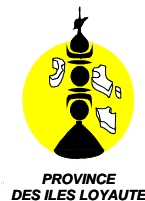


Evaluation de l'état de santé des récifs par stations vidéo rotatives STAVIRO : Bourail, Zone Côtière Ouest, campagne 2012

William Roman, Dominique Pelletier, Abigail Powell,
Thomas Bockel, Charles Gonson, Delphine Mallet



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 les différents participants à la campagne : Christian Tuiagaifo, Steve Paofai, Bruno Manach, Mickaël Le Corre de la Direction de l'Environnement de la Province Sud, Emmanuel Tessier de l'Agence des Aires Marines Protégées, Nathalie Baillon du Conservatoire des Espaces Naturels de Nouvelle-Calédonie, Delphine Mallet, Charles Gonson, Magali Bousson, William Roman et Dominique Pelletier de l'IFREMER .

Merci au Comité de gestion de la Zone Côtière Ouest pour leur accueil.

Merci à la Direction de l'Environnement de la Province Sud pour la mise à disposition du Stenella, du Tenia et de ses équipages, et pour avoir facilité le contact avec le comité de gestion.

Ce document doit être cité comme suit :

William Roman, Dominique Pelletier, Abigail Powell, Thomas Bockel, Charles Gonson, Delphine Mallet. 2014. Evaluation de l'état de santé des récifs par stations vidéo rotatives STAVIRO : Bourail, Zone Côtière Ouest, Campagne 2012. Rapport AMBIO/A/9. IFREMER Nouméa. 85 p.

William Roman, Dominique Pelletier, Abigail Powell, Thomas Bockel, Charles Gonson, Delphine Mallet. 2014. Video-based assessment of coral reef fish assemblages and associated habitats in New Caledonian Marine Protected Areas and World Heritage sites: Bourail, Western Coastal Area, 2012 STAVIRO survey. AMBIO/A/9. IFREMER Nouméa. 85 p.

Sommaire

1. Remerciements	2
2. Synthèse	5
3. Contexte.....	10
3.1. La zone Côtière Ouest.....	11
3.2. Les statuts de protection.....	11
4. Méthodologie.....	12
4.1. Stations vidéo rotatives.....	12
4.2. Stratégie d'échantillonnage.....	12
4.3. Analyse des images : l'habitat	12
4.4. Analyse des images : les poissons et espèces marines emblématiques	13
4.5. Calcul des indicateurs : l'outil de calcul PAMPA.....	13
4.6. Analyse des indicateurs.....	14
4.7. Grille de lecture des indicateurs et tableau de bord.....	15
4.8. Analyse de la structure de l'assemblage de poissons	17
5. Distribution des stations	18
6. Etat initial vidéo	20
6.1. Bilan de l'analyse des images.....	20
6.2. Habitat.....	20
6.3. Indicateurs sur l'ichtyofaune et les tortues.....	25
6.4. Structure des communautés de poissons en fonction de la géomorphologie et de l'habitat	36
7. Evaluation de la mise en protection	40
7.1. Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème	40
7.2. Conservation de la biodiversité : Maintien des fonctions de l'écosystème	43
7.3. Conservation de la biodiversité : Espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques	44
7.4. Exploitation durable des ressources : Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles	46
8. Bilan et recommandation pour les suivis.....	48
8.1. Plan d'échantillonnage pour un suivi vidéo.....	48
8.2. Complémentarité avec les autres suivis	56
9. Annexe 1. Grille de lecture du projet PAMPA	61
10. ANNEXES : Fiches métriques	62
10.1. Richesse spécifique par unité d'observation	63

10.2.	Densité d'abondance toutes espèces	64
10.3.	Densité d'abondance par famille : poissons chirurgiens	65
10.4.	Densité d'abondance par famille : poissons-papillons	66
10.5.	Densité d'abondance par famille : les labres.....	67
10.6.	Densité d'abondance par famille : les becs et bossus	68
10.7.	Densité d'abondance par famille : les barbillons (Mullidae)	69
10.8.	Densité d'abondance par famille : les perroquets	70
10.9.	Densité d'abondance par famille : les picots (Siganidae).....	71
10.10.	Densité d'abondance par famille : les loches	72
10.11.	Richesse spécifique des poissons-papillons (Chaetodontidae)	73
10.12.	Densité d'abondance des carnivores et piscivores	74
10.13.	Densité d'abondance des herbivores	75
10.14.	Fréquence d'occurrence des requins (famille Carcharhinidae).....	76
10.15.	Densité d'abondance des espèces commerciales	77
10.16.	Densité d'abondance des espèces consommables	78
10.17.	Fréquence d'occurrence des Serranidae commerciaux.....	79
10.18.	Fréquence d'occurrence des becs de cane (<i>Lethrinus nebulosus</i>).....	80
10.19.	Densité d'abondance des Lethrinidae pêchés	81
10.20.	Densité d'abondance du Dawa (<i>Naso unicornis</i>)	82
10.21.	Densité d'abondance des espèces cibles de la chasse sous-marine	83
11.	Annexe 3 : Références citées.....	84

2. Synthèse

Contexte et motivation

L'IFREMER Nouvelle Calédonie a initié en 2012 une série de campagnes de terrain sur les biens inscrits au Patrimoine Mondial de l'UNESCO. 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, et largement perfectionnée et testée depuis (Pelletier et al. 2012).

Cette étude, conduite en 2012 et exploitée dans le cadre du projet AMBIO, s'intéresse aux perspectives de suivi de la Zone Côtière Ouest (ZCO) en se focalisant sur la zone de Bourail, et les Aires Marines Protégées (AMP) de Poé et de l'Île Verte. Elle vient en complément à l'Etat Zéro des communautés biocénétiques de l'AMP évalué grâce à des comptages visuels en scaphandre autonome (Wantiez et al. 2007) et aux stations du Réseau d'Observation des Récifs Coralliens (RORC).

Méthodologie

Le plan d'échantillonnage a été stratifié en fonction des trois structures récifales (récif frangeant, récif d'îlot/intermédiaire et récif barrière), et des biotopes associés, et en tenant compte du statut de protection des réserves de Poé et de l'Île Verte. 188 stations vidéo rotatives ont été déployées dont 150 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. Chaque station a ainsi été caractérisée par un habitat-type qui est utilisé comme facteur explicatif dans l'analyse des données sur la macrofaune. 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.

Les habitats

- Cinq des six habitats identifiés dans la typologie de Nouvelle-Calédonie ont été observés à Bourail ; aucune des stations n'appartenant à l'habitat Algueraie
- 66 stations de la zone de Bourail ont un taux de recouvrement en corail vivant moyen, souvent accompagné de débris, de dalle et de gravier (20% de corail vivant en moyenne). 20 stations sont situées dans des habitats à fort pourcentage de recouvrement en corail vivant. (13% des stations). Un grand nombre de stations ont été réalisées sur les fonds meubles (32.7% des stations)
- Sur les 21 stations réalisées dans les herbiers, 16 ont été validées pour le comptage des poissons.
- Le récif barrière est significativement plus riche en corail vivant que le récif frangeant.
- Le recouvrement en corail vivant n'apparaît pas plus élevé dans les zones protégées.

<p style="text-align: center;">Ichtyofaune et espèces remarquables</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 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. Durée et surface d'observation sont respectivement 9 mn et 75 m². L'abondance étant moyennée 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. • Pour comparaison, les observations réalisées en transects UVC ont généralement une durée de 30 mn à 1h, et une surface de 250 m² (50 m X 5 m), voire plus pour les transects à distance variable. Ils sont posés perpendiculairement à la pente sur le tombant récifal.
<p style="text-align: center;">Statistiques générales</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 122 espèces de poissons (1 espèce de tortue et 1 espèce de serpent) , appartenant à 18 familles ont été observées. • 60% des poissons ont été identifiés au niveau de l'espèce, 5% au niveau du genre et 35% au niveau de la famille. Il a été difficile d'identifier jusqu'à l'espèce le grand nombre de juvéniles rencontrés au niveau du récif frangeant en raison de leur taille et de la visibilité parfois moindre. • Les espèces commerciales sont présentes sur 90% des stations. • La densité moyenne par station est de 32.93 poissons/100m² tandis que le nombre d'espèces vues par station est de 11.1 espèces en moyenne. • 19 espèces de chirurgiens sont recensées dont 11 espèces commerciales. Le maïto (<i>Ctenochaetus striatus</i>) du dawa (<i>Naso unicornis</i>) sont les espèces les plus abondantes. • 11 espèces de poissons perroquets (commerciales) sont recensées. Les densités les plus fortes sont observées dans les herbiers avec d'importants bancs de juvéniles. • 21 espèces de poissons-papillons sont observées, une diversité élevée qui témoigne de la bonne santé des récifs coralliens • Fortes densités de bossus et becs en particulier dans les fonds meubles et les herbiers. Les individus observés sont la plupart de taille moyenne, et peu de grands individus. • Peu d'observations de loches, en particulier de la saumonée (<i>Plectropomus leopardus</i>). • Dans l'ensemble, peu de grands individus observés, sauf dans la Faille aux Requins. • A l'exception des Serranidae, les densités observées sont élevées.
<p style="text-align: center;">Distribution spatiale de l'ichtyofaune</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 31 indicateurs ont été représentés sous forme de carte (Dropbox et serveur Sextant) • Densité totale et richesse spécifique sont élevées par rapport aux autres sites étudiés. • Les densités moyennes les plus élevées se situent au niveau des herbiers en raison de bancs importants de juvéniles de perroquets et de picots. • Densités moyennes significativement supérieures aux abords de la Faille aux Requins et de l'Ile Verte (sites : Gouaro, Cap Goulvain, Poé, Deva, Ile Verte, Faille aux Requins) • Richesse spécifique ne diffère pas significativement entre les différents sites. • De nombreuses espèces remarquables (requins, tortues, serpents) ont été observées • Les assemblages de poissons diffèrent significativement selon le type géomorphologique. et selon les habitats issus de la typologie.

Effet de la protection par les AMP

24 métriques communes à l'ensemble des sites 2012 ont été analysées (21 fiches métriques en § 10, et trois métriques liées aux espèces remarquables, cf. § 7.3). Les résultats sont résumés ci-dessous par objectif de gestion. Les tableaux de bord sont présentés dans la section 7.

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

- Densité toutes espèces et Richesse Spécifique (RS) dénotent un récif en excellente santé, avec des valeurs élevées sur l'ensemble de la zone d'étude, et sur tous les habitats, ces valeurs sont plus élevées en réserve. Ces différences sont significatives sur les herbiers pour la densité, et pour la RS, sur l'habitat le plus diversifié qui représente plus de 40% des stations de la campagne.
- Les familles dominantes, perroquets, chirurgiens et poissons-papillons, sont à la fois fréquentes et abondantes sur l'ensemble de la zone d'étude. Leurs densités sont toujours plus élevées en réserve sur leurs principaux habitats, et de manière significative sur l'habitat le plus diversifié (« Corallien et Détritique ») (pour les chirurgiens et papillons) et sur l'habitat « Fond lagunaire » pour les perroquets.
- Les poissons-papillons sont à la fois abondants, fréquents et diversifiés, avec une RS plus élevée en réserve sur les habitats principaux de la famille.
- L'habitat Herbier abrite de fortes abondances de becs et de bossus (Lethrinidae), de barbillons (Mullidae), de labres (Labridae) et de juvéniles de picots (Siganidae). Les abondances de ces familles sont plus nettement élevées en réserve, sauf pour les labres.
- Les loches (Serranidae de la liste IEHE) sont peu fréquentes et peu abondantes, avec des observations plutôt hors réserve.
- A l'exception de cette dernière famille, l'assemblage de poissons apparaît diversifié avec des densités par familles en général élevées.
- La composition spécifique de l'assemblage observé sur l'ensemble de la zone, diffère significativement entre les habitats ($p < 0.0001$), les unités géomorphologiques ($p < 0.0001$), et entre les zones réserves et hors réserves ($p < 0.0017$).

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

- 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 la même année. Cette situation favorable a été prise en compte pour l'attribution du code couleur.
- Les densités des herbivores sont nettement plus élevées en réserve sur tous les habitats (significatif dans trois habitats). Les carnivores et piscivores montrent des densités similaires entre zones protégées et non protégées sur tous les habitats sauf les herbiers. Sur ces herbiers, frangeants, la densité des carnivores et piscivores est plus élevée en réserve (presque significatif).

Objectif 3 : Espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques

- Plusieurs espèces emblématiques ont été observées, souvent plusieurs fois, indifféremment en réserve ou hors réserve (HR). Ceci ne doit pas être interprété négativement en termes d'effet de la protection, en raison de la mobilité des espèces. Les observations peu nombreuses ne permettent pas de réaliser des tests fiables.
- Les fréquences d'occurrence des requins, tortues et tricots rayés sont élevées par rapport à d'autres sites (Hyehen, Pweevo, Borendy). En particulier, quatorze requins appartenant à trois espèces ont été observés (*Carcharhinus amblyrhynchos*, *Carcharhinus melanopterus*, *Triaenodon obesus*), avec une fréquence d'ensemble de 7.6 %, la fréquence de la famille est la plus élevée parmi les campagnes 2012. La protection de la Faille de Poé explique pour partie ce résultat. De plus, une raie guitare a été observée sur une station non validée au niveau de la Faille.

But 2 : Exploitation durable des ressources : Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles

- Les densités des espèces commerciales et des espèces consommables montrent une situation très satisfaisante avec des valeurs élevées et des effets significatifs de la protection. Ces indicateurs témoignent des fortes abondances de chirurgiens et de perroquets sur les habitats de fonds durs, d'une part, et d'autre part de picots (*Siganidae*), de becs et bossus et de barbillons sur l'herbier.
- La densité des espèces-cibles de la chasse montre également un état très satisfaisant sur tous les habitats et encore plus sur les herbiers et les fonds lagonaires, avec des effets significatifs de la protection.
- Les Serranidés sont peu fréquents sur la zone, notamment la saumonée (3% des stations). Cette situation prévalait déjà lors de l'état initial (Wantiez et al. (2007), avec huit espèces commerciales relativement peu fréquentes et aucune saumonée observée.
- Les bossus et becs sont peu fréquents sur la zone sauf sur l'herbier où ils sont nettement plus abondants en réserve.
- Au niveau de l'espèce, le dawa est moyennement abondant sur la zone, peu de différences entre zones protégées et non protégées. La saumonée est rare dans les données malgré les 150 stations, alors qu'elle a été observée sur d'autres zones d'étude. Enfin, le bec de cane est également peu fréquent, avec surtout des individus de taille moyenne.

Protocole de suivi vidéo complémentaire des suivis existants

Le plan d'échantillonnage recommandé pour un suivi comprend 80 stations largement réalisables en 5 jours. Il inclut **l'ensemble des habitats et des unités géomorphologiques** : les herbiers, le récif frangeant, le récif d'îlot, le récif barrière interne, les fonds lagonaires et la pente externe.

Sur les stations recommandées, la richesse spécifique et les densités observées en 2012 sont représentatives des résultats obtenus sur les 150 stations de l'état initial vidéo (la richesse spécifique par station est de 11.3 espèces et la densité moyenne par station est de 39.4 ind./100m²). Des points supplémentaires sont proposés au niveau de la Faille aux requins et de la Baie des Tortues / Roche Percée.

Comparaison avec les suivis existants

- Les densités d'abondance et richesses spécifiques obtenues en vidéo sont comparées aux résultats de l'état zéro réalisé à partir de comptages en plongée (Wantiez et al. 2007).
- Les résultats indiquent que, sur la base de la liste d'espèces analysée en vidéo (liste IEHE), et à l'échelle d'une station, un transect UVC a observé en moyenne plus d'espèces qu'une station STAVIRO. Les différences entre densités sont variables d'une station à l'autre, les densités observées par STAVIRO étant parfois très élevées.
- Cependant, cette comparaison quantitative station à station ne présente pas de réel intérêt, les protocoles d'observation étant différents (durée et surface d'observation des STAVIRO beaucoup plus faibles que celles des transects UVC, voir début synthèse « Icthyofaune et espèces remarquables »).
- Rappelons aussi que les campagnes UVC et vidéo ont été respectivement réalisées en avril 2007 et mai 2012 ; que le protocole UVC existant considère une liste d'espèces plus complète que la liste IEHE, et que les tailles individuelles des poissons sont estimées par les plongeurs.
- L'étude de la complémentarité des STAVIRO avec les suivis UVC existants pourrait faire l'objet d'une analyse plus complète à partir de l'ensemble des données. Les comparaisons effectuées dans ce rapport sont en effet fragmentaires car basées uniquement sur les informations apparaissant dans Wantiez et al. (2007).
- **En revanche, la forte réplification spatiale offerte par la technique STAVIRO a permis :**
 - **d'observer un nombre plus important d'espèces commerciales et consommables en intégrant les fonds meubles et les herbiers.**
 - **d'appréhender les variations spatiales des distributions de poissons, de les mettre en relation avec l'habitat et avec d'autres facteurs comme l'unité géomorphologique et le statut de protection**
 - **de tester statistiquement l'effet de ces facteurs**

3. Contexte

La Zone Côtière Ouest (ZCO), d'une superficie de 48200 ha fait partie du bien inscrit en 2008 au Patrimoine Mondial de l'Humanité. Cette inscription est justifiée par une Valeur Universelle Exceptionnelle (VUE) liée à la diversité exceptionnelle d'espèces de coraux et de poissons et à la multiplicité de ses habitats, allant des mangroves aux herbiers marins. Le maintien de l'intégrité de cette VUE requiert des efforts de gestion et de protection, et doit être prouvé au travers d'évaluations périodiques.

La ZCO est la plus petite zone constituant le bien en série. La proximité de la barrière ménage le plus souvent un étroit lagon de faible profondeur et assez homogène. Elle se caractérise par la présence de nombreuses mangroves et herbiers littoraux. Ces herbiers abritent les juvéniles de nombreuses espèces commerciales telles que les picots (Siganidae), les becs et les bossus (Lethrinidae).

Le nombre de faciès réduits par rapport à d'autres zones du territoire se traduit par une biodiversité plus faible. Cependant, la faille de Poé abrite en abondance de gros poissons, des espèces remarquables (napoléons, requins) et est un lieu de transition pour de nombreuses espèces telles que les bécunes et les carangues. La ZCO est par ailleurs une zone très importante pour les dugongs et les tortues.

Cette étude, conduite en 2012 et menée dans le cadre du projet AMBIO, s'intéresse aux perspectives de suivi de cette ZCO en se focalisant sur le lagon de Bourail et l'île Verte, soit environ le tiers Nord de la zone du bien.

Elle vient en complément à l'Etat Zéro des communautés biocénétiques de la zone réalisé par l'Université de Nouvelle Calédonie (Wantiez et al. 2007) et aux stations du Réseau d'Observation des Récifs Coralliens (RORC).

La présente étude repose sur le déploiement et l'analyse des relations poissons-habitat de 150 stations vidéo rotatives STAVIRO réparties entre le Cap Goulvain et l'île Verte.

Ce rapport présente les caractéristiques et l'état des communautés de poissons et de leurs habitats au travers d'indicateurs dont les variations spatiales ont été analysées en fonction du statut de protection, de l'habitat issu de la typologie à l'échelle de l'ensemble des sites visités, et des différentes unités géomorphologiques (ci-dessous dénommées « types de récif ») (Récif barrière, Récif intermédiaire, Récif frangeant) identifiées dans Andréfouët et Torres-Pullitza (2004).

3.1. La zone Côtière Ouest

La zone d'étude s'étend du Cap Goulvain jusqu'à l'Île Verte (Figure 1).

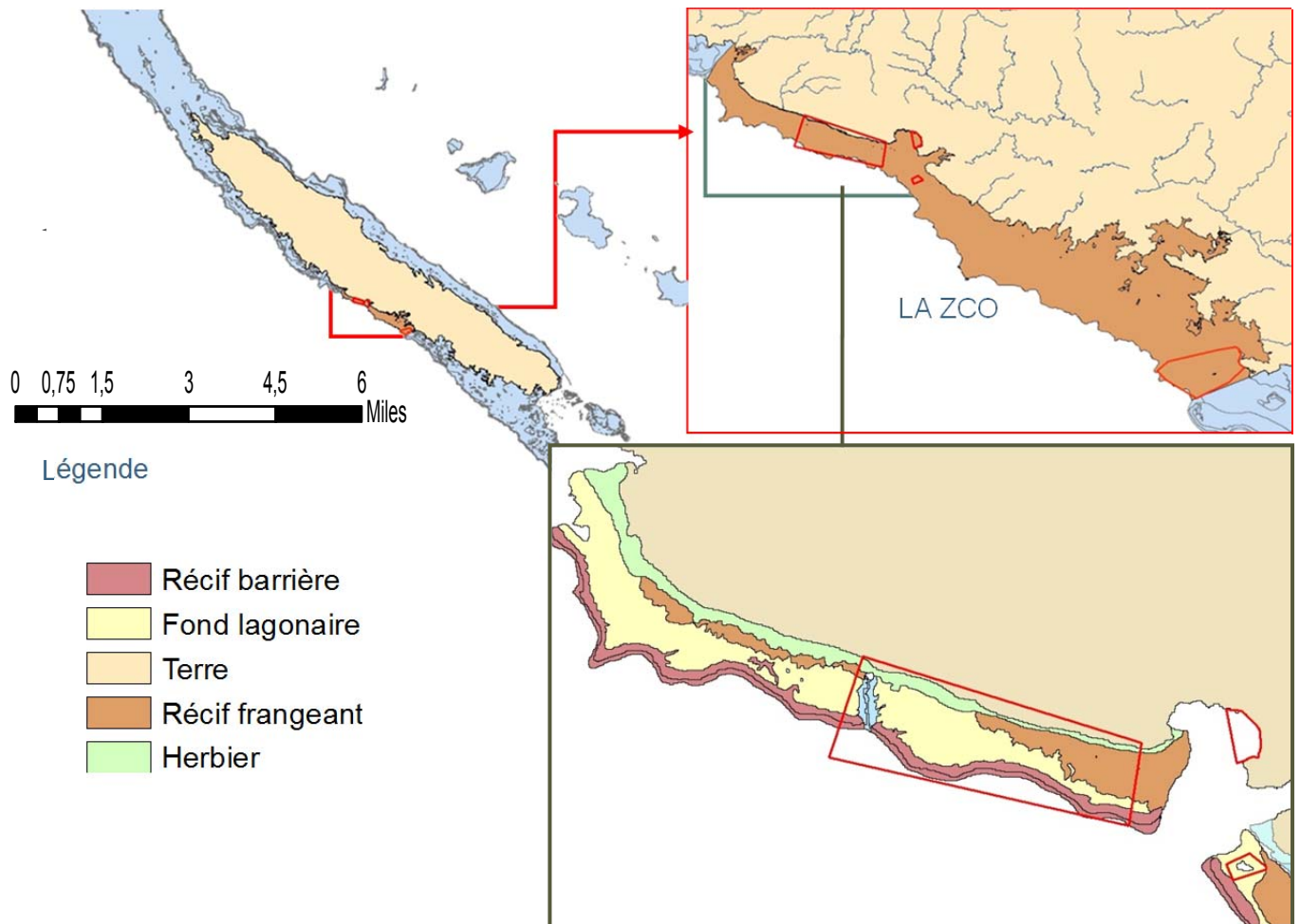


Figure 1. Délimitation de la ZCO (haut à droite) et de la zone d'étude (bas). Fond de carte : Atlas de la Nouvelle-Calédonie.

