont ainsi sélectionnées :

- 60 stations sont issues de l'état initial vidéo de 2012
- 10 stations doivent être réalisées en complément de l'état initial sur la pente externe
- 4 stations sur le récif barrière interne au nord de la baie de Port Bouquet
- 12 stations ont été rajoutées au niveau des récifs frangeants

Les critères de sélection des stations sont les suivants :

- Tous les habitats de la zone d'étude doivent être représentés
- Les stations doivent couvrir l'ensemble de la zone d'étude.

3. Contexte

Dans le cadre du projet AMBIO, la Province Sud de Nouvelle Calédonie a demandé à l'IFREMER de réaliser une étude de l'ichtyofaune et des habitats coralliens à partir de stations vidéo rotatives (STAVIRO) en vue d'évaluer la complémentarité de cette technique avec les protocoles de comptages visuels en scaphandre autonome dans le cadre d'un suivi.

La zone de Thio Borendy ne fait pas partie des sites inscrits au Patrimoine Mondial de l'UNESCO, mais elle comprend deux Aires de Gestion Durable des Ressources (AGDR) : la Baie de Port-Bouquet et l'îlot Moindé-Ouémié.

Dans cette étude, la zone d'étude a été scindée en fonction des particularités et des influences de chaque site :

- La Baie de Port Bouquet, protégée et marquée par d'importants apports terrigènes ;
- Le récif frangeant de Toupeti, moins protégé mais soumis à une forte influence terrigène ;
- Les îlots intermédiaires, exposés aux vents dominants et soumis à une influence océanique modérée ;
- Le récif barrière, segmenté et distant de 10 km de la côte, soumis à une forte influence océanique

Au total ce sont 78 STAVIROs qui ont été déployés entre la Baie de Port Bouquet et l'îlot Maméré.

Ce rapport présente l'état des communautés de poissons évalué au travers d'indicateurs dont les variations spatiales ont été analysées en fonction du statut de protection et de l'habitat pour l'ensemble des sites.

3.1. La région de Borendy : de la Baie de Port Bouquet au nord de la Côte oubliée

La zone d'étude s'étend de la Baie de Port Bouquet jusqu'à l'Îlot Maméré (Figure 1).

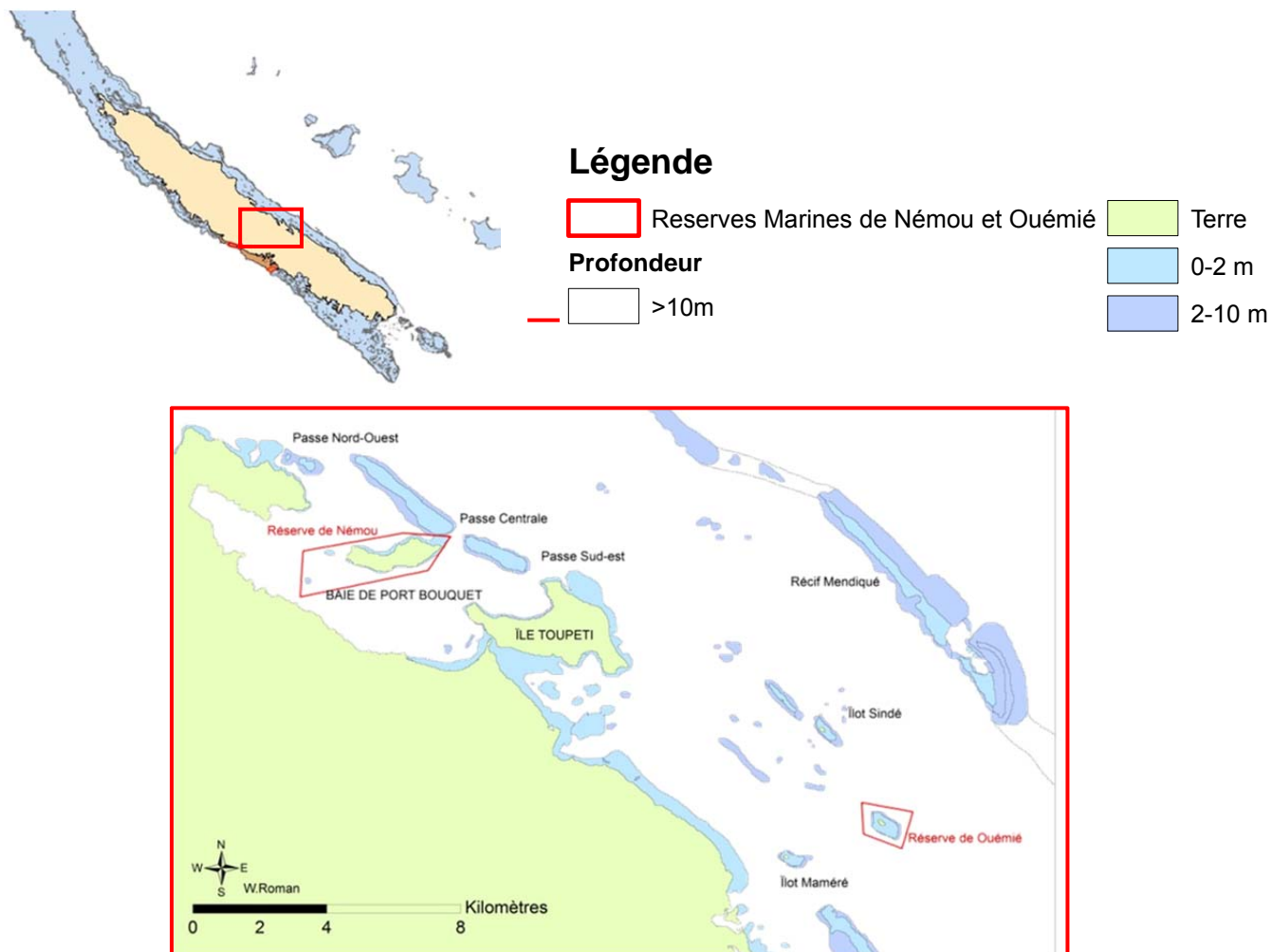


Figure 1. Délimitation de la zone d'étude (bas). Fond de carte : Atlas de la Nouvelle-Calédonie (S.Andréfouët).

3.2. Les statuts de protection

La zone comporte deux AGDR :

- La Baie de Port-Bouquet, comprenant l'île Némou, située au milieu de la baie (Figure 2) ;
- L'îlot corallien Moindé-Ouémié, situé dans la zone sud de Borendy

Ces AGDR ont été créées en 2010 et sont pourvues d'un comité de gestion local, bénéficiant de l'appui technique de la Direction de l'Environnement de la Province Sud.



Figure 2. Délimitation de l'AGDR de Némou. Photo M. Dossane – Province Sud

4. Matériel et méthodes

4.1. Stations vidéo rotatives

L'échantillonnage repose sur l'utilisation de la technique vidéo STAVIRO (Figure 3). Le système comprend une caméra haute définition rotative. Il est déployé 12 minutes (au moins 3 rotations), directement depuis un bateau sans immersion de plongeurs. Les détails de sa mise en œuvre sont décrits dans le guide méthodologique AMBIO/A/1.



Figure 3. La station vidéo rotative (STAVIRO)

4.2. Stratégie d'échantillonnage

Afin d'assurer une couverture spatiale homogène des différents habitats, le plan d'échantillonnage a été stratifié en fonction des sites, de l'habitat et du statut de protection. La caméra est déposée au pied des tombants ou à au moins 3 mètres des formations coralliennes, sur des fonds meubles et à des profondeurs comprises entre 1 et 15 mètres lors de la campagne.

4.3. Analyse des images : l'habitat

Pour chacune des stations la topographie, la complexité ainsi que les pourcentages de recouvrement en substrat abiotique et recouvrement biotique sont estimés.

La méthodologie de caractérisation de l'habitat à partir des images est décrite dans AMBIO/A/1. Les données résultant de l'analyse des images vidéo sont utilisées pour la construction de cartes du recouvrement biotique, et pour établir une typologie des stations. Cette démarche est détaillée dans AMBIO/A/3.

Chaque classe résultant de la typologie rassemble les stations qui sont similaires du point de vue du recouvrement biotique et abiotique et de caractéristiques telles que la profondeur, la topographie et la complexité. Les facteurs qui caractérisent chaque classe permettent de décrire chacun de ces habitats (recouvrement biotique et abiotique, profondeur, topographie et complexité). Cette définition de l'habitat se base sur l'environnement immédiat de la station.

4.4. Analyse des images : les poissons et espèces marines emblématiques

Pour chaque rotation, les espèces présentant un intérêt halieutique (commerciale ou consommable), présentant un intérêt écologique (indicateur de l'état de santé du récif) ou encore les espèces emblématiques ont été identifiées et dénombrées.

La méthodologie d'identification, la liste des espèces, et le dénombrement de ces espèces à partir des images sont décrits dans AMBIO/A/1.



Déploiement des STAVIRO sur le terrain

4.5. Calcul des indicateurs : l'outil de calcul PAMPA.

Les indicateurs sont calculés à partir de l'outil de calcul PAMPA « Ressources et Biodiversité » qui peut traiter différents types de données et calculer de nombreuses métriques/indicateurs (Tableau 1)(cf. guide des outils PAMPA (Pelletier *et al.* 2014)).

Tableau 1. Liste des indicateurs calculables par la plateforme PAMPA. Seuls les indicateurs en gras ont été retenus pour ce rapport.

Variables	Niveau de calcul
<ul style="list-style-type: none"> • Abondance (nombre ou densité) • Biomasse (poids ou densité) • Abondance par classe de taille (nombre ou densité) • Abondance par classe de taille (poids ou densité) • Taille moyenne • Richesse spécifique • Richesse spécifique relative • Autres indices de diversité • Pourcentage de recouvrement • Fréquence d'occurrence et présence-absence 	<ul style="list-style-type: none"> • Par critère lié aux espèces : <ul style="list-style-type: none"> ○ toutes espèces ○ par espèce ○ par groupe d'espèces selon trait de vie, intérêt pêche, statut, etc. • Par facteur décrivant les stations : <ul style="list-style-type: none"> ○ tout niveau du référentiel spatial (unité d'observation, site, zonage PAMPA, ...) ○ habitat(s) (différentes variables) ○ année, saison, mois

4.6. Analyse des indicateurs

L'analyse des indicateurs comprend deux étapes :

- la description de l'état des habitats et de l'ichtyofaune à partir des stations vidéo rotatives (§ 6).
- la mise en évidence d'effets de la protection par les AMP (§ 7).

La description s'appuie principalement sur des graphiques et des cartes. L'influence de certains facteurs géographiques et de l'habitat a été testée au moyen de tests statistiques univariés.

Les effets de la protection sont évalués pour chacun des objectifs de conservation de la biodiversité et de gestion des ressources au travers d'indicateurs jugés pertinents pour chacun des objectifs (Pelletier et al. 2011). Cette méthodologie, ainsi que les outils qui permettent de la mettre en œuvre sont détaillés dans le guide PAMPA (Pelletier et al. 2014), qui inclut les développements effectués depuis la fin du projet en 2011.

Chaque indicateur est choisi en fonction de sa pertinence pour un objectif de gestion (Tableau 2).

Tableau 2. Objectifs de gestion liés à la conservation.

But de gestion	Objectif détaillé
1. Exploitation durable des ressources halieutiques	1.1. Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces-cibles
	2.1. Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces
2. Conservation de la biodiversité	2.2. Maintien des fonctions de l'écosystème
	2.3. Conservation des espèces et habitats emblématiques , menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques
	2.4. Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats (état et étendue)

Les variations de l'indicateur sont explorées graphiquement à l'aide de l'outil PAMPA, en fonction du statut de protection et de l'habitat (issu de la typologie des stations). Des modèles statistiques sont ensuite utilisés pour confirmer les différences spatiales éventuellement observées.

En fonction de la nature de l'indicateur (par ex. densité ou richesse spécifique) et de sa distribution dans les données analysées, la plateforme propose le modèle qui s'ajuste le mieux aux données selon un critère statistique (Akaike), puis elle permet d'écarter des valeurs aberrantes et d'ajuster un modèle à deux facteurs croisés

protection et habitat. L'analyse de la variance indique d'abord si les effets des facteurs sont significatifs, puis ces effets sont estimés pour chaque combinaison de niveau des facteurs. Enfin, des tests de comparaisons multiples sont réalisés sur les différences spatiales entre niveaux de protection par habitat. En complément, un modèle peut être ajusté pour un habitat donné lorsque cela est nécessaire. Les résultats du modèle peuvent ne pas être significatifs alors que les graphiques indiquent des différences non ambiguës. Ceci peut être dû à un modèle non optimal par rapport aux données, ou à une puissance statistique insuffisante pour détecter un effet existant. Ce cas de figure peut se présenter lorsque le nombre de stations par combinaison de niveaux habitat X statut est faible, e.g. dans certains habitats. Les habitats correspondants sont alors exclus des tests.

4.7. Grille de lecture des indicateurs et tableau de bord

Pour chaque indicateur retenu, les résultats quantitatifs (graphiques et statistiques) sont repris sous forme d'un code couleur et d'un commentaire. Cette méthodologie s'inspire également de celle du projet PAMPA (Annexe 1).

Idéalement, les codes couleurs sont déduits de l'interprétation des indicateurs par rapport à des valeurs-seuils. Cependant, cette approche est difficile voire impossible pour la plupart des indicateurs écologiques car une quantification objective et indépendante des valeurs-seuils est impossible sans de solides informations de référence ou a minima comparables (pour plus de détails voir le Guide des outils PAMPA, Pelletier et al. 2014).

Le codage en couleurs des résultats quantitatifs est donc réalisé à partir de l'interprétation des différences des valeurs de l'indicateur entre zone protégée et zone non protégée (Tableau 3). Une future campagne permettra d'évaluer et de tester l'évolution de ces différences au cours du temps.

Pour interpréter les effets de la protection dans le contexte de Borendy, il est indispensable de tenir compte des facteurs suivants :

- le fait que la protection au sein des AGDR est à la fois récente et partielle (ex : chasse sous-marine interdite mais pêche à la ligne autorisée) ;
- Une pression de pêche supérieure dans la baie de Port Bouquet en raison de la relative protection aux vents dominants et à la houle ;
- Des récifs sous forte influence terrigène dans la baie de Port Bouquet et plutôt sous influence océanique ailleurs.

La grille de lecture utilisée dans la suite de ce rapport sera, sauf indication contraire, celle du tableau 3. **Nous tiendrons également compte des valeurs prises par l'indicateur sur l'ensemble de la zone quel que soit le statut.**

Tableau 3. Grille de lecture utilisée pour les données Borendy 2012.

Grille de lecture des indicateurs		
Référence	Etat de référence, rarement utilisé en pratique	Dans tous les habitats associés aux taxons concernés, valeur exceptionnellement élevée quel que soit le statut de protection
Bon	Etat satisfaisant sur toute la zone d'étude	Dans tous les habitats associés aux taxons concernés, valeur significativement plus élevée en zone protégée, ou valeur élevée dans toutes les zones
Moyen	Pas d'effet positif visible de la protection	Dans les habitats principaux des taxons concernés, pas de différences marquées entre zone protégée et non protégée, mais pas de valeurs plus faible en zone protégée
Médiocre	Des signes d'état médiocre sur la zone	Occurrence de valeurs faibles en zone protégée et Différences variables selon les habitats et les statuts de protection
Mauvais	Etat non satisfaisant malgré la protection	Dans tous les habitats fréquentés par les taxons concernés, valeur faible, quel que soit le statut de protection
	Les données ne permettent pas de conclure au regard de la situation actuelle	



Chaque code couleur doit être accompagné d'un commentaire qui complète et nuance la couleur. Ainsi, dans une AMP récente, tous les signaux n'ont pas vocation à être au vert ; les effets de la protection n'étant pas immédiats.

4.8. Analyse de la structure de l'assemblage de poissons

La structuration de l'ensemble de l'assemblage de poissons a également été analysée grâce à des méthodes multivariées non-paramétriques (et donc robustes) dont l'analyse de variance multivariée par permutations (PERMANOVA) et les analyses CAP (Canonical Analysis of Principal coordinates). Ces analyses utilisent le logiciel PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research), un des logiciels les plus utilisés en écologie des communautés.

Les analyses ont été basées sur des matrices de ressemblances calculées à partir de coefficients de Bray-Curtis. Les abondances ont été transformées avec la racine carrée avant les analyses en raison de la présence de quelques espèces rencontrées en grands bancs.

Les analyses PERMANOVA ont été utilisées pour tester l'effet, sur l'assemblage de poissons, de trois facteurs : l'unité géomorphologique (facteur fixe avec 3 niveaux: (Récif frangeant, Récif intermédiaire, Récif barrière), l'habitat issu de la typologie (facteur fixe avec 3 niveaux (Fond Lagonaire, Corail Vivant, Détritique), et le statut de protection (Hors Réserve (HR) et Réserve (RE)).

A la suite des PERMANOVA, des tests post hoc par paires ont permis d'identifier les différences significatives entre les habitats, entre les types de récif et entre les statuts de protection.

Enfin, des analyses CAP ont été effectuées pour identifier les espèces caractéristiques des différents types de récifs et habitats. Des tests de validation croisée ont été réalisés pour estimer la fiabilité des modèles et le degré de différence entre les différents niveaux des facteurs.

Dans la section 6, ces analyses ont servi à décrire la structure de l'assemblage en fonction du type de récif et de l'habitat. Dans la section 7, elles ont permis de tester l'effet de la protection sur l'assemblage de poissons, en tenant compte de l'unité géomorphologique.

5. Distribution des stations

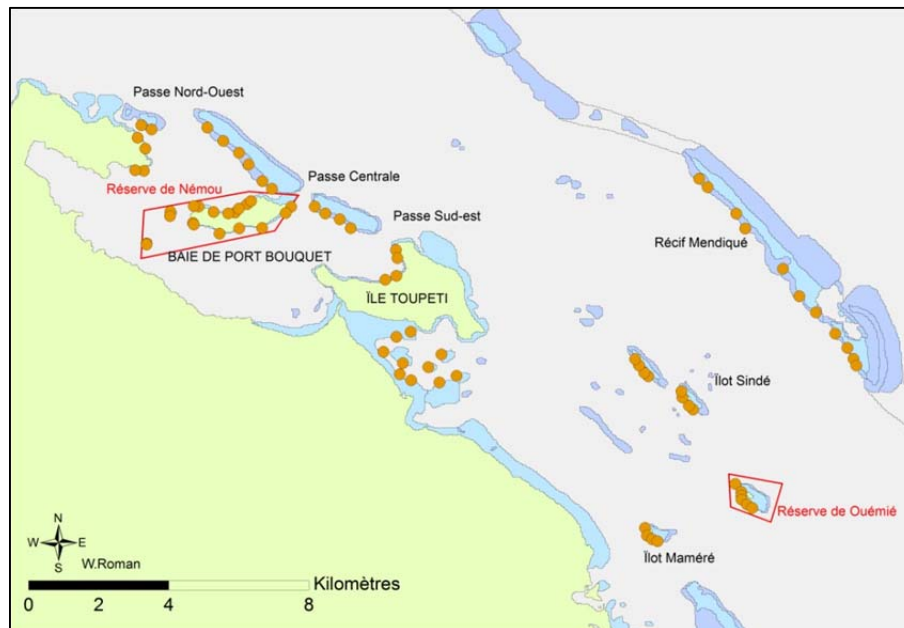


Figure 4. Distribution des unités d’observation au sein de la zone d’étude

78 stations ont été réparties entre le Baie de Port Bouquet et l’Îlot Maméré (Tableau 4, Figure 4). 66 (83%) ont été analysées pour l’habitat et l’ichtyofaune. Le pourcentage de validation dépend essentiellement de la visibilité souvent inférieure à 5m au niveau du récif frangeant à cause de l’influence terrigène. (Tableau 6). 21 stations ont été positionnées en fonction des suivis existants (Tableau 5).

Tableau 4. Distribution des stations en fonction du type géomorphologique et du statut de protection. HR : Hors réserve / RE : En réserve

Distribution par type géomorphologique et statut de protection	Baie de Port Bouquet		Récif frangeant		Récif d’îlot	
	HR	RE	HR	RE	HR	RE
	20	13	4	0	12	6

Distribution par type géomorphologique et statut de protection	Récif barrière	
	HR	RE
	11	0

Tableau 5. Complémentarité des stations de cette étude avec les suivis existants

Type de Suivi	UVC	Complémentarité
Etat initial des deux aires de gestion durable des ressources de Borendy	Aquarium des lagons (L. Wantiez)	Une station vidéo rotative a été positionnée au pied du tombant corallien à partir de la position GPS inscrite dans le rapport

Tableau 6. Pourcentage de validation des stations en fonction du biotope.

Validation des stations	% de validation des stations	Commentaires
Baie de Port Bouquet	87%	Visibilité réduite (<5m) en raison des apports terrigènes
Récif frangeant Sud de Toupeti	80%	Visibilité réduite (<5m) en raison des apports terrigènes
Frangeant d'îlot	100%	Bonne visibilité
Récif barrière	100%	Bonne visibilité

6. Etat initial vidéo

6.1. Bilan de l'analyse des images

Tableau 7: Statistiques générales de l'analyse des images

Analyseur Ichtyofaune	William Roman (IFREMER)
Analyse Habitat	William Roman (IFREMER)
Liste d'espèces	Identification et comptage des espèces appartenant à la liste des espèces d'intérêt halieutique, emblématique, et/ou écologique. Cette liste est présentée dans AMBIO/A/1

97 heures ont été nécessaires afin d'analyser les 65 vidéos de la zone.

Temps total nécessaire à l'analyse des images : ichtyofaune	68.30 heures
Temps total nécessaire à l'analyse des images : habitat	28.35 heures
Temps moyen de l'analyse d'une vidéo pour l'ichtyofaune	1 heure 01 min
Temps moyen de l'analyse d'une vidéo pour l'habitat	28 min

6.2. Habitat

La Baie de Port Bouquet se caractérise par des formations coralliennes en bonne santé malgré l'influence terrigène. Le recouvrement moyen sur les stations concernées varie entre 39 et 99%. Les coraux durs sont essentiellement des coraux branchus.

Le recouvrement moyen en corail vivant sur l'ensemble de la zone est de 41.2% et varie entre 0 et 99% (Tableau 8).

Tableau 8. Recouvrements biotiques.