3.2. Les statuts de protection

La zone comporte trois Aires Marines Protégées (en rouge sur la Figure 1) qui forment le Parc du Lagon de Bourail. Ces trois réserves spéciales marines, créées en juin 1993, sont la Baie de la Roche Percée, l'Île Verte et la Réserve de Poé. Leur création a été motivée par des critères écologiques dont l'existence de zones de ponte importantes pour la tortue « grosse tête » (*Caretta caretta*) et un habitat unique pour la langouste (*Panulinus homarus*). L'ensemble occupe 2322 hectares d'écosystème marin.

4. Méthodologie

4.1. Stations vidéo rotatives

L'échantillonnage repose sur l'utilisation de la technique vidéo STAVIRO (Figure 2). Il s'agit d'une caméra haute définition rotative déployée 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.

Aucune station MICADO n'a été posée au cours de cette campagne.

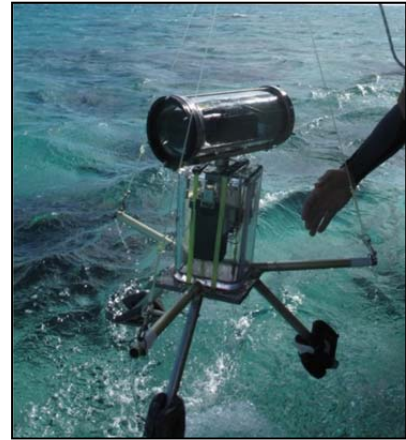


Figure 2. La station vidéo rotative (STAVIRO)

4.2. Stratégie d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage a été stratifié en fonction des trois principales unités géomorphologiques (récif frangeant, fond lagonaire et récif barrière) et de la Faille aux Requins qui constitue une particularité de la zone. Sur le récif frangeant, des stations ont été réalisées dans l'herbier littoral. Par ailleurs le nombre de stations a été également équilibré en fonction du statut de protection des réserves de Poé et de l'Île Verte.

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 uniquement 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), 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 et le dénombrement des espèces à partir des images sont décrites dans AMBIO/A/1.



Figure 3. 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).

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

L'outil de calcul PAMPA est décrit dans le Guide des outils PAMPA (Pelletier et al. 2014).

La sélection des indicateurs s'est appuyée sur les résultats obtenus dans le cadre du projet PAMPA en Nouvelle-Calédonie. Le rapport du site NC décrit tous les jeux de données et les indicateurs retenus¹ (Wantiez et al. 2011), tandis que les métriques/indicateurs issus de la vidéo STAVIRO font l'objet de fiches dans Pelletier et al. (2011b).

4.6. Analyse des indicateurs

L'analyse des indicateurs comprend deux étapes :

- la description de l'état des habitats et de l'ichtyofaune au regard des critères d'inscription au Patrimoine Mondial.
- la mise en évidence d'effets de la protection dus à la mise en place des AMP.

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. 2011a). Cette méthodologie, ainsi que les outils qui permettent de la mettre en œuvre sont détaillés dans le guide PAMPA, référence récente qui inclut les développements effectués depuis la fin du projet en 2011 (Pelletier et al. 2014).

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 et la gestion des ressources.

But de gestion	Objectif détaillé
1. Exploitation durable des ressources halieutiques	1.1. Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces-cibles
2. Conservation de la biodiversité	2.1. Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces
	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 plate-forme propose le modèle qui s'ajuste le mieux aux données selon un critère statistique (Akaike), puis elle permet d'écarter des

¹ Le travail réalisé dans le projet PAMPA a concerné la zone du Grand Nouméa.

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 jugé pertinent. 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 du fait que le nombre de stations par combinaison de niveaux habitat X statut est parfois faible 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 spatiales 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 Bourail, il est nécessaire de considérer que la protection est relativement **ancienne**, et que les pressions anthropiques dans le lagon sont **intermédiaires** entre celles de zones fortement anthropisées comme le Grand Nouméa et celles rencontrées dans d'autres zones du territoire. La pêche professionnelle est peu développée dans le lagon de Bourail (Document d'inscription à l'UNESCO) et la pêche vivrière et plaisancière n'apparaît pas très développée. Cependant, la zone située à l'Est de la Faille aux requins, protégée, connaît une fréquentation touristique importante et le projet touristique autour de Deva est un projet phare dans la zone.

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, y compris au regard des valeurs observées dans d'autres sites où des campagnes ont été réalisées.**

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

Code	Grille de lecture
Référence	La valeur de l'indicateur est plus élevée en réserve (RE>HR) sur tous les habitats
Bon	La valeur de l'indicateur est plus élevée en réserve (RE>HR) sur les habitats représentatifs
Moyen	La valeur de l'indicateur est sensiblement identique selon le statut de protection (RE≈HR) ou la situation est contrastée selon les habitats.
Médiocre	La valeur de l'indicateur est plus élevée hors réserve (RE<HR) sur les habitats représentatifs
Mauvais	La valeur de l'indicateur est plus élevée hors réserve (RE<HR) sur tous les habitats
	Diagnostic impossible à partir des données actuelles



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. 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. Un des habitats a été exclu des analyses en raison du nombre limité de stations (n=1).

Les analyses PERMANOVA ont été utilisées pour tester l'effet sur l'assemblage de poissons de trois facteurs :

- l'unité géomorphologique (facteur fixe avec 5 niveaux: (Récif frangeant, Faille aux requins, Récif d'îlot, Récif barrière interne, Fond meuble)).
- l'habitat issu de la typologie (facteur fixe avec 4 niveaux (Herbier, Corallien riche, Corallien et Détritique et Fond lagonaire)). A noter que la typologie utilisée dans ce rapport est celle de la Version 1. Les analyses n'ont pas été révisées suite à la nouvelle typologie, du fait que les résultats n'en étaient que peu affectés.
- le statut de protection (Hors Réserve (HR), 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 (Canonical Analysis of Principal coordinates) 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'habitat.

5. Distribution des stations

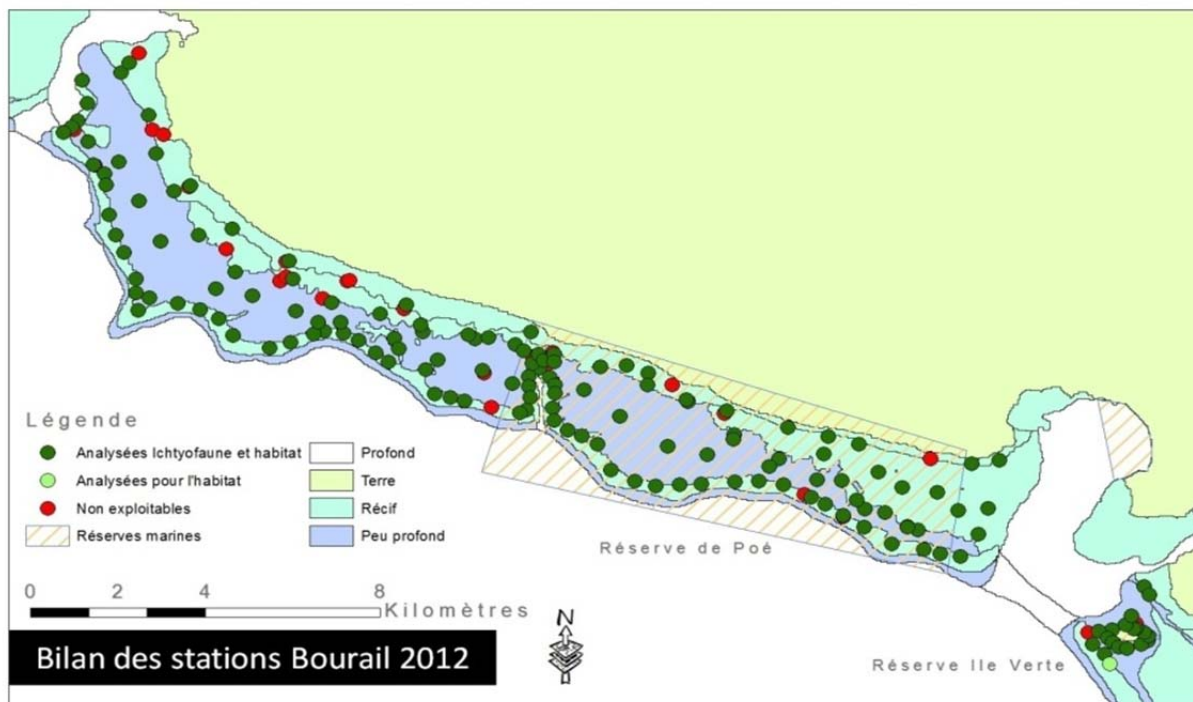


Figure 4. Distribution des unités d'observation au sein de la zone d'étude

188 stations ont été réparties dans les différents habitats entre le Cap Goulvain et l'Île Verte (Tableau 4). 150 (80%) ont été analysées pour l'habitat et l'ichtyofaune. Le pourcentage de validation dépend de la visibilité qui était parfois inférieure à 5 m dans les herbiers et au niveau du récif frangeant (Tableau 6). Par ailleurs, 11 stations ont été positionnées pour correspondre à des points de suivi existants (Tableau 5).

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

Herbier		Fond lagunaire		Récif frangeant	
HR	RE	HR	RE	HR	RE
7	10	11	8	17	12
Récif barrière		Faille aux requins		Île Verte	
HR	RE	HR	RE	HR	RE
37	17	0	17	0	14

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

Type de Suivi	UVC	Complémentarité
RORC	Pala Dalik	2 (Ile Verte et Siandé)
Suivi Patrimoine Mondial	UNC	15 stations échantillonnées en 2007. 9 STAVIRO ont été positionnés sur les positions des comptages UVC.

Tableau 6. Pourcentage de validation des stations en fonction de l'unité géomorphologique

Validation des stations	% de validation des stations	Commentaires
Récif barrière	87%	Problèmes caméras
Récif frangeant	82%	Problèmes moteurs
Faillie aux requins	71%	Courant puissant /Profondeur
Herbiers	54%	Visibilité <5m Profondeur
Fond lagonaire	95%	Problèmes bateau
Récif d'îlot	100%	-

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
Analyse Habitat	William Roman
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

200 heures ont été nécessaires afin d'analyser les 150 vidéos de la zone.

Temps total nécessaire à l'analyse des images : ichtyofaune	168.10 heures
Temps total nécessaire à l'analyse des images : habitat	32.05 heures
Temps moyen de l'analyse d'une vidéo pour l'ichtyofaune	1 heure10 min
Temps moyen de l'analyse d'une vidéo pour l'habitat	12.06 min

6.2. Habitat

Le lagon de Bourail se caractérise par l'importance de ses herbiers littoraux. Sur les stations concernées (12.6% des stations validées, Figure 6), le recouvrement en herbier varie entre 50 et 100% (Tableau 8). Le recouvrement en corail vivant est en moyenne de 16.2% et varie entre 0 et 65.8%. Le récif barrière, l'île Verte et les abords de la Faille aux requins sont les localisations où le pourcentage en corail vivant est le plus élevé (Figure 5). Aucune station ne correspondait à un habitat d'algueraie.

Tableau 8. Variations du recouvrement biotique.

Recouvrement (%)	Moyenne	Médiane	Maximum	Fréquence
Corail vivant	16.2	13.8	65.8	78.0% des stations
Macroalgues	1.3	0	29.2	23.9% des stations
Herbier	10.1	0	100	12.6% des stations

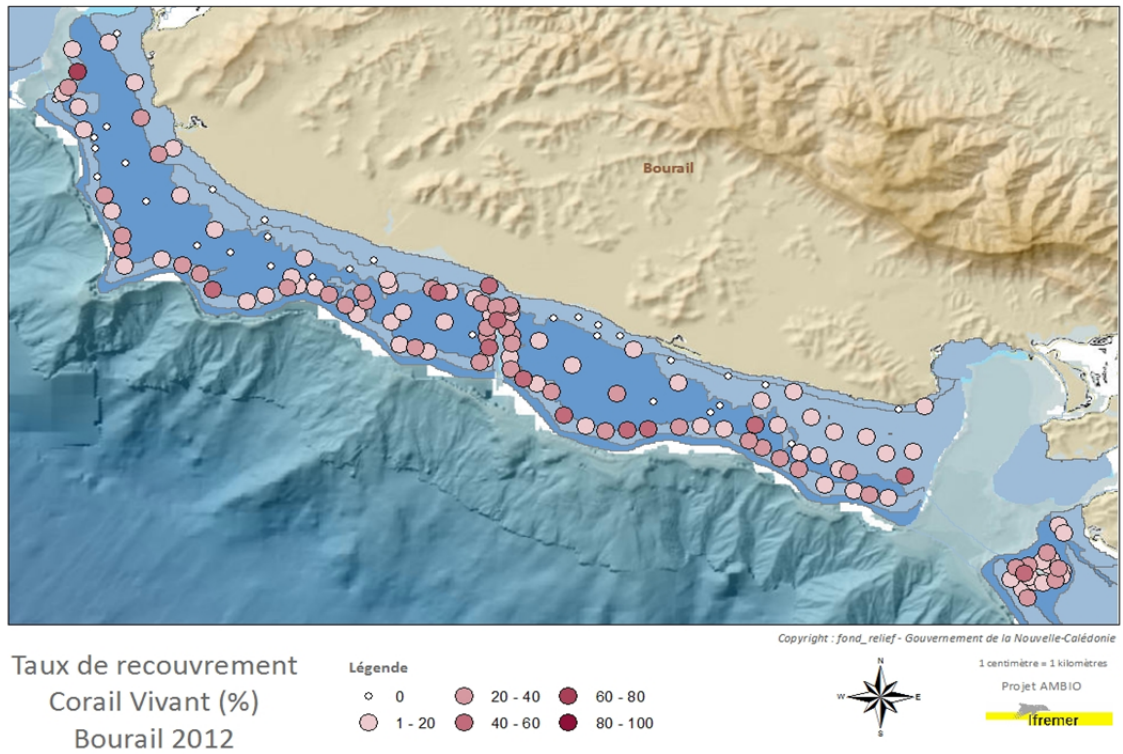


Figure 5. Recouvrement en corail vivant, Bourail 2012.

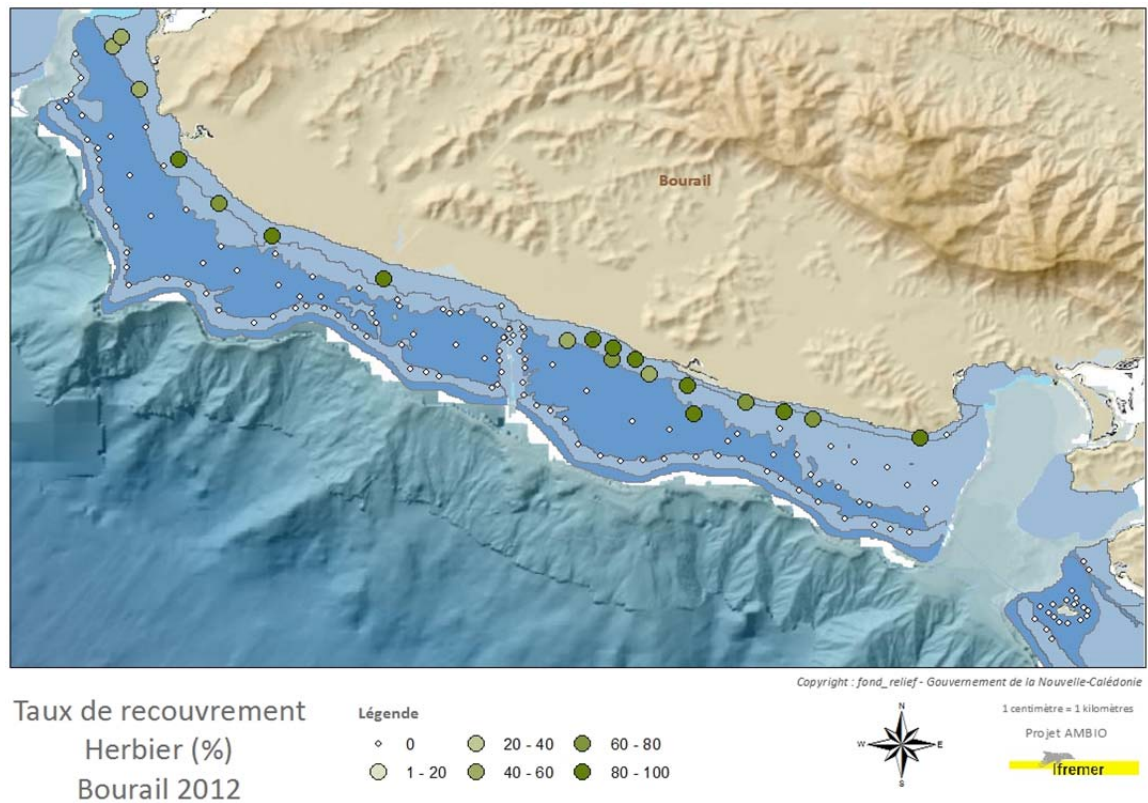
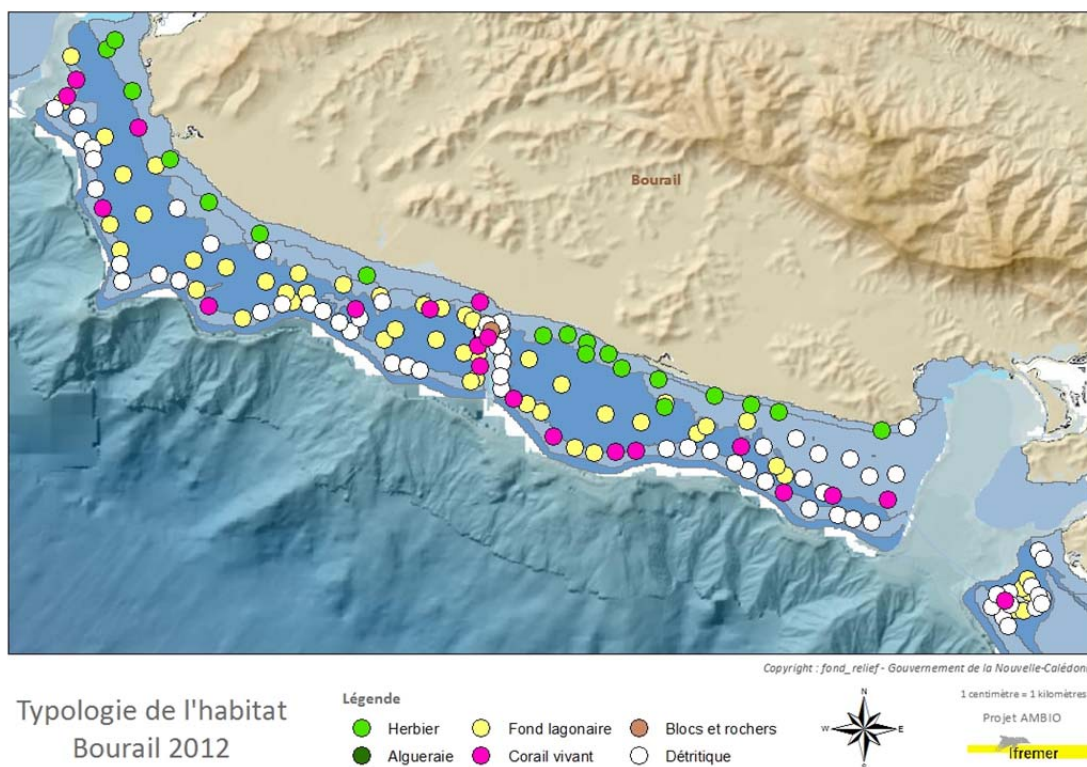


Figure 6. Recouvrement en herbier, Bourail 2012

Typologie des stations. Les résultats de la typologie sont obtenus en incluant les données habitat de l'ensemble des sites analysés dans le cadre du projet AMBIO. Cette typologie est détaillée dans le rapport AMBIO/A/3. Sur la zone de Bourail, la classe herbier est bien identifiée (Tableau 9, Figure 7). Un tiers des observations ont été réalisées sur l'habitat fond lagonaire (fond sableux ou petite patate isolée). La proportion de stations très riches en Corail vivant (~13% des stations) est similaire à celle de l'ensemble des zones d'étude de Nouvelle-Calédonie. La caractérisation de chaque classe est présentée dans le Tableau 10.

Tableau 9. Répartition des stations par classe d'habitat. 159 stations ont été validées pour l'habitat et classées dans la typologie.

Habitat	Nombre de stations	Proportion de stations (%)
Herbier	20	12.6
Algueraie	0	0
Fond lagonaire	52	32.7
Corail vivant	20	12.6
Blocs et rochers	1	0.01
Corallien et Détritique	66	41.5



Typologie de l'habitat
Bourail 2012

Figure 7. Répartition des stations par classe d'habitat (typologie version 1.0).

Tableau 10. 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 (Version 1).

Habitat	Sable (%)	Gravier (%)	Corail dur (%)	Bloc (%)	Rocher (%)	Dalle (%)	Profondeur (m)	Topographie	Complexité	Corail vivant (%)	Herbier (%)	Macroalgues (%)
Herbier	94.6	3.1	1.5	0.1	0.2	0.4	8.0	1.2	2.7	0.9	62.5	6.2
Algueraie	90.7	7.3	1.3	0.1	0.4	0.2	9.0	1.3	1.9	0.9	11.6	53.7
Fond lagonaire	85.6	6.9	5.3	0.5	0.6	1.2	8.8	1.2	1.3	4.0	5.4	5.4
Corail vivant	17.5	11.8	60.2	0.8	1.5	9.0	4.2	2.2	3.0	44.2	0.0	2.3
Blocs et rochers	27.1	15.8	19.5	20.0	14.4	8.9	6.9	2.1	2.7	13.4	0.4	1.5
Corallien et détritique	27.8	34.3	18.5	1.7	3.3	15.7	5.3	1.5	2.2	10.2	0.5	2.4

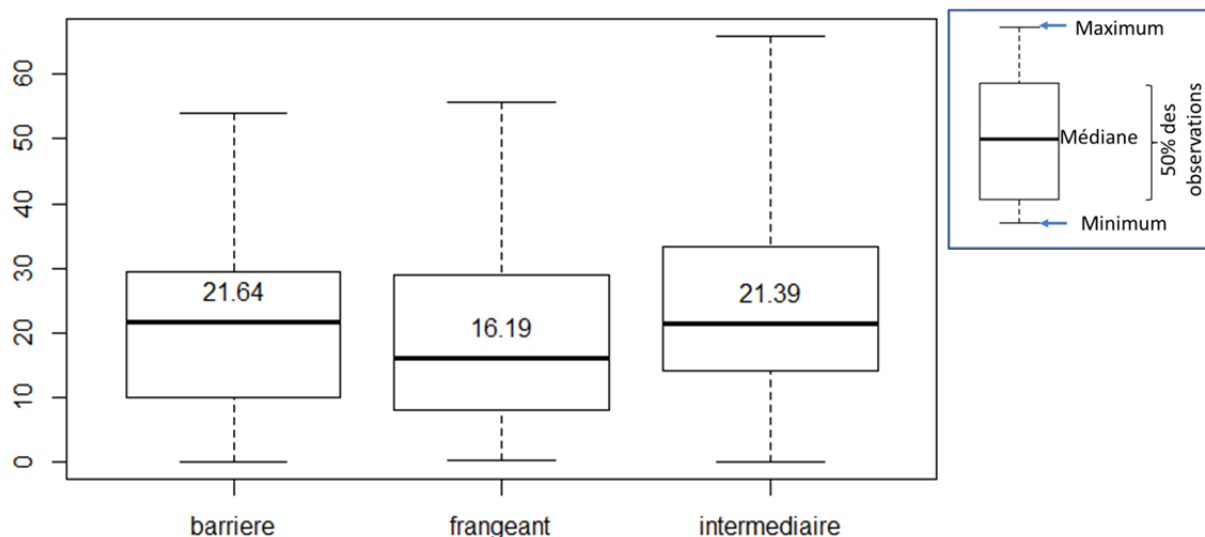


Figure 8. Recouvrement en corail vivant par type de récif (Récif barrière, frangeant et intermédiaire) sur les habitats à dominante de substrat dur (classes 4, 5 et 6 de la typologie). Les valeurs moyennes sont reportées sur chaque boîte. Les stations sont au nombre de 38, 23 et 26 respectivement pour les récifs barrière, frangeant, et intermédiaire.