Recouvrement (%)	Moyenne	Médiane	Maximum	Fréquence
Corail vivant	41.15	38.96	99.17	97.4% des stations
Macroalgues	0	0	0	0% des stations
Herbier	0.65	0	18.3	6.6% des stations

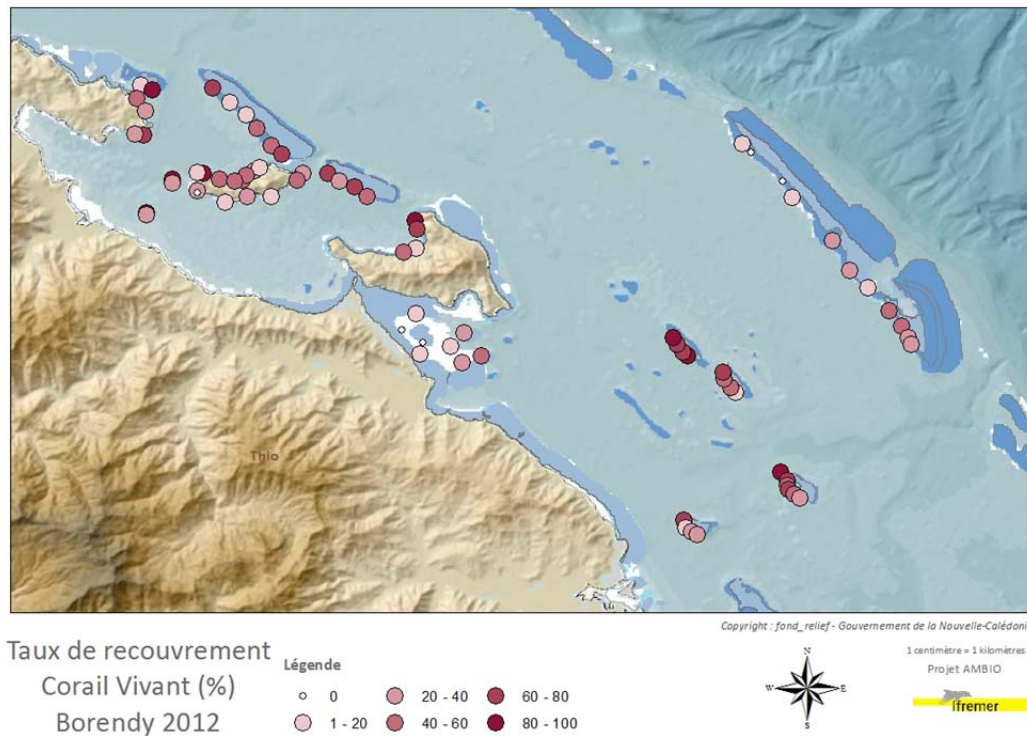


Figure 5. Recouvrement en corail vivant, Borendy 2012.

Typologie des stations. Les résultats de la typologie sont obtenus en incluant les données habitat de l'ensemble des sites côtiers analysés dans le cadre du projet AMBIO. Cette typologie est détaillée dans le rapport AMBIO/A/3. Sur la zone de Borendy, plus de la moitié des observations correspondent à un habitat corallien (Figure 6). La caractérisation de chaque classe est présentée dans le tableau 9.

Tableau 9. Répartition des stations par classe d'habitat.

Habitat	Nombre de stations	Proportion de stations (%)
Herbier	0	0
Algueraie	0	0
Fond lagunaire	23	30
Corail vivant	41	54
Détritique	12	16

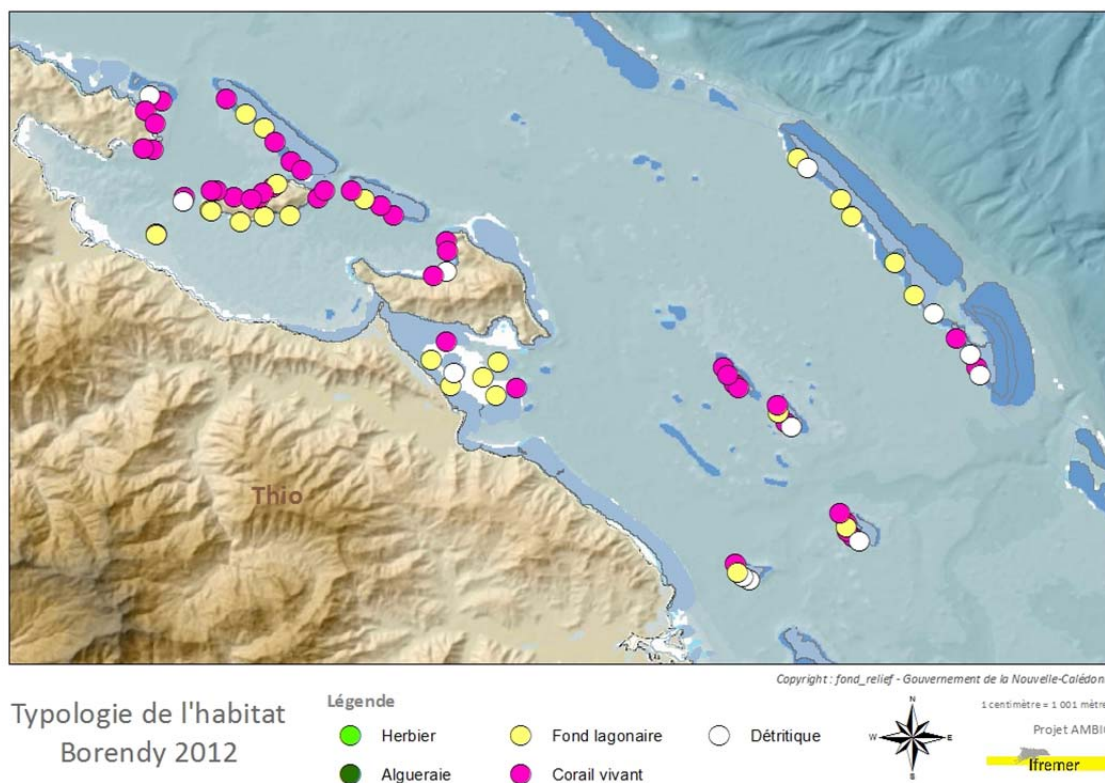


Figure 6. Répartition des stations par classe d'habitat

Tableau 10 (repris de AMBIO/A/3). Caractérisation des classes de stations par les descripteurs de l'habitat local. Les variables particulièrement caractéristiques de chaque habitat sont indiquées en gras (valeurs élevées dans la classe) et en italiques (valeurs faibles dans la classe). Les statistiques des classes sont dans le rapport AMBIO/A/3.

Habitat	Topographie	Complexité	Sable (%)	Gravier (%)	Bloc (%)	Rocher (%)	Dalle (%)	Corail vivant (%)	Corail mort (%)	Herbier (%)	Macroalgues (%)	Profondeur (m)
Herbier	<i>1,18</i>	<i>1,84</i>	95,3	<i>3,07</i>	<i>0,16</i>	<i>0,02</i>	<i>0,62</i>	<i>0,47</i>	<i>0,35</i>	61,03	<i>6,25</i>	7,76
Algueraie	<i>1,22</i>	<i>1,49</i>	92,01	<i>6,36</i>	<i>0,29</i>	<i>0,1</i>	<i>0,29</i>	<i>0,51</i>	<i>0,43</i>	<i>9,53</i>	28,32	12,53
Fond lagunaire	<i>1,4</i>	<i>1,51</i>	75,76	<i>8,96</i>	<i>0,79</i>	<i>0,28</i>	<i>2,18</i>	<i>7,38</i>	<i>4,64</i>	<i>1,15</i>	<i>2,23</i>	<i>3,93</i>
Corail vivant	2,52	3,01	<i>20,92</i>	<i>10,61</i>	<i>1,74</i>	<i>0,18</i>	<i>4,65</i>	34,08	27,8	<i>0,04</i>	<i>0,84</i>	<i>4,64</i>
Détritique	1,62	2,32	<i>24,09</i>	35,15	4,57	2,91	17,88	<i>9,62</i>	<i>5,74</i>	<i>0,59</i>	<i>1,47</i>	<i>5,28</i>

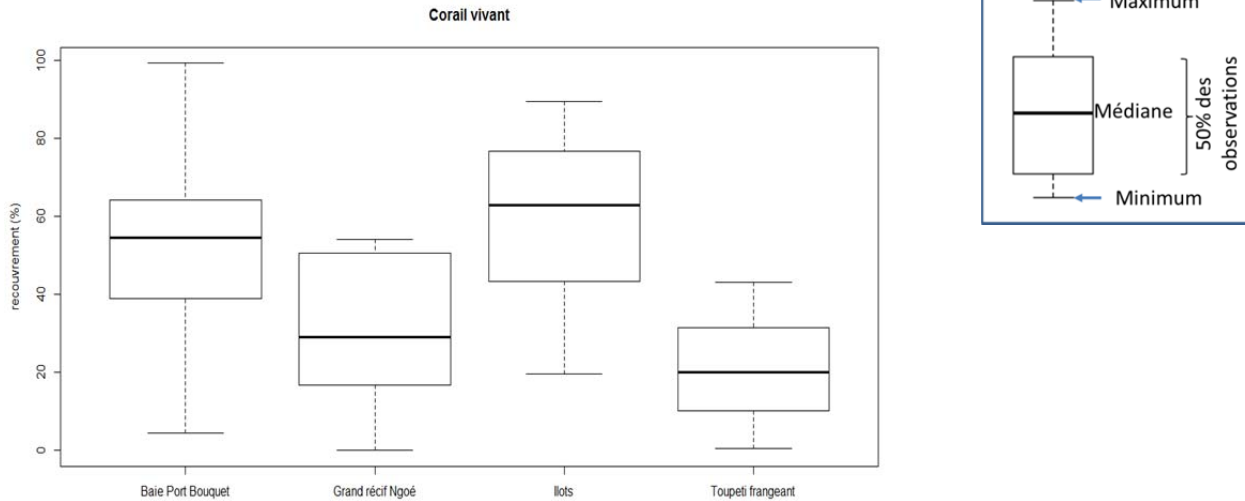


Figure 7. Recouvrement en corail vivant par sites (Baie de Port Bouquet, Grand récif Ngoé, Ilots et Toupeti frangeant) des habitats à dominante de substrat dur. Les valeurs moyennes sont reportées sur chaque boîte. Les stations de substrat dur sont au nombre de 29, 6, 15 et 3 respectivement pour la baie de Port Bouquet, le grand récif Ngoé, les ilots et le frangeant de Toupeti.

Sur les stations des classes "Corail vivant" et "Détritique", le recouvrement en corail vivant apparaît en moyenne plus élevé pour les Ilots et la baie de Port Bouquet (Figure 7). Il n'apparaît pas plus élevé dans les zones protégées (Figure 8)

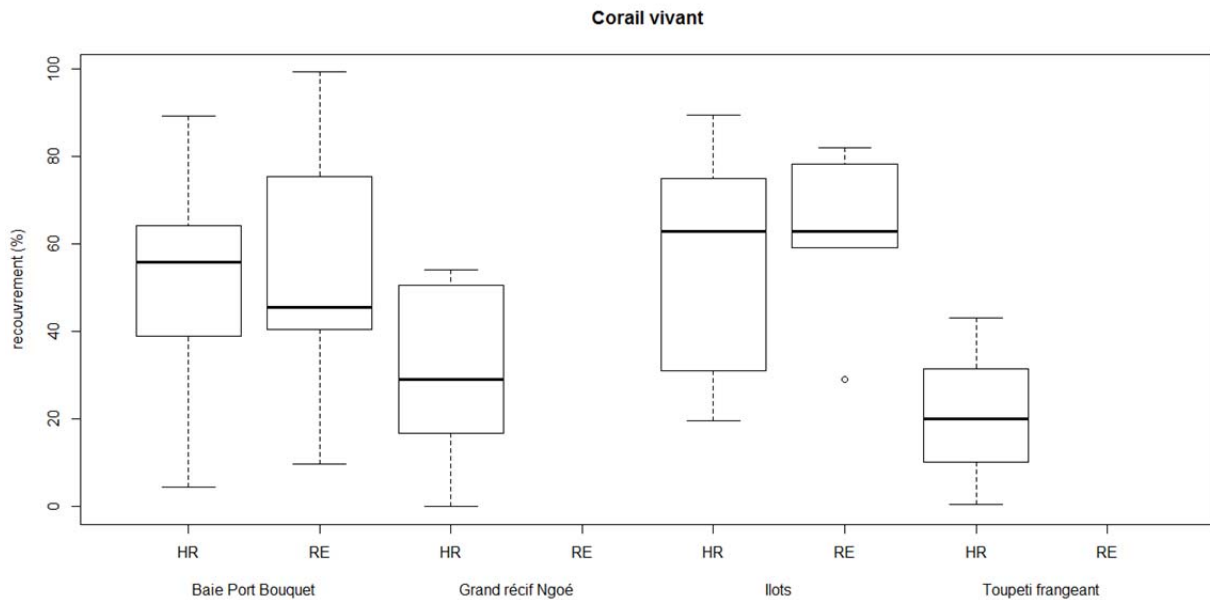


Figure 8. Recouvrement en corail vivant par type de récif en fonction du statut de protection. RE : réserve HR : hors réserve. Barre=valeur médiane.

6.3. Indicateurs sur l'ichtyofaune et les tortues

Statistiques générales

L'analyse des vidéos a permis d'identifier 7310 individus appartenant à 111 espèces de poissons coralliens et à 21 familles. 60% des individus ont été identifiés jusqu'à l'espèce (Tableau 11). Les Pomacanthidae ont été comptabilisés, mais ne seront pas intégrés aux calculs des métriques pour cohérence avec la liste IEHE.

Tableau 11. Niveau d'identification taxonomique le plus précis des individus observés.

Nombre d'individus identifiés à l'espèce	3525	50%
Nombre d'individus identifiés au niveau du genre	808	10%
Nombre d'individus identifiés au niveau de la famille	2977	40%

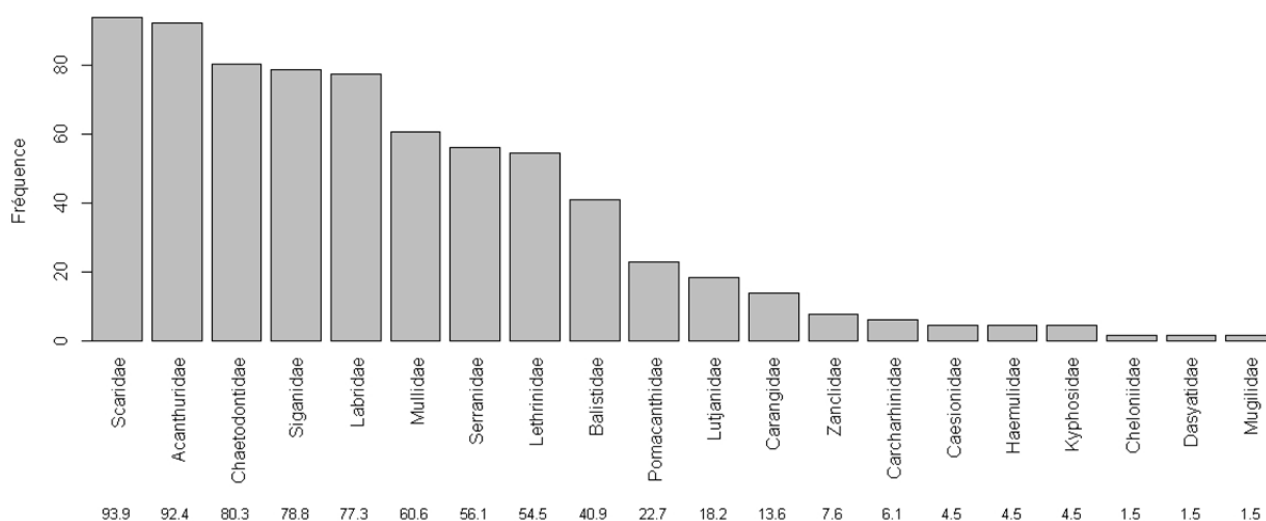


Figure 9. Fréquences d'occurrence des familles observées. Les Pomacanthidae ont été comptabilisés (voir ci-dessous).

Les familles les plus fréquentes (Figure 9) sont des familles caractéristiques des récifs situés dans le lagon. Ces familles sont également les familles les plus diversifiées :

- Les perroquets (Scaridae) : 94% des stations, 17 espèces
- Les chirurgiens (Acanthuridae) : 92% des stations, 17 espèces

- Les papillons (Chaetodontidae) : 80% des stations, 16 espèces
- Les picots (Siganidae) : 79% des stations, 7 espèces

Les Pomacanthidae ne font pas partie de la liste IEHE (mais sont compris dans la liste complète). Particulièrement abondants et fréquents sur la zone, ils ont été dénombrés : 330 individus appartenant à 5 espèces (*Centropyge_bicolor*, *C. bispinosa*, *C. flavissima*, *C. tibicen*, *Pomacanthus semicirculatus*) ont été observés sur un quart (23%) des stations.

Les loches (Serranidae), les bossus (Lethrinidae), les carangues (Carangidae) sont également fréquentes et sont caractéristiques des récifs frangeants d'îlot sous influence océanique accrue.

Les espèces dites commerciales sont présentes sur 90% des stations.

Liste d'espèce et fréquences d'occurrences

Tableau 12. Liste des espèces emblématiques, d'intérêt halieutique ou écologique observées sur la zone de Borendy. 1 Espèces commerciales / 2 Consommables / 3 Emblématiques / 4 Intérêt emblématique / 5 Pêche ou capture interdite.

Acanthuridae (17)

*Acanthurus blochii*¹
*Acanthurus dussumieri*¹
*Acanthurus nigricauda*¹
*Acanthurus nigrofuscus*²
*Acanthurus olivaceus*¹
*Acanthurus pyroferus*¹
*Acanthurus thompsoni*²
*Acanthurus triostegus*²
Ctenochaetus binotatus^{2,4}
Ctenochaetus striatus^{2,4}
*Naso brevirostris*¹
*Naso hexacanthus*¹
*Naso lituratus*¹
*Naso tonganus*¹
*Naso unicornis*¹
*Zebrasoma scopas*²
*Zebrasoma velifer*²

Balistidae (3)

*Balistoides viridescens*⁴

*Pseudobalistes fuscus*⁴
*Sufflamen chrysopteron*⁴

Caesionidae (3)

*Caesio caerulaurea*²
*Pterocaesio digramma*²
*Pterocaesio trilineata*²

Carangidae (2)

*Carangoides ferdau*¹
*Caranx melampygus*¹

Carcharhinidae (2)

Carcharhinus amblyrhynchos^{2,5}
Triaenodon obesus^{2,5}

Chaetodontidae (16)

*Chaetodon auriga*⁴
*Chaetodon baronessa*⁴
*Chaetodon citrinellus*⁴
*Chaetodon ephippium*⁴
*Chaetodon kleini*⁴
*Chaetodon lineolatus*⁴
*Chaetodon lunulatus*⁴

*Chaetodon melannotus*⁴
*Chaetodon pelewensis*⁴
*Chaetodon plebeius*⁴
*Chaetodon rafflesi*⁴
*Chaetodon speculum*⁴
*Chaetodon trifascialis*⁴
*Chaetodon ulietensis*⁴
*Chaetodon vagabundus*⁴
*Heniochus monoceros*⁴

Cheloniidae (1)

Eretmochelys imbricata^{3,5}

Dasyatidae (1)

Neotrygon kuhlii

Haemulidae (1)

*Plectorhinchus lineatus*²

Labridae (12)

*Bodianus loxozonus*²
*Bodianus perditio*¹
*Cheilinus chlorourous*²
*Cheilinus fasciatus*²
*Cheilinus trilobatus*²
*Choerodon fasciatus*²
*Coris aygula*²
*Coris batuensis*²
*Coris dorsomacula*²
*Coris gaimard*²
*Hemigymnus melapterus*²
*Oxycheilinus sp.*²

Lethrinidae (7)

*Lethrinus atkinsoni*¹
*Lethrinus harak*¹
*Lethrinus nebulosus*¹
*Lethrinus obsoletus*¹
*Lethrinus variegatus*²
*Lethrinus xanthochilus*²
*Monotaxis grandoculis*²

Lutjanidae (5)

*Lutjanus bohar*²
*Lutjanus monostigma*²
*Lutjanus russelli*²

*Lutjanus semicinctus*²
*Macolor niger*²

Mugilidae (1)

*Crenimugil crenilabris*¹

Mullidae (9)

*Mulloidichthys flavolineatus*²
*Parupeneus barberinoides*²
*Parupeneus barberinus*¹
*Parupeneus ciliatus*²
*Parupeneus crassilabris*²
*Parupeneus cyclostomus*²
*Parupeneus indicus*²
*Parupeneus multifasciatus*²
*Parupeneus pleurostigma*²

Scaridae (17)

*Cetoscarus ocellatus*¹
*Chlorurus bleekeri*¹
*Chlorurus microrhinos*¹
*Chlorurus sordidus*¹
*Hipposcarus longiceps*¹
*Scarus altipinnis*¹
*Scarus chameleon*¹
*Scarus dimidiatus*¹
*Scarus flavipectoralis*¹
*Scarus frenatus*¹
*Scarus ghobban*¹
*Scarus longipinnis*¹
*Scarus oviceps*¹
*Scarus rivulatus*¹
*Scarus rubroviolaceus*¹
*Scarus schlegeli*¹
*Scarus spinus*¹

Serranidae (5)

*Cephalopholis urodeta*¹
*Epinephelus merra*¹
*Epinephelus tauvina*¹
*Plectropomus laevis*²
*Plectropomus leopardus*¹

Siganidae (7)

*Siganus corallinus*¹

*Siganus doliatus*¹
*Siganus lineatus*¹
*Siganus puellus*¹
*Siganus punctatus*¹
*Siganus spinus*²
*Siganus vulpinus*¹

Centropyge bispinosa
Centropyge flavissima
Centropyge tibicen
Pomacanthus semicirculatus

Zanclidae (1)

*Zanclus cornutus*⁴

Pomacanthidae (5)

Centropyge bicolor

Les espèces les plus fréquentes observées pour les principales familles sont reportées ci-dessous (Figures 10 à 15).

Les poissons perroquets (Scaridae) ont été observés sur 94% des stations. 17 espèces composent la famille et sont commercialisées en Nouvelle Calédonie. La plupart des perroquets sont identifiés au niveau du genre. Les espèces les plus abondantes sont le perroquet sale (*Chlorurus sordidus*), le perroquet bleu (*Chlorurus microrhinos*), et le perroquet jaune (*Hipposcarus longiceps*) (Figure 10).

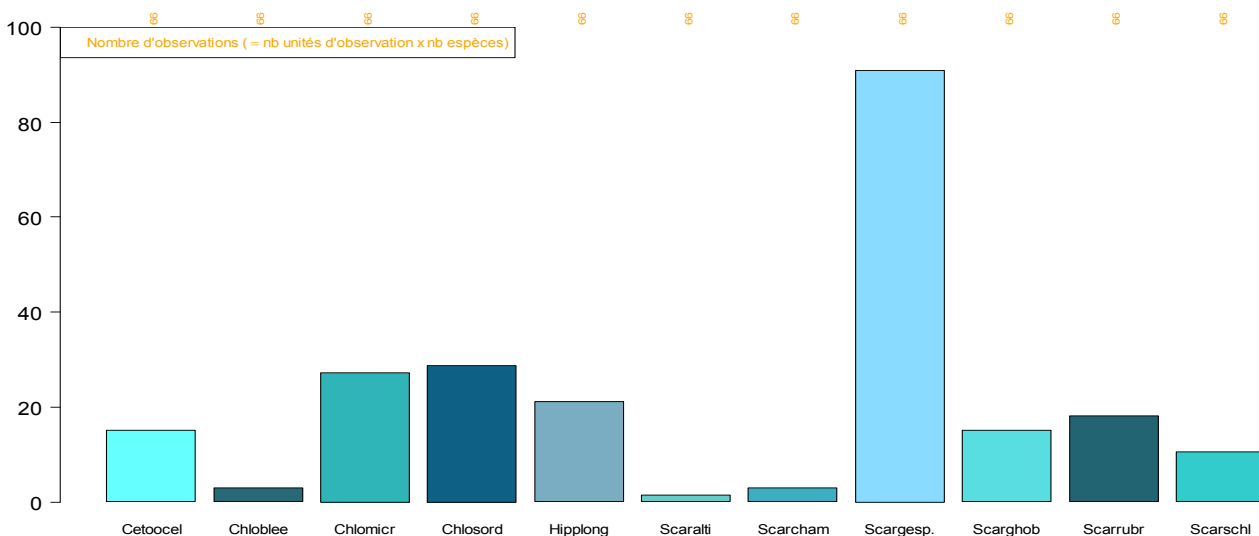


Figure 10. Fréquence d'occurrence des espèces les plus fréquentes parmi les poissons perroquets (Scaridae).

Les poissons chirurgiens (Acanthuridae) ont été observés sur 92.4% des stations. 17 espèces composent la famille dont 10 sont commercialisées en Nouvelle-Calédonie. Les plus fréquentes (Figure 11) sont le Dawa (*Naso unicornis*), les picots kanak (*A.blochii* et *A. dussumieri*) présents respectivement sur 55% et 17% des stations.

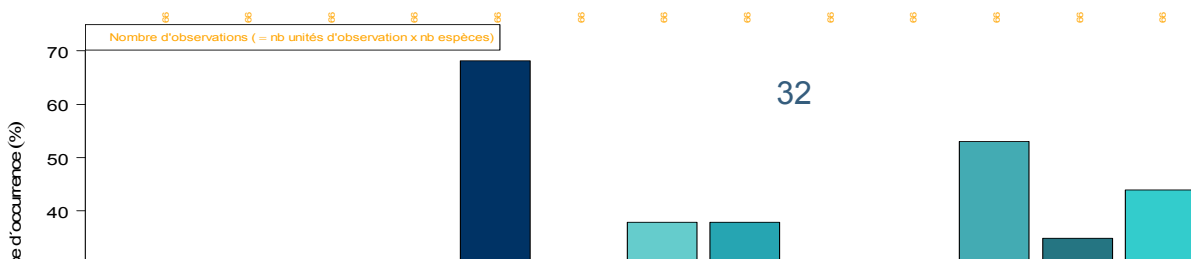


Figure 11. Fréquence d'occurrence des espèces les plus fréquentes parmi les poissons chirurgiens (Acanthuridae).

Les poissons papillons (Chaetodontidae) ont été observés sur 80% des stations. 16 espèces ont été identifiées. Ils sont relativement fréquents et témoignent de la bonne santé générale des récifs. Les principales espèces sont *Chaetodon lunulatus* (35% des stations), *Chaetodon vagabundus* (31% des stations), *Chaetodon baronessa* (26% des stations) (Figure 12).

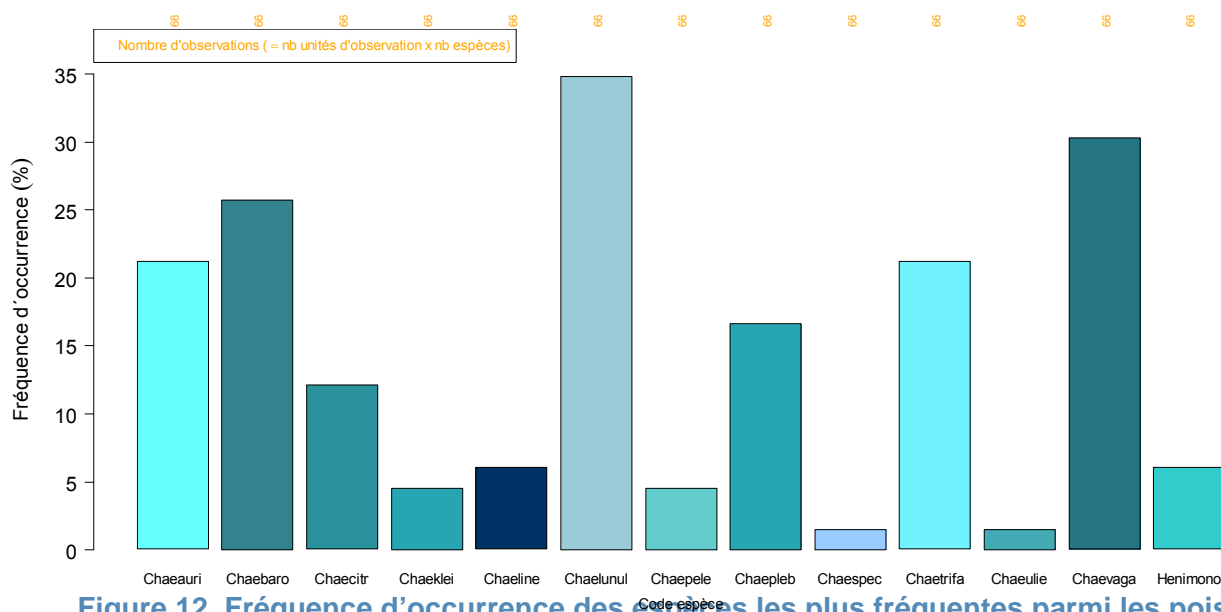


Figure 12. Fréquence d'occurrence des espèces les plus fréquentes parmi les poissons papillons (Chaetodontidae).

Les picots ou poissons lapins (Siganidae) ont été observés sur 78% des stations. 7 espèces ont été identifiées et en forte abondance. Le picot à deux bandes (*Siganus doliatus*) et le picot jaune à lignes bleues (*Siganus puellus*) sont présents respectivement sur 60% et 33% des stations (Figure 13).



Figure 13. Fréquence d'occurrence des picots (Siganidae).

Les loches (Serranidae) ont été observées sur 56% des stations. 5 espèces ont été identifiées. La saumonée (*Plectropomus leopardus*) est présente, en forte abondance, sur 45% des stations (Figure 14).

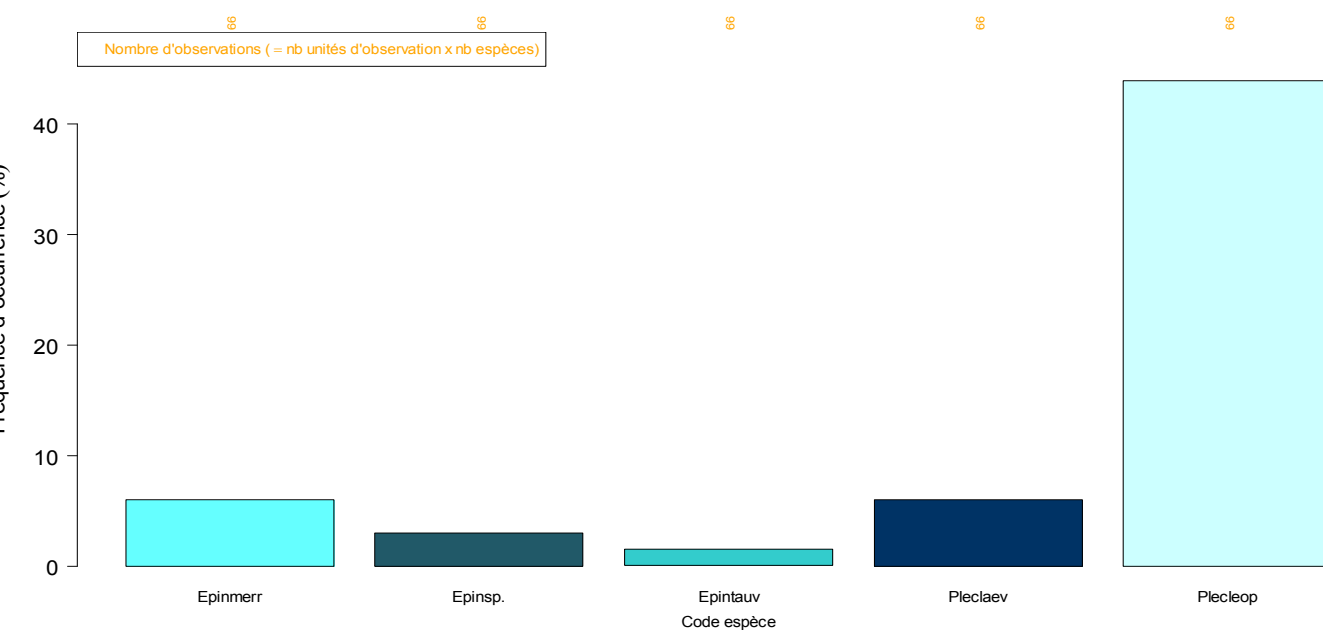


Figure 14. Fréquence d'occurrence des loches (Serranidae).

Les becs et bossus (Lethrinidae) ont été observés sur 54% des stations. L'espèce la plus abondante est le bossu d'herbe (*Lethrinus harak*) présent sur 20% des stations. Le bec de cane, espèce à fort intérêt halieutique n'est observé que sur 5% des stations (Figure 15).

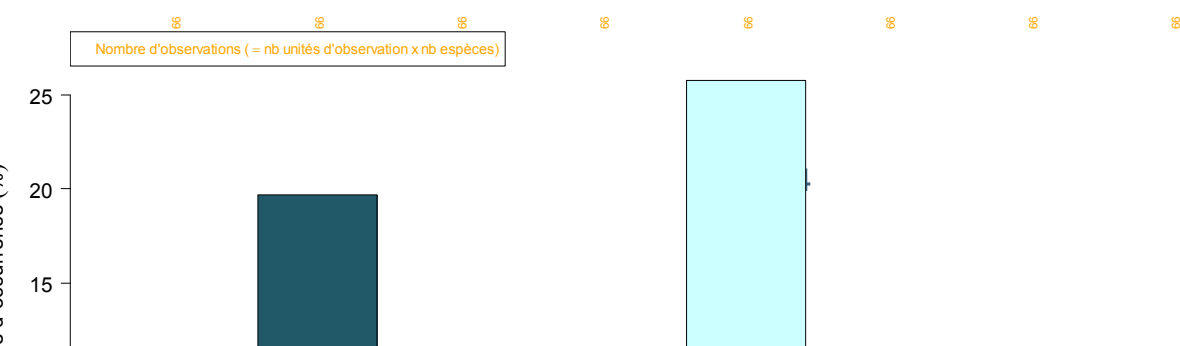


Figure 15. Fréquence d'occurrence des espèces des bossus et les becs (Lethrinidae)
Les requins (Carcharhinidae) sont observés sur 6% des stations. 2 espèces ont été identifiées : le requin pointes blanches (*Triaenodon obesus*) est présent sur 5% des stations.

Richesse spécifique et densité totale

En moyenne 12.27 espèces sont observées par station. La RS maximale est de 28 espèces. La densité moyenne est de 36.8 ind/100m² (Figure 16).

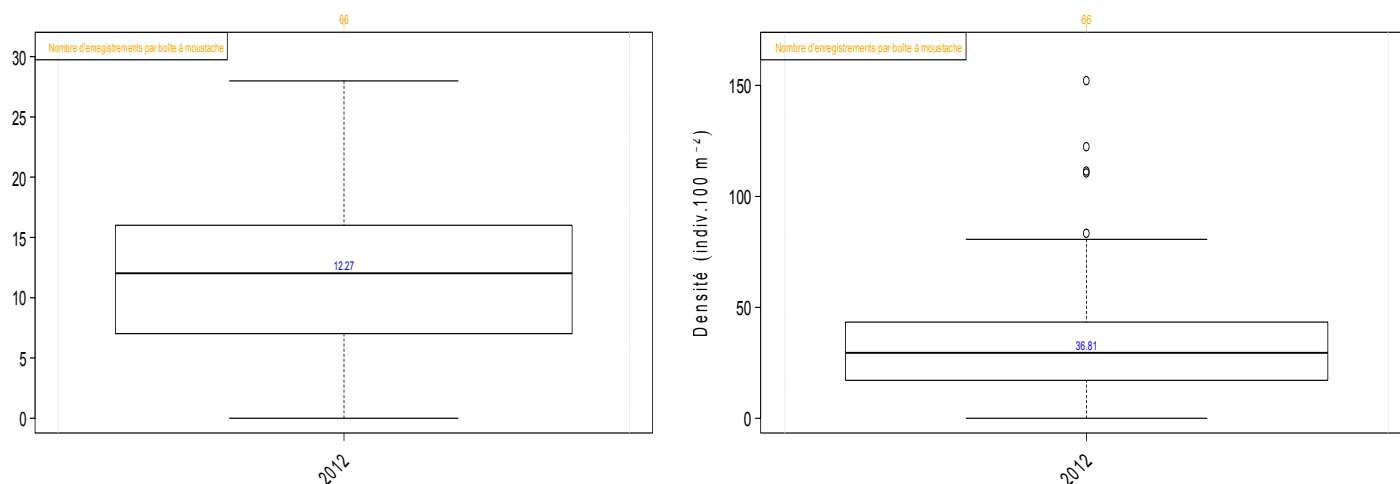


Figure 16. Richesse spécifique et densité totale par unité d'observation

La richesse spécifique et la densité totale (Figures 17-19) varient selon le site. Elles sont plus fortes au niveau des récifs soumis à une influence océanique (Frangeant d'îlot et Récif barrière) tandis qu'elles diminuent au niveau des formations coralliennes sous influence terrigène (Baie de Port Bouquet et Toupeti) (GLM famille Binomiale négative à 1 facteur « site », effet significatif du facteur « site » ($p < 0.001$, notamment sous l'influence du site Toupeti)).

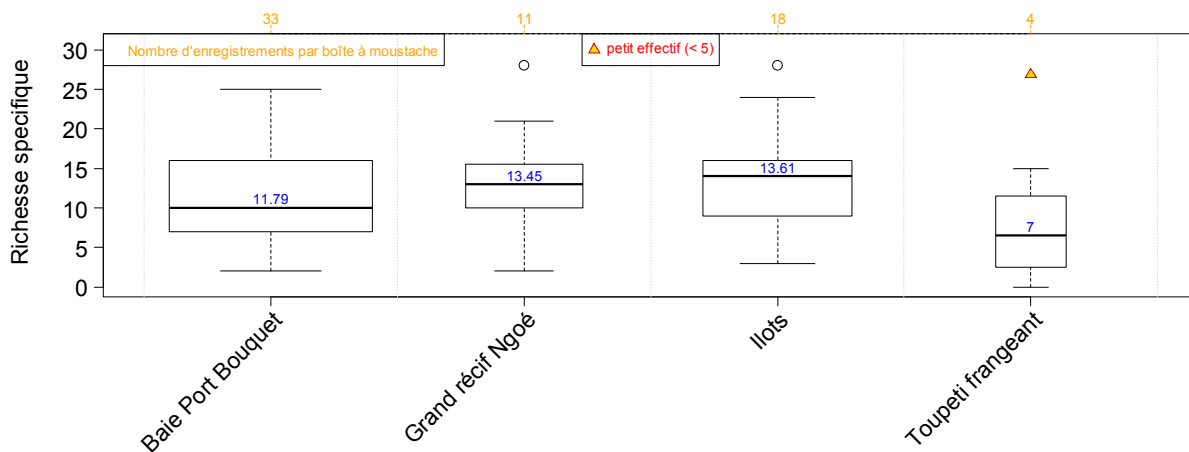
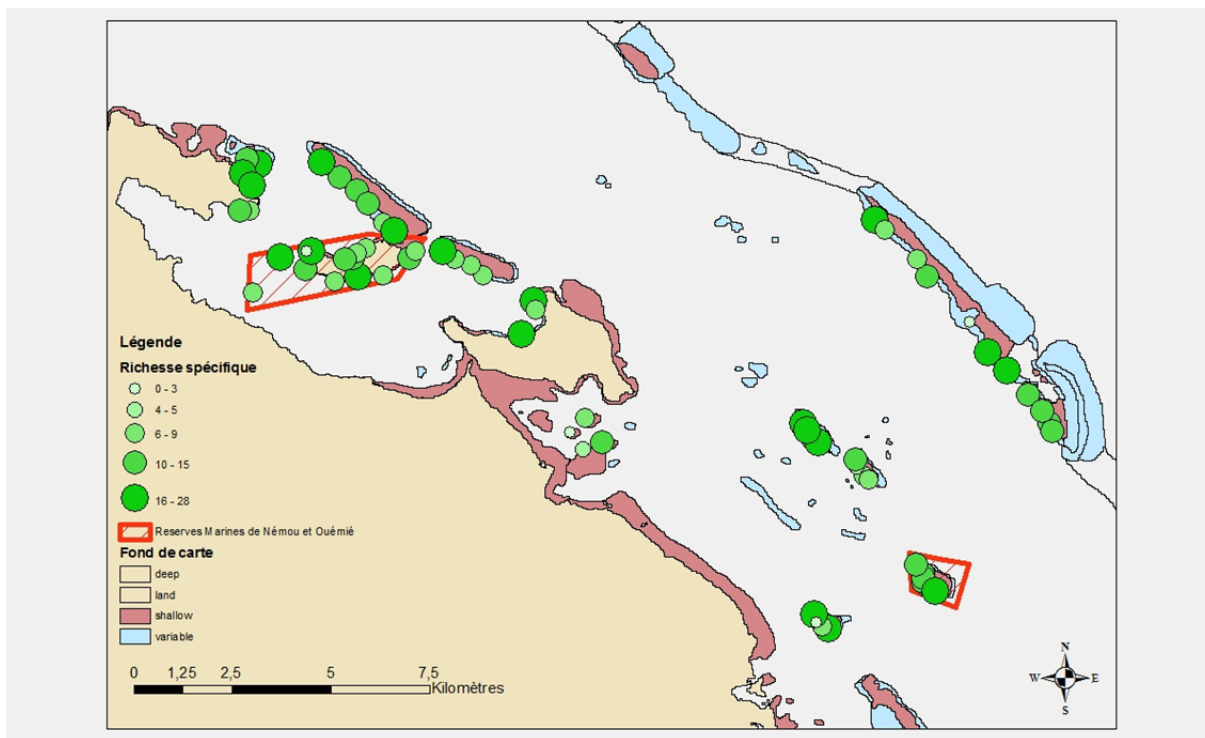


Figure 17. Richesse spécifique par unité d’observation en fonction du site.



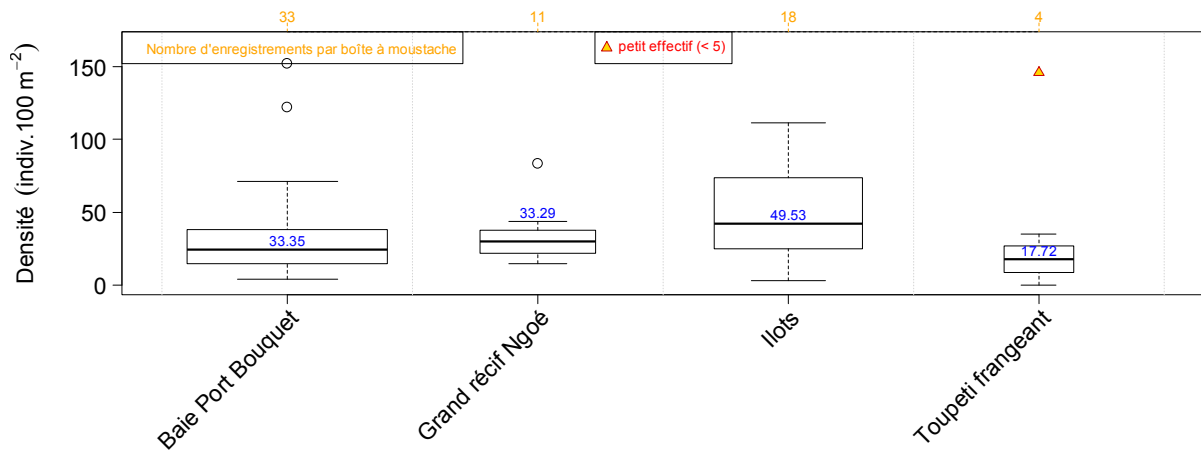


Figure 18. Densité totale par unité d'observation en fonction du site.

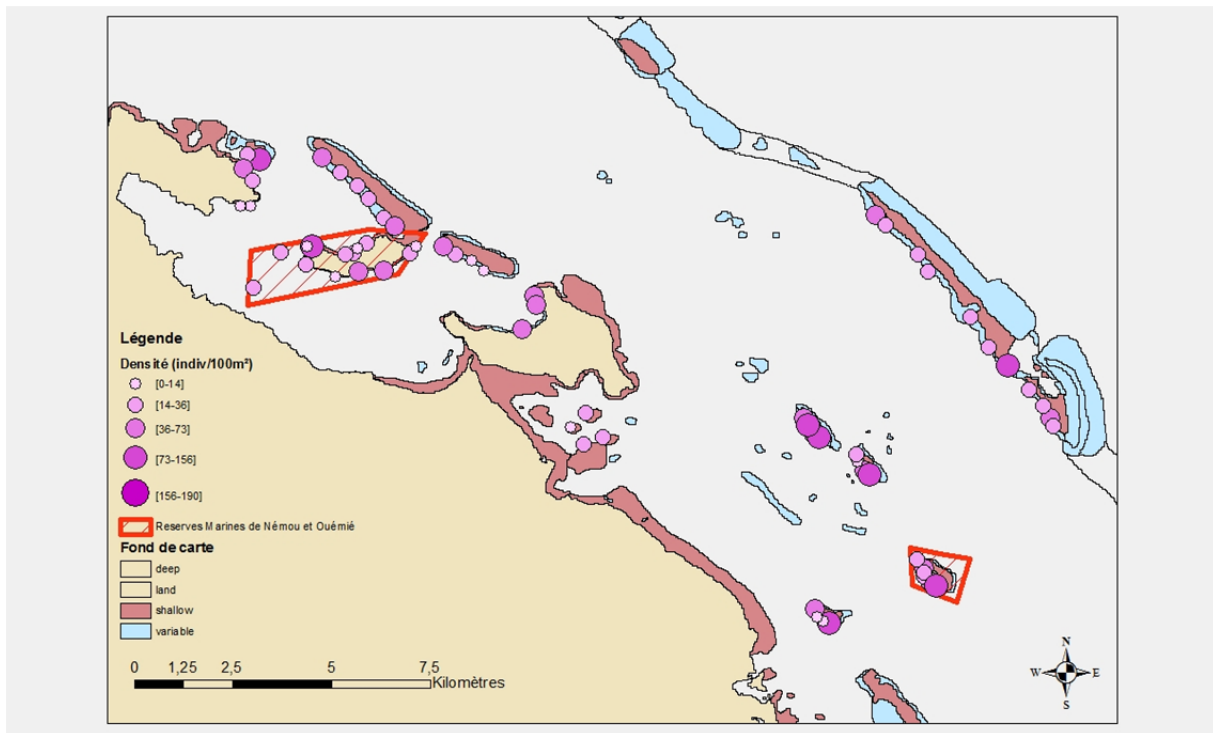


Figure 19. Densité totale par unité d'observation.