Sur les stations des classes "Corail vivant" et "Corallien et détritique", le recouvrement en corail vivant apparaît plus élevé sur les récifs intermédiaires de l'Île Verte et sur le récif barrière interne que sur le récif frangeant (Figure 8).

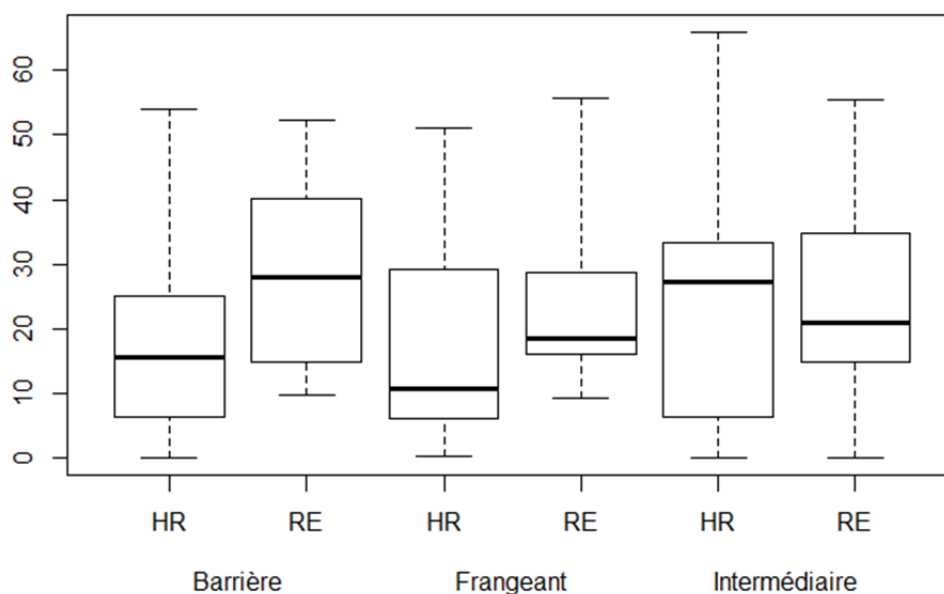


Figure 9. Recouvrement en corail vivant par type de récif en fonction du statut de protection. RE : réserve. HR : hors réserve. Barre=valeur médiane.

Le recouvrement en corail vivant n'apparaît pas plus élevé dans les zones protégées (Figure 9).

6.3. Indicateurs sur l'ichtyofaune et les tortues

L'analyse des vidéos a permis d'identifier 15027 individus appartenant à 122 espèces de poissons coralliens et une tortue, soit 47 genres et 21 familles (dont 3 n'appartenant pas à la liste IEHE ont été dénombrées, mais ne seront pas intégrés aux calculs des métriques pour cohérence avec la liste IEHE). 60% des individus ont été identifiés jusqu'à l'espèce :

Statistiques générales sur l'identification des espèces.

Nombre d'individus identifiés à l'espèce	8890	60%
Nombre d'individus identifiés au niveau du genre	845	5.5%
Nombre d'individus identifiés au niveau de la famille	5292	34.5%

Liste d'espèces et fréquences d'occurrences

Les familles les plus fréquentes (Tableau 11) sont des familles caractéristiques des récifs situés dans le lagon. Ces familles sont également les familles les plus diversifiées :

- Les chirurgiens (Acanthuridae) : 84% des stations, 18 espèces
- Les perroquets (Scaridae) : 94% des stations, 17 espèces
- Les papillons (Chaetodontidae) : 80% des stations, 21 espèces
- Les labres (Labridae) : 55%, 13 espèces

Des familles fréquentes sur les fonds meubles sont rencontrées sur un grand nombre de stations :

- Les rougets (Mullidae) : 83% des stations, 10 espèces
- Les becs et bossus (Lethrinidae) : 43% des stations, 9 espèces

Les picots (Siganidae) sont aperçus sur 37% des stations avec 7 espèces.

Les espèces commercialisées en Nouvelle Calédonie sont présentes sur 90% des stations.

Tableau 11. Fréquences d'occurrence des familles observées par ordre de fréquence décroissante. Les familles ne faisant pas partie de la liste IEHE seront exclues des calculs d'indicateurs.

Acanthuridae	Mullidae	Scaridae	Chaetodontidae	Labridae	Balistidae	Lethrinidae
83.5	82.8	82.1	72.4	54.5	46.9	42.8
Siganidae	Carangidae	Lutjanidae	Pomacanthidae	Serranidae	Zanclidae	Tetraodontidae
36.6	17.9	14.5	13.8	11.7	11.0	9.7
Caesionidae	Carcharhinidae	Elapidae	Holocentridae	Cheloniidae	Diodontidae	Octopodidae
9.0	7.6	2.1	2.1	1.4	0.7	0.7

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

Acanthuridae (18)

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

Balistidae (5)

*Balistoides viridescens*⁴
*Pseudobalistes fuscus*⁴
*Rhinecanthus aculeatus*⁴
*Sufflamen chrysopterum*⁴
*Sufflamen fraenatum*⁴

Caesionidae (2)

*Caesio caerulea*²
*Pterocaesio tile*²

Carangidae (6)

*Carangoides fulvoguttatus*¹
*Carangoides orthogrammus*¹
*Caranx ignobilis*²
*Caranx melampygus*¹
*Caranx papuensis*¹
*Scomberoides lysan*²

Carcharhinidae (3)

Carcharhinus melanopterus^{2,5}
Negaprion acutidens^{2,5}
Triaenodon obesus^{2,5}

Chaetodontidae (21)

*Chaetodon auriga*⁴
*Chaetodon bennetti*⁴
*Chaetodon citrinellus*⁴
*Chaetodon ephippium*⁴
*Chaetodon flavirostris*⁴
*Chaetodon lineolatus*⁴
*Chaetodon lunulatus*⁴
*Chaetodon melannotus*⁴
*Chaetodon mertensii*⁴
*Chaetodon pelewensis*⁴
*Chaetodon plebeius*⁴
*Chaetodon speculum*⁴
*Chaetodon trifascialis*⁴
*Chaetodon ulietensis*⁴
*Chaetodon unimaculatus*⁴
*Chaetodon vagabundus*⁴
Forcipiger sp.⁴
*Heniochus acuminatus*⁴
*Heniochus chrysostomus*⁴
*Heniochus monoceros*⁴

Cheloniidae (1)

Caretta caretta^{2,3,5}

Elapidae (2)

Laticauda colubrina^{3,5}
Hydrophiinae sp.^{3,5}

Labridae (13)

*Bodianus loxozonus*²
*Bodianus perditio*¹
*Cheilinus chlorourous*²
*Cheilinus fasciatus*²
*Cheilinus trilobatus*²

- Cheilinus undulatus*^{3,5}
*Choerodon graphicus*²
*Coris aygula*²
*Coris dorsomacula*²
*Coris gaimard*²
*Hemigymnus fasciatus*²
*Hemigymnus melapterus*²
*Oxycheilinus sp.*²
- Lethrinidae (9)
- Gymnocranius euanus*¹
*Lethrinus atkinsoni*¹
*Lethrinus genivittatus*¹
*Lethrinus harak*¹
*Lethrinus nebulosus*¹
*Lethrinus obsoletus*¹
*Lethrinus variegatus*²
*Lethrinus xanthochilus*²
*Monotaxis grandoculis*²
- Lutjanidae (6)
- Lutjanus bohar*²
*Lutjanus fulvus*²
*Lutjanus kasmira*²
*Lutjanus monostigma*²
*Macolor niger*²
*Symphorus nematophorus*²
- Mullidae (10)
- Mulloidichthys flavolineatus*²
*Mulloidichthys vanicolensis*²
*Parupeneus barberinoides*²
*Parupeneus barberinus*¹
*Parupeneus cyclostomus*²
*Parupeneus heptacanthus*²
*Parupeneus indicus*²
*Parupeneus multifasciatus*²
*Parupeneus pleurostigma*²
*Upeneus tragula*²
- Rhinobatidae (1)
- Rhynchobatus djiddensis*
- Scaridae (11)
- Chlorurus microrhinos*¹
*Chlorurus sordidus*¹
*Hipposcarus longiceps*¹
*Scarus chameleon*¹
*Scarus frenatus*¹
*Scarus ghobban*¹
*Scarus globiceps*¹
*Scarus niger*¹
*Scarus oviceps*¹
*Scarus psittacus*¹
*Scarus schlegeli*¹
- Serranidae (4)
- Epinephelus howlandii*¹
*Epinephelus maculatus*¹
*Epinephelus merra*¹
*Epinephelus polyphekadion*¹
*Plectropomus laevis*²
*Plectropomus leopardus*¹
- Siganidae (7)
- Siganus doliatus*¹
*Siganus fuscescens*²
*Siganus lineatus*¹
*Siganus puellus*¹
*Siganus punctatus*¹
*Siganus spinus*²
*Siganus woodlandi*¹
- Sphyraenidae (1)
- Sphyraena qenie*²
- Zanclidae (1)
- Zanclus cornutus*⁴

Les espèces les plus fréquentes observées pour les principales familles sont reportées ci-dessous (Figures 11 à 16).

Les poissons chirurgiens (Acanthuridae) ont été observés sur 78% des stations. 19 espèces composent la famille dont 11 sont commercialisées en Nouvelle-Calédonie. Les plus fréquentes (Figure 11) sont le Maïto (*Ctenochaetus sp*), le Dawa (*Naso unicornis*) et les picots Kanak (*Acanthurus blochii / dussumieri / xanthopterus*) présents respectivement sur 45% et 38% et 15% des stations.

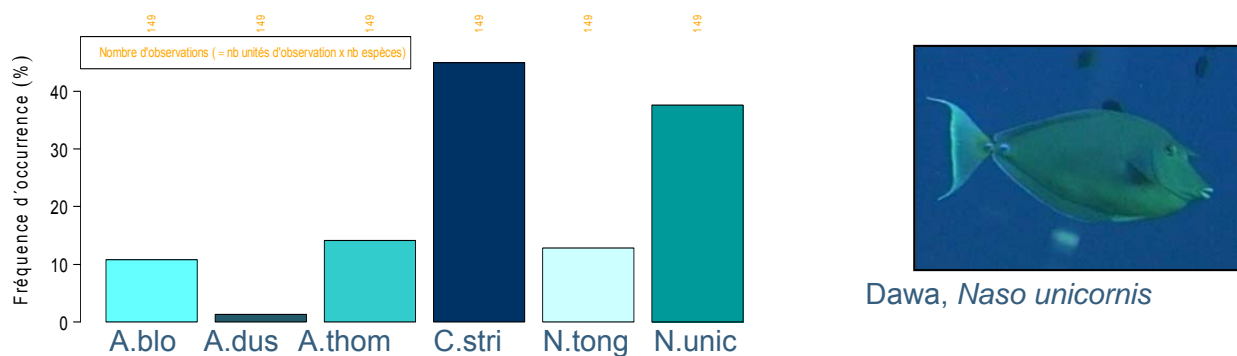


Figure 11. Fréquence d'occurrence des espèces les plus fréquentes parmi les poissons chirurgiens (Acanthuridae).

Les poissons perroquets (Scaridae) ont été observés sur 79% des stations. 11 espèces composent la famille et sont commercialisées en Nouvelle Calédonie. Dans 75% des cas, les perroquets sont identifiés au niveau du genre (Figure 12). L'espèce la plus abondante est le perroquet sale (*Chlorurus sordidus*), présent sur 54% des stations.

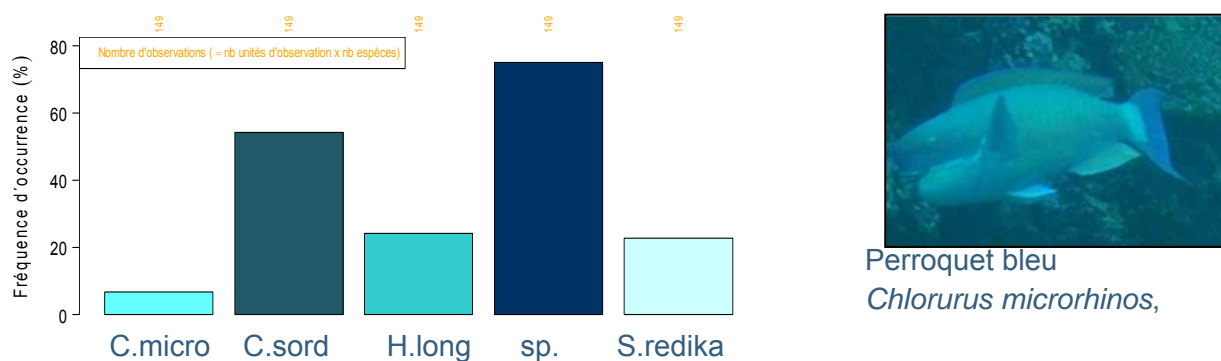


Figure 12. Fréquence d'occurrence des espèces les plus fréquentes parmi les poissons perroquets (Scaridae).

Les poissons papillons (Chaetodontidae) ont été observés sur 70% des stations. 21 espèces ont été identifiées. Ils sont relativement fréquents et témoignent de la bonne santé générale des récifs. Les principales espèces sont *Chaetodon auriga* (33% des stations), *Chaetodon citrinellus* (28% des stations), *Chaetodon lunulatus* (17% des stations) (Figure 13)

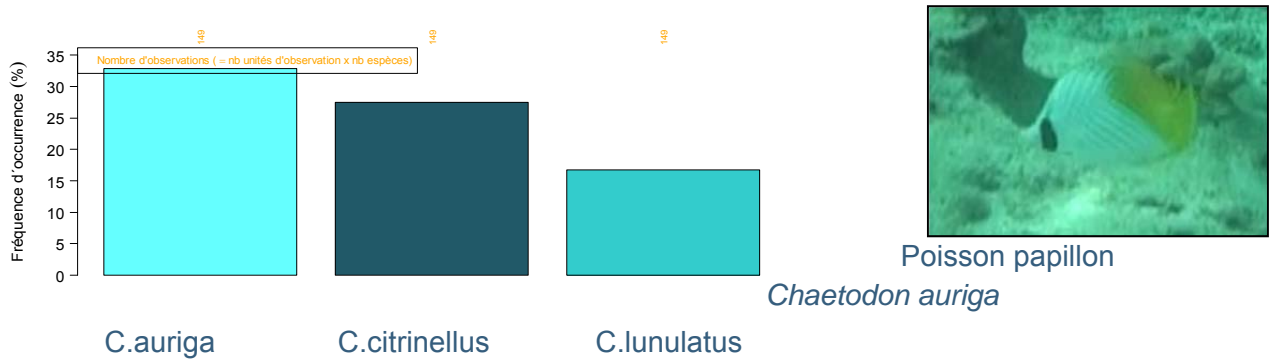


Figure 13. Fréquence d'occurrence des espèces les plus fréquentes parmi les poissons papillons (Chaetodontidae).

Les loches (Serranidae) ont été observées sur 9% des stations (Figure 14). 6 espèces ont été identifiées (mais en très faible abondance. La saumonée (*Plectropomus leopardus*) n'est présente que sur trois stations dont deux en réserve (fond de la Faille aux requins et habitat «Corallien et Détritique») et une hors réserve (Fond lagonaire).

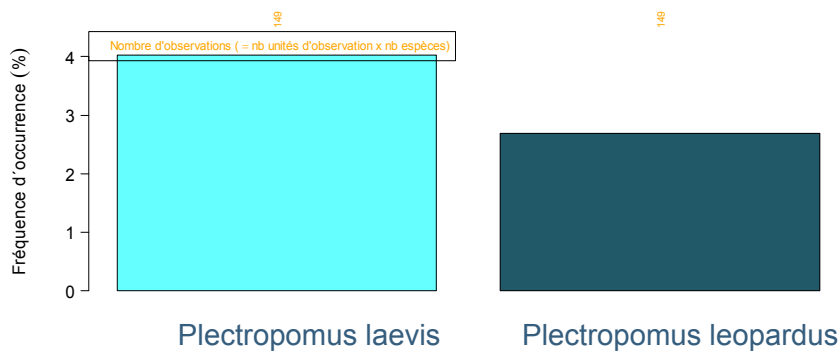


Figure 14. Fréquence d'occurrence des saumonées.



Saumonée gros points
Plectropomus laevis

Les becs et bossus (Lethrinidae) ont été observés sur 31% des stations. L'espèce la plus abondante est le bossu d'herbe (*Lethrinus harak*) présent sur 13% des stations. Le bec de cane, espèce à fort intérêt halieutique n'est observé que sur 4% des stations (Figure 15).

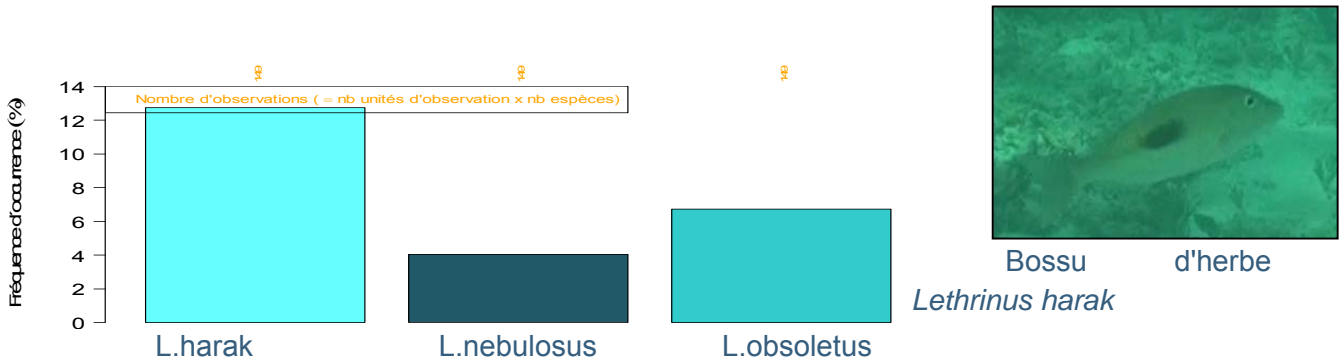


Figure 15. Fréquence d'occurrence des espèces les plus fréquentes parmi les bossus et les becs (Lethrinidae)

Les requins (Carcharhinidae) sont observés sur 8% des stations. 14 individus correspondant à 3 espèces ont été observés (Figure 16). Le requin pointes blanches de récif (*Triaenodon obesus*) est présent sur 5% des stations (10 individus observés).

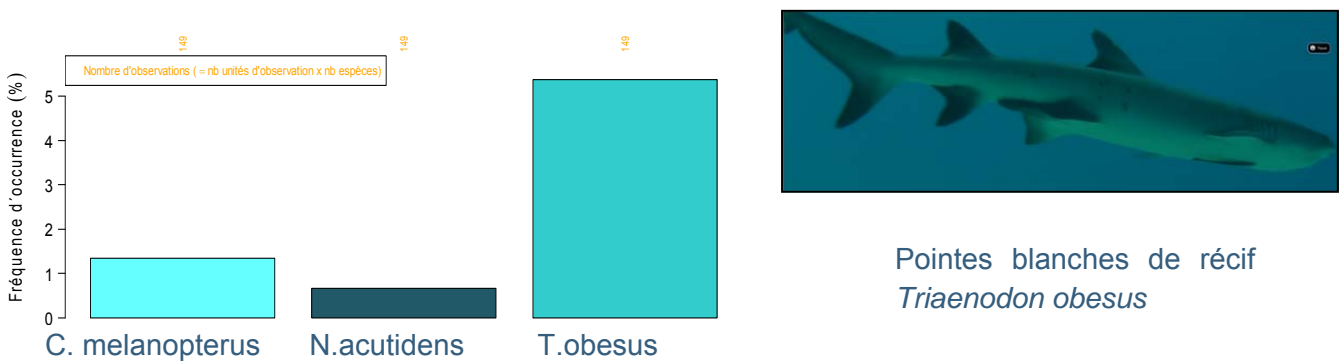


Figure 16. Fréquence d'occurrence des requins.

Richesse spécifique et densité totale

En moyenne, 11.1 espèces sont observées par unité d'observation (Figure 17). La RS maximale est de 26 espèces. La densité moyenne est de 32.93 ind./100m² (Figure 17).

La richesse spécifique (RS) n'est pas significativement différente entre les sites (Figure 18, GLM Binomiale négative à 1 facteur « site »). L'effet du facteur « site » est marginalement significatif ($p < 0.10$) du fait des richesses élevées de la Faille aux Requins et de l'île Verte. Par contre, la RS diffère significativement en fonction de l'habitat issu de la typologie (Figure 19, GLM Binomiale négative à 1 facteur « habitat », effet très significatif du facteur « habitat » ($p < 1.7 \times 10^{-8}$)). Les habitats coralliens, en particulier le récif barrière interne et le récif de l'île Verte (Figure 22), présentent une RS supérieure à celle observée au niveau des

herbiers et des fonds lagonaires. L'habitat « Détritique » présente également une RS élevée notamment au niveau de la Faille aux Requins.

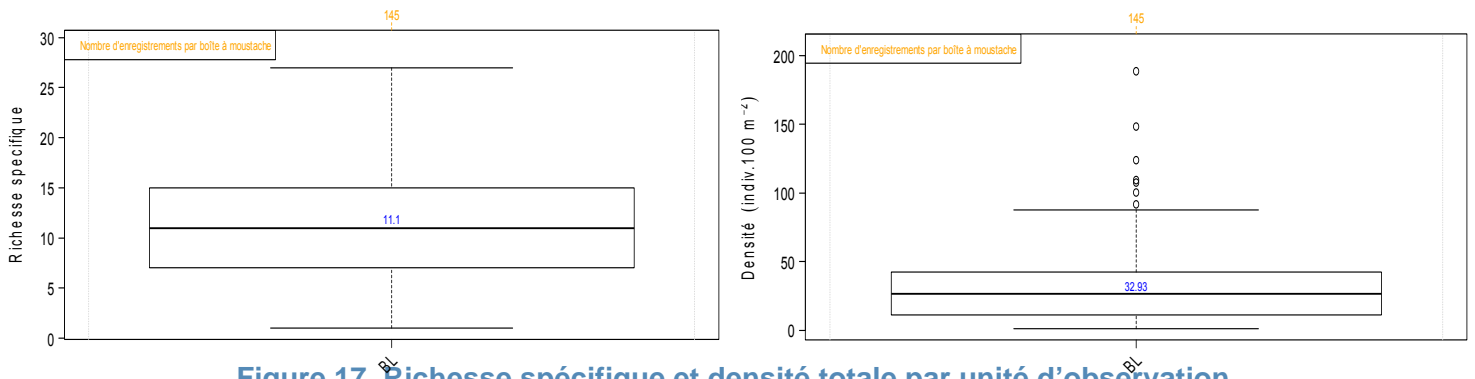


Figure 17. Richesse spécifique et densité totale par unité d'observation

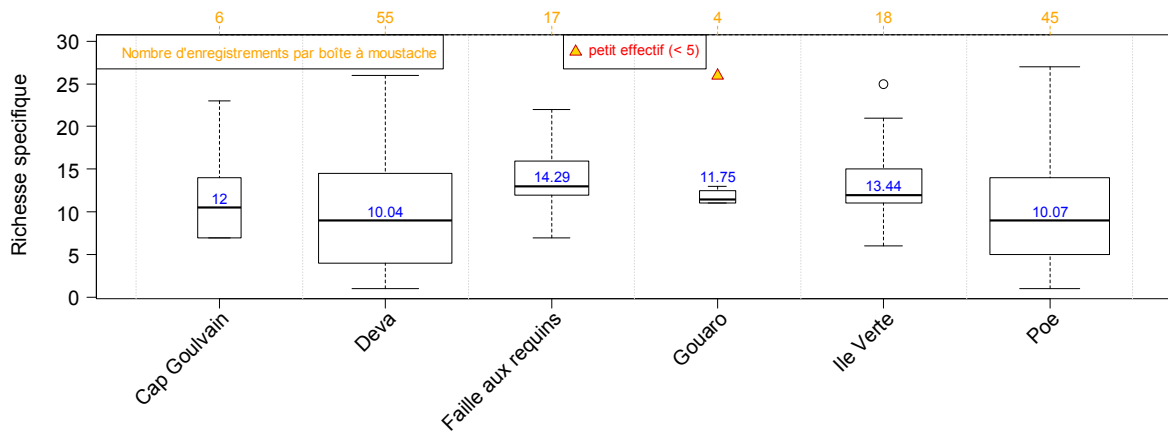


Figure 18. Richesse spécifique par unité d'observation en fonction du site

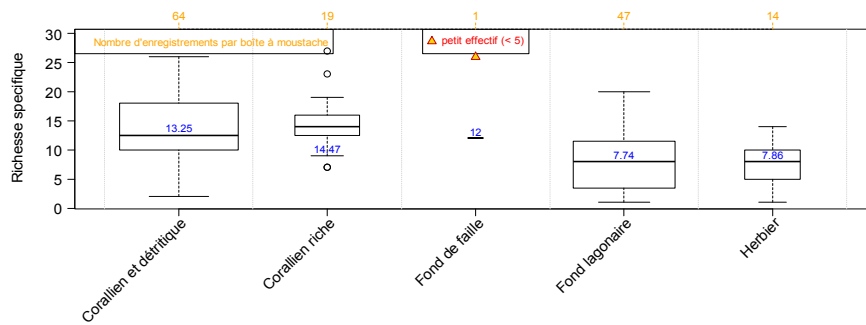


Figure 19. Richesse spécifique par unité d'observation en fonction de l'habitat issu de la typologie (V1.0).

La densité d'abondance par unité d'observation diffère significativement entre les différents sites (Figure 20, GLM Gamma à 1 facteur « site », $p < 0.002$), avec des densités significativement supérieures au niveau de l'île Verte et de la Faille aux requins.

La densité diffère très significativement entre les différents habitats issus de la typologie. (Figure 21, GLM Gamma à 1 facteur « habitat », $p < 3.2 \times 10^{-5}$). Les densités sont supérieures dans les herbiers en raison de la présence de bancs importants de juvéniles de Scaridae, Siganidae et Lethrinidae. Les densités les plus faibles sont observées au niveau des fonds lagonnaires (Figure 23).

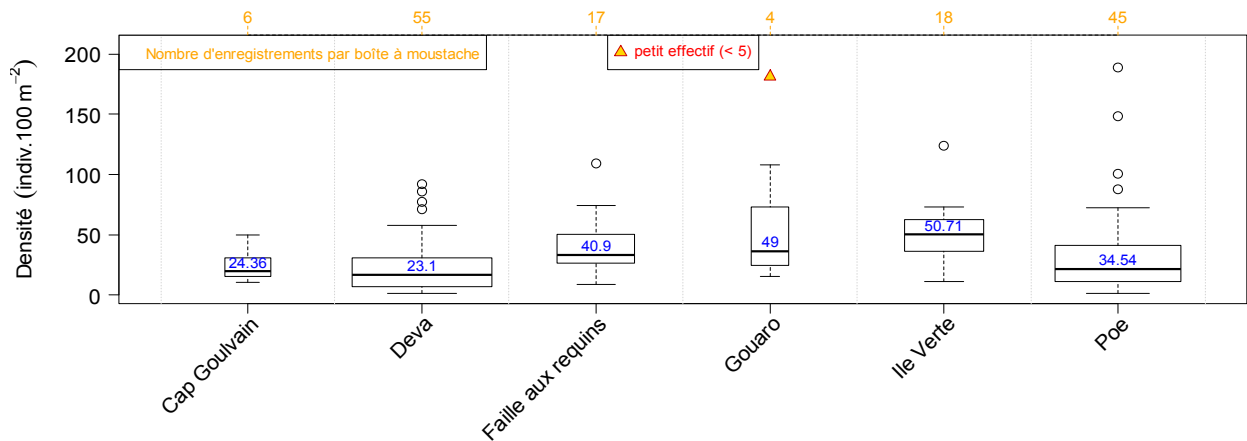


Figure 20. Densité par unité d'observation en fonction du site

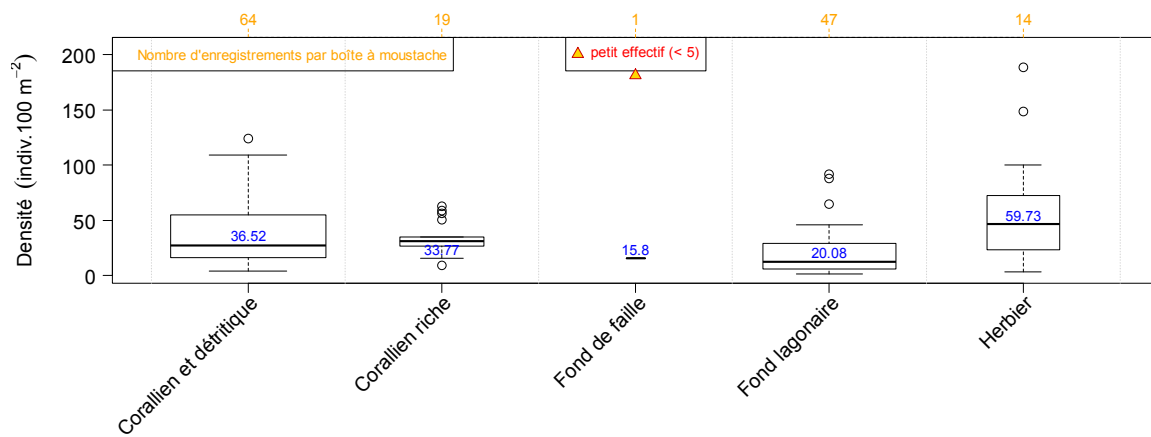


Figure 21. Densité par unité d'observation en fonction de l'habitat issu de la typologie

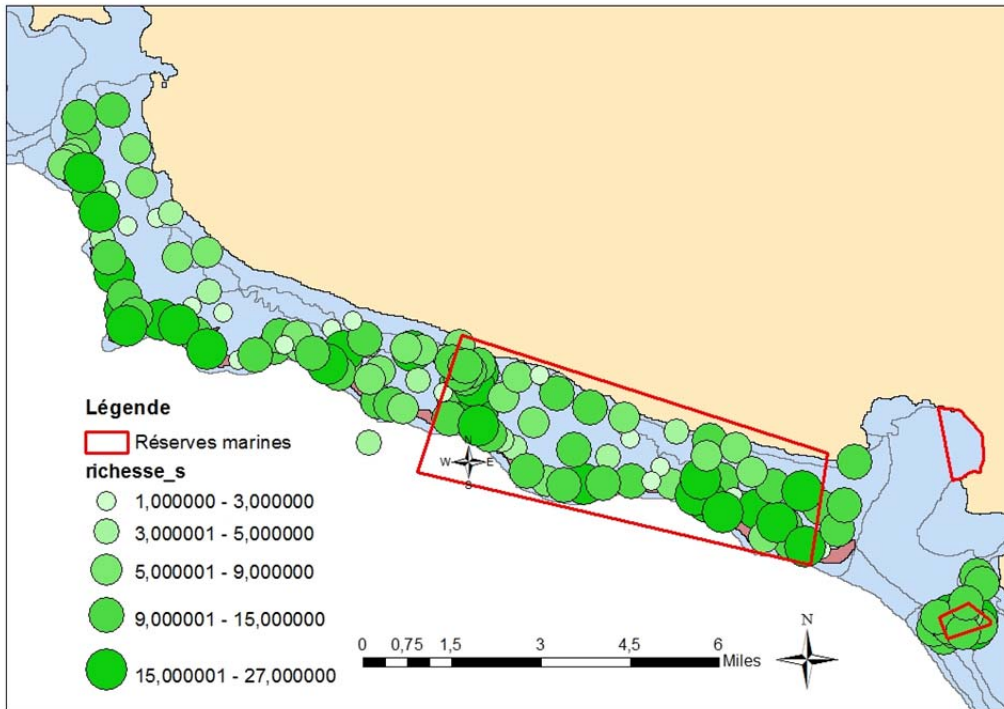


Figure 22. Richesse spécifique totale par station.

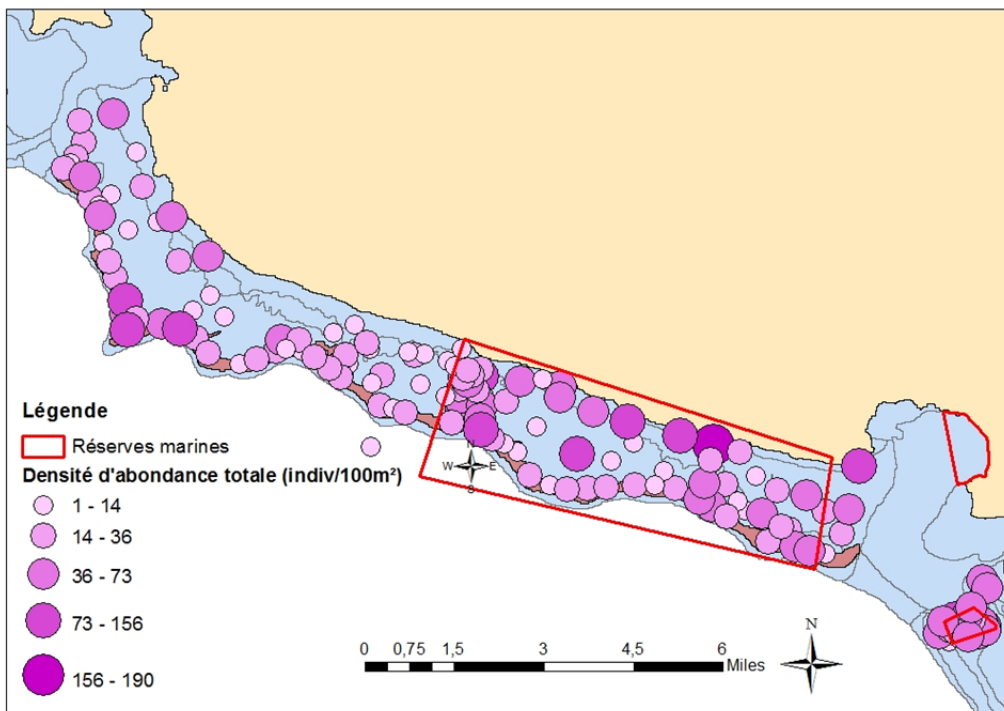


Figure 23. Densité totale par station.

Cartes des indicateurs

31 cartes ont été produites et sont disponibles. Seules les cartes de trois métriques sont reportées ci-dessous (voir aussi les fiches métriques en Annexe).

- La richesse spécifique des poissons papillons (Figure 24) est liée au corail vivant. La diversité spécifique est élevée au niveau de la Faille aux Requins, du récif barrière interne et de l'île Verte.

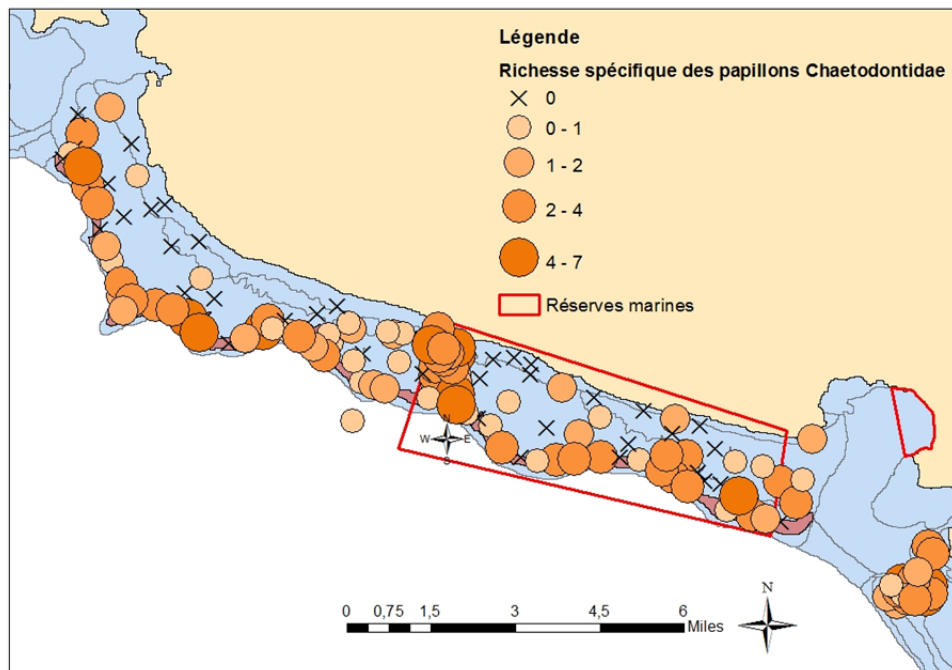


Figure 24. Richesse spécifique des poissons papillon par station

- Les densités de Dawa (*Naso unicornis*) apparaissent supérieures au niveau de certains sites du récif barrière interne, des embouchures de la Faille aux Requins et du Cap Goulvain, ainsi que de l'île Verte (Figure 25).

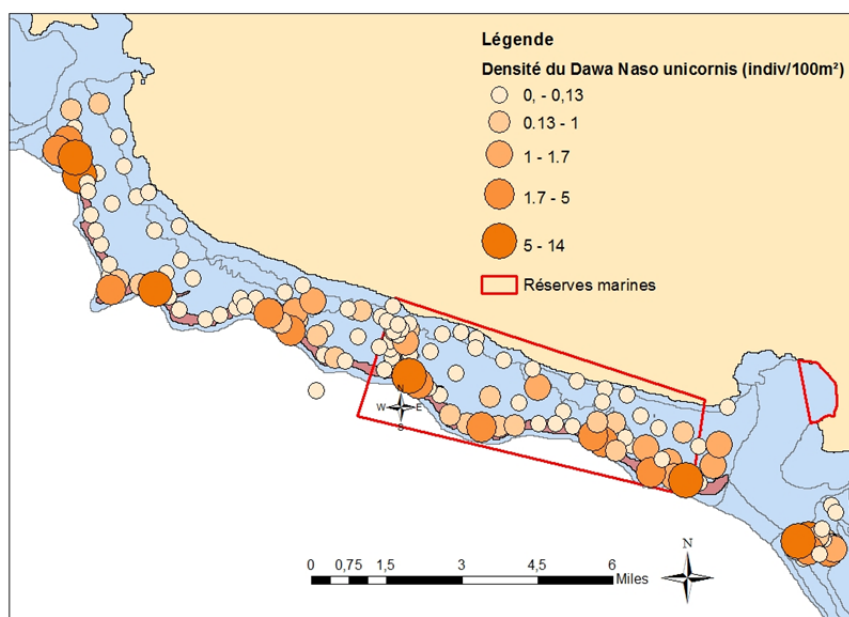


Figure 25. Densité par station du Dawa (*Naso unicornis*).

- Les densités de bossus et becs sont particulièrement élevées sur le site de Bourail, en partie à cause des fortes densités de bossus d'herbes et de communards dans les herbiers (Figure 26).

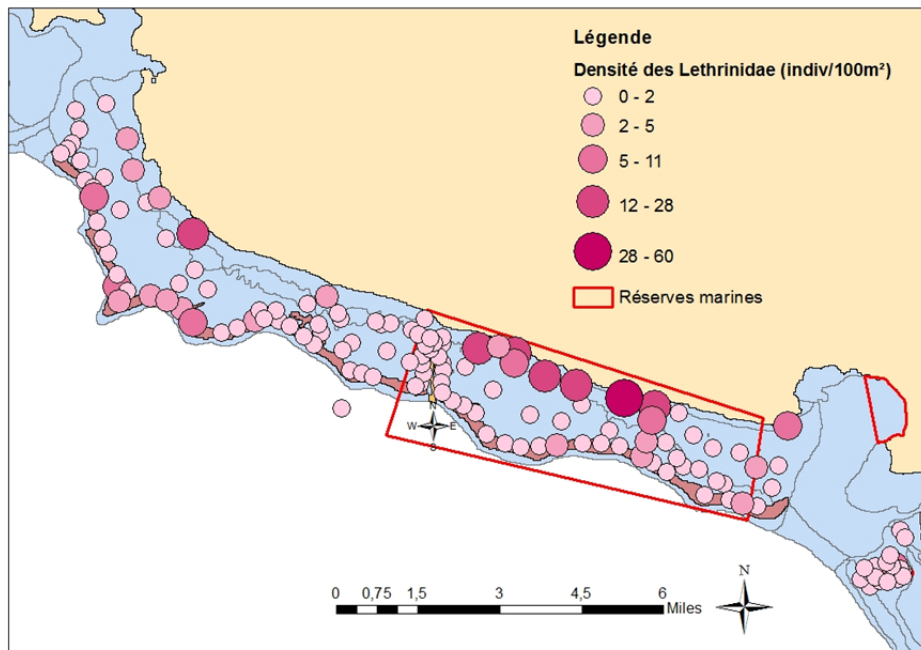


Figure 26. Densité par station des bossus et becs (*Lethrinidae*).

Les densités des espèces-cibles de la chasse sont élevées dans les herbiers en raison des fortes densités de bossus d'herbe de grandes tailles (Figure 27). Elles sont élevées au niveau du récif de l'île Verte.

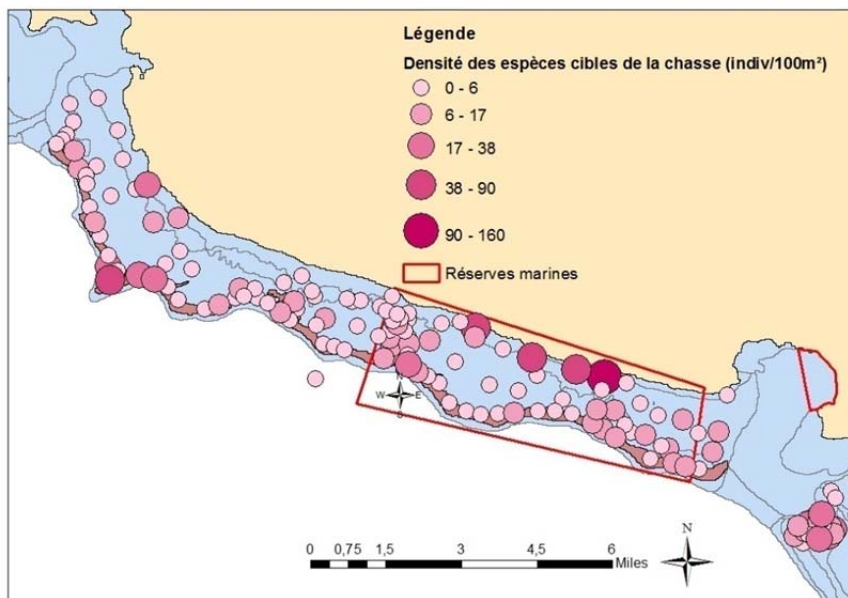


Figure 27. Densité par station des espèces cibles de la chasse.

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 poissons diffère significativement selon l'unité géomorphologique ($p < 0.001$, Tableau 13) et selon les habitats issus de la typologie ($p < 0.0001$, Tableau 13). L'interaction entre "type de récif" et "habitat" n'est pas significative.

Les tests post hoc montrent que la densité d'abondance par espèce diffère significativement entre les habitats d'une part et entre les unités géomorphologiques d'autre part (Tableau 14). Toutes les différences sont significatives deux à deux, indiquant une forte spécificité des assemblages pour chaque habitat et pour chaque unité géomorphologique.

Tableau 13. Résultat du test PERMANOVA sur les facteurs Habitat (Herbier, Corallien et détritique, Fond lagonaire, Corallien riche) et Unité géomorphologique (Récif frangeant, Faille aux requins, Récif d'îlot, Récif barrière interne, Fond meuble).

Facteur	df	Pseudo F	p
Unité géomorphologique	4	2,6853	0,0001
Habitat	3	3,2289	0,0001
Unité géomorphologique X Habitat	7	1,1974	0,0727

Tableau 14. Résultats des tests post hoc par paires.