6.4. Structure des communautés de poissons en fonction de la géomorphologie et de l'habitat

La PERMANOVA montre que la structure des assemblages de poisson diffère significativement en fonction du type de récif (ici équivalent à unité géomorphologique car pas de station sur fond lagunaire) ($p < 0.021$), mais pas en fonction des habitats issus de la typologie ($p < 0.6$) (Tableau 13). De plus, l'interaction entre 'type de récif' et 'habitat' n'est pas significative ($p < 0.2$). Les tests post hoc par paires (Tableau 14) montrent que les assemblages de poisson sont significativement distincts entre le récif frangeant et le récif barrière. Par contre, il n'y a pas de différence significative entre les récifs intermédiaires d'un part, et d'autre part, le récif barrière ou le récif frangeant.

Tableau 13. Résultats du test PERMANOVA. Habitat : Corail Vivant, Détritique, Fond Lagunaire. Type de récif : frangeant, intermédiaire et barrière.

Facteur	df	Pseudo F	P
Type de récif	2	1,4618	0,0209
Habitat	2	0,93654	0,5983
Type de récif * Habitat	4	1,1317	0,1649

Tableau 14. Résultats des tests PERMANOVA post hoc par paires.

Paires comparées	t	P
Fond Lagunaire, Corail Vivant	0,89004	0,7685
Fond Lagunaire, Détritique	0,95105	0,5604
Détritique, Corail Vivant	1,0761	0,242
Récif frangeant, récif intermédiaire	1,1245	0,1587
Récif frangeant, Récif barrière	1,2549	0,036
Récif intermédiaire, Récif barrière	1,2499	0,062

Les résultats de la CAP (Figure 20, Tableau 15) en fonction du type de récif indiquent que les stations sur récif barrière sont caractérisées par la loche mouchetée (*Epinephelus tauvina*) et la perche de minuit noire (*Macolor niger*). Les récifs intermédiaires sont caractérisés par plusieurs espèces de chirurgiens et le dawa (*Naso unicornis*), le requin à ailerons blancs du lagon (*Triaenodon obesus*), le rouget barbet à bandes (*Parupeneus multifasciatus*), le communard long (*Lethrinus variegatus*), un baliste (*Sufflamen cryopterum*) et un poisson perroquet (*Chlorurus sordidus*) et un picot (*Siganus spinus*). Les récifs frangeants sont caractérisés par deux espèces

de labre, le bossu d'herbe (*Lethrinus harak*), un picot (*Siganus puellus*) et un poisson papillon (*Chaetodon plebeius*).

Les résultats de la validation croisée montrent un pourcentage de 'classification correcte' global satisfaisant (64%) et des pourcentages de classification correcte par type de récif pour Récif Barrière (=45%) et Récif Intermédiaire (=62%) et Récif Frangeant (= 69%). Ces résultats mettent en évidence les espèces caractéristiques des différentes unités géomorphologiques.

Tableau 15. Principales espèces caractéristiques des récifs barrière et intermédiaires.

Type de récif	Famille	Espèce	Nom commun
Barrière	Lutjanidae	<i>Macolor niger</i>	Perche de minuit noire
	Serranidae	<i>Epinephelus tauvina</i>	Loche mouchetée
Intermédiaire	Acanthuridae	<i>Acanthurus olivaceus</i>	Chirurgien à bande orange
	Acanthuridae	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Chirurgien à virgule noire
	Acanthuridae	<i>Zebrasoma scopas</i>	Chirurgien à queue en balai
	Acanthuridae	<i>Naso unicornis</i>	Dawa
	Balistidae	<i>Sufflamen crysopterum</i>	Baliste
	Carcharhinidae	<i>Triaenodon obesus</i>	Requin à ailerons blancs du lagon
	Lethrinidae	<i>Lethrinus variegatus</i>	Communard long
	Mullidae	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Rouget barbet à bandes
	Scaridae	<i>Chlorurus sordidus</i>	Poisson perroquet
	Siganidae	<i>Siganus spinus</i>	Picot
Frangeant	Chaetodontidae	<i>Chaetodon plebeius</i>	Poisson papillon
	Labridae	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Vieille tachetée
	Labridae	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Labre
	Lethrinidae	<i>Lethrinus harak</i>	Bossu d'herbe
	Siganidae	<i>Siganus puellus</i>	Picot

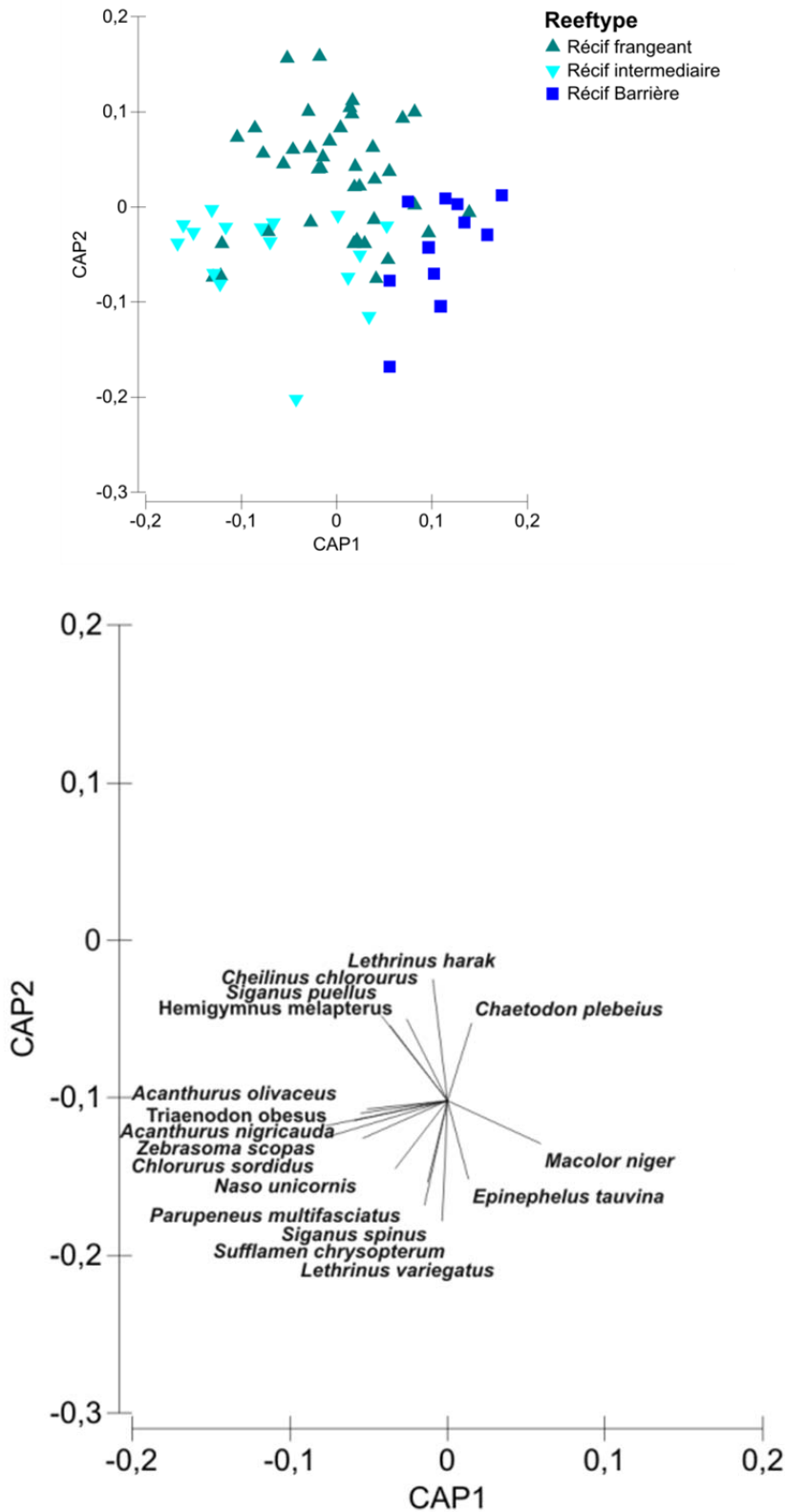


Figure 20. Premier plan factoriel de la CAP. Haut : projection des stations représentées par leur assemblages de poissons, en fonction des trois types de récif. Bass : Espèces de poissons caractéristiques de chaque type de récif en projection sur le premier plan factoriel. Seules les espèces présentant des corrélations suffisantes avec les axes CAP (corrélation Pearson, $r > 0.3$) sont reportées.

Les résultats de la validation croisée pour la CAP en fonction de l'habitat (Figure 21, Tableau 16) montrent un pourcentage de 'classification correcte' global satisfaisant (50%) et des pourcentages de classification correcte par habitat satisfaisant pour 'Corail Vivant' (56 %) et 'Fond Lagonaire' (44%) mais pas pour la classe 'Détritique' (33%). Ces résultats indiquent que les assemblages de poisson dans les habitats 'Corail vivant' et 'Fond lagonaire' se distinguent plus que ceux de l'habitat 'Détritique'. Les vecteurs superposés permettent d'identifier les espèces caractéristiques des habitats 'Corail Vivant' et 'Fond lagonaire' (Figure 21).

Les stations de l'habitat 'Corail Vivant' sont caractérisées par plusieurs espèces de labres, le chirurgien à tête ponctuée d'orange (*Ctenochaetus striatus*), le rouget-barbet à tache jaune (*Parupeneus indicus*), un poisson perroquet (*Chlorurus sordidus*), et la loche saumonée (*Plectropomus leopardus*). Les stations de l'habitat 'Fond lagonaire' sont caractérisées par des picots kanak, le chirurgien voilier (*Zebrasoma velifer*), une espèce de papillon (*Chaetodon trifascialis*) et une espèce de perroquet (*Scarus ghobban*). Les stations de l'habitat 'Détritique' étaient caractérisées par un labre (*Coris batuensis*), le rouget-barbet à bande noire et la loche mouchetée, mais le pourcentage de classification correcte dans cet habitat était faible.

Tableau 16. Principales espèces caractéristiques des différents habitats.

Habitat	Famille	Espèce	Nom commun
Corail Vivant	Acanthuridae	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Chirurgien à tête ponctuée d'orange
	Labridae	<i>Bodianus loxozonus</i>	Labre
	Labridae	<i>Coris aygula</i>	Labre
	Labridae	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Labre
	Mullidae	<i>Paraupeneus indicus</i>	Rouget-barbet à tache jaune
	Scaridae	<i>Chlorurus sordidus</i>	Poisson perroquet
	Serranidae	<i>Plectropomus leopardus</i>	Saumonée
Fond lagonaire	Acanthuridae	<i>Acanthurus blochii</i>	Chirurgien à queue rayée (aussi Picot kanak)
	Acanthuridae	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Picot kanak
	Acanthuridae	<i>Zebrasoma velifer</i>	Chirurgien voilier
	Chaetodontidae	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Poisson papillon
	Scaridae	<i>Scarus ghobban</i>	Poisson perroquet

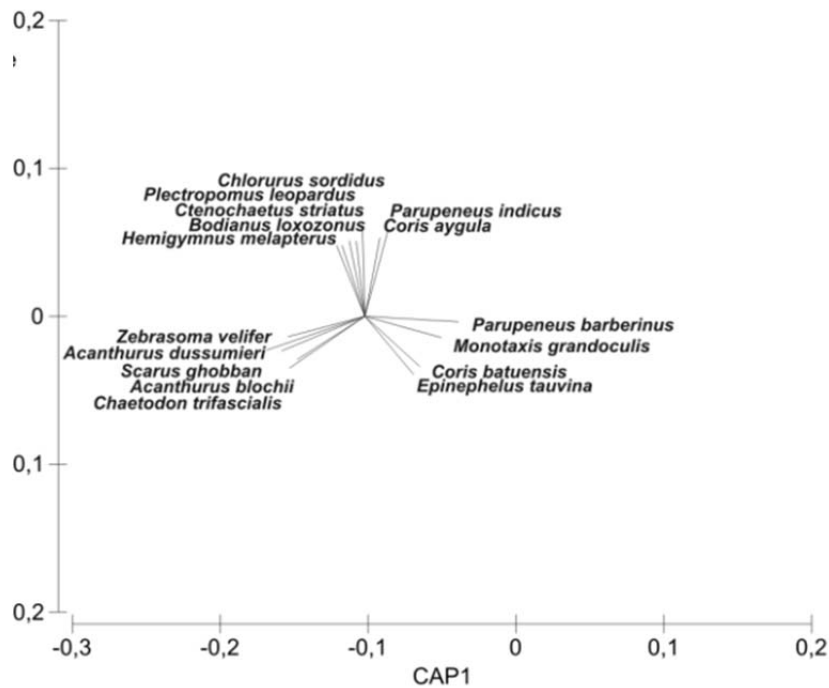
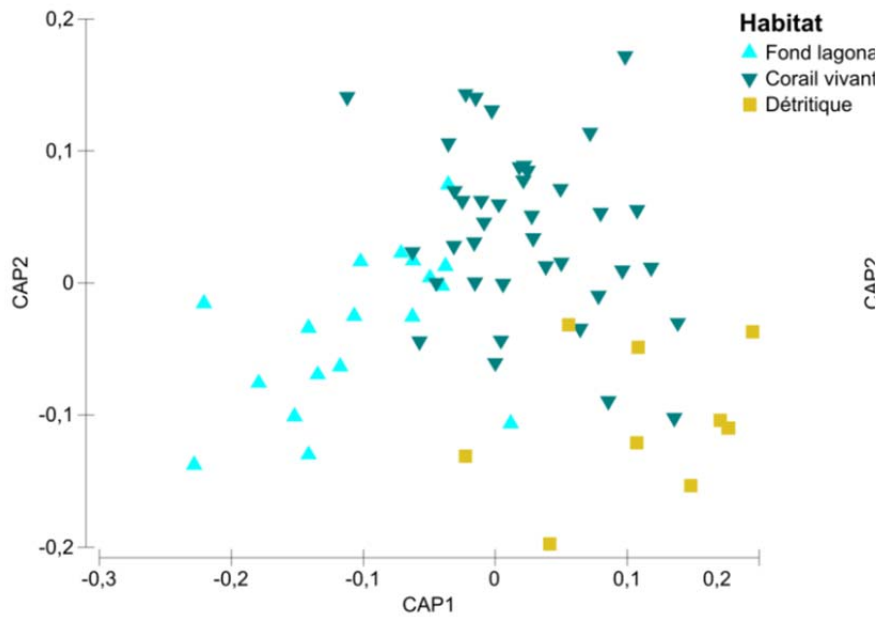


Figure 21. Premier plan factoriel de l'Analyse Canonique des coordonnées principales (Ordination CAP : Canonical Analysis of Principal Coordinates). Haut : projection des stations représentées par leur assemblages de poissons, en fonction des trois habitats. Bas : Espèces de poissons caractéristiques de ces habitats en projection sur le premier plan factoriel. Seules les espèces présentant des corrélations suffisantes avec les axes CAP (corrélation Pearson, $r > 0.4$) sont reportées.

7. Evaluation de la mise en protection

7.1. Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème

Tableau 17. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif de maintenir un assemblage d'espèces représentatif de l'écosystème. NS=non significatif, RE=réserve. Fiches métriques en annexe. Les tendances ne sont pas évaluées.

Restauration et Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème		
Etat de la biodiversité	Diagnostic à partir des données actuelles	
Richesse spécifique		<ul style="list-style-type: none"> • RS élevée sur l'ensemble de la zone • RS plus élevée dans les zones protégées (récentes) que dans les zones non protégées (non significatif) • RS un peu moins élevée à Nemou que sur les îlots et récifs intermédiaires et barrière. • RS plus faible sur le récif frangeant
Densité d'abondance toutes espèces		<ul style="list-style-type: none"> • Densité élevée sur l'ensemble de la zone • Densité en moyenne moins élevée en RE que HR (<i>proche du seuil de significativité</i>) sur chaque site • Densité moins élevée dans la Baie de Port Bouquet que sur les îlots et récifs intermédiaires
Densité d'abondance par famille		
Acanthuriidae (Chirurgiens)	Port-Bouquet	<ul style="list-style-type: none"> • Famille abondante sur l'ensemble de la zone, et par rapport aux autres sites de la Côte Est visités en 2012 • Dans la Baie de Port Bouquet des densités plus faibles et notamment en réserve par rapport à HR ($p < 0.075$).
	Moindé-Ouémié	<ul style="list-style-type: none"> • Sur les îlots du sud de la Baie, densité plus élevée en réserve, mais non significativement. • Densité significativement plus faible dans la Baie de Port-Bouquet par rapport au sud de la Baie ($p < 0.007$)
Chaetodontidae (Poissons papillons)	Port-Bouquet	<ul style="list-style-type: none"> • Dans la Baie de Port-Bouquet, densité significativement plus élevée dans la Réserve de Némou qu'à l'extérieur ($p < 0.016$).
	Moindé-Ouémié	<ul style="list-style-type: none"> • Sud de la Baie, îlots et récifs intermédiaires : signe de densité plus élevée HR (non significatif) • Hors réserve sur les îlots et récifs intermédiaires, densités plus élevées dans le Sud qu'au large de Port-Bouquet ($p < 0.0006$)

<p>Labridae (Labres)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Densités similaires à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Signe de densité plus élevée hors réserve, mais pas de différences significatives entre les réserves et les zones protégées, ni entre les sites
<p>Lethrinidae (Bec et bossus)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Densités légèrement supérieures à celles observées sur la côte Est dans les campagnes 2012. Elles restent inférieures à celles d'autres sites étudiés (Bourail, Ouano). • Pas de différences significatives entre les réserves et les zones non protégées.
<p>Mullidae (Rougets barbets)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Densités supérieures aux densités observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Dans la baie de Port Bouquet, densité plus élevée à l'extérieur de la Réserve de Némou (NS). • Pas de différences significatives selon le statut de protection. • Effets sites et statut de protection significatifs (resp. $p < 0.035$ et $p < 0.03$), mais différences non significatives.
<p>Scaridae (Perroquets)</p>	<p>Port-Bouquet</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Dans la Baie de Port Bouquet, densité significativement plus élevée en dehors de la réserve de Némou ($p < 0.03$).
	<p>Moindé-Ouémié</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sur les îlots et récifs intermédiaires du sud de la Baie, signe de densité plus élevée HR mais différences non significatives
<p>Siganidae (Picots)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Dans chaque site, signes de densités plus élevées en dehors des réserves, mais non significatif • Au niveau des récifs intermédiaires, la densité hors Réserve de Moindé-Ouémié s'explique par des bancs de <i>Siganus doliatus</i>
<p>Serranidae</p>	<p>Port-Bouquet</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dans la Baie de Port-Bouquet, densité similaire entre la Réserve de Némou et les zones non protégées. • Densité significativement plus élevée dans la Réserve de Moindé-Ouémié que dans les zones non protégées sur les récifs d'îlots au sud de la zone ($p < 0.06$).
	<p>Moindé-Ouémié</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année (sur récifs d'îlots).
<p>Richesse spécifique des poissons-papillons</p>		<ul style="list-style-type: none"> • RS significativement plus élevée dans la Réserve de Némou que dans les zones non protégées de la Baie de Port-Bouquet ($p < 0.02$) • RS plus élevée dans la Réserve de Moindé-Ouémié que sur les récifs d'îlots non protégés (non significatif). • RS supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année (sur récifs d'îlots).

Cette évaluation sur la base d'indicateurs univariés (Tableau 17) est complétée par un test au niveau de l'assemblage. Une analyse de variance par permutations (PERMANOVA) a été réalisée pour tester conjointement les effets de l'unité géomorphologique (plus explicatif que l'habitat issu de la typologie) et du statut de protection. La PERMANOVA met en évidence un effet de l'unité géomorphologique et de protection au niveau de la structure de l'assemblage (Tableau 18).

Tableau 18. Résultats du test PERMANOVA. Statut de protection : réserve, hors réserve. Unité géomorphologique : frangeant, intermédiaire et barrière.

Facteur	Degrés de liberté	Pseudo F	P
Statut de protection	1	1,7523	0,0135
Unité géomorphologique	2	1,6114	0,0072
Statut * Unité géomorphologique	4	1,0253	0,4155

La composition spécifique de l'assemblage observé sur l'ensemble de la zone, diffère significativement entre les types de récif et selon le statut de protection.

L'interaction étant non significative et le statut de protection ne présentant que deux valeurs, il n'est pas nécessaire de reporter les tests post hoc.

Bilan pour l'objectif 1 :

La plupart des indicateurs présentent des valeurs élevées sur l'ensemble de la zone et supérieures à celles observées lors des autres campagnes réalisées sur la côte Est la même année (Hienghene et Pweevo, en août et novembre respectivement). Cette situation a été prise en compte pour interpréter les comparaisons entre zones protégées et non protégées.

Les familles sont assez abondantes sur toute la zone, mais les chirurgiens, perroquets et loches montrent une situation moins favorable dans la Baie de Port-Bouquet qu'au sud de cette Baie.

Dans la Baie de Port-Bouquet, la densité des chirurgiens et perroquets est significativement plus faible en RE que HR. Le même signal est observé dans le sud, mais n'est pas significatif.

Au sud de la Baie, les loches sont significativement plus abondantes en RE (Moindé-Ouémié).

Les autres familles ne présentent pas de différences marquantes entre RE et HR.

Les densités et richesse spécifique des poissons papillons indiquent un bon état de santé dans les deux Réserves. La Réserve de Nemou présente des valeurs significativement plus élevées en réserve pour ces deux indicateurs. La Réserve de Moindé-Ouémié présente aussi des résultats favorables et des valeurs parfois plus élevées qu'à Nemou, mais pas de différences significatives avec les zones non protégées environnantes.

7.2. Conservation de la biodiversité : Maintien des fonctions de l'écosystème

Tableau 19. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif de maintenir les fonctions de l'écosystème. NS=non significatif, RE=réserve. Fiches métriques en annexe. Les tendances ne sont pas évaluées.

Conservation de la biodiversité : Maintien des fonctions de l'écosystème	
Etat de la biodiversité	Diagnostic à partir des données actuelles
Densité d'abondance des carnivores et des piscivores	<ul style="list-style-type: none"> • Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Signes de densité plus élevée en RE sur les îlots au sud de la Baie, et dans la Baie de Port-Bouquet, mais différences non significatives. • Densités plus élevées sur les îlots au sud de la Baie que dans la Baie de Port-Bouquet
Densité d'abondance des herbivores	<ul style="list-style-type: none"> • Groupe trophique abondant sur l'ensemble de la zone d'étude et densités élevées et supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Densités plus élevées au niveau des îlots au sud de la Baie que dans la Baie de Port Bouquet. • Sur les deux sites, signes de densités plus élevées HR, mais non significatif

Bilan de l'évaluation de l'objectif 2

Seule la densité d'abondance par groupe trophique a été testée pour cet objectif. Les densités des deux principaux groupes présentent des valeurs élevées sur l'ensemble de la zone, et supérieures à celles observées lors des autres campagnes réalisées sur le côte Est la même année (Hienghene et Pweevo, en août et novembre respectivement). Cette situation a été prise en compte pour interpréter les comparaisons entre zones protégées et non protégées.