Groupes	t	p
Herbier, Corallien et détritique	1,5339	0,0064
Herbier, Fond lagonaire	2,3557	0,0001
Herbier, Corallien riche	3,1294	0,0001
Corallien et Détritique, Fond lagonaire	1,7961	0,0007
Corallien et Détritique, Corallien riche	1,301	0,0309
Fond Lagonaire, Corallien riche	1,6473	0,0014
Fond meuble, Récif frangeant	1,3227	0,0388
Fond meuble, Récif barrière	1,389	0,0144
Fond meuble, Faille aux requins	1,8606	0,0002
Fond meuble, Récif ilot	2,1405	0,0001
Récif frangeant, Récif barrière	1,5435	0,0024
Récif frangeant, Faille aux requins	1,7038	0,0006
Récif frangeant, Récif ilot	1,6765	0,0006
Récif barrière, Faille aux requins	1,7406	0,0003
Récif barrière, Récif ilot	1,7738	0,0001
Faille aux requins, Récif ilot	1,249	0,0542

Les résultats de l'analyse CAP en fonction de l'habitat (Figure 28, Tableau 15) indiquent que l'habitat 'Corallien riche' et l'habitat 'Corallien & Détritique' sont caractérisés par plusieurs espèces de poissons papillons, de perroquets et de chirurgiens (en particulier le Dawa (*Naso unicornis*)). Les espèces caractéristiques des stations situées dans les herbiers sont plusieurs espèces de bossus et becs dont le bossu d'herbe (*Lethrinus harak*), un picot (*Siganus fuscescens*) présent en grands bancs de juvéniles et des rougets-barbets. Le baliste Picasso (*Rhinecanthus aculeatus*) est caractéristique des fonds lagonaire.

Les résultats de la validation croisée montrent un pourcentage de 'classification correcte' global satisfaisant (68%) et des pourcentages de classification correcte par habitat (Herbier=73%, Corallien & Détritique=72%, Fond lagonaire=64%, Corallien riche=58%). Ces résultats indiquent que les assemblages de poisson dans les herbiers se distinguent fortement de ceux des autres habitats. Cela est également vrai pour les autres habitats, avec des pourcentages élevés pour les habitats « Corallien & Détritique » et « Fond lagonaire ».

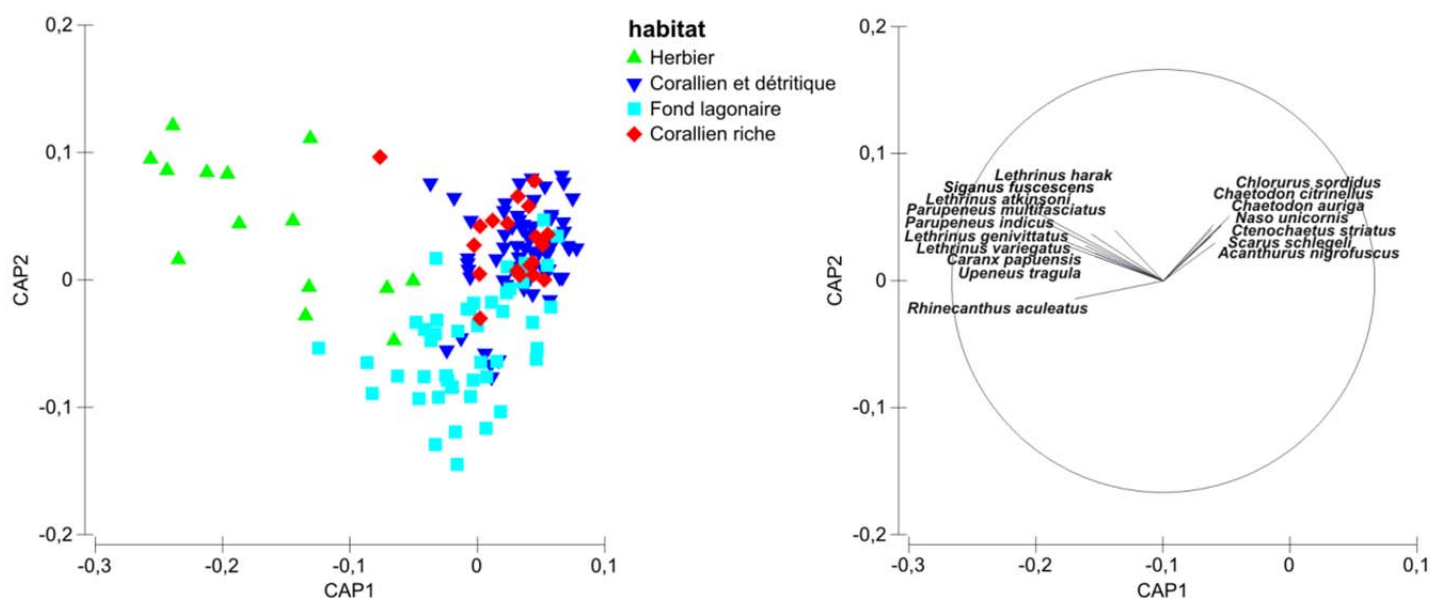


Figure 28. Premier plan factoriel de l'Analyse Canonique des coordonnées principales (Ordination CAP : Canonical Analysis of Principal Coordinates). A gauche, projection des stations représentées par leur assemblage de poissons, en fonction des trois habitats. A droite: Espèces de poissons caractéristiques de ces habitats en projection sur le premier plan factoriel. Seules les espèces présentant des corrélations suffisantes avec les axes CAP (corrélation Pearson, $r > 0.3$) sont reportées.

Tableau 15. Synthèse des espèces caractéristiques des différents habitats.

Habitat	Famille	Espèce	Nom commun
Herbier	Lethrinidae	<i>Lethrinus atkinsoni</i>	Bossu doré
	Lethrinidae	<i>Lethrinus harak</i>	Bossu d'herbe
	Lethrinidae	<i>Lethrinus genivittatus</i>	Communard
	Lethrinidae	<i>Lethrinus variegatus</i>	Communard long
	Mullidae	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Rouget-barbet à bandes
	Mullidae	<i>Parupeneus indicus</i>	Rouget-barbet à taches jaune
	Siganidae	<i>Siganus fuscescens</i>	Poisson lapin
Fond lagonaire	Balistidae	<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	Baliste Picasso
Corallien riche & Corallien et Détritique	Acanthuridae	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	Poisson chirurgien
	Acanthuridae	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Chirurgien à tête ponctuée d'orange
	Acanthuridae	<i>Naso unicornis</i>	Dawa
	Chaetodon	<i>Chaetodon auriga</i>	Poisson papillon
	Chaetodon	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Poisson papillon
	Scaridae	<i>Chlorurus sordidus</i>	Poisson perroquet
	Scaridae	<i>Scarus schlegeli</i>	Poisson perroquet

Les résultats de la deuxième analyse CAP en fonction du type géomorphologique (Figure 29, Tableau 16) indiquent que les fonds meubles sont caractérisés par deux espèces de Lethrinidae (*Lethrinus harak* et *Lethrinus variegatus*), le baliste Picasso (*Rhinecanthus aculeatus*), le rouget barbet à tache jaune (*Parupeneus indicus*) et le poisson lapin *Siganus fuscescens*. Les espèces caractéristiques du récif barrière interne sont : deux espèces de poisson papillon, le rouget-barbet à taches noires et blanches (*Parupeneus pleurostigma*) et le perroquet jaune (*Hipposcarus longiceps*). Les espèces caractéristiques de la Faille aux requins, des récifs d'îlot et des récifs frangeants sont essentiellement des poissons perroquets, des poissons papillons et des chirurgiens ainsi que le labre *Cheilinus chlorourus*. Les résultats de la validation croisée montrent un pourcentage de 'classification correcte' global satisfaisant (66%) et des pourcentages de classification correcte par unité géomorphologique (Fond meuble=75%, Récif frangeant=58%, Récif barrière=70%, Faille aux requins =56%, Récif îlot=57%). Ces résultats indiquent que les assemblages de poisson des fonds meubles du récif barrière interne se distinguent des assemblages du récif frangeant, du récif îlot ou de la Faille aux requins.

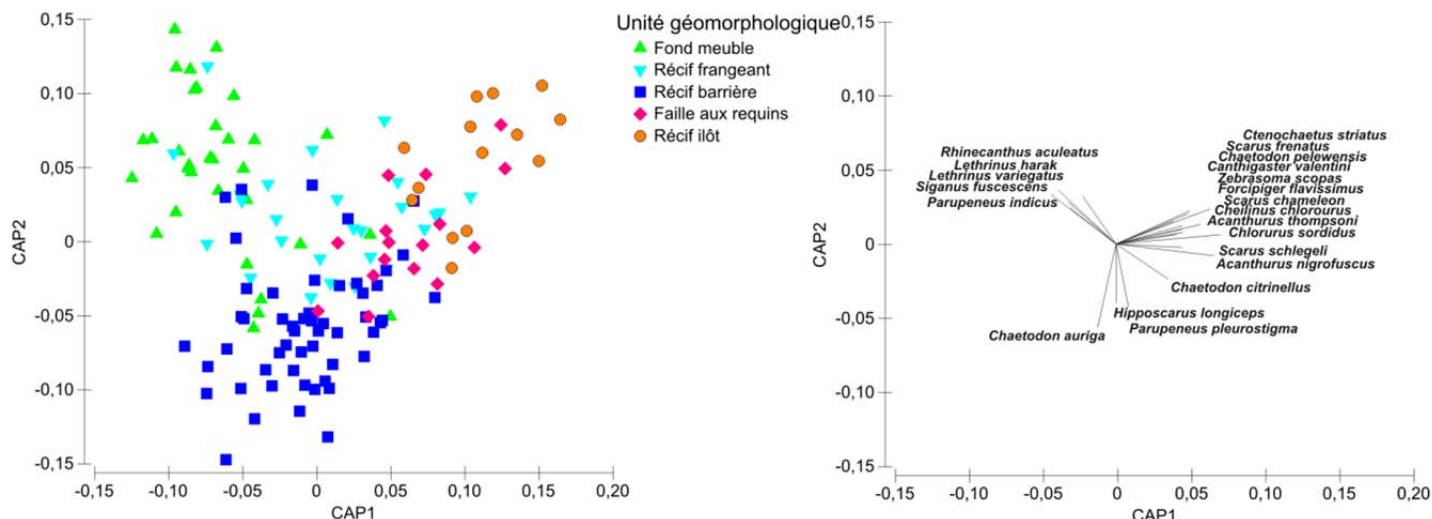


Figure 29. Premier plan factoriel de l'Analyse Canonique des coordonnées principales (Ordination CAP : Canonical Analysis of Principal Coordinates). A gauche, projection des stations représentées par leur assemblage de poissons, en fonction des cinq types géomorphologiques. A droite: Espèces de poissons caractéristiques de types géomorphologiques 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.

Tableau 16. Espèces caractéristiques des différentes unités géomorphologiques de la zone de Bourail.

Unité géomorphologique	Famille	Espèce	Nom commun
Fond meubles	Balistidae	Rhinecanthus aculeatus	Baliste Picasso
	Lethrinidae	Lethrinus harak	Bossu d'herbe
	Lethrinidae	Lethrinus variegatus	Communard long
	Mullidae	Parupeneus indicus	Rouget-barbet à tache jaune
	Siganidae	Siganus fuscescens	Poisson lapin
Récif barrière	Chaetodontidae	Chaetodon auriga	Poisson papillon
	Chaetodontidae	Chaetodon citrinellus	Poisson papillon
	Mullidae	Parupeneus pleurostigma	Rouget-barbet à taches noires et blanches
	Scaridae	Hipposcarus longiceps	Perroquet jaune
Faille aux requins Récif îlot Récif frangeant	Acanthuridae	Acanthurus nigrofuscus	Poisson chirurgien
	Acanthuridae	Ctenochaetus striatus	Chirurgien à tête ponctuée d'orange
	Acanthuridae	Zebrasoma scopas	Chirurgien à queue en balai
	Chaetodontidae	Chaetodon pelewensis	Poisson papillon
	Chaetodontidae	Forcipiger flavissimus	Poisson papillon
	Labridae	Cheilinus chlorourus	Vieille tachetée
	Scaridae	Chlorurus sordidus	Poisson perroquet
	Scaridae	Scarus chameleon	Poisson perroquet
	Scaridae	Scarus frenatus	Poisson perroquet
	Scaridae	Scarus schlegeli	Poisson perroquet

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 plus élevée en réserve sur tous les habitats • Différence significative sur l'habitat 'Corallien et détritique" (41% des stations, habitat le plus diversifié dans cette étude)
Densité d'abondance toutes espèces		<ul style="list-style-type: none"> • Densités élevées sur l'ensemble de la zone / aux autres sites visités en 2012 ; valeurs par habitat et statut similaires à Borendy • Densité en moyenne plus élevée en RE que HR sur chaque habitat, effet protection marginalement significatif ($p < 0.08$), mais comparaisons multiples NS • Herbier : Effet protection significatif ($p < 0.035$), densité plus élevée en RE (marginalement significatif, $p < 0.086$)
Densité d'abondance par famille		
Chirurgiens (Acanthuridae)		<ul style="list-style-type: none"> • Densités élevées sur l'ensemble de la zone / aux autres sites visités en 2012 (valeurs par habitat et statut plus élevées qu'à Borendy) • Densité en moyenne plus élevée en RE que HR sur trois habitats, effet protection marginalement significatif ($p < 0.08$), mais comparaisons multiples NS • Habitat « Corallien et Détritique » : Densité plus élevée en RE (marginalement significatif, $p < 0.09$)
Perroquets (Scaridae)		<ul style="list-style-type: none"> • Densités élevées sur l'ensemble de la zone / aux autres sites visités en 2012 (valeurs par habitat et statut plus élevées qu'à Borendy) • Densité particulièrement élevée dans les habitats coralliens • Densités moyennes plus élevée en RE sur les habitats principaux de la famille, différences non significatives, sauf sur habitat « Fond Lagonaire » ($p < 0.02$)
Poissons-papillons (Chaetodontidae)		<ul style="list-style-type: none"> • Densité en moyenne plus élevée en RE que HR sur les trois habitats, effet protection significatif ($p < 0.03$), comparaisons multiples NS • Habitat « Corallien et Détritique » : Densité significativement plus élevée en RE ($p < 0.01$)

Labres (Labridae)		<ul style="list-style-type: none"> • Famille moyennement abondante sur la zone (NB : seulement espèces de la liste IEHE) • Densité moyenne plus élevée HR sur deux habitats, mais différences non significatives
Becs et bossus (Lethrinidae)		<ul style="list-style-type: none"> • Famille essentiellement rencontrée sur les herbiers • Densités particulièrement élevées dans les herbiers (bossu d'herbe et communal) • Herbier : Densité moyenne nettement plus élevée en RE, mais différence non significative
Barbillons (Mullidae)		<ul style="list-style-type: none"> • Famille abondante sur l'ensemble de la zone • Densité particulièrement élevée dans les herbiers • Herbier : Densité moyenne nettement plus élevée en RE, mais différence non significative
Picots (Siganidae)		<ul style="list-style-type: none"> • Les densités moyennes de picots sont assez faibles sauf sur l'habitat herbier. Effet significatif du statut de protection sur l'ensemble ($p < 0.03$) • Densités moyennes plus élevées en RE dans les principaux habitats de la famille, surtout sur les herbiers (proche de la significativité) • Densité significativement plus élevée en RE sur l'habitat « Corallien et Détritique »
Loches (Serranidae de la liste IEHE)		<ul style="list-style-type: none"> • Famille peu observée sur la zone, notamment en comparaison d'autres sites visités en 2012 (Borendy et Pweevo) • Densités faibles et observations principalement HR
Richesse spécifique des poissons-papillons (nombre d'espèces)		<ul style="list-style-type: none"> • RS supérieures à celles observées sur les autres sites visités en 2012 (à habitat et statut comparables) • RS plus élevée en RE sur les habitats principaux de la famille, non significatif sauf sur habitat Corallien et détritique (marginale significatif, $p < 0.1$)

L'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'habitat issu de la typologie, l'unité géomorphologique et du statut de protection. La PERMANOVA met en évidence que **la composition spécifique de l'assemblage observé sur l'ensemble de la zone, diffère significativement entre les habitats ($p < 0.0001$), les unités géomorphologiques ($p < 0.0001$), et entre les zones réserves et hors réserves ($p < 0.0017$)** (Tableau 18).

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

Facteur ou interaction	Degrés de liberté	Pseudo F	p-value
Statut de protection	1	2,6212	0,0017
Unité géomorphologique	4	2,7186	0,0001
Habitat	3	2,9858	0,0001
Statut de protection * Unité géomorphologique	2	0,93053	0,5693
Statut de protection * Habitat	3	1,1366	0,223
Unité géomorphologique * Habitat	8	1,2311	0,0519
Statut * Unité géomorphologique * Habitat	3	0,54354	0,9906

Conclusion

Densité toutes espèces et Richesse Spécifique (RS) dénotent un récif en excellente santé, avec des valeurs élevées sur l'ensemble de la zone d'étude, et sur tous les habitats, ces valeurs sont plus élevées en réserve. Ces différences sont significatives pour la densité sur les herbiers, et pour la RS sur l'habitat le plus diversifié qui représente plus de 40% des stations de la campagne.

Les familles dominantes, perroquets, chirurgiens et poissons-papillons sont à la fois fréquentes et abondantes sur l'ensemble de la zone d'étude. Leurs densités sont toujours plus élevées en réserve sur leurs principaux habitats, et de manière significative sur l'habitat le plus diversifié (« Corallien et Détritique ») (pour les chirurgiens et papillons) et sur l'habitat « Fond lagonaire » pour les perroquets. Les poissons-papillons sont à la fois abondants, fréquents et diversifiés, avec une RS plus élevée en réserve sur les habitats principaux de la famille.

L'habitat Herbier abrite de fortes abondances de becs et de bossus (Lethrinidae), de barbillons (Mullidae), de labres (Labridae) et de picots (Siganidae). Les abondances de ces familles sont plus nettement élevées en réserve, sauf pour les labres.

Les loches (Serranidae de la liste IEHE) sont peu fréquents et peu abondants, avec des observations plutôt hors réserve.

A l'exception de cette dernière famille, l'assemblage de poissons apparaît diversifié avec des familles abondantes.

Les tests multivariés au niveau de l'assemblage confirment un effet significatif de la protection sur l'ensemble de la zone d'étude ($p < 0.0017$), ainsi que des effets significatifs de l'unité géomorphologique et de l'habitat ($p < 0.0001$).

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 piscivores	<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez élevées sur l'ensemble de la zone et supérieures à celles observées sur les autres sites visités la même année • Densité des espèces prédatrices nettement plus élevée sur les herbiers (frangeants), différence non significative mais proche du seuil de significativité • Densités similaires entre RE et HR dans les autres habitats.
Densité d'abondance des herbivores	<ul style="list-style-type: none"> • Groupe trophique abondant sur l'ensemble de la zone d'étude et densités supérieures à celles observées sur les autres sites visités la même année (similaires à celles observées à Borendy). • Densités plus élevées en RE sur tous les habitats (significatif dans 3 habitats)

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 la même année. Cette situation favorable a été prise en compte pour l'attribution du code couleur.

Les densités des herbivores sont nettement plus élevées en réserve sur tous les habitats (significatif dans trois habitats)(Tableau 19). Les carnivores et piscivores montrent des densités similaires entre zones protégées et non protégées sur tous les habitats sauf les herbiers. Sur ces herbiers, frangeants, la densité des carnivores et piscivores est plus élevée en réserve (presque significatif).

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. Fiche métrique en annexe pour les requins. 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
Fréquence d'occurrence des requins (10.14)	<p><u>Pertinence</u> : La Faille aux Requins est reconnue comme un lieu de résidence de plusieurs espèces de raies et de requins. L'existence de zones protégées peut entraîner une augmentation de la fréquence d'occurrence de ces espèces dans la zone d'étude.</p> <p><u>Résultat</u> : Les requins ont principalement été observés à proximité des passes (25% des stations sur le site « Faille aux requins », 25% des stations du site « Gouaro » et 33% des stations du site « Cap Goulvain). 14 individus de trois espèces ont été observés, principalement des requins à ailerons blancs du lagon (<i>Tobesus</i>)</p> <p>Une raie guitare (<i>Rhynchobatus djiddensis</i>) a été observée dans la Faille aux requins sur une station non validée.</p>
Fréquence d'occurrence des tricots rayés	<p><u>Pertinence</u> : Les tricots rayés (<i>Laticauda colubrina</i> et <i>L. laticaudata</i>) sont deux espèces de serpents emblématiques en Nouvelle Calédonie.</p> <p><u>Résultat</u> : Les tricots rayés ont été observés dans 6% des stations « corallien et détritique » (3 individus). Le faible nombre d'observations ne permet pas de conclure sur l'effet du statut de protection.</p>
Fréquence d'occurrence des Cheloniidae	<p><u>Pertinence</u> : La zone de Bourail abrite un des plus importants sites de ponte du Pacifique pour la tortue « grosse tête » (<i>Caretta caretta</i>). L'existence de zones protégées doit entraîner une augmentation de la fréquence d'occurrence de cette espèce dans la zone d'étude.</p> <p><u>Résultat</u> : Trois tortues ont été observés au niveau de la Faille aux requins. (12% des stations aux abords de la faille). Le faible nombre d'observations ne permet pas de conclure sur l'effet du statut de protection.</p>
Fréquence d'occurrence des napoléons	<p><u>Pertinence</u> : Le Napoléon est une espèce menacée (Liste rouge IUCN), emblématique, uniquement observée dans les formations récifales en bonne santé.</p> <p><u>Résultat</u> : 3 individus, juvéniles, ont été observés dans les habitats « Corallien et détritique » associé au site "Domaine de Déva" (Hors réserve). Le faible nombre d'observations ne permet pas de conclure sur l'effet du statut de protection.</p>

Plusieurs espèces emblématiques ont été observées, souvent plusieurs fois, indifféremment en réserve ou hors réserve (HR). **Ceci ne doit pas être interprété négativement en termes d'effet de la protection.** Ces espèces sont en effet assez mobiles et plus de la moitié des stations ont été réalisées HR. Ces données ont été interprétées au regard des observations des autres sites visités en 2012 et des critères d'inscription des sites.

Quatorze requins appartenant à trois espèces ont été observés (*Carcharhinus amblyrhynchos*, *Carcharhinus melanopterus*, *Triaenodon obesus*), avec une fréquence d'ensemble de 7.6 %, la fréquence de la famille est la plus élevée parmi les campagnes 2012. La protection de la Faille de Poé explique pour partie ce résultat. De plus, une raie guitare a été observée sur une station non validée au niveau de la Faille. Un code vert a été attribué à cet indicateur en raison de la fréquence de la famille sur la zone (Tableau 20), *T. obesus* est une espèce modérément menacée (classement IUCN « Near threatened »).

Aucune raie (autre qu'une raie guitare) n'a été observée. Trois tricots rayés (à titre anecdotique) et trois tortues ont été observées. **Pour ces espèces, ce faible nombre d'observations ne permet pas de conclure.**

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

Tableau 20. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif d'exploitation durable des ressources. Fiches métriques en annexe. Les tendances ne sont pas évaluées.