La densité des carnivores est plus élevée en RE dans les deux sites et celle des herbivores est moins élevée en RE, mais pas de différences significatives entre les zones en réserve et les zones non protégées.

Les densités sont plus élevées au sud de la zone que dans la Baie de Port Bouquet.

7.3. Conservation de la biodiversité : Espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques

Tableau 20. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif de conservation des espèces remarquables. NS=non significatif, RE=réserve. Fiches métriques en annexe. Les tendances ne sont pas évaluées.





Conservation de la biodiversité : Espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques	
Etat de la biodiversité	Diagnostic à partir des données actuelles
<p>Fréquence d'occurrence des requins</p> <p>Fréquence d'occurrence des raies</p>	<p><u>Pertinence</u> : Les requins et les raies sont des espèces menacées même si localement protégées depuis 2013. L'existence de zones protégées doit entraîner une augmentation de la fréquence d'occurrence de ces espèces dans la zone d'étude.</p> <p><u>Résultat</u> : Peu de requins ont été observés sur les stations vidéo. Le requin à pointes blanches (<i>Triaenodon obesus</i>) a été observé sur 3 stations et le requin gris de récif (<i>Carcharhinus amblyrhynchos</i>) sur 1 station. Une raie a été observée (<i>Dasyatis kuhlii</i>)</p>
<p>Fréquence d'occurrence des Cheloniidae</p>	<p><u>Pertinence</u> : Les tortues sont des espèces menacées même si localement protégées depuis 2013.</p> <p><u>Résultat</u> : Une seule tortue, imbriquée, a été observée.</p>
<p>Fréquence d'occurrence des napoléons</p>	<p><u>Pertinence</u> : Le Napoléon est une espèce menacée (IUCN), emblématique, uniquement observée dans les formations récifales en bonne santé.</p> <p><u>Résultat</u> : Aucun napoléon n'a été observé sur les stations vidéo. Le faible nombre d'observations ne permet pas de conclure sur l'effet du statut de protection.</p>
<p>Fréquence d'occurrence des espèces remarquables</p>	<p><u>Pertinence</u> : Les espèces remarquables regroupent les espèces emblématiques et localement menacée.</p> <p><u>Résultat</u> : Le faible nombre d'observations ne permet pas de conclure sur l'effet du statut de protection</p>

Bilan pour l'objectif 3

Les espèces emblématiques ont été insuffisamment observées en 2012 pour informer sur l'effet du statut de protection.

7.4. Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats

Tableau 21. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif de conservation des habitats. Pas de fiche métrique pour les 2 premiers indicateurs.

Etat de la biodiversité	Diagnostic à partir des données actuelles	
Recouvrement en corail vivant (%)		<p>Pas de différence significative entre les zones protégées. Recouvrement élevé sur toute la zone</p> <p>Recouvrement non négligeable sur le récif frangeant ou proche de ce dernier</p>
Recouvrement en corail branchu (%)		<p>Pas de différence significative entre les zones protégées et les deux types de réserve, même en prenant en compte l'unité géomorphologique.</p>
Richesse spécifique des poissons-papillons		<ul style="list-style-type: none"> • RS significativement plus élevée dans la Réserve de Nemou que dans les zones non protégées de la Baie de Port-Bouquet ($p < 0.02$) • RS plus élevée dans la Réserve de Moindé-Ouémié que sur les récifs d'îlots non protégés (non significatif). • RS supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année (sur récifs d'îlots).
Densité d'abondance des poissons-papillons		<ul style="list-style-type: none"> • Dans la Baie de Port-Bouquet, densité significativement plus élevée dans la Réserve de Némou qu'à l'extérieur ($p < 0.016$). • Sud de la Baie, îlots et récifs intermédiaires : signe de densité plus élevée HR (non significatif) • Hors réserve sur les îlots et récifs intermédiaires, densités plus élevées dans le Sud qu'au large de Port-Bouquet ($p < 0.0006$), même résultat sur l'habitat corail vivant uniquement • Sur le récif frangeant, densité similaire à celle de la Baie de Port-Bouquet (hors réserve)

Bilan objectif 4 :

L'état de santé des formations coralliennes est très satisfaisant, en très bon état sur l'ensemble de la zone.

L'état est excellent dans la Réserve de Nemou, avec les deux indicateurs poissons-papillons significativement plus élevés.

A proximité ou sur le récif frangeant, les recouvrements sont plus faibles, mais non négligeables, malgré les apports terrigènes.

7.5. Exploitation durable des ressources : Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles

Tableau 22. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif de conservation des habitats. Fiches métriques en annexe.

Exploitation durable des ressources : Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles	
Etat des ressources	Diagnostic à partir des données actuelles
Densité d'abondance : - espèces commerciales - espèces consommables	<ul style="list-style-type: none"> • Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Pas de différences nettes entre la Baie de Port-Bouquet et la zone Sud • Signes de densités plus élevées HR sur les deux zones, mais différences non significatives.
Densité d'abondance de la saumonée <i>Plectropomus leopardus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année, mais restant assez faibles. • Signes de densité plus élevée en RE à Moindé-Ouémié au niveau des récifs d'îlot. • Dans la baie de Port Bouquet, densités similaires dans et hors de la Réserve de Némou.
Fréquence d'occurrence des becs de cane <i>Lethrinus nebulosus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Espèce plus souvent observée que sur les autres sites de la côte Est en 2012. • Espèce observée uniquement en Réserve, mais fréquence faible même en réserve (15%)
Densité d'abondance des Lethrinidae pêchés	<ul style="list-style-type: none"> • Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année, mais restant assez faibles. • Densités plus élevées dans la Baie de Port-Bouquet que sur les îlots et récifs intermédiaires au sud de la Baie ($p < 0.087$) • Signes de densité plus élevée en RE à Moindé-Ouémié que sur les îlots et récifs intermédiaires non protégés. • Signes de densité plus élevée HR dans la Baie de Port-Bouquet (sur tous les habitats) • Peu d'individus de grande taille ont été observés

<p>Densité d'abondance du dawa <i>Naso unicornis</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> • Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Espèce plus abondante sur les îlots et récifs intermédiaires et sur le grand récif, que dans la Baie de Port-Bouquet • Densité significativement plus élevée dans la Réserve de Moindé-Ouémié que dans la Réserve de Nemou ($p < 0.1$) • Signes de densité plus élevée en RE à Moindé-Ouémié que sur les îlots et récifs intermédiaires non protégés, mais non significatif • Peu d'individus de grande taille ont été observés
<p>Densité d'abondance des espèces cibles de la chasse</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Densités largement supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Espèces plus abondantes sur les îlots et récifs intermédiaires et sur le grand récif que dans la Baie de Port Bouquet. • Dans la Baie de Port-Bouquet, signe de densité plus faible en réserve par rapport à la zone non protégée (non significatif) • Densités similaires en RE et HR sur les îlots et récifs intermédiaires non protégés.

Tous les indicateurs montrent des valeurs clairement plus élevées à Borendy que dans les autres sites de la côte Est visités en 2012.

Toutes espèces confondues, il n'apparaît pas de différence entre la Baie de Port-Bouquet et le sud de la zone, et les densités sont légèrement plus élevées hors réserve que dans les réserves, sans pour autant être significatives.

Lorsque l'on distingue les espèces, les résultats sont plus contrastés. Les becs et bossus sont plus abondants dans la Baie de Port Bouquet dans tous les habitats et plus abondants hors réserve, alors que dans le sud, ils sont plus observés en réserve (différences NS). A l'inverse, les espèces-cibles de la chasse (dawa, saumonée et espèces-cibles) sont plus abondants dans le sud de la zone que dans la Baie de Port-Bouquet. Le dawa est significativement plus abondant dans la réserve de Moindé-Ouémié que dans celle de Nemou (marginale significatif, $p < 0.1$).

Dans le sud de la zone, l'ensemble des cibles est plus abondant en réserve que dans les zones non protégées (différences toutefois non significatives).

8. Recommandation pour les suivis

8.1. Plan d'échantillonnage pour un suivi vidéo

Un des objectifs de l'état initial est de définir un plan d'échantillonnage de suivi vidéo en routine, complémentaire aux observations en UVC. 86 stations ont ainsi été sélectionnées avec :

- 60 stations sont issues de l'état initial vidéo de 2012
- 10 stations doivent être réalisées en complément de l'état initial sur la pente externe
- 4 stations sur le récif barrière interne au nord de la baie de Port Bouquet
- 12 stations ont été rajoutées au niveau des récifs frangeant

Les critères de sélection des stations sont les suivant :

- Tous les habitats de la zone d'étude doivent être représentés
- Les assemblages de poisson observés lors de l'état initial doivent être conservés.
- Les stations doivent couvrir l'ensemble de la zone d'étude.

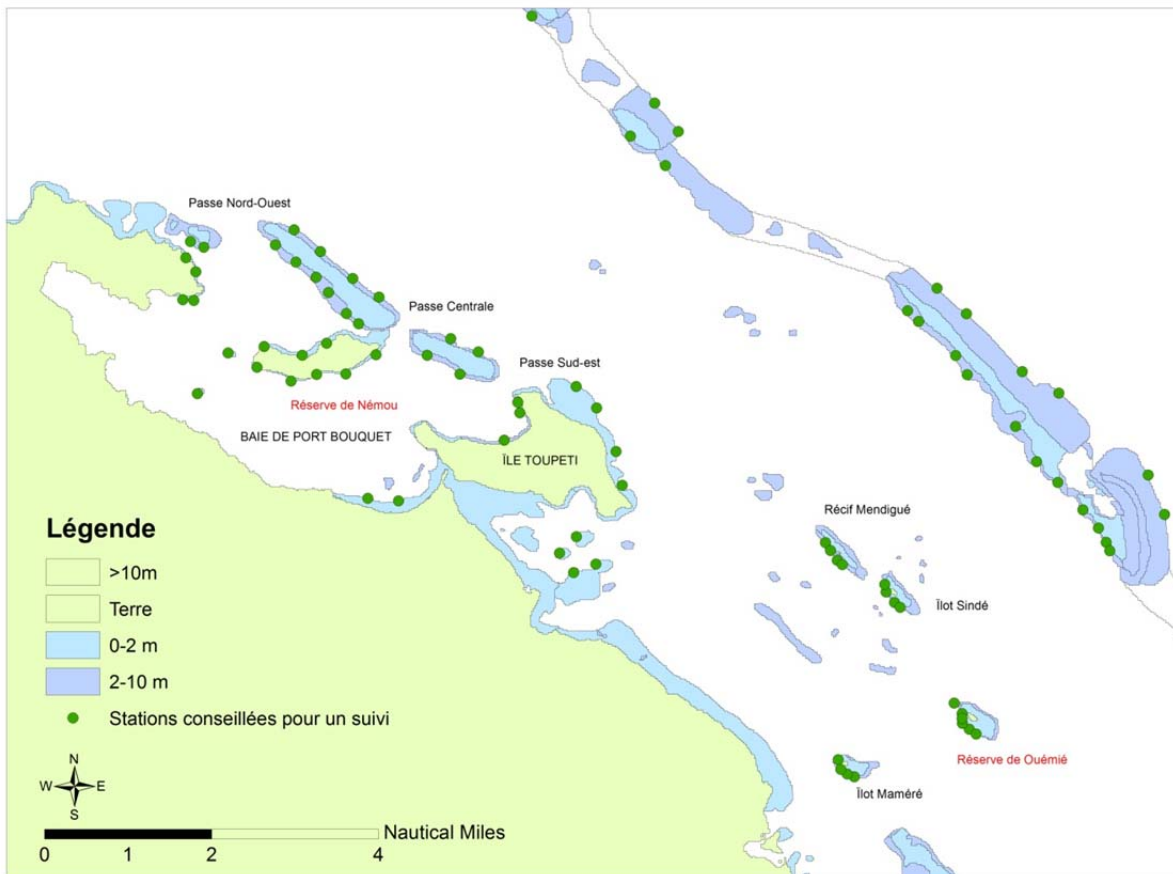


Figure 22. Stations recommandées dans le cadre d'un suivi vidéo

Tableau 23. Liste des 86 stations recommandées dans le cadre d'un suivi en routine et issues de l'état initial vidéo.

Station	Statut protection	Latitude	Longitude	Site
BO75	HR	-21,58932	166,41992	Pente externe
BO76	HR	-21,59382	166,43272	Pente externe
BO77	HR	-21,62373	166,45156	Pente externe
BO78	HR	-21,62938	166,45625	Pente externe
BO79	HR	-21,66063	166,50788	Pente externe
BO80	HR	-21,66572	166,51373	Pente externe
BO81	HR	-21,67727	166,52486	Pente externe
BO82	HR	-21,68154	166,53216	Pente externe
BO83	HR	-21,69791	166,55002	Pente externe
BO84	HR	-21,70573	166,55329	Pente externe
BO01	HR	-21,65540	166,38000	Port Bouquet
BO02	HR	-21,65200	166,37588	Port Bouquet
BO03	HR	-21,66568	166,39002	Port Bouquet
BO04	RE	-21,67785	166,38410	Port Bouquet
BO05	RE	-21,67642	166,37222	Port Bouquet
BO06	HR	-21,65843	166,38402	Port Bouquet
BO07	HR	-21,67778	166,41270	Port Bouquet
BO08	HR	-21,65243	166,36162	Port Bouquet
BO09	HR	-21,65135	166,35893	Port Bouquet
BO10	HR	-21,65455	166,35802	Port Bouquet
BO18	HR	-21,67400	166,40617	Port Bouquet
BO19	HR	-21,66770	166,39250	Port Bouquet
BO22	RE	-21,67917	166,37900	Port Bouquet
BO23	RE	-21,67775	166,38993	Port Bouquet
BO24	RE	-21,67388	166,39598	Port Bouquet
BO25	HR	-21,66147	166,38647	Port Bouquet
BO26	HR	-21,66308	166,35963	Port Bouquet
BO27	HR	-21,65735	166,36002	Port Bouquet
BO28	RE	-21,67225	166,37365	Port Bouquet
BO29	RE	-21,67160	166,38610	Port Bouquet
BO32	RE	-21,68168	166,36032	Port Bouquet
BO33	RE	-21,67355	166,36643	Port Bouquet
BO48	HR	-21,66292	166,35740	Port Bouquet
BO49	RE	-21,67402	166,38125	Port Bouquet
BO64	HR	-21,59800	166,41943	Port Bouquet
BO65	HR	-21,66242	166,39658	Port Bouquet
BO66	HR	-21,65867	166,39132	Port Bouquet
BO67	HR	-21,65330	166,38489	Port Bouquet
BO68	HR	-21,64901	166,37964	Port Bouquet
BO71	HR	-21,67069	166,41086	Port Bouquet
BO72	HR	-21,67336	166,41640	Port Bouquet

BO41	HR	-21,66510	166,50203	Récif barrière interne
BO42	HR	-21,66728	166,50422	Récif barrière interne
BO43	HR	-21,68820	166,52353	Récif barrière interne
BO44	HR	-21,70485	166,53697	Récif barrière interne
BO45	HR	-21,71130	166,54162	Récif barrière interne
BO46	HR	-21,67790	166,51388	Récif barrière interne
BO47	HR	-21,67407	166,51160	Récif barrière interne
BO56	HR	-21,69525	166,52773	Récif barrière interne
BO57	HR	-21,69938	166,53200	Récif barrière interne
BO60	HR	-21,71967	166,49748	Récif barrière interne
BO61	HR	-21,63618	166,45371	Récif barrière interne
BO62	HR	-21,63028	166,44670	Récif barrière interne
BO63	HR	-21,60633	166,42704	Récif barrière interne
BO11	HR	-21,72330	166,49938	Récif d'ilot
BO12	RE	-21,74860	166,51430	Récif d'ilot
BO13	HR	-21,75807	166,49138	Récif d'ilot
BO14	HR	-21,75755	166,48998	Récif d'ilot
BO15	RE	-21,74743	166,51295	Récif d'ilot
BO16	RE	-21,74547	166,51287	Récif d'ilot
BO17	RE	-21,74645	166,51287	Récif d'ilot
BO20	RE	-21,74338	166,51130	Récif d'ilot
BO21	HR	-21,72428	166,50052	Récif d'ilot
BO30	HR	-21,75467	166,48818	Récif d'ilot
BO31	HR	-21,75663	166,48867	Récif d'ilot
BO34	HR	-21,71137	166,48562	Récif d'ilot
BO35	HR	-21,71487	166,48797	Récif d'ilot
BO36	HR	-21,71575	166,48900	Récif d'ilot
BO53	RE	-21,74955	166,51570	Récif d'ilot
BO54	HR	-21,72120	166,49773	Récif d'ilot
BO55	HR	-21,71297	166,48662	Récif d'ilot
BO58	HR	-21,70848	166,54007	Récif d'ilot
BO59	HR	-21,71303	166,54235	Récif d'ilot
BO37	HR	-21,71345	166,43255	Toupeti
BO38	HR	-21,71018	166,43592	Toupeti
BO39	HR	-21,71735	166,43540	Toupeti
BO40	HR	-21,71567	166,43983	Toupeti
BO50	HR	-21,68337	166,42427	Toupeti
BO51	HR	-21,68547	166,42465	Toupeti
BO52	HR	-21,69097	166,42152	Toupeti
BO69	HR	-21,68024	166,43589	Toupeti
BO70	HR	-21,68454	166,43999	Toupeti
BO73	HR	-21,70254	166,39435	Toupeti
BO74	HR	-21,70303	166,40045	Toupeti
BO85	HR	-21,69317	166,44385	Toupeti
BO86	HR	-21,69994	166,44507	Toupeti

9. Annexe 1. Grille de lecture du projet PAMPA

La signification des codes couleurs (correspondant à la codification adoptée pour la Directive Européenne Cadre sur l'Eau) est la suivante :

Code	Signification	Exploitation durable des ressources	Conservation de la biodiversité
Référence	État de référence, idéal	Etat non exploité	Etat non impacté (état « pristine »)
Bon	Rien A Signaler, continuer les actions entreprises	Exploitation durable de la ressource	Biodiversité non significativement impactée
Moyen	Commence à attirer une action de gestion	Surexploitation	Biodiversité impactée
Médiocre	Requiert une action de gestion soutenue et à entreprendre rapidement	Risque d'effondrement de la ressource	Perte significative de biodiversité
Mauvais	Etat mauvais, action radicale requise à court terme	Effondrement de la ressource	Perte sévère de Biodiversité
	Diagnostic impossible à partir des données actuelles		

Il s'agit d'une grille de lecture qui doit orienter vers des actions de gestion

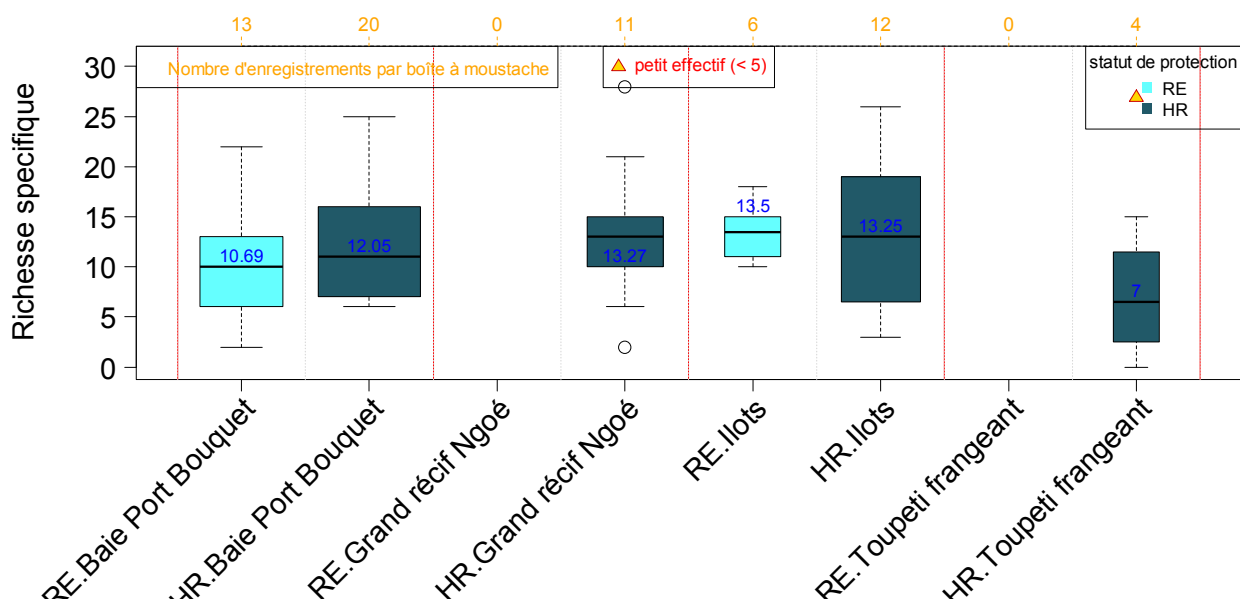
10. Annexe 2 : Fiches métriques

10.1. Richesse spécifique par unité d'observation

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et Conservation de la biodiversité
Objectif	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La richesse spécifique par station quantifie la diversité des espèces observées (surface et durée d'observation doivent être standardisées).

Calcul de la métrique : Nombre d'espèces par unité d'observation dans un rayon de 10 m autour du STAVIRO.



Tests statistiques et résultats

Sur les 2 sites avec une réserve : Baie de Port Bouquet (Némou) et Frangeant d'îlot (Moindé-Ouémié). GLM Distribution binomiale négative (facteurs site et protection).

Pas de différences significatives entre statuts de protection pour les deux sites (RE≈HR). La RS moyenne est élevée quel que soit le site et le statut de protection.

Diagnostic (tendance non évaluée)

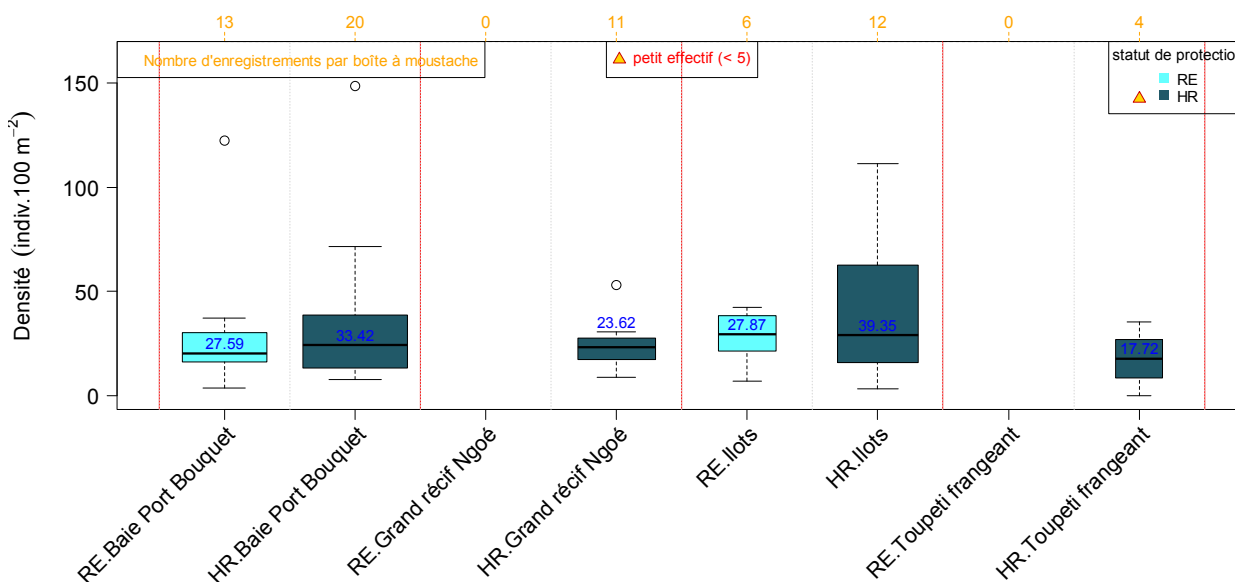
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • RS élevée sur l'ensemble de la zone • RS plus élevée dans les zones protégées (récentes) que dans les zones non protégées (non significatif) • RS un peu moins élevée à Némou que sur les îlots et récifs intermédiaires et barrière. • RS plus faible sur le récif frangeant

10.2. Densité d'abondance toutes espèces

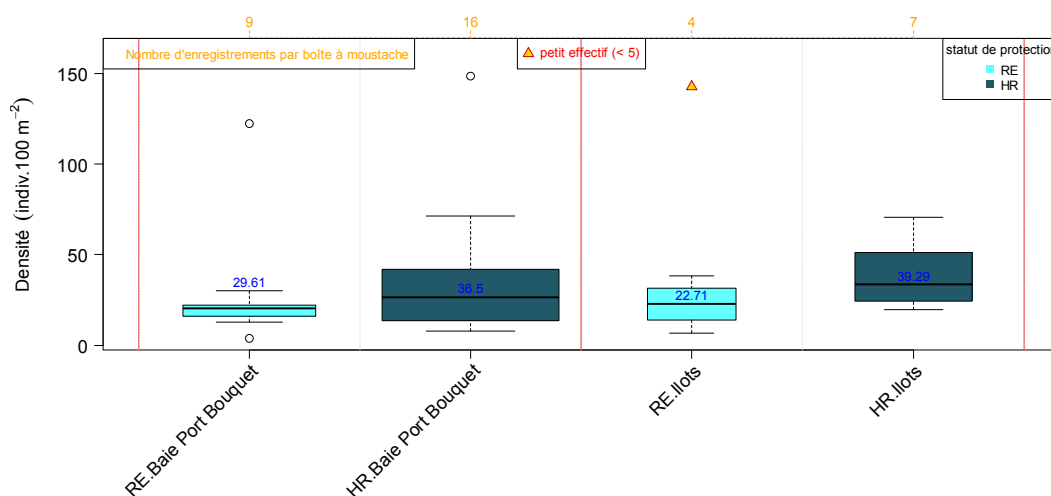
Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectif	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La densité devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation. Elle dépend cependant aussi fortement de l'habitat et est sensible aux espèces formant des bancs.

Calcul de la métrique : Densité toutes espèces par unité d'observation, dans la zone de 5m autour du STAVIRO. (rapportée à 100m²).



Habitat corail vivant seulement



Tests statistiques et résultats

Sur les 2 sites avec une réserve : Baie de Port Bouquet (Némou) et Frangeant d'îlot (Moindé-Ouémié). GLM Distribution Gamma (facteurs site et protection) sur habitat corail vivant uniquement. Effets statut et site significatifs (resp. $p < 0.05$ et $p < 0.03$) Densité plus élevée HR sur les deux sites, mais différences entre statuts de protection par site non significatives. Densités plus élevée sur les îlots et récifs intermédiaires que dans la Baie de Port Bouquet, mais différences NS.

Diagnostic (tendance non évaluée)

Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Densité élevée sur l'ensemble de la zone • Densité en moyenne moins élevée en RE que HR (mais NS) sur chaque site • Densité moins élevée dans la Baie de Port Bouquet que sur les îlots et récifs intermédiaires

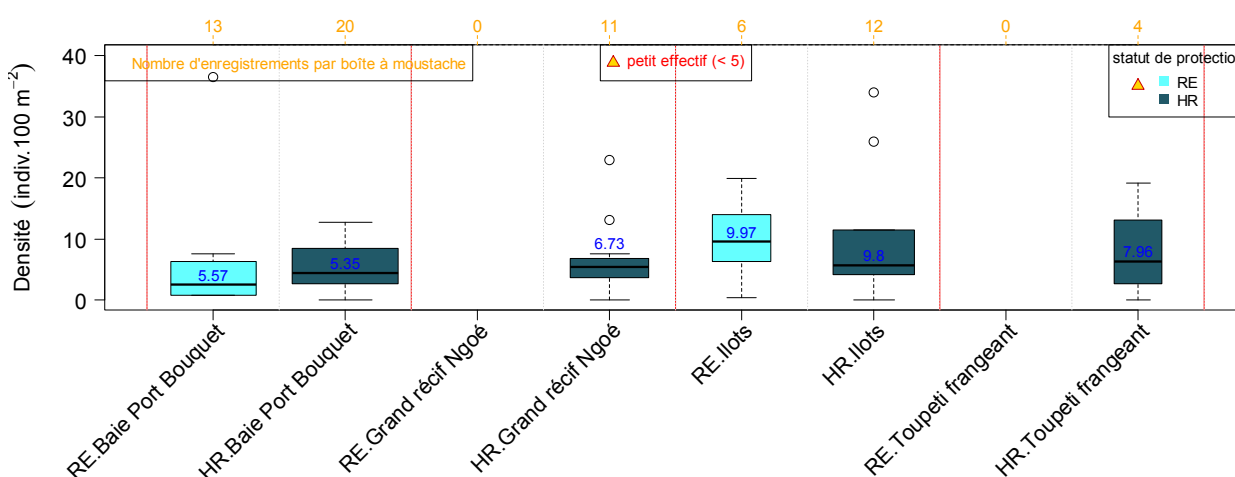
Remarque : situation à surveiller car bien que les différences ne soient pas significatives, les facteurs site et statut expliquent significativement les variations de la métrique.

10.3. Densité d'abondance par famille : poissons chirurgiens

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectif	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La densité devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation. Elle dépend cependant aussi fortement de l'habitat et est sensible aux espèces formant des bancs (grégaire).

Calcul de la métrique : Densité des individus par famille, par unité d'observation dans la zone de 5m autour du STAVIRO (rapportée à 100m²).

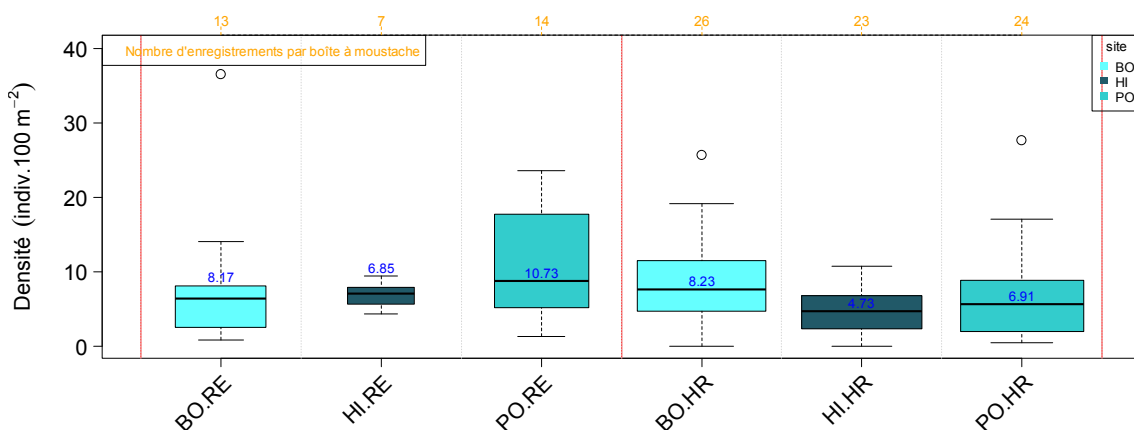


Tests statistiques et résultats

Sur les 2 sites avec une réserve : Baie de Port Bouquet (Némou) et Frangeant d'ilot (Moindé-Ouémié). GLM Distribution Gamma (facteurs site et protection). Densité plus élevée en RE sur Moindé-Ouémié, et plus élevé HR à Port-Bouquet, Différence HR/RE dépend du site significativement (p<0.06).

Baie Port Bouquet : densité HR > densité en RE	p<0.075
Ilots : densité HR non différente de densité en RE	NS
En RE : densité Ilots > densité Baie Port Bouquet	p<0.007

Densités assez élevées sur l'ensemble de la zone et intermédiaires entre celles observées en RE à Hienghene et Pweevo en 2012 (ci-dessous). Les densités observées HR sont les plus élevées à Borendy.



Diagnostic (tendance non évaluée)

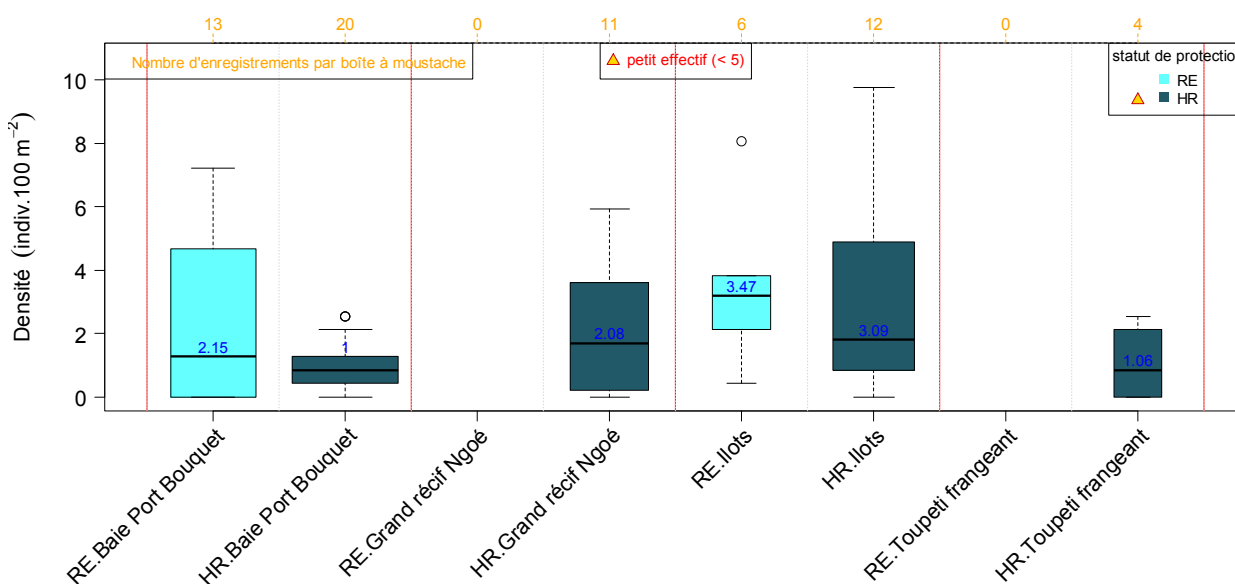
Etat	Commentaires
Port-Bouquet	<ul style="list-style-type: none"> Famille abondante sur l'ensemble de la zone, notamment en comparaison des autres sites de la Côte Est visités en 2012
Moindé-Ouémié	<ul style="list-style-type: none"> Dans la Baie de Port Bouquet des densités plus faibles et notamment en réserve par rapport à HR ($p < 0.075$). Sur les îlots du sud de la Baie, densité plus élevée en réserve, mais non significativement. Densité significativement plus faible dans la Baie de Port-Bouquet par rapport au sud de la Baie ($p < 0.007$)

10.4. Densité d'abondance par famille : poissons-papillons

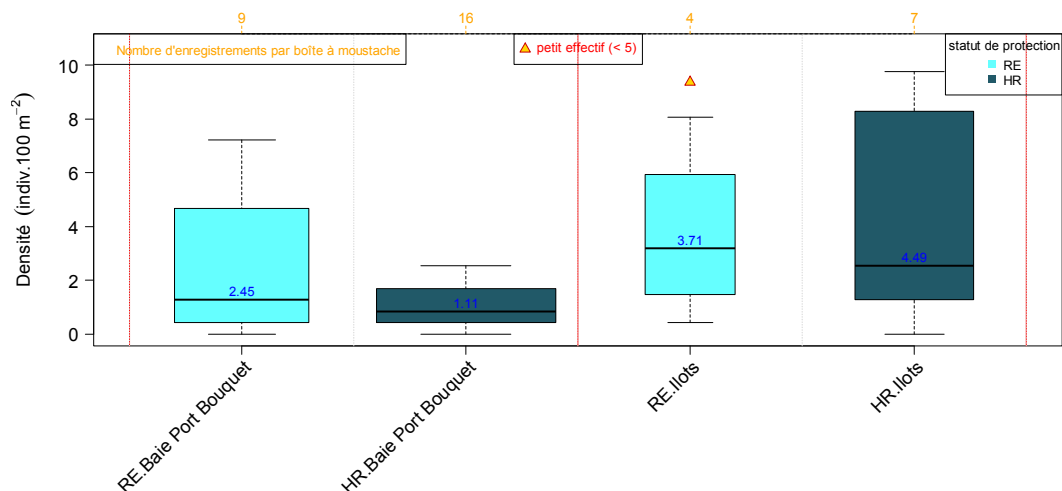
Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	1. Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème 4. Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	1 : La densité devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation. Elle dépend cependant aussi fortement de l'habitat 4 : La densité des papillons est un indicateur de la bonne santé des formations coralliennes. Ils sont particulièrement sensibles à une dégradation naturelle (cyclone) ou anthropique : destruction, modification, pollution de l'habitat

Calcul de la métrique : Densité des poissons papillons (Chaetodontidae) par unité d'observation dans un rayon de 5m autour du STAVIRO (densité rapportée à 100m²)



Habitat corail vivant seulement



Tests statistiques et résultats

GLM distribution Gamma sur les 2 sites avec protection : Baie de Port Bouquet (Némou) et Frangeant d'îlot (Moindé-Ouémié) et sur habitat corail vivant seulement

Baie Port Bouquet : densité HR < densité RE	p<0.016
Sud de la Baie : Situation inverse sur les îlots et récifs intermédiaires	Non significatif
HR : Densité Îlots > Densité Baie Port Bouquet	p<0.0006

Diagnostic (tendance non évaluée)

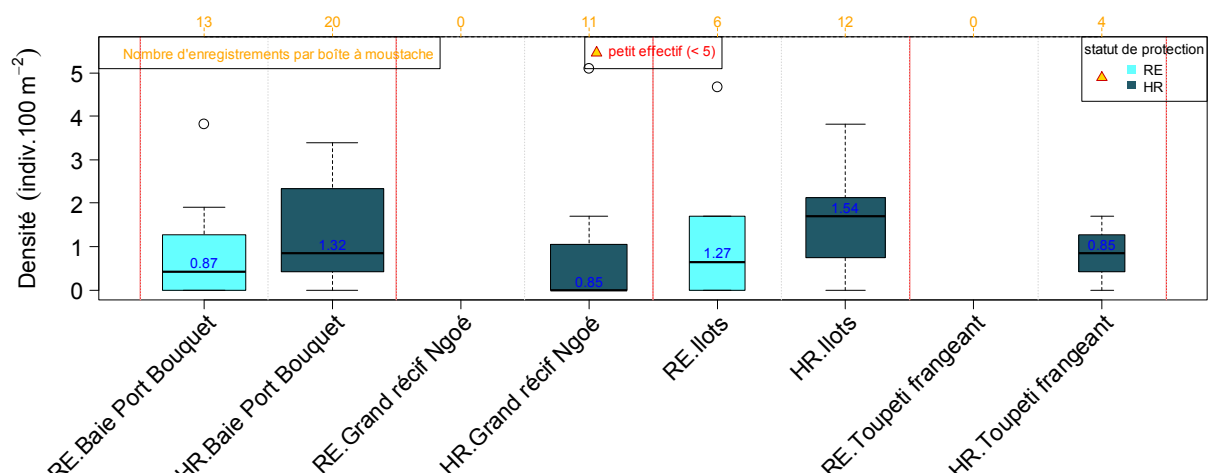
Etat	Commentaires
Port-Bouquet	<ul style="list-style-type: none"> Dans la Baie de Port-Bouquet, densité significativement plus élevée dans la Réserve de Némou qu'à l'extérieur (p<0.016). Sud de la Baie, îlots et récifs intermédiaires : signe de densité plus élevée HR (non significatif)
Moindé-Ouémié	<ul style="list-style-type: none"> Hors réserve sur les îlots et récifs intermédiaires, densités plus élevées dans le Sud qu'au large de Port-Bouquet (p<0.0006), même résultat sur l'habitat corail vivant uniquement Sur le récif frangeant, densité similaire à celle de la Baie de Port-Bouquet (hors réserve)

10.5. Densité d'abondance par famille : les labres (Labridae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La densité devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation. Elle dépend cependant aussi fortement de l'habitat et est sensible aux espèces formant des bancs (grégaire).

Calcul de la métrique : Densité des Labridae, par unité d'observation, dans une zone de 5m autour de la caméra.



Tests statistiques et résultats

GLM distribution Gamma sur les 2 sites avec protection : Baie de Port Bouquet (Némou) et Frangeant d'ilot (Moindé-Ouémié), facteurs site et statut de protection, pas d'effets significatifs

Diagnostic (tendance non évaluée)

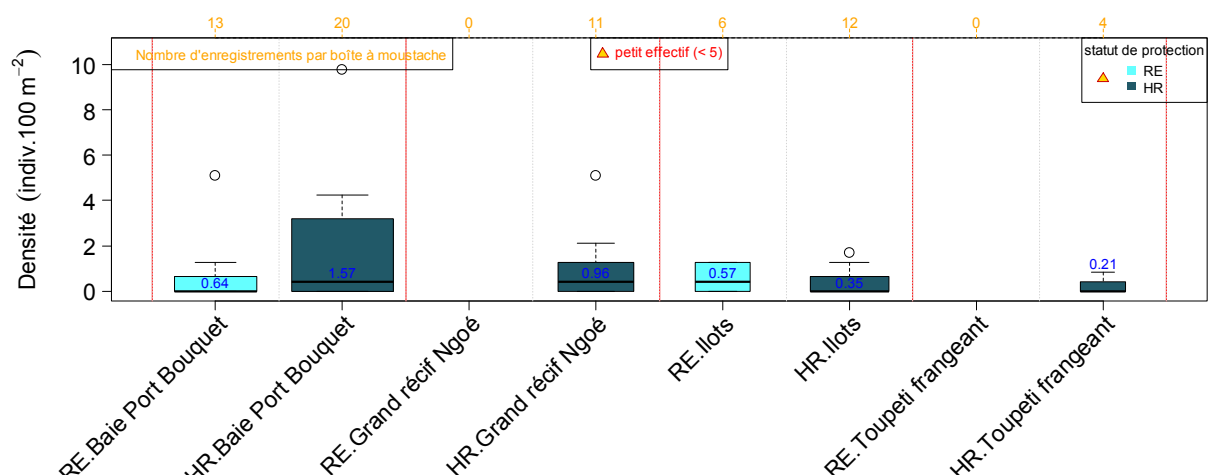
Etat	Commentaires
	Signe de densité plus élevée hors réserve, mais pas de différences significatives entre les réserves et les zones protégées, ni entre les sites

10.6. Densité d'abondance par famille : les becs et bossus (Lethrinidae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectif	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La densité devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation. Elle dépend cependant aussi fortement de l'habitat et est sensible à la présence de poissons en bancs.

Calcul de la métrique : Densité des Lethrinidae, par unité d'observation, dans la zone de 5m autour de la caméra. (Rapportée à 100m²)



Tests statistiques réalisés

Sur les 2 sites avec une réserve : Baie de Port Bouquet (Némou) et Frangeant d'ilot (Moindé-Ouémié). GLM Distribution Gamma (facteurs site et protection). Différences non significatives entre sites et entre statuts de protection.

Diagnostic (tendance non évaluée)

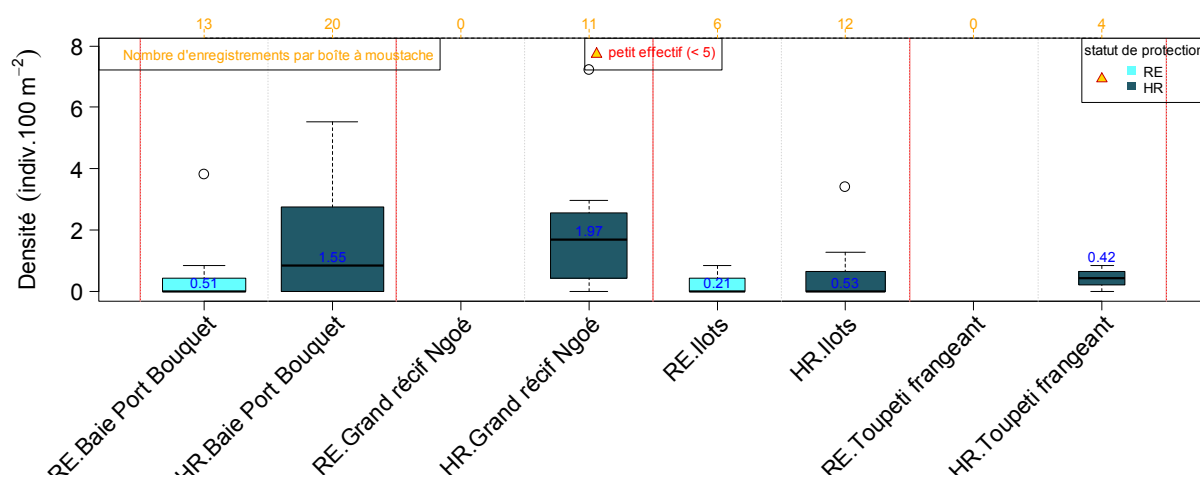
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Les densités observées sont légèrement supérieures à celles observées sur la côte Est dans les campagnes 2012. Elles restent inférieures à celles d'autres sites étudiés (Bourail, Ouano). Pas de différences significatives entre les réserves et les zones non protégées.

10.7. Densité d'abondance par famille : les barbillons (Mullidae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La densité devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation. Elle dépend cependant aussi fortement de l'habitat et est sensible à la présence de poissons en bancs.

Calcul de la métrique : Densité des Mullidae par unité d'observation, dans la zone de 5m autour de la caméra. (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

Sur les 2 sites avec une réserve : Baie de Port Bouquet (Némou) et Frangeant d'ilot (Moindé-Ouémié). GLM Distribution Gamma (facteurs site et protection).