Exploitation durable des ressources : Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles		
Etat et évolution des ressources	Diagnostic à partir des données actuelles	
Densité d'abondance des espèces commerciales		<ul style="list-style-type: none"> • Densités élevées sur l'ensemble des habitats (un peu inférieures à celles observées à Borendy) • Effet significatif de la protection ($p < 0.008$) • Densités en moyenne plus élevées en RE sur tous les habitats, mais différence significative seulement sur l'habitat Herbier (marginale, $p < 0.1$)
Densité d'abondance des espèces consommables		<ul style="list-style-type: none"> • Densités élevées sur l'ensemble des habitats (un peu inférieures à celles observées à Borendy) • Effet significatif de la protection ($p < 0.008$) • Densités en moyenne plus élevées en RE sur tous les habitats, mais différence significative seulement sur l'habitat Herbier ($p < 0.03$)
Fréquence d'occurrence des Serranidae commerciaux		La fréquence d'occurrence des Serranidés commerciaux est faible sur l'ensemble des habitats. 5 espèces commerciales observées. Fréquence minimale parmi les campagnes réalisées en 2012.
Fréquence d'occurrence du bec de cane (<i>Lethrinus nebulosus</i>)		<ul style="list-style-type: none"> • Peu fréquent sur l'ensemble de la zone (25 individus observés dans trois habitats), sauf sur l'herbier (20% des stations) • Dans deux habitats sur les trois, espèce vue seulement hors réserve • 24 individus (sur 25) sont de taille moyenne (pas de grand individu) <p><i>Ce résultat ne reflète pas nécessairement la situation de cette espèce, car un grand nombre de becs et bossus sont identifiés seulement au genre ou à la famille</i></p>
Densité d'abondance des Lethrinidae pêchés		Densité faible sur tous les habitats sauf sur l'herbier
		Herbier : Densité nettement plus élevée en RE, mais différence non significative

<p>Densité d'abondance du dawa (<i>Naso unicornis</i>)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Espèce observée sur ses habitats principaux • Densités faibles à moyennes, avec des valeurs en moyenne légèrement plus élevées en réserve sur les habitats de fonds durs • Effet de la protection non détecté et différences non significatives entre RE et HR
<p>Densité d'abondance des espèces-cibles de la chasse</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez élevées sur 4 habitats • Effet significatif de la protection ($p < 0.007$) • Densités en moyenne plus élevées en RE sur tous les habitats, mais différence marginalement significatives, et seulement sur les habitats Herbier et Fond lagonaire (resp. 0.15 et $p < 0.09$)

Les densités des espèces commerciales et des espèces consommables montrent une situation très satisfaisante avec des valeurs élevées et des effets significatifs de la protection. Ces indicateurs témoignent des fortes abondances de chirurgiens et de perroquets sur les habitats de fonds durs, d'une part, et d'autre part de picots (Siganidae), de becs et bossus et de barbillons sur l'herbier.

La densité des espèces-cibles de la chasse montre également un état très satisfaisant sur tous les habitats et encore plus sur les herbiers et les fonds lagunaires, avec des valeurs élevées et des effets significatifs de la protection.

Les Serranidés sont peu fréquents sur la zone, notamment la saumonée (3% des stations). Cette situation prévalait lors de l'état initial (Wantiez et al. (2007), avec huit espèces commerciales relativement peu fréquentes et aucune saumonée observée.

Les bossus et becs sont peu fréquents sur la zone sauf sur l'herbier où ils sont nettement plus abondants en réserve.

Au niveau de l'espèce, le dawa est moyennement abondant sur la zone, peu de différences entre zones protégées et non protégées. La saumonée est rare dans les données malgré les 150 stations, alors qu'elle a été observée sur d'autres zones d'étude, et le bec de cane est également peu fréquent, avec surtout des individus de taille moyenne.

8. Bilan et 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. 80 stations ont ainsi été sélectionnées avec :

- 57 stations sont issues de l'état initial vidéo de 2012.
- 10 stations doivent être réalisées sur la pente externe, en complément de l'état initial vidéo qui n'en comportait pas (conditions de navigation).
- 5 stations au fond de la Faille aux requins.
- 8 stations au niveau de la roche Percée / Baie des Tortues.

Les 57 premières stations (Figure 30 ; Tableau 17) constituent un sous-échantillonnage de l'état initial vidéo selon les critères suivants :

- Tous les habitats de la zone 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.

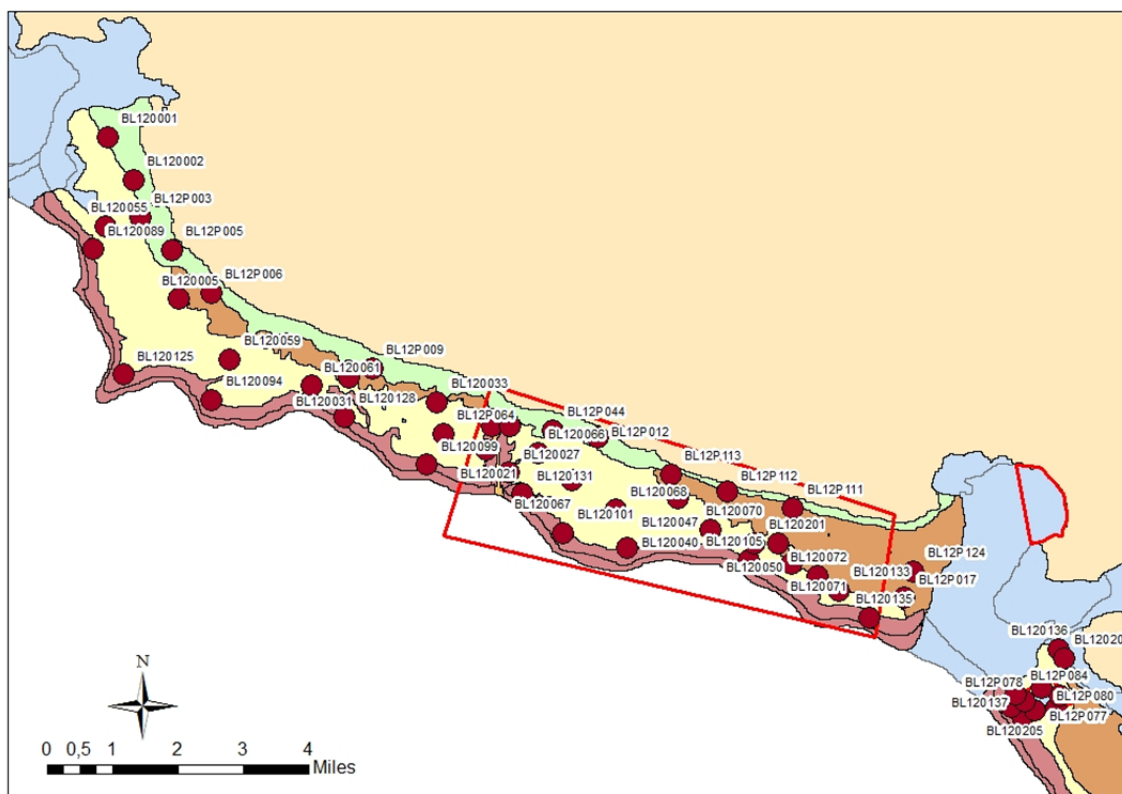


Figure 30. Stations recommandées dans le cadre d'un suivi vidéo

Tableau 21. Liste des 57 stations recommandées dans le cadre d'un suivi en routine et issues de l'état initial vidéo.

Herbier (frangeant) : 10 stations

Station	Latitude	Longitude	Biotope	Site
BL120001	-21,53408	165,25207	Herbier	Deva
BL120002	-21,54357	165,25778	Herbier	Deva
BL12P005	-21,55903	165,26632	Herbier	Deva
BL12P006	-21,56860	165,27503	Herbier	Deva
BL12P009	-21,58530	165,31077	Herbier	Deva
BL12P012	-21,60038	165,36062	Herbier	Poe
BL12P044	-21,59895	165,35072	Herbier	Poe
BL12P111	-21,61612	165,40392	Herbier	Poe
BL12P112	-21,61240	165,38943	Herbier	Poe
BL12P113	-21,60873	165,37677	Herbier	Poe

Récif frangeant hors herbier : 12 stations

Station	Latitude	Longitude	Biotope	Site
BL120005	-21,56992	165,26797	Frangéant	Deva
BL120031	-21,58732	165,30545	Frangéant	Deva
BL120033	-21,59280	165,32500	Frangéant	Deva
BL120047	-21,61395	165,37833	Frangéant	Poe
BL120050	-21,62402	165,40048	Frangéant	Poe
BL120072	-21,63110	165,40935	Frangéant	Poe
BL120133	-21,63433	165,41405	Frangéant	Poe
BL120136	-21,64742	165,46267	Frangéant	Ile Verte
BL120201	-21,62385	165,39533	Frangéant	Poe
BL120207	-21,64927	165,46385	Frangéant	Ile Verte
BL12P003	-21,55188	165,25928	Frangéant	Deva
BL12P017	-21,63598	165,42862	Frangéant	Gouaro
BL12P124	-21,63022	165,43052	Frangéant	Gouaro

Fond lagunaire : 10 stations

Station	Latitude	Longitude	Biotope	Site
BL120055	-21,55387	165,25158	Fond lagunaire	Deva
BL120059	-21,58333	165,27907	Fond lagunaire	Deva
BL120061	-21,58913	165,29722	Fond lagunaire	Deva
BL120066	-21,60403	165,34735	Fond lagunaire	Poe
BL120067	-21,61000	165,35485	Fond lagunaire	Poe
BL120068	-21,61657	165,36463	Fond lagunaire	Poe

BL120070	-21,62097	165,38555	Fond lagonaire	Poe
BL120071	-21,62832	165,40350	Fond lagonaire	Poe
BL120125	-21,58658	165,25553	Fond lagonaire	Deva
BL12P064	-21,59975	165,32645	Fond lagonaire	Deva

Récif barrière interne : 10 stations

Station	Latitude	Longitude	Biotope	Site
BL120040	-21,62505	165,36707	Récif barrière	Poe
BL120089	-21,55893	165,24895	Récif barrière	Deva
BL120094	-21,59217	165,27512	Récif barrière	Deva
BL120099	-21,60657	165,32282	Récif barrière	Deva
BL120101	-21,62173	165,35298	Récif barrière	Poe
BL120105	-21,62772	165,39412	Récif barrière	Poe
BL120128	-21,59592	165,30452	Récif barrière	Deva
BL120135	-21,64030	165,42077	Récif barrière	Poe
BL120137	-21,66235	165,45458	Récif barrière	Ile Verte
BL120205	-21,66018	165,45210	Récif barrière	Ile Verte

Abords de la Faille aux requins : 5 stations

Station	Latitude	Longitude	Biotope	Site
BL120021	-21,60327	165,33597	Faille requins aux	Faille requins aux
BL120023	-21,59811	165,33715	Faille requins aux	Faille requins aux
BL120024	-21,59788	165,34123	Faille requins aux	Faille requins aux
BL120027	-21,60813	165,34095	Faille requins aux	Faille requins aux
BL120131	-21,61307	165,34405	Faille requins aux	Faille requins aux

Ile Verte : 10 stations

Station	Latitude	Longitude	Biotope	Site
BL120076	-21,66028	165,46208	Récif ilot	Ile Verte
BL120082	-21,65765	165,46280	Récif ilot	Ile Verte
BL12P077	-21,66080	165,45745	Récif ilot	Ile Verte
BL12P078	-21,65882	165,45517	Récif ilot	Ile Verte
BL12P080	-21,65598	165,45895	Récif ilot	Ile Verte
BL12P084	-21,65728	165,45328	Récif ilot	Ile Verte

Au niveau de ces 57 stations, 101 espèces de poissons coralliens appartenant à 15 familles ont été recensées (85% de l'état initial vidéo). L'ensemble des espèces commerciales décrites dans l'état initial vidéo sont présentes (Tableau 18).

La richesse spécifique moyenne par station est de 11.25 espèces et la densité moyenne par station est de 39.37 ind./100m², soit identique à la moyenne sur les 150 stations de l'état initial vidéo (Figures 31 et 32).

Tableau 22. Liste des espèces emblématiques, d'intérêt halieutique ou écologique observées sur la zone de Bourail. 1 Espèces commerciales / 2 Consommables / 3 Emblématiques / 4 Intérêt emblématique / 5 Pêche capture interdite

Acanthuridae (13)	Chaetodon auriga ⁴
Acanthurus blochii ¹	Chaetodon citrinellus ⁴
Acanthurus dussumieri ¹	Chaetodon ephippium ⁴
Acanthurus mata ¹	Chaetodon flavirostris ⁴
Acanthurus nigricauda ¹	Chaetodon lunulatus ⁴
Acanthurus nigrofuscus ²	Chaetodon mertensii ⁴
Acanthurus olivaceus ¹	Chaetodon pelewensis ⁴
Acanthurus thompsoni ²	Chaetodon plebeius ⁴
Acanthurus triostegus ²	Chaetodon speculum ⁴
Ctenochaetus striatus ^{2, 4}	Chaetodon trifascialis ⁴
Naso tonganus ¹	Chaetodon ulietensis ⁴
Naso unicornis ¹	Chaetodon unimaculatus ⁴
Zebrasoma scopas ²	Chaetodon vagabundus ⁴
Zebrasoma velifer ²	Forcipiger sp ⁴
Balistidae (4)	Heniochus acuminatus ⁴
Pseudobalistes fuscus ⁴	Heniochus chrysostomus ⁴
Rhinecanthus aculeatus ⁴	Heniochus monoceros ⁴
Sufflamen chrysopterum ⁴	Elapidae (1)
Sufflamen fraenatum ⁴	Laticauda colubrina ^{3, 5}
Caesionidae (2)	Labridae (10)
Caesio caerulea ²	Bodianus loxozonus ²
Pterocaesio tile ²	Bodianus perditio ¹
Carangidae (3)	Cheilinus chlorourous ²
Carangoides fulvoguttatus ¹	Cheilinus trilobatus ²
Caranx melampygus ¹	Cheilinus undulatus ^{3, 5}
Caranx papuensis ¹	Coris aygula ²
Carcharhinidae (1)	Coris dorsomacula ²
Triaenodon obesus ^{2, 5}	Coris gaimard ²
Chaetodontidae (17)	Hemigymnus fasciatus ²

- Hemigymnus melapterus²
- Lethrinidae (9)
- Gymnocranius euanus¹
 - Lethrinus atkinsoni¹
 - Lethrinus genivittatus¹
 - Lethrinus harak¹
 - Lethrinus nebulosus¹
 - Lethrinus obsoletus¹
 - Lethrinus variegatus²
 - Lethrinus xanthochilus²
 - Monotaxis grandoculis²
- Lutjanidae (3)
- Lutjanus bohar²
 - Macolor niger²
 - Symphorus nematophorus²
- Mullidae (8)
- Mulloidichthys flavolineatus²
 - Parupeneus barberinoides²
 - Parupeneus barberinus¹
 - Parupeneus cyclostomus²
 - Parupeneus indicus²
 - Parupeneus multifasciatus²
 - Parupeneus pleurostigma²
 - Upeneus tragula²
- Scaridae (8)
- Chlorurus microrhinos¹
 - Chlorurus sordidus¹
 - Hipposcarus longiceps¹
 - Scaruschameleon¹
 - Scarus frenatus¹
 - Scarus ghobban¹
 - Scarus psittacus¹
 - Scarus schlegeli¹
- Serranidae (4)
- Epinephelus maculatus¹
 - Epinephelus polyphekadion¹
 - Plectropomus laevis²
 - Plectropomus leopardus¹
- Siganidae (6)
- Siganus doliatus¹
 - Siganus fuscescens²
 - Siganus puellus¹
 - Siganus punctatus¹
 - Siganus spinus²
 - Siganus woodlandi¹
- Zanclidae (1)
- Zanclus cornutus⁴

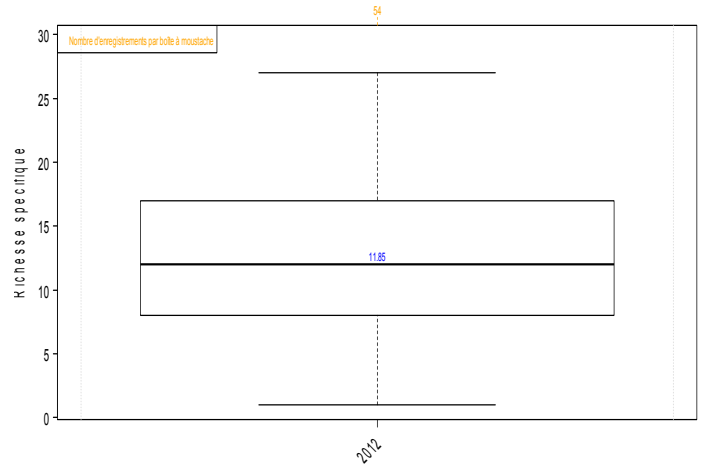


Figure 31. Richesse spécifique totale par station sur les 57 stations recommandées issues de l'état initial vidéo.

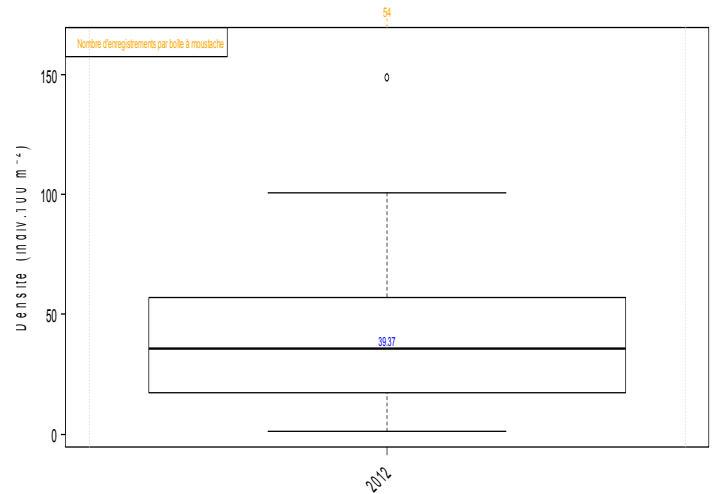


Figure 32. Densité totale par station sur les 57 stations recommandées issues de l'état initial vidéo.

Lors de l'état initial les conditions météo n'avaient pas permis la pose de stations au niveau de la pente externe et du fond de la faille aux requins (seulement une station). Afin d'optimiser l'échantillonnage lors du suivi en routine une série de 10 stations au niveau de la pente externe et 5 stations au fond de la Faille aux requins sont recommandées (Tableaux 23 et 24, Figures 33 et 34).

Tableau 23. Stations de la pente externe recommandées dans le cadre d'un suivi en routine.

Station	Latitude	longitude	Biotope	Site
BL120300	-21,6468723	165,426141	Pente externe	Poé
BL120301	-21,6417669	165,408441	Pente externe	Poé
BL120302	-21,631774	165,393629	Pente externe	Poé
BL120303	-21,6293918	165,368692	Pente externe	Poé
BL120304	-21,6234714	165,348966	Pente externe	Poé
BL120305	-21,610781	165,324878	Pente externe	Déva
BL120306	-21,6034904	165,310369	Pente externe	Déva
BL120307	-21,5972965	165,28804	Pente externe	Déva
BL120308	-21,59004	165,24977	Pente externe	Déva
BL120309	-21,5626697	165,245957	Pente externe	Déva

Figure 33. Carte des stations de la pente externe à échantillonner

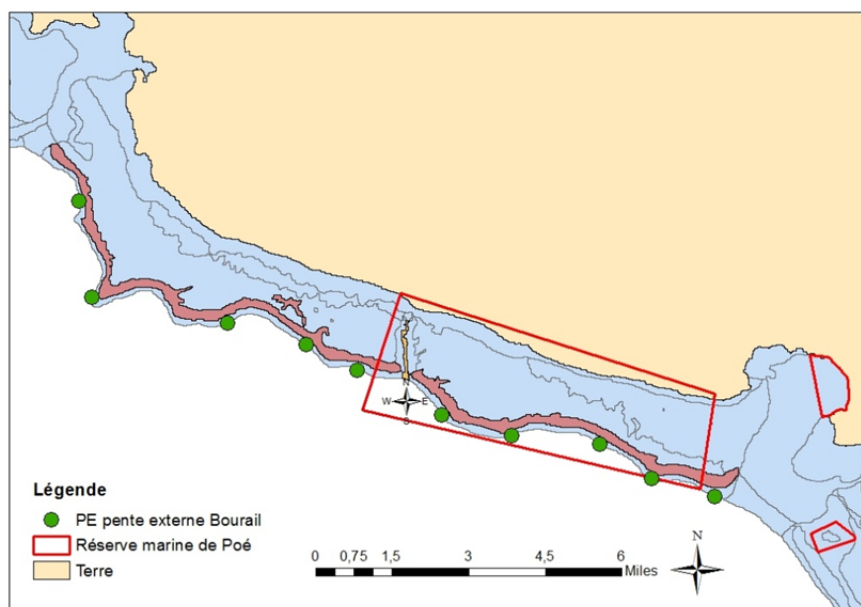


Tableau 24. Stations de la Faille aux Requins recommandées dans le cadre d'un suivi en routine.

Station	Latitude	longitude	Biotope	Site
BL120310	-21,61195	165,33848	Fond de la faille	Poé
BL120311	-21,60905	165,33889	Fond de la faille	Poé
BL120312	-21,60604	165,33879	Fond de la faille	Poé
BL120313	-21,60284	165,33800	Fond de la faille	Poé
BL120314	-21,59904	165,33885	Fond de la faille	Poé

Figure 34. Stations au fond de la faille aux requins



Rhynchobatis djiddensis
Raie guitare

Enfin des stations peuvent être réalisées au niveau de la Roche Percée / Baie des tortues afin de compléter l'échantillonnage.

8.2. Complémentarité avec les autres suivis

Un plan de suivi de l'état de santé des récifs coralliens de la zone de Bourail a été défini dans Wantiez et al. (2010), à partir d'observations satellites (Andrefouet, S. 2007) et d'observations sur le terrain (Wantiez et al. 2007). L'utilisation des techniques vidéo au sein des zones inscrites au Patrimoine Mondial de l'UNESCO a été initiée en 2012 et doit venir en complément des observations réalisées en UVC. A la demande de la Direction de l'Environnement de la Province Sud, des stations vidéo ont été réalisées au niveau des points de suivi UVC, afin de fournir des points de comparaison entre les résultats apportés par les deux techniques. 9 stations STAVIRO ont été réalisées au niveau des sites de comptage UVC sur le récif frangeant et le récif barrière interne (Tableau 21). Seules les espèces présentant un intérêt halieutique, écologique et emblématique (liste IEHE) sont considérées pour la comparaison.

Tableau 21. Correspondances entre les stations UVC/STAVIRO

Station UVC	Equivalent STAVIRO	Station UVC	Equivalent STAVIRO
CO01	BL120005	CO11	BL120130
CO02	BL120139	CO12	/
CO03	BL120133	CO13	/
CO04	BL120140	CO14	/
CO05	BL120141	CO15	BL120137
CO06	BL120010		
CO07	/		
CO08	/		
CO09	BL120015		
CO10	/		

Tableau 22. Comparaison de la richesse spécifique et de la densité entre les stations en correspondance. Données UVC extraites de Wantiez et al. (2007).

	Richesse spécifique UVC	Richesse spécifique Vidéo	Densité totale UVC	Densité totale vidéo
CO01 / BL120005	26	9	51,9	15,7
CO02 / BL120139	13	9	10,8	10,6
CO03 / BL120133	28	17	17,1	27,1
CO04 / BL120140	16	14	9,95	19,1
CO05 / BL120141	42	7	15,1	15,7
CO06 / BL120010	33	19	22	70,5
CO09 / BL120015	40	6	17,6	6,07
CO11 / BL120130	26	4	14,7	12,6
CO15 / BL120137	32	12	23,7	10,9

Les résultats (Tableau 22) montrent que les richesses spécifiques sont significativement plus élevées sur un transect UVC. En revanche les densités sont plus équilibrées entre les deux techniques et varient selon les stations.