Effets sites et statut de protection significatifs (resp. $p < 0.035$ et $p < 0.03$), mais différences non significatives.

Des signes de densité plus élevée hors réserve, notamment dans la Baie de Port-Bouquet où les densités sont les plus élevées (différences NS).

Diagnostic (tendance non évaluée)

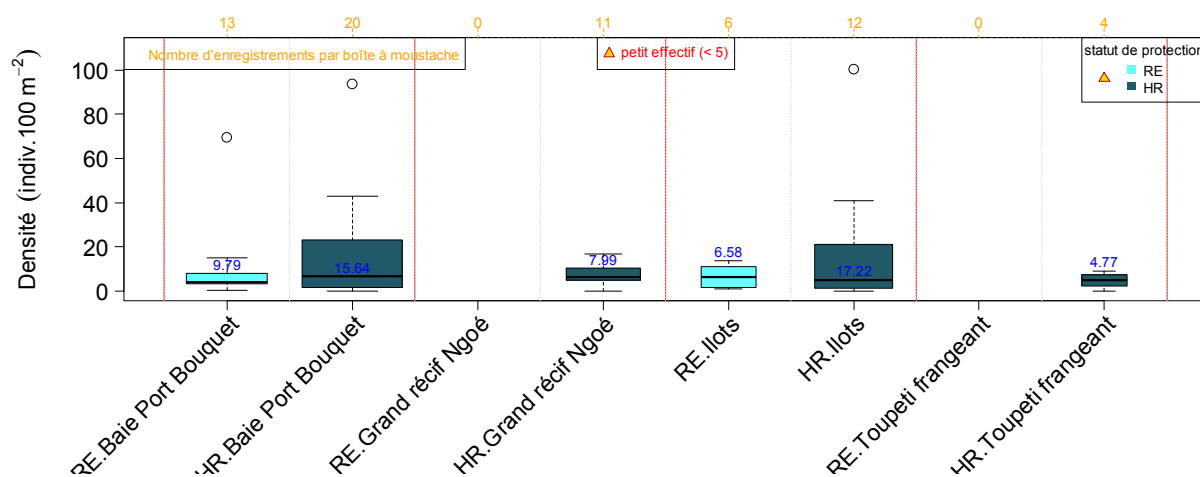
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Densités supérieures aux densités observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. Dans la baie de Port Bouquet, densité plus élevée à l'extérieur de la Réserve de Némou (NS). Effets sites et statut de protection significatifs (resp. $p < 0.035$ et $p < 0.03$), mais différences non significatives.

10.8. Densité d'abondance par famille : poissons-perroquets (Scaridae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	Les poissons perroquets sont les principaux artisans de la consolidation des récifs. La densité devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation. Elle dépend cependant aussi fortement de l'habitat et est sensible à la présence de poissons en bancs.

Calcul de la métrique : Densité des Scaridae, par unité d'observation, dans la zone de 5m autour de la caméra.



Tests statistiques et résultats

Sur les 2 sites avec une réserve : Baie de Port Bouquet (Némou) et Frangeant d'îlot (Moindé-Ouémié). GLM Distribution Gamma par site avec un facteur statut de protection.

Baie Port Bouquet : densité HR > densité RE	p<0.03
Sud de la Baie : signe de densité plus élevée HR	Non significatif

Diagnostic (tendance non évaluée)

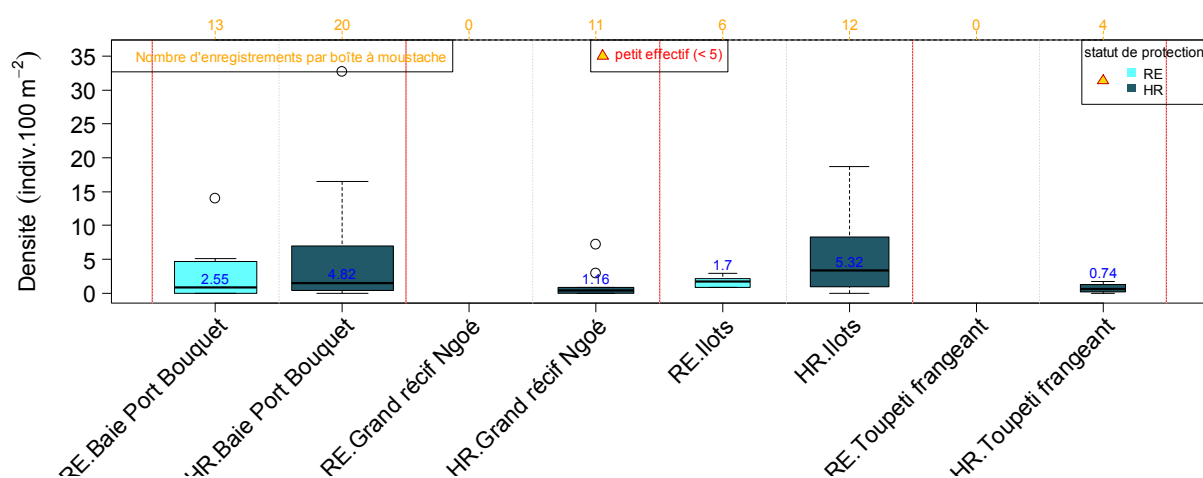
Etat	Commentaires
Port-Bouquet	<ul style="list-style-type: none"> Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. Dans la Baie de Port Bouquet, densité significativement plus élevée en dehors de la réserve de Némou (p<0.03).
Moindé-Ouémié	<ul style="list-style-type: none"> Sur les îlots et récifs intermédiaires du sud de la Baie, signe de densité plus élevée HR mais différences non significatives

10.9. Densité d'abondance par famille : les picots (Siganidae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La densité devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation. Elle dépend cependant aussi fortement de l'habitat et est sensible à la présence de poissons en bancs.

Calcul de la métrique : Densité des Siganidae, par unité d'observation, dans la zone de 5m autour de la caméra. (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

Sur les 2 sites avec une réserve : Baie de Port Bouquet (Némou) et Frangeant d'ilot (Moindé-Ouémié). GLM Distribution Gamma avec facteurs, site et statut de protection. Effet du statut marginalement significatif ($p < 0.07$), mais les différences entre statuts de protection ne sont pas significatives.

Diagnostic (tendance non évaluée)

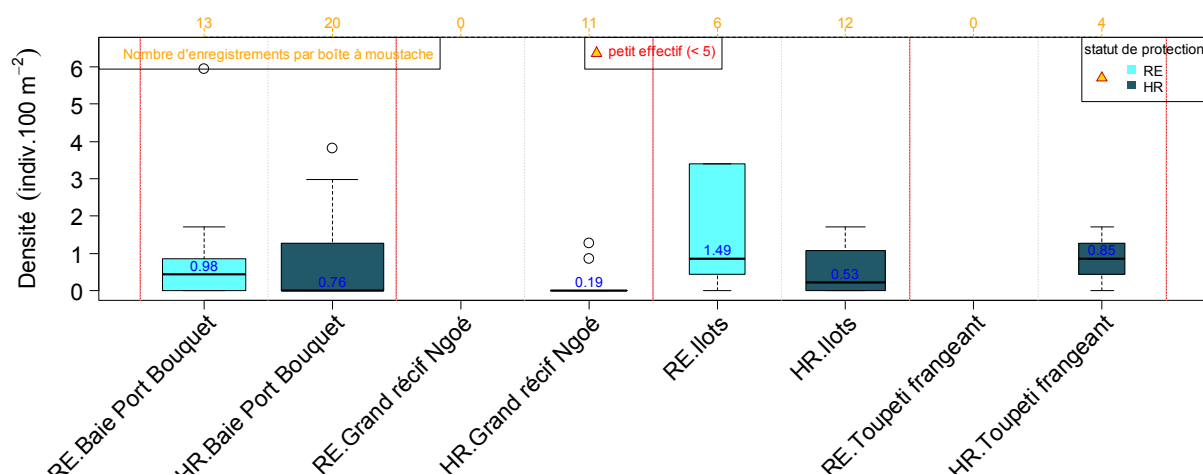
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Dans chaque site, signes de densités plus élevées en dehors des réserves, mais non significatif • Au niveau des récifs intermédiaires, la densité hors Réserve de Moindé-Ouémié s'explique par des bancs de <i>Siganus doliatus</i>

10.10. Densité d'abondance par famille : les Serranidae

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La densité devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation. Elle dépend cependant aussi fortement de l'habitat.

Calcul de la métrique : Densité des Serranidae, par unité d'observation, dans la zone de 5m autour de la caméra.



Tests statistiques et résultats

Sur les 2 sites avec une réserve : Baie de Port Bouquet (Némou) et Frangeant d'îlot (Moindé-Ouémié). GLM Distribution Gamma par site avec un facteur statut de protection. Densité significativement plus élevée en RE (Moindé-Ouémié) sur îlots au Sud de la Baie (p<0.06).

Diagnostic (tendance non évaluée)

Etat	Commentaires
Port-Bouquet	<ul style="list-style-type: none"> Dans la Baie de Port-Bouquet, densité similaire entre la Réserve de Némou et les zones non protégées.
Moindé-Ouémié	<ul style="list-style-type: none"> Densité significativement plus élevée dans la Réserve de Moindé-Ouémié que dans les zones non protégées sur les récifs d'îlots au sud de la zone (p<0.06). Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année (sur récifs d'îlots).

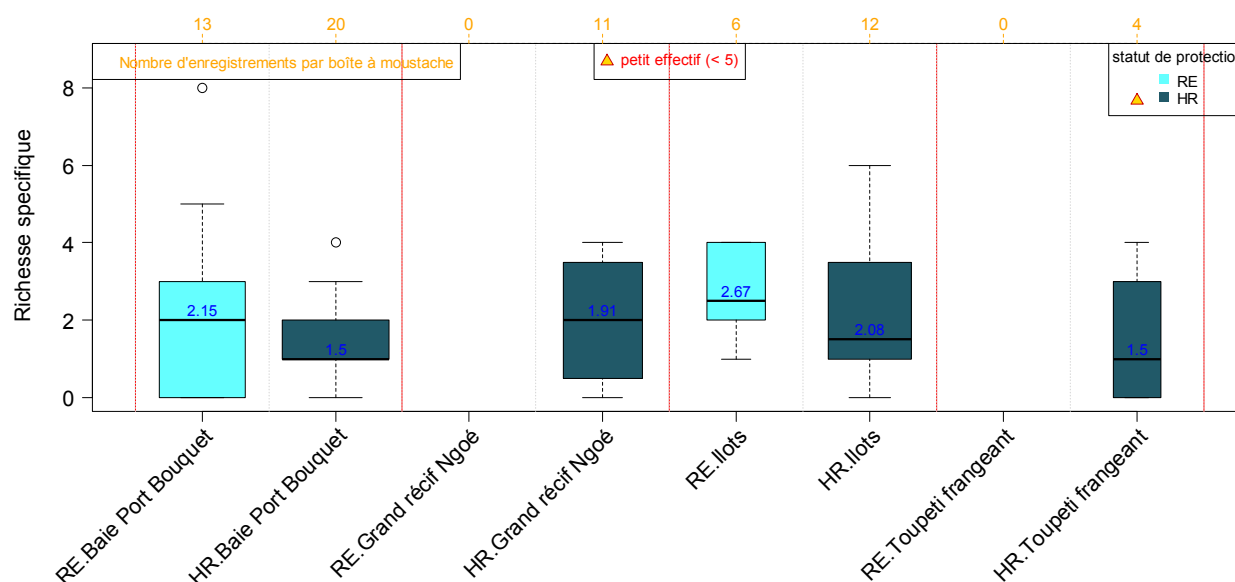
10.11. Richesse spécifique des poissons-papillons (Chaetodontidae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble d'espèces représentatif de l'écosystème Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	La RS des papillons est un indicateur de la bonne santé des formations coralliennes. Ils sont particulièrement sensibles à une dégradation naturelle (cyclone) ou anthropique : destruction, modification, pollution de l'habitat La RS devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve. Elle est aussi fortement liée à l'habitat

Calcul de la métrique : Nombre d'espèces de Chaetodontidae par unité d'observation dans un rayon de 5m autour du STAVIRO

Représentation graphique



Tests statistiques réalisés

Différences entre les sites incluant une réserve, en fonction du statut de protection (GLM distribution Gamma, deux facteurs statut de protection et site).

Effet du statut significatif ($p < 0.04$). RS plus élevée en RE sur chaque site, mais significatif seulement pour la Baie de Port-Bouquet ($p < 0.02$). RS plus élevée sur les îlots du sud que dans la Baie de Port-Bouquet.

Diagnostic (tendance non évaluée)

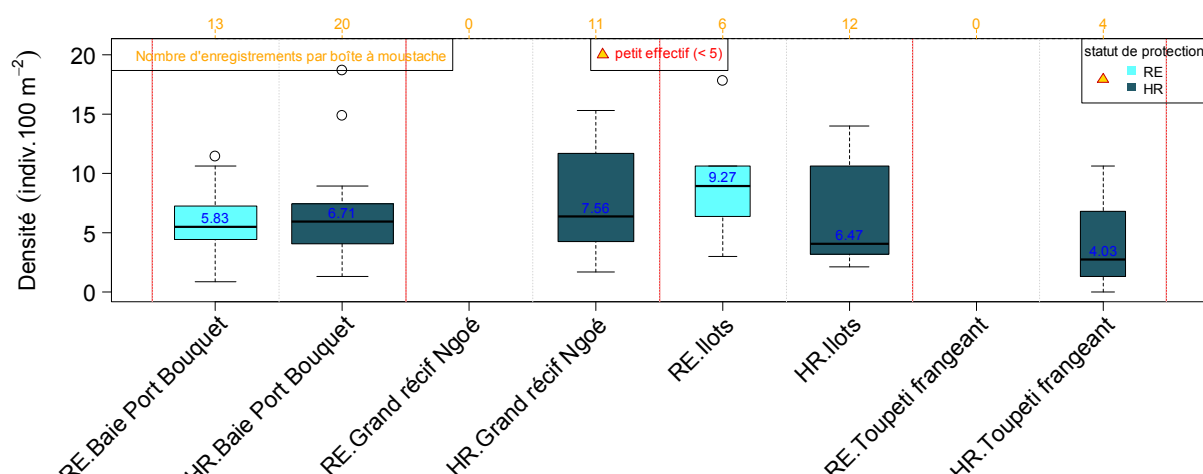
Etat	Commentaire
	<ul style="list-style-type: none">• RS significativement plus élevée dans la Réserve de Nemou que dans les zones non protégées de la Baie de Port-Bouquet ($p < 0.02$)• RS plus élevée dans la Réserve de Moindé-Ouémié que sur les récifs d'îlots non protégés (non significatif).• RS supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année (sur récifs d'îlots).

10.12. Densité des carnivores et piscivores

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources halieutiques 2. Conservation de la biodiversité
Objectifs	1. Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces-cibles 2. Maintien des fonctions de l'écosystème
Pertinence	1. Les prédateurs sont généralement des espèces ciblées par la pêche 2. La densité d'abondance des groupes prédateurs doit être plus élevée dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation.

Calcul de la métrique : Densité des espèces carnivores et piscivores par unité d'observation, dans la zone de 5 m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

Différences entre les sites incluant une réserve, en fonction du statut de protection (GLM distribution Gamma, deux facteurs statut de protection et site). Pas de différences significatives entre zones protégées et non protégées, ni entre sites.

Diagnostic (tendance non évaluée)

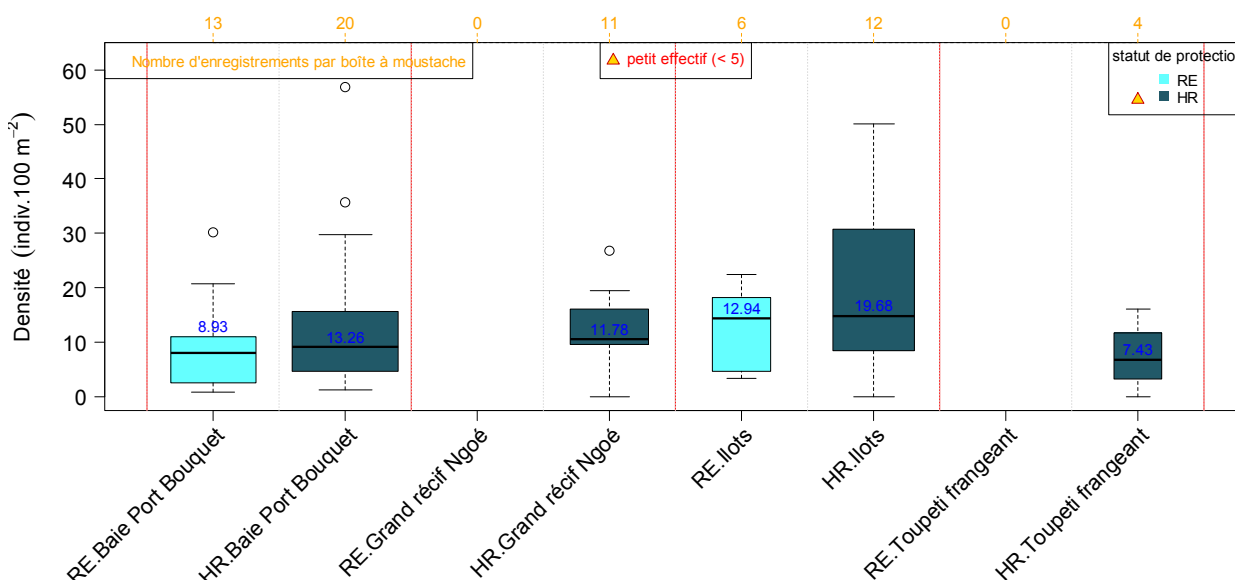
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Signes de densité plus élevée en RE sur les îlots au sud de la Baie, et dans la Baie de Port-Bouquet, mais différences non significatives. • Densités plus élevées sur les îlots au sud de la Baie que dans la Baie de Port-Bouquet • Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année.

10.13. Densité des herbivores

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et Conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien des fonctions de l'écosystème
Pertinence	La densité d'abondance doit être plus élevée dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation. Cependant, la densité de groupes proies peut montrer différents signaux en fonction de l'ancienneté de la réserve, et possibilité d'effets indirects de la protection par augmentation de la pression de prédation Les herbivores sont des acteurs majeurs de la régulation des algues sur les récifs.

Calcul de la métrique : Densité des espèces herbivores par unité d'observation, dans la zone de 5m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

Pas de différences significatives entre zones protégées et non protégées, ni entre sites (GLM distribution Gamma, deux facteurs statut de protection et site).

Diagnostic (tendance non évaluée)

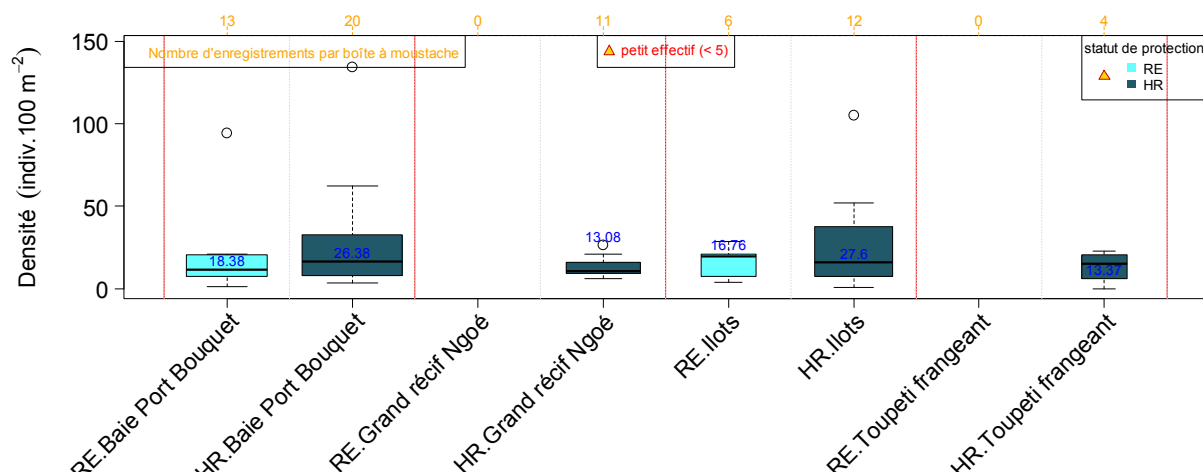
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Groupe trophique abondant sur l'ensemble de la zone d'étude et densités élevées et supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. Densités plus élevées au niveau des îlots au sud de la Baie que dans la Baie de Port Bouquet. Sur les deux sites, signes de densités plus élevées HR, mais non significatif

10.14. Densité d'abondance des espèces commerciales

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Exploitation durable des ressources
Objectifs	Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	La densité d'abondance doit être plus élevée dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation.

Calcul de la métrique : Densité des espèces commerciales par unité d'observation, dans la zone de 5 m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

Différences entre les sites incluant une réserve, en fonction du statut de protection (GLM distribution Gamma, deux facteurs statut de protection et site). Pas de différences significatives entre zones protégées et non protégées, ni entre sites.

Diagnostic (tendance non évaluée)

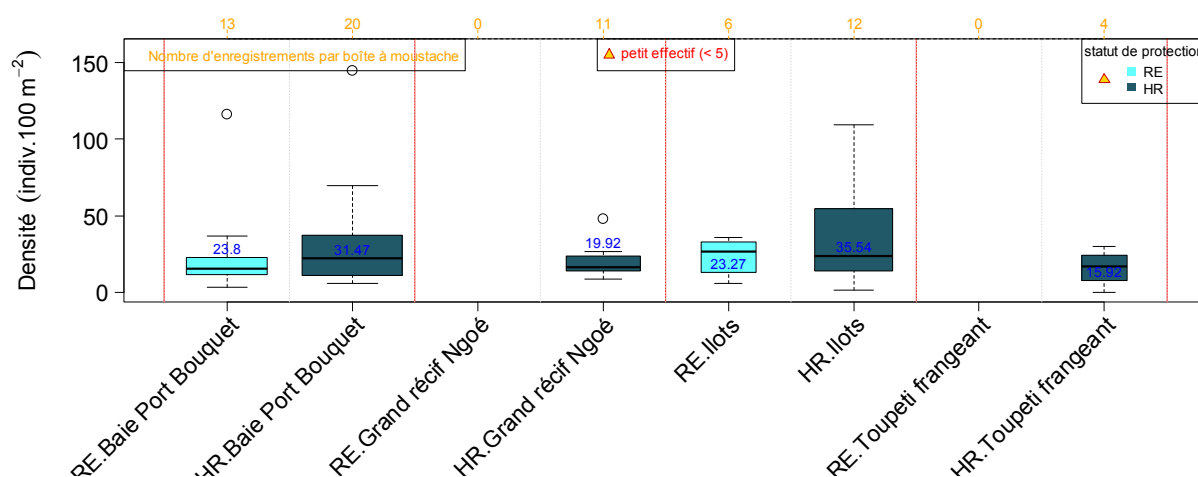
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. Pas de différences nettes entre la Baie de Port-Bouquet et la zone Sud Signes de densités plus élevées HR sur les deux zones, mais différences non significatives.