Toutefois, les résultats ne sont pas quantitativement comparables car :

- le temps d'observation est différent : Les indicateurs de densité STAVIRO se calculent en réalisant une moyenne sur les 3 rotations (durée totale 9 min), un indicateur correspondant à 3 minutes d'observation. Les indicateurs basés sur des dénombrements d'espèces (richesse spécifique et fréquence d'occurrence) sont évalués sur un total de trois rotations et correspondent donc à 9 mn d'observation. Ces deux durées sont à rapporter à la durée du transect qui est d'environ 30 minutes.

- la surface échantillonnée est différente : un rayon de 5 m autour du STAVIRO (soit environ 75 m²) alors que la surface d'un transect UVC (5 m par 50 m) est de 250 m², voire plus pour le protocole à distance variable adopté pour les suivis Patrimoine Mondial. Wantiez (2010) préconise des transects de 5m par 50m, tandis que l'état initial (Wantiez et al. 2007) fait état de la méthode des transects à largeur variable (Kulbicki & Sarramégnia 1999) (où la distance d'observation peut aller jusqu'à dix mètres).

Ces deux points impliquent que par construction les densités et richesse spécifique observées par UVC doivent être plus élevées que celles observées par STAVIRO. Par conséquent, la comparaison ne doit pas se faire à l'échelle de la station mais à l'échelle de la zone d'étude.

La comparaison a été menée sur les densités d'abondance de l'ensemble des stations STAVIRO et UVC situées sur le récif frangeant et le récif barrière interne. Au total, 158 espèces (Tableau 23 et 24) ont été observées par les deux techniques.

Sur les 152² espèces identifiées dans Wantiez et al. (2007), 36 espèces sont uniquement observées en UVC (pour ce qui est des espèces de de la liste IEHE). Il s'agit d'espèces mobiles comme le perroquet à bosse *Bolbometopon muricatum* ou présentant un comportement cryptique telles que les loches du genre *Epinephelus*. 48 espèces sont uniquement observées en STAVIRO, essentiellement des espèces de passage: Carangidae, Carcharhinidae et des espèces de fond meuble (*Lethrinus nebulosus*, *Symphorus nematophorus*).

Tableau 23. Comparaison des espèces observées par les deux techniques

BILAN	UVC	STAVIRO
TOTAL ESPECES OBSERVEES PAR TECHNIQUE	109	122
ESPECES UNIQUEMENT VU PAR UNE SEUL TECHNIQUE	36	48
TOTAL DES ESPECES VUES PAR L'ENSEMBLE DES TECHNIQUES	158	
% vu par rapport aux espèces observées en commun	69%	77%

² 159 moins 7 espèces observées au niveau du genre avec d'autres espèces du même genre déjà observées dans la campagne.

Tableau 24. Liste des espèces de poissons de la liste IEHE observées par chacune des techniques en 2007 et 2012 respectivement.

	UVC	STAVIRO		UVC	STAVIRO
<i>Acanthurus albipectoralis</i>		X	<i>Chaetodon ornatissimus</i>	X	
<i>Acanthurus blochii</i>	X	X	<i>Chaetodon pelewensis</i>	X	X
<i>Acanthurus dussumieri</i>	X	X	<i>Chaetodon plebeius</i>	X	X
<i>Acanthurus lineatus</i>	X		<i>Chaetodon reticulatus</i>	X	
<i>Acanthurus mata</i>		X	<i>Chaetodon speculum</i>	X	X
<i>Acanthurus nigricans</i>	X		<i>Chaetodon trifascialis</i>	X	X
<i>Acanthurus nigricauda</i>	X	X	<i>Chaetodon ulietensis</i>	X	X
<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	X	X	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	X	X
<i>Acanthurus olivaceus</i>		X	<i>Chaetodon vagabundus</i>	X	X
<i>Acanthurus pyroferus</i>	X	X	<i>Cheilinus chlorourus</i>	X	X
<i>Acanthurus sp.</i>	X	X	<i>Cheilinus fasciatus</i>		X
<i>Acanthurus thompsoni</i>		X	<i>Cheilinus trilbatus</i>	X	X
<i>Acanthurus triostegus</i>	X	X	<i>Cheilinus undulatus</i>	X	X
<i>Acanthurus xanthopterus</i>		X	<i>Chlorurus microrhinos</i>	X	X
<i>Balistoides conspicillum</i>	X		<i>Chlorurus sordidus</i>	X	X
<i>Balistoides viridescens</i>		X	<i>Choerodon graphicus</i>		X
<i>Bodianus axillaris</i>	X		<i>Coris aygula</i>	X	X
<i>Bodianus loxozonus</i>	X	X	<i>Coris dorsomacula</i>		X
<i>Bodianus perditio</i>	X	X	<i>Coris gaimard</i>	X	X
<i>Bolbometopon muricatum</i>	X		<i>Ctenochaetus binotatus</i>	X	
<i>Caesio caerulea</i>		X	<i>Ctenochaetus striatus</i>	X	X
<i>Caesio sp.</i>	X	X	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	X	
<i>Carangoides fulvoguttatus</i>		X	<i>Epibulus insidiator</i>	X	
<i>Carangoides orthogrammus</i>		X	<i>Epinephelus fasciatus</i>	X	
<i>Caranx ignobilis</i>		X	<i>Epinephelus howlandi</i>	X	X
<i>Caranx melampygus</i>	X	X	<i>Epinephelus macrospilos</i>	X	
<i>Caranx papuensis</i>		X	<i>Epinephelus maculatus</i>	X	X
<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	X		<i>Epinephelus merra</i>	X	X
<i>Carcharhinus amblyrhynchos</i>	X		<i>Epinephelus ongus</i>	X	
<i>Carcharhinus melanopterus</i>		X	<i>Epinephelus polyphekadion</i>		X
<i>Cephalopholis argus</i>	X		<i>Forcipiger longirostris</i>	X	X
<i>Cephalopholis urodeta</i>	X		<i>Gnathodentex</i>	X	

			<i>aureolineatus</i>		
<i>Chaetodon auriga</i>	X	X	<i>Gymnocranius euanus</i>		X
<i>Chaetodon benetti</i>	X	X	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	X	X
<i>Chaetodon citrinellus</i>	X	X	<i>Hemigymnus melapterus</i>	X	X
<i>Chaetodon ephippium</i>	X	X	<i>Heniochus acuminatus</i>	X	X
<i>Chaetodon flavirostris</i>	X	X	<i>Heniochus chrysostomus</i>	X	X
<i>Chaetodon lineolatus</i>		X	<i>Heniochus monoceros</i>		X
<i>Chaetodon lunula</i>	X		<i>Heniochus varius</i>	X	
<i>Chaetodon lunulatus</i>	X	X	<i>Hipposcarus longiceps</i>	X	X
<i>Chaetodon melannotus</i>	X	X	<i>Lethrinus atkinsoni</i>		X
<i>Chaetodon mertensii</i>	X	X	<i>Lethrinus genivittatus</i>		X
<i>Lethrinus harak</i>	X	X	<i>Rhynchobatus djiddensis</i>		X
<i>Lethrinus nebulosus</i>		X	<i>Scarus altipinnis</i>	X	
<i>Lethrinus obsoletus</i>		X	<i>Scarus chameleon</i>	X	X
<i>Lethrinus sp.</i>	X	X	<i>Scarus flavipectoralis</i>	X	
<i>Lethrinus variegatus</i>		X	<i>Scarus frenatus</i>	X	X
<i>Lethrinus xanthochilus</i>		X	<i>Scarus ghobban</i>	X	X
<i>Lutjanus bohar</i>	X	X	<i>Scarus globiceps</i>	X	X
<i>Lutjanus fulvus</i>	X	X	<i>Scarus niger</i>	X	X
<i>Lutjanus kasmira</i>	X	X	<i>Scarus oviceps</i>	X	X
<i>Lutjanus monostigma</i>		X	<i>Scarus psittacus</i>	X	X
<i>Macolor niger</i>		X	<i>Scarus rivulatus</i>	X	
<i>Monotaxis grandoculis</i>	X	X	<i>Scarus schlegeli</i>	X	X
<i>Mulloidichthys flavolineatus</i>	X	X	<i>Scarus sp.</i>	X	X
<i>Mulloidichthys vanicolensis</i>	X	X	<i>Scarus spinus</i>	X	
<i>Naso brachycentron</i>	X		<i>Scomberoides lysan</i>		X
<i>Naso brevirostris</i>	X	X	<i>Siganus corallinus</i>	X	
<i>Naso hexacanthus</i>		X	<i>Siganus doliatus</i>	X	X
<i>Naso lituratus</i>	X		<i>Siganus fuscescens</i>		X
<i>Naso tonganus</i>		X	<i>Siganus lineatus</i>		X
<i>Naso unicornis</i>	X	X	<i>Siganus puellus</i>		X
<i>Negaprion acutidens</i>		X	<i>Siganus punctatus</i>	X	X
<i>Oxycheilinus sp.</i>		X	<i>Siganus sp.</i>	X	X
<i>Parupeneus barberinoides</i>	X	X	<i>Siganus spinus</i>	X	X
<i>Parupeneus barberinus</i>	X	X	<i>Siganus woodlandi</i>		X
<i>Parupeneus bifasciatus</i>	X		<i>Sphyaena genie</i>		X
<i>Parupeneus ciliatus</i>	X		<i>Sufflamen chrysopterum</i>	X	X

<i>Parupeneus cyclostomus</i>	X	X	<i>Sufflamen fraenatum</i>		X
<i>Parupeneus heptacanthus</i>		X	<i>Symphorus nematophorus</i>		X
<i>Parupeneus indicus</i>		X	<i>Triaenodon obesus</i>		X
<i>Parupeneus multifasciatus</i>	X	X	<i>Upeneus tragula</i>		X
<i>Parupeneus pleurostigma</i>	X	X	<i>Zanclus cornutus</i>	X	X
<i>Plectorhinchus orientalis</i>	X		<i>Zebrasoma scopas</i>	X	X
<i>Plectropomus laevis</i>	X	X	<i>Zebrasoma velifer</i>	X	X
<i>Plectropomus leopardus</i>		X			
<i>Pseudobalistes fuscus</i>	X	X			
<i>Pterocaesio tile</i>		X			
<i>Rhinecanthus aculeatus</i>		X			
<i>Rhinecanthus rectangulus</i>	X				

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

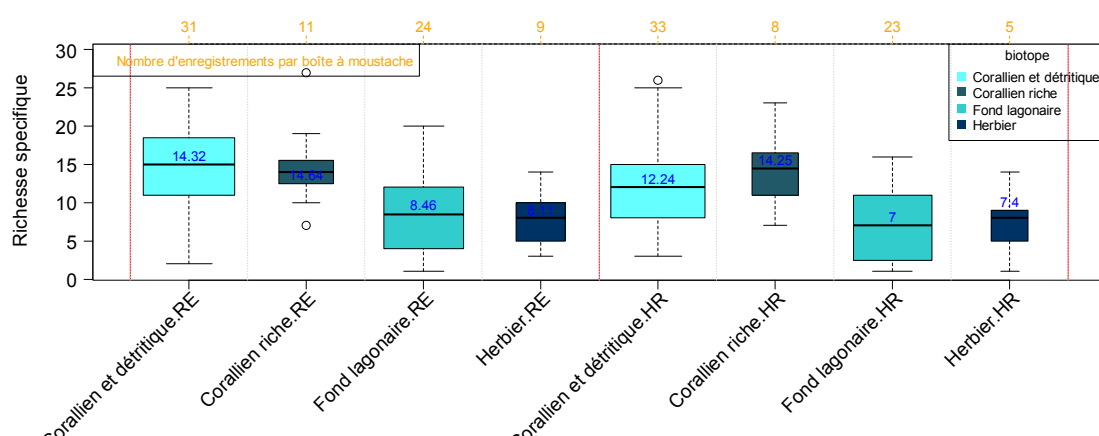
10. Annexe 2 : Fiches métriques

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 5m autour du STAVIRO.



Tests statistiques et résultats

- GLM Binomiale négative à deux facteurs habitat et statut de protection : l'effet du facteur habitat est significatif ($p < 1.6 \times 10^{-8}$), l'effet du statut de protection n'est pas significatif ($p < 0.12$). Interactions non significatives (NS) ($p < 0.97$).
- Analyse par habitat :
 - Corallien riche : GLM Binomiale négative. Effet NS du statut de protection.
 - Corail et détritique : LM transformation log. Effet statut de protection significatif ($p < 0.04$).
 - Fond lagonaire et Herbier: LM transformation log. Effet NS du statut de protection.

Grille de lecture

Sur l'ensemble des données, RS plus élevée en réserve au niveau de l'habitat « Corail et détritique ». Elle est équivalente à l'intérieur et à l'extérieur des réserves (RE≈HR) dans les autres habitats.

La situation est contrastée selon les habitats

Diagnostic (tendance non évaluée)

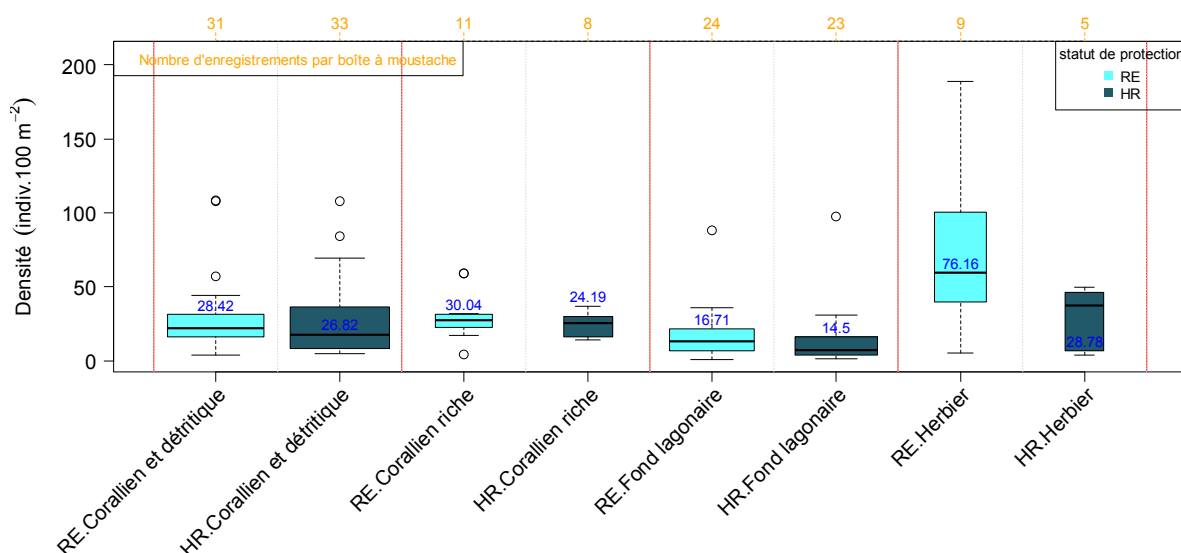
Etat	Commentaires
	RS plus élevée en réserve sur tous les habitats Différence significative sur l'habitat 'Corallien et détritique' (41% des stations, habitat le plus diversifié dans cette étude)

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).



Tests statistiques et résultats

Sur 4 habitats : GLM Distribution Gamma (facteurs habitat et statut de protection). Effet habitat significatif ($p < 2.10^{-6}$), effet protection marginalement significatif ($p < 0.08$), interaction NS. Différences entre statuts de protection par habitat non significatives.

Sur habitat Herbier uniquement : GLM Distribution Gamma (1 facteur statut de protection), effet significatif ($p < 0.035$), différence marginalement significative ($p < 0.086$).

Diagnostic (tendance non évaluée)

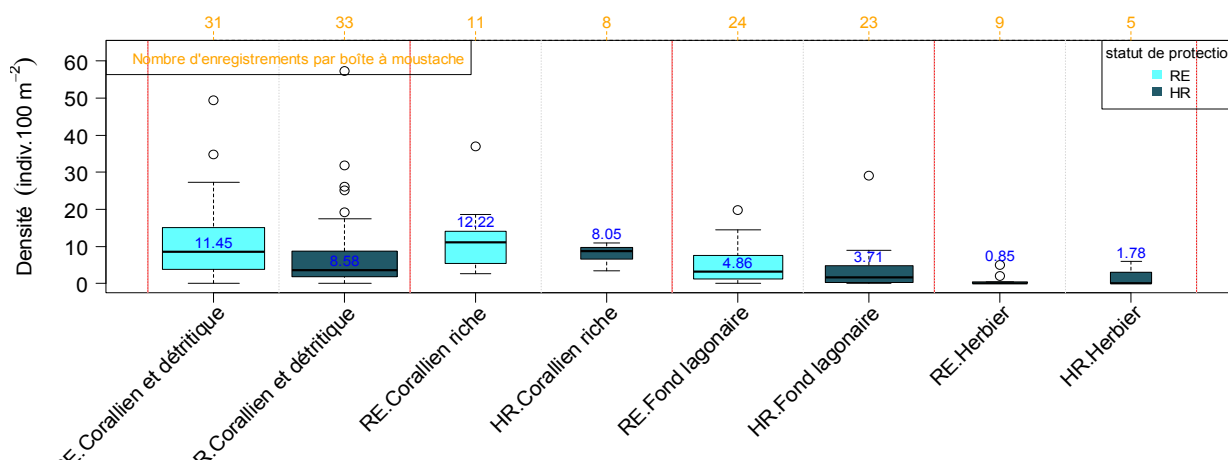
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Densités élevées sur l'ensemble de la zone / aux autres sites visités en 2012 ; valeurs par habitat et statut similaires à celles obtenues sur Borendy Densité en moyenne plus élevée en RE que HR sur chaque habitat, effet protection marginalement significatif ($p < 0.08$), mais comparaisons multiples NS Herbier : Effet protection signif. ($p < 0.035$), densité plus élevée en RE (marginalement significatif, $p < 0.086$)

10.3. Densité d'abondance par famille : les 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 4 habitats : GLM distribution Gamma (facteurs habitat et statut de protection). Effet habitat significatif ($p < 4 \cdot 10^{-7}$), effet protection marginalement significatif ($p < 0.08$), interaction NS. Différences entre statuts de protection par habitat non significatives, sauf sur fond lagonaire (marginalement, $p < 0.1$).

*Habitat « Corallien et Détritique » : GLM Gamma, Densité plus élevée en RE (marginalement significatif ($p < 0.09$))

Diagnostic (tendance non évaluée)

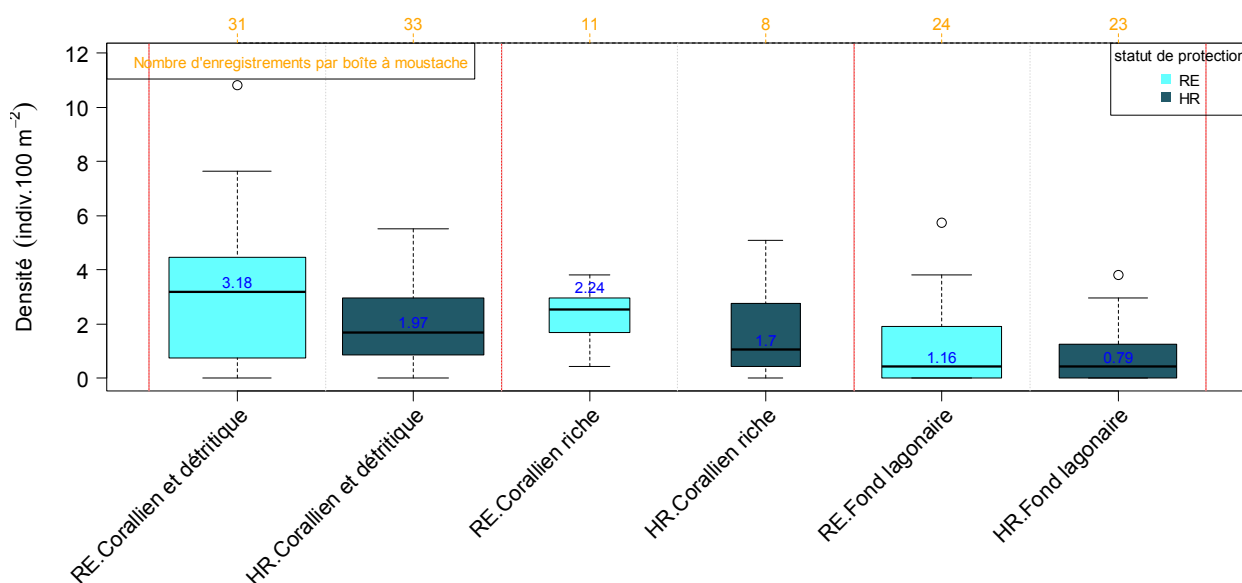
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Densités élevées sur l'ensemble de la zone / aux autres sites visités en 2012 (valeurs par habitat et statut plus élevées qu'à Borendy) Densité en moyenne plus élevée en RE que HR sur trois habitats, effet protection marginalement significatif ($p < 0.08$), mais comparaisons multiples NS Habitat « Corallien et Détritique » : Densité plus élevée en RE (marginalement significatif, $p < 0.09$)

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 5 m autour du STAVIRO (densité rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

*Sur 3 habitats de fonds durs : GLM distribution Gamma (facteurs habitat et statut de protection). Effets habitat et protection significatifs (resp. $p < 3.10^{-5}$ et $p < 0.03$). Différences entre statuts de protection par habitat non significatives.

*Habitat « Corallien et Détritique » : GLM Gamma, Densité plus élevée en RE ($p < 0.01$)

Diagnostic (tendance non évaluée)

Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Densité en moyenne plus élevée en RE que HR sur les trois habitats, effet protection significatif ($p < 0.03$), comparaisons multiples NS Habitat « Corallien et Détritique » : Densité significativement plus élevée en RE ($p < 0.01$)

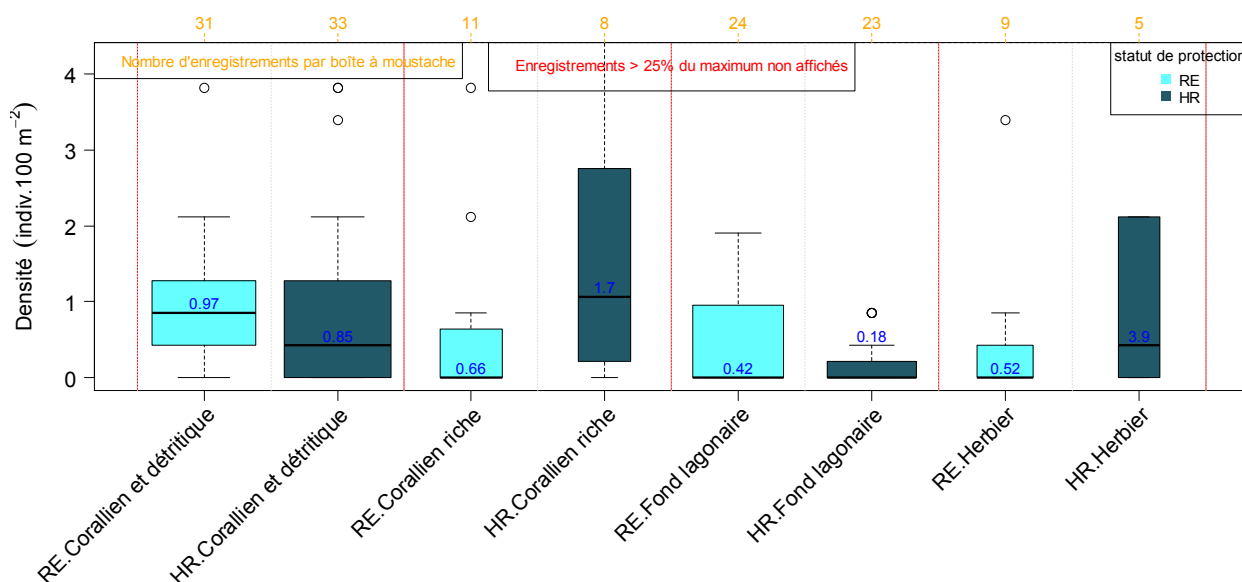
10.5. Densité d'abondance par famille : les labres

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 (grégaires).

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

(Grphe tronqué à 25% de la valeur maximale)



Tests statistiques et résultats

*GLM distribution Gamma à deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat significatif (p<0.0001), effet statut de protection NS (p<0.17), interactions significatives (p<0.02).

*Habitat « Corallien riche » : Densité plus élevée HR mais non significatif

Diagnostic (tendance non évaluée)

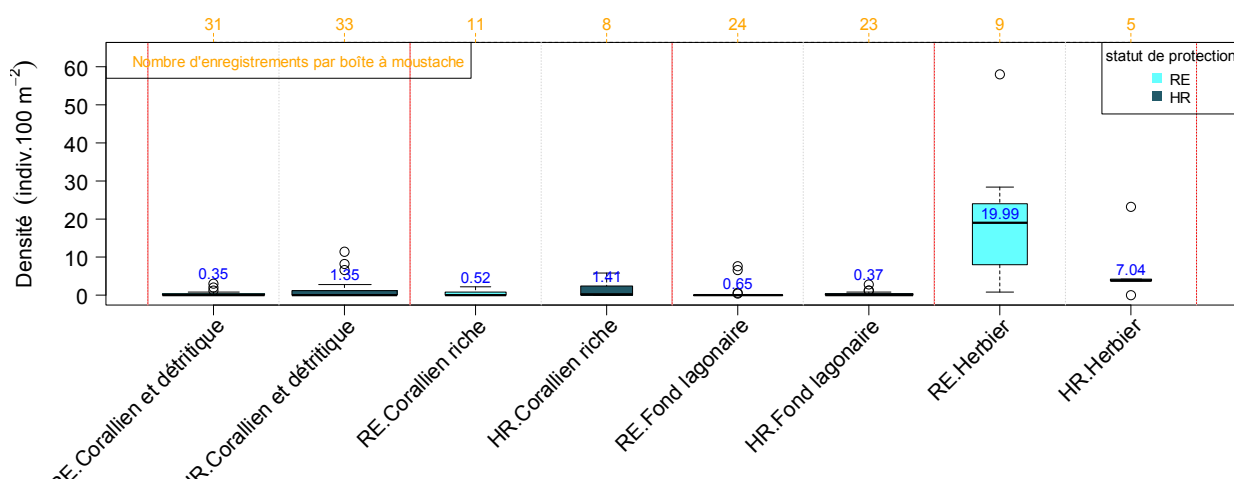
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Famille moyennement abondante sur la zone (NB : seulement espèces de la liste IEHE) Densité moyenne plus élevée HR sur deux habitats, mais différences non significatives

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

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 et résultats

*GLM distribution Gamma à deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat significatif ($p < 0.0001$), effet statut de protection NS ($p < 0.17$), interactions significatives ($p < 0.02$).

*Herbier : Densité nettement plus élevée en RE, mais test non significatif ($p < 0.15$)

Diagnostic (tendance non évaluée)

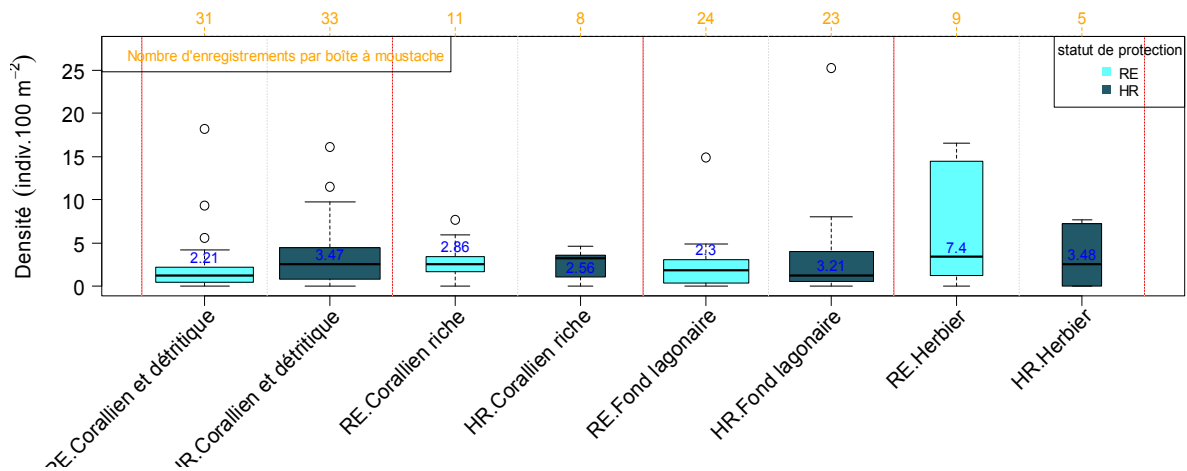
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Famille essentiellement rencontrée sur les herbiers • Densités particulièrement élevées dans les herbiers (bossu d'herbe et communard) • Herbier : Densité moyenne nettement plus élevée en RE, mais différence non significative

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 réalisés

*GLM distribution Gamma à deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat significatif ($p < 0.0002$), effet statut de protection NS, interactions marginalement significatives ($p < 0.1$).

*Herbier : Densité nettement plus élevée en RE, mais test non significatif ($p < 0.2$)

Diagnostic (tendance non évaluée)

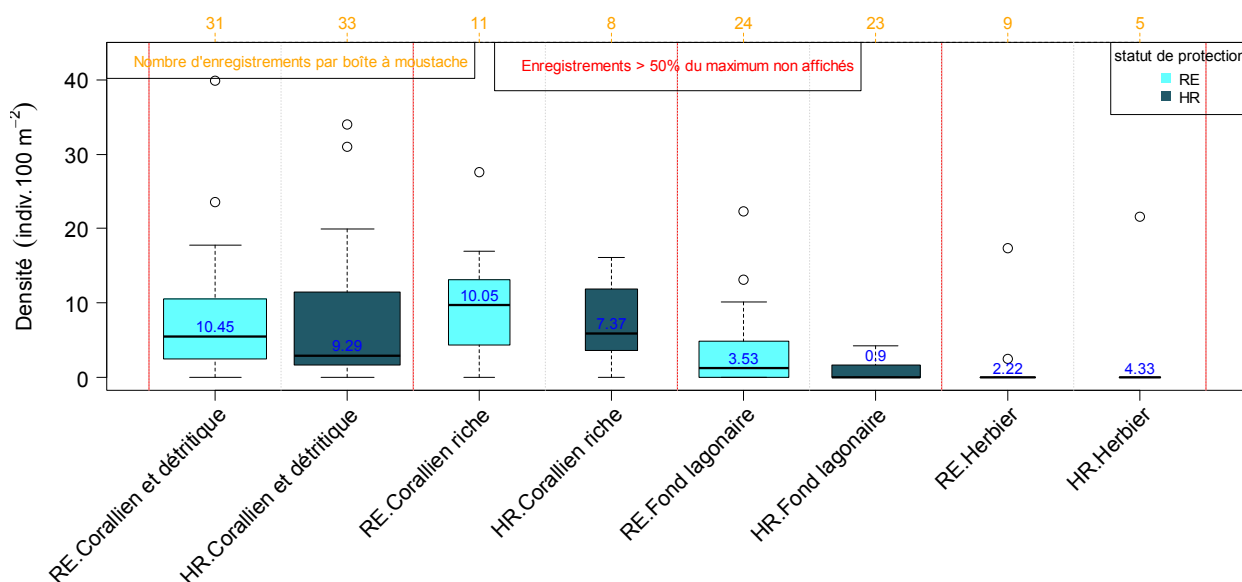
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Famille abondante sur l'ensemble de la zone • Densité particulièrement élevée dans les herbiers • Herbier : Densité moyenne nettement plus élevée en RE, mais différence non significative

10.8. Densité d'abondance par famille : les perroquets

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

*GLM distribution Gamma à deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat significatif ($p < 4.10^{-5}$), effet statut de protection NS, interactions significatives ($p < 0.05$).

*Habitat Fond lagunaire : GLM Gamma à 1 facteur, effet significatif du statut de protection ($p < 0.0022$), densité significativement plus élevée en RE ($p < 0.02$)

Diagnostic (tendance non évaluée)

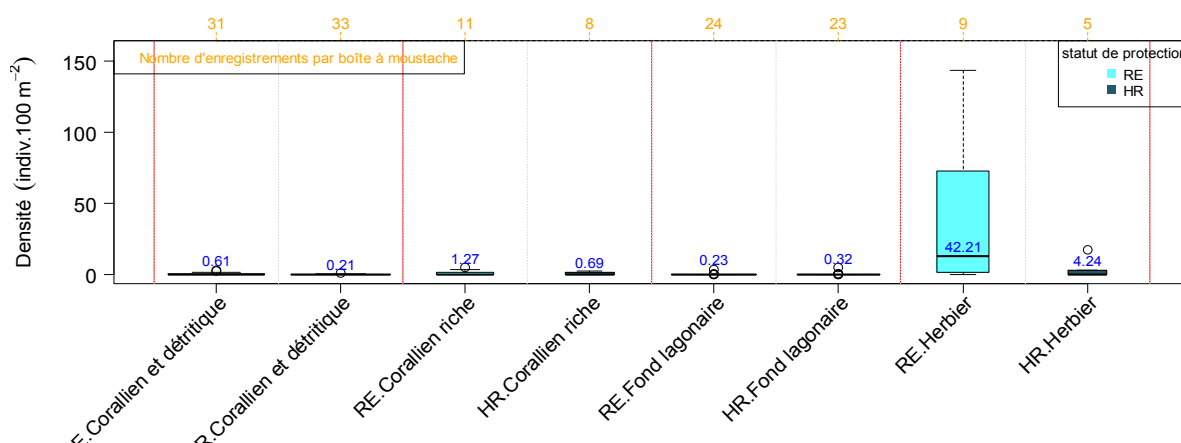
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Densités élevées sur l'ensemble de la zone / aux autres sites visités en 2012 (valeurs par habitat et statut plus élevées qu'à Borendy) Densité particulièrement élevée dans les habitats coralliens Densités moyennes plus élevée en RE sur les habitats principaux de la famille, différences non significatives, sauf sur habitat « Fond Lagunaire » ($p < 0.02$)

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

*LM sur données logtransformées, deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat significatif ($p < 2 \cdot 10^{-7}$), effet statut de protection ($p < 0.03$), interactions non significatives.

*Habitat Herbier : GLM Gamma à 1 facteur statut de protection, effet significatif ($p < 0.02$), mais différence NS ($p < 0.16$)

*Habitat Corallien et Détritique : LM sur données logtransformées à 1 facteur statut de protection, densité significativement plus élevée en RE ($p < 0.05$)

*Effets NS pour les autres habitats.

Diagnostic (tendance non évaluée)

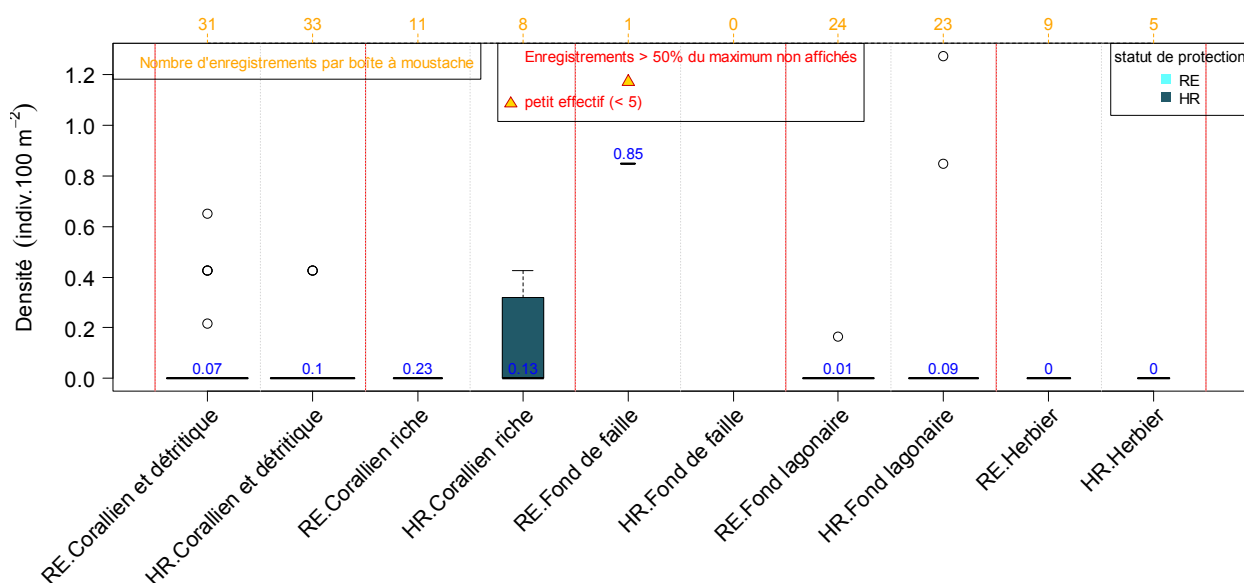
Etat	Commentaires
	<p>Les densités moyennes de picots sont assez faibles sauf sur l'habitat herbier. Effet significatif du statut de protection sur l'ensemble ($p < 0.03$)</p> <p>Densités moyennes plus élevées en RE dans les principaux habitats de la famille, surtout sur les herbiers (proche de la significativité)</p> <p>Densité significativement plus élevée en RE sur l'habitat «Corallien et Détritique »</p>

10.10. Densité d'abondance par famille : les loches

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 de la liste IEHE, par unité d'observation, dans un rayon de 5m autour de la caméra.



Tests statistiques et résultats

La densité des Serranidae est faible sur ses trois principaux habitats (Corallien et détritique, Corallien riche et Fond lagonaire), et dans le fond de la Faille mais une seule observation.

Pas de test sur cette métrique compte tenu de sa rareté et de sa distribution erratique dans les données 2012.

Diagnostic (tendance non évaluée)

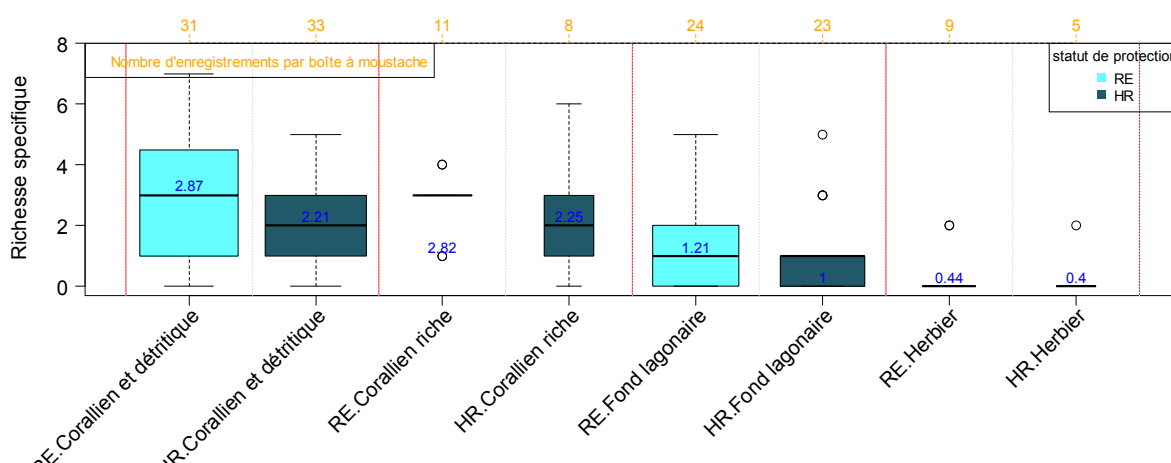
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Famille peu observée sur la zone, notamment en comparaison d'autres sites visités en 2012 (Borendy et Pweevo) Densités faibles et observations principalement HR. A confirmer par des métriques complémentaires (fréquence d'occurrence)

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 de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	La RS devrait être plus élevée dans les stations situées dans la réserve. Elle dépend cependant aussi fortement de l'habitat 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

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



Tests statistiques et résultats

*Sur les deux habitats principaux : « Corail vivant » et « Corallien et détritique »

*GLM distribution Gamma à deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat non significatif ($p < 0.66$), effet du statut de protection significatif ($p < 0.05$), interactions non significatives ($p < 0.57$).

*RS plus élevée en RE sur habitat Corallien et détritique (marginale significatif, $p < 0.1$)

Diagnostic (tendance non évaluée)

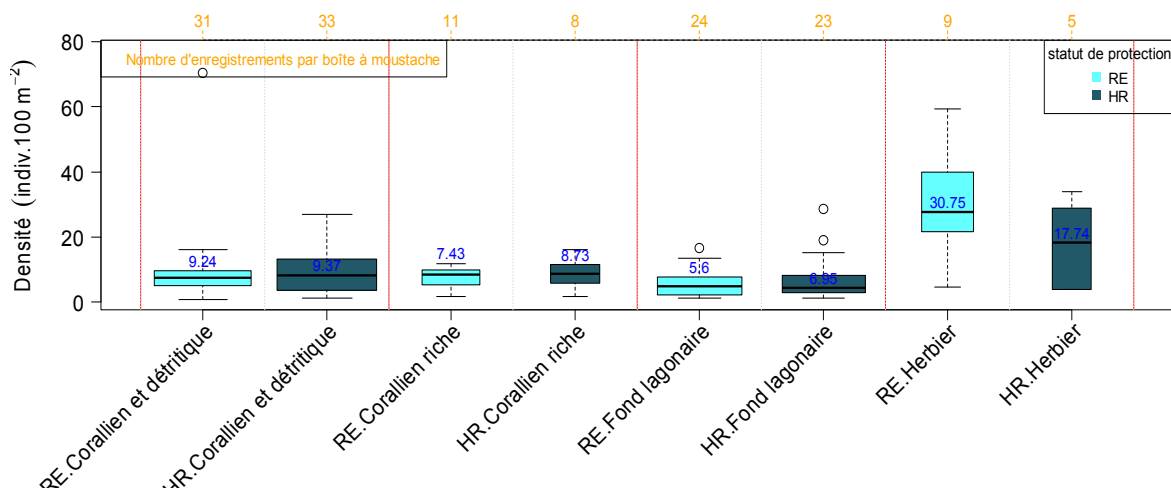
Etat	Commentaires
	RS supérieures à celles observées sur les autres sites visités en 2012 (à habitat et statut comparables) RS plus élevée en RE sur les habitats principaux de la famille, non significatif sauf sur habitat Corallien et détritique (marginale significatif, $p < 0.1$)

10.12. Densité d'abondance 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 5m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

- LM sur données log-transformées deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat significatif ($p < 3.10^{-7}$), effet statut de protection et interaction non significatives
- Herbier : LM sur données log-transformées. effet du statut de protection non significatif mais proche du seuil ($p < 0.15$). Densité plus élevée en RE mais NS ($p < 0.15$)

Diagnostic (tendance non évaluée)

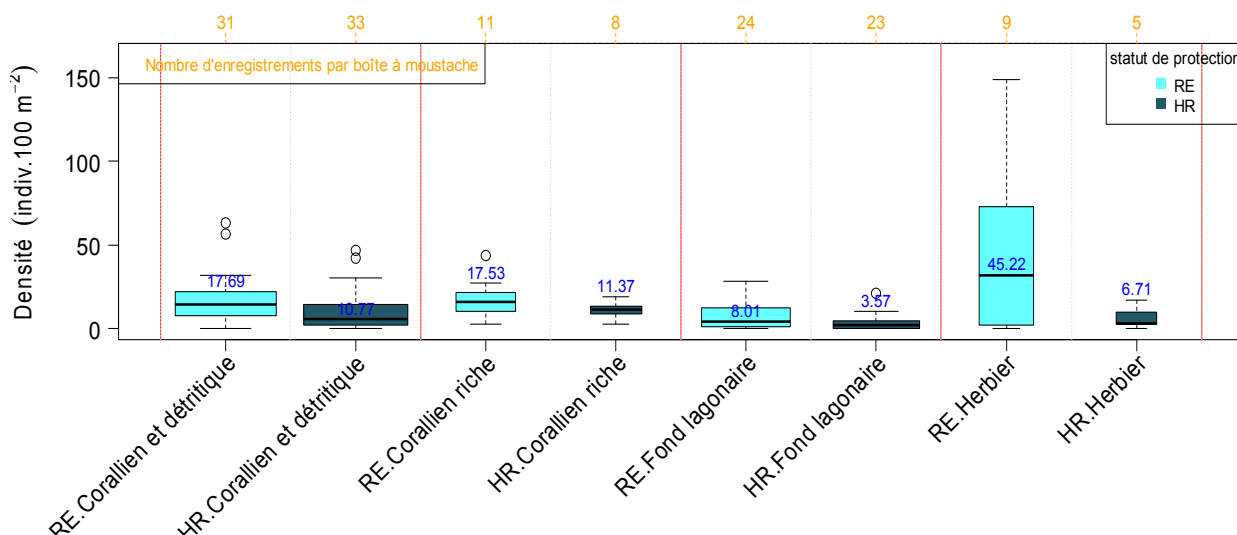
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez élevées sur l'ensemble de la zone et supérieures à celles observées sur les autres sites visités la même année • Densité des espèces prédatrices nettement plus élevée sur les herbiers (frangeants), différence non significative mais proche du seuil • Densités similaires entre RE et HR dans les autres habitats.

10.13. Densité d'abondance 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	Les herbivores sont des acteurs majeurs de la régulation des algues sur les récifs. 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

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

- GLM distribution Gamma, deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat significatif ($p < 5.10^{-4}$), effet statut de protection significatif ($p < 0.0005$), interactions non significatives. Différences entre statuts (par habitat) non significatives.
- GLM Gamma par habitat, 1 facteur statut de protection:
 - Herbier : effet significatif ($p < 7.10^{-3}$). Densité plus élevée en RE (marginale significatif, $p < 0.09$)
 - Corallien et détritique : effet marginalement significatif ($p < 0.065$). Densité plus élevée en RE (marginale significatif, $p < 0.075$)
 - Corallien riche : effet