10.15. Densité d'abondance des espèces consommables

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Exploitation durable des ressources
Objectifs	Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	La densité d'abondance doit être plus élevée dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation.

Calcul de la métrique : Densité des espèces consommables par unité d'observation, dans la zone de 5 m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques réalisés

Différences entre les sites incluant une réserve, en fonction du statut de protection (GLM distribution Gamma, deux facteurs statut de protection et site). Pas de différences significatives entre zones protégées et non protégées, ni entre sites.

Diagnostic (tendance non évaluée)

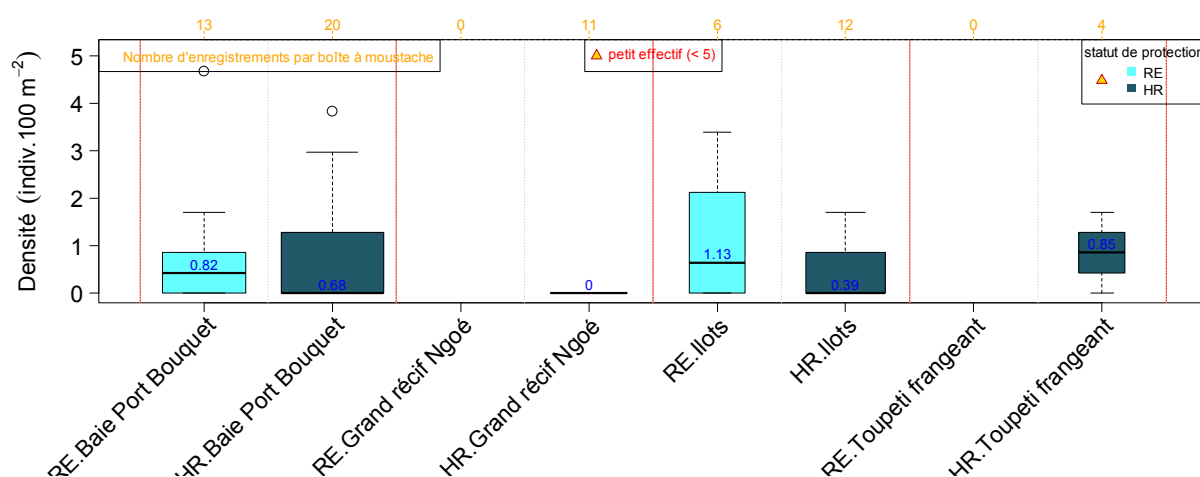
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est en 2012. Pas de différences nettes entre la Baie de Port-Bouquet et la zone Sud Signes de densités plus élevées HR sur les deux zones, mais différences NS

10.16. Densité de la saumonée (*Plectropomus leopardus*)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Exploitation durable des ressources
Objectifs	Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles
Pertinence	La saumonée petits points est une espèce ciblée principalement par la chasse sous-marine et secondairement par la pêche à la traine. La densité d'abondance doit être plus élevée dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation.

Calcul de la métrique : Densité de la saumonée par unité d'observation, dans la zone de 5 m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

Différences entre les sites incluant une réserve, en fonction du statut de protection (GLM distribution Gamma, deux facteurs statut de protection et site). Pas de différences significatives entre zones protégées et non protégées, ni entre sites.

Diagnostic (tendance non évaluée)

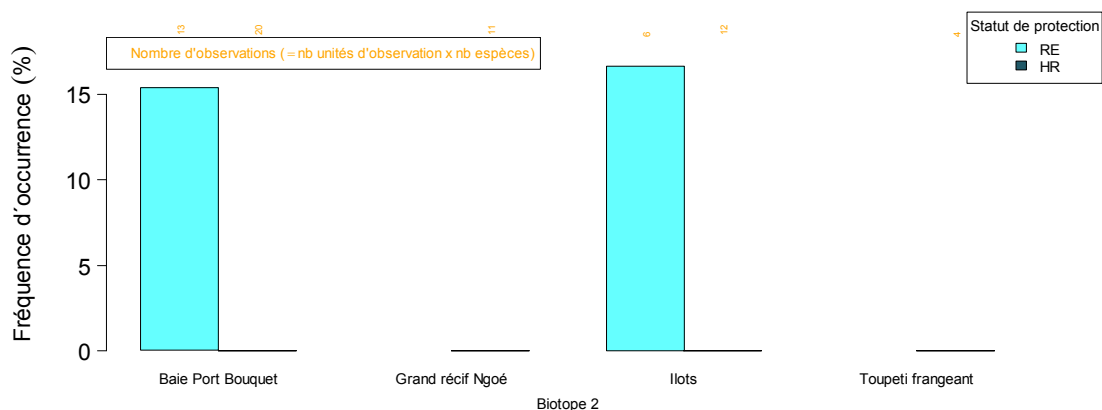
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année, mais restant assez faibles. Signes de densité plus élevée en RE à Moindé-Ouémié au niveau des récifs d'îlot. Dans la baie de Port Bouquet, densités similaires dans et hors de la Réserve de Némou.

10.17. Fréquence d'occurrence des becs de cane (*Lethrinus nebulosus*)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Exploitation durable des ressources
Objectifs	Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles
Pertinence	Le bec de cane est une espèce ciblée principalement par la pêche à la ligne. La densité des grands et des moyens <i>Lethrinus nebulosus</i> doit être plus élevée dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation.

Calcul de la métrique : Proportion de stations où l'espèce a été observée



Tests statistiques : Pas de test.

Diagnostic (tendance non évaluée)

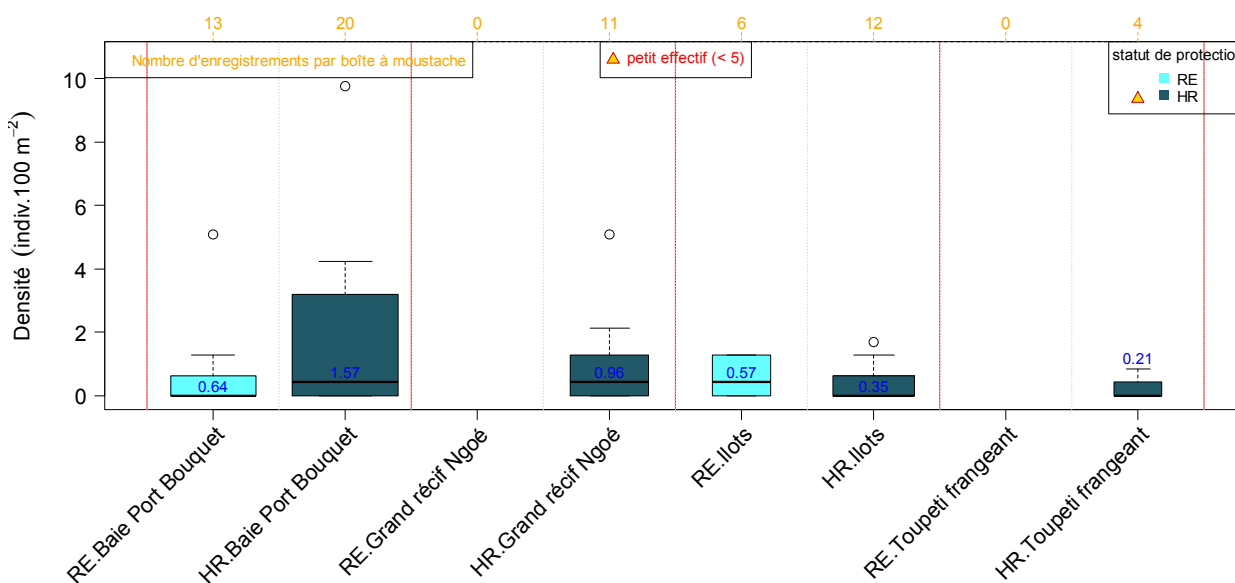
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Espèce plus souvent observée que sur les autres sites de la côte Est en 2012. Espèce observée uniquement en Réserve, mais fréquence faible même en réserve (15%)

10.18. Densité d'abondance des Lethrinidae pêchés

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Exploitation durable des ressources
Objectifs	Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles
Pertinence	La plupart des Lethrinidae (bossus et becs) sont ciblés par la pêche à la ligne et secondairement par la chasse sous-marine et le filet maillant. La densité doit être plus élevée dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation.

Calcul de la métrique : Densité par unité d'observation, dans la zone de 5 m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

GLM distribution lognormale, à deux facteurs statut de protection et site. Interaction significative entre facteurs sites et statut de protection (p<0.05).

Diagnostic (tendance non évaluée)

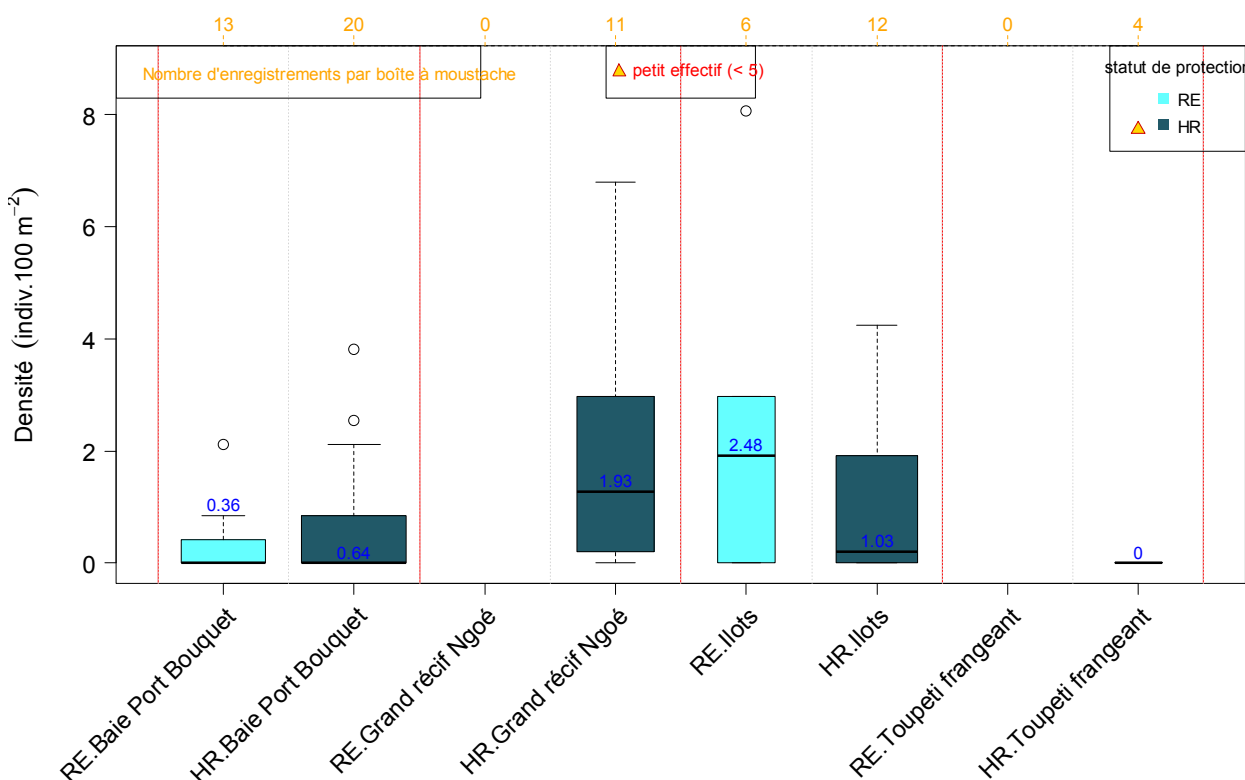
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année, mais restant assez faibles. Peu de grands individus observés. Densités plus élevées dans la Baie de Port-Bouquet que sur les îlots et récifs intermédiaires au sud de la Baie (p<0.087) Signes de densité plus élevée en RE à Moindé-Ouémié que sur les îlots et récifs intermédiaires non protégés. Signes de densité plus élevée HR dans la Baie de Port-Bouquet (sur tous les habitats)

10.19. Densité d'abondance des dawas (*Naso unicornis*)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Exploitation durable des ressources
Objectifs	Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles
Pertinence	Le dawa est ciblé principalement par la chasse sous-marine. L'abondance du dawa doit être plus élevée dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation.

Calcul de la métrique : Densité par unité d'observation, dans la zone de 5 m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

GLM distribution Gamma, à deux facteurs statut de protection et site. Effet du site significatif ($p < 0.02$), et différences entre sites en RE marginalement significatives ($p < 0.1$), Comparaisons multiples non significatives entre zones protégées et non protégées.

Diagnostic (tendance non évaluée)

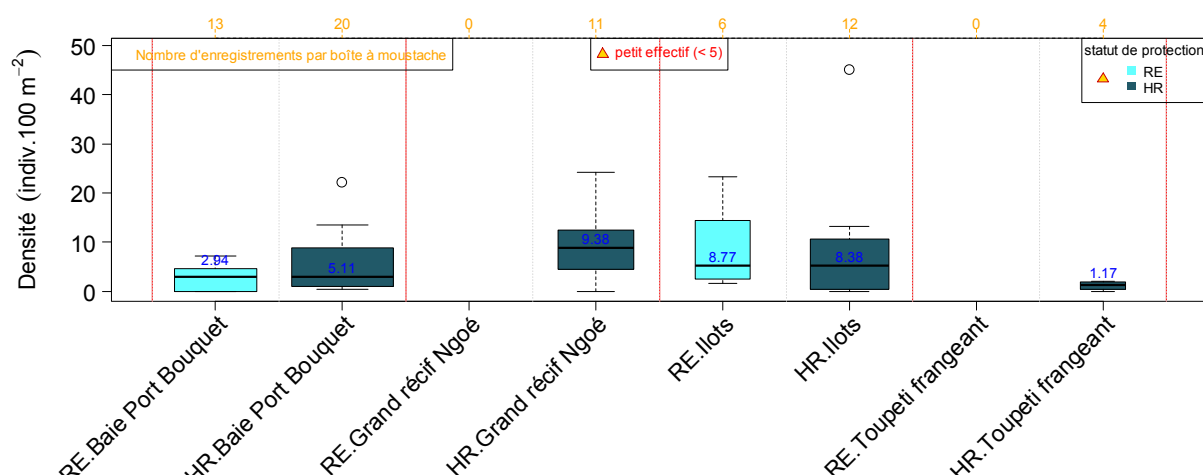
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Densités supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. Espèce plus abondante sur les îlots et récifs intermédiaires et sur le grand récif, que dans la Baie de Port-Bouquet Densité significativement plus élevée dans la Réserve de Moindé-Ouémié que dans la Réserve de Nemou ($p < 0.1$) Signes de densité plus élevée en RE à Moindé-Ouémié que sur les îlots et récifs intermédiaires non protégés, mais non significatif.

10.20. Densité d'abondance des espèces-cibles de la chasse sous-marine

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Exploitation durable des ressources
Objectifs	Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles
Pertinence	La densité doit être plus élevée dans les réserves, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation

Calcul de la métrique : Densité par unité d'observation, dans la zone de 5 m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

Différences entre les sites incluant une réserve, en fonction du statut de protection (GLM distribution Gamma, deux facteurs statut de protection et site). Pas de différences significatives entre zones protégées et non protégées, ni entre sites.

Diagnostic (tendance non évaluée)

Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Densités largement supérieures à celles observées sur d'autres sites de la côte Est la même année. • Espèces plus abondantes sur les îlots et récifs intermédiaires et sur le grand récif que dans la Baie de Port Bouquet. • Dans la Baie de Port-Bouquet, signe de densité plus faible en réserve par rapport à la zone non protégée (non significatif) • Densités similaires en RE et HR sur les îlots et récifs intermédiaires non protégés.

11. Annexe 3 : Références citées

- Andréfouët, S. (2008). Définition des points de suivi du récif corallien de Nouvelle-Calédonie inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO (avec mise à jour pour Ouvéa). Conventions Sciences de la Mer, Biologie Marine. Nouméa, IRD. **29**: 55 p. + annexes.
- Andréfouët, S. and D. Torrez-Pulliza (2004). Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie,, IFRECOR Nouvelle-Calédonie: 26 p. + 22 planches.
- Pelletier, D., C. Bissery and C. Gonson (2014). Guide d'utilisation des outils du projet PAMPA (Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usAges). Version 2. Rapport IFRECOR dans le cadre de la Convention n° AAMP/12/089 - IFREMER 12/2 212 911/F, IFREMER: 96 p.
- Pelletier, D., E. Gamp, Y. Reeht and C. Bissery (2011). Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usAges (PAMPA). Rapport scientifique final du projet PAMPA: 58 p.
- Wantiez, L. (2010). Plan de suivi opérationnel de l'ensemble du Bien récifal et lagonaire de Nouvelle-Calédonie inscrit au patrimoine mondial. Nouméa, IFRECOR Nouvelle-Calédonie, Aquarium des Lagons, Université de la Nouvelle-Calédonie: 63 p.
- Wantiez L, P. Frolla and S. L. Mouellic (2010). Etat initial des deux futures aires de gestion durable des ressources de Borendy, Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, Aquarium des lagons: 37 p.
- Wantiez, L., F. Bouilleret, G. Clément and S. Virly (2007). Communautés biologiques et habitats coralliens de Bourail. Nouméa, Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, Université de la Nouvelle-Calédonie: 60 p.
- Wantiez, L., S. Faninoz, F. Bouilleret and O. Gil (2010). Etat zéro des communautés biocénotiques avant la mise en place de zones de type I.B - Aire Marine Protégée de Yambé-Diahoué. CRISP. Nouméa, Projet CRISP, Composante 1A: 66 p.
- Wantiez, L., S. Faninoz and P. Frolla (2011). Etat zéro des communautés biocénotiques avant la mise en place de zones de type I.B et II respectivement au sein des aires marines protégées de Do Himen et de Yeega. Nouméa, WWF France, Aquarium des Lagons: 54 p.

Résumé

- Cette étude conduite dans le cadre du projet AMBIO concerne les communautés de poissons et habitats associés aux récifs coralliens des lagons de Nouvelle-Calédonie. Elle s'appuie sur des données collectées par STAVIRO, une technique de vidéo rotative non appâtée.
 - Cette campagne a été réalisée en 2012 dans la zone de Borendy. Cette zone comprend les réserves de Nemou et Moindé-Ouémié. Le plan d'échantillonnage est stratifié par structure récifale (récif frangeant, récif d'îlot/intermédiaire et récif barrière) et par statut de protection. En 3.5 jours, 66 stations STAVIRO ont été validées. Leur analyse a permis de caractériser pour chaque station, l'habitat et les communautés de poissons sur la base d'une liste d'espèces d'intérêt écologique, halieutique et emblématique.
 - 31 indicateurs ont été calculés et représentés sous forme de carte disponible sur Sextant. 20 indicateurs ont été analysés grâce à l'outil de calcul PAMPA. Les résultats sont synthétisés sous forme de tableau de bord par objectif de gestion relatif à la conservation de la biodiversité et la gestion des ressources de la pêche.
 - 111 espèces de poissons et une espèce de tortue appartenant à 21 familles ont été observées. Les familles les plus fréquentes sont les chirurgiens et les perroquets (90% et 94% des stations), puis les papillons et picots (80% et 79%). Loches et becs sont assez fréquents (56% et 54% des stations)(saumonée petits points, 45% des stations).
 - Sur l'ensemble de la zone, les poissons-papillons sont à la fois diversifiés (17 espèces) et abondants, signes d'un bon état de santé des récifs. Toutefois, peu d'espèces emblématiques (requins, tortues, napoléons, raies) ont été observées. Le corail vivant est présent sur 97% des stations, avec des recouvrements en général élevés.
 - A l'échelle de la zone, l'assemblage spécifique dépend significativement du type de récif et du statut de protection. Richesse spécifique et densité totale sont signif. supérieures sur le grand récif et moins élevées sur les récifs frangeants.
 - Les chirurgiens, perroquets, loches et carnivores sont moins abondants dans la Baie de Port-Bouquet que plus au sud. Dans cette Baie, la densité des chirurgiens et perroquets est significativement plus faible en réserve. A Moindé-Ouémié, les loches sont significativement plus abondantes en réserve. Pas de différences marquées entre zones protégées et non-protégées pour les autres familles.
 - Les poissons-papillons sont plus diversifiés et plus abondants dans les deux réserves, différence seulement significative pour Nemou. A Moindé-Ouémié, les valeurs sont plus élevées quel que soit le statut.
 - Les espèces pêchées sont abondantes sur la zone. Différences non significatives dans et hors réserve.
- Biodiversité ; Ichtyofaune ; Habitat ; Vidéo sous-marine ; STAVIRO ; Evaluation ; Suivi ; Aire Marine Protégée ; AMP ; Patrimoine Mondial ; Récif corallien ; Nouvelle-Calédonie ; Indicateur ; Tableau de bord ; Serveur de cartes ; Sextant ; PAMPA*

Abstract

- Conducted within the AMBIO project, this work deals with coral reef fish communities and associated habitats, in the New Caledonian lagoons. It relies on remote unbaited underwater video observations, using the STAVIRO rotating technique. The study takes place in the Borendy area, encompassing two no-take marine reserves Nemou and Moindé-Ouémié. The sampling design covers the entire area, and was stratified according to reef geomorphology and protection status. 66 stations were validated within 3.5 days. They were analyzed to characterize at each station habitat and fish, from a species list that includes fished, emblematic and functionally important species.
 - 32 indicators were computed and mapped (Sextant server). 20 indicators were analysed using the PAMPA computing tool. Outcomes were organized in a dashboard per management objective (biodiversity conservation and fisheries management).
 - 111 fish and 1 turtle species, belonging to 21 families were observed. Surgeonfish and parrotfish were most frequent (90% et 94% of stations), and then butterflyfish and siganids (80% and 79%). Groupers and emperors are frequent (56% et 54% des stations)(salmon trout at 45% of stations).
 - Overall, butterflyfish are both diversified (17 species) and abundant, indicating a good ecological status of the reef, but emblematic species are rare. Living coral was found at 97% des stations, with high cover values.
 - At the area scale, the species assemblage significantly depends on both reef type and protection status. Species richness and overall density are significantly higher on reefs under ocean influence, and lower on fringing reefs.
 - Surgeonfish, parrotfish and groupers, as well as carnivores are less abundant in Port-Bouquet Bay than more southern. In this Bay, the density of surgeonfish and parrotfish is significantly lower in reserve. In Moindé-Ouémié, groupers are significantly more abundant in the reserve. No differences between protected and unprotected areas were found for the other families.
 - Butterflyfish are both more diversified and more abundant in both reserves, but this is only significant for Nemou. At Moindé-Ouémié, both indicators exhibit higher values irrespective of the protection status.
 - Target species are abundant over the entire zone. No significant differences were found inside/outside reserves.
- Biodiversity ; Fish ; Habitat ; Underwater video ; STAVIRO ; Monitoring and assessment ; Marine Protected Area ; MPA ; World Heritage ; Coral reefs ; New Caledonia ; Indicator ; Dashboard ; Map server ; Sextant ; PAMPA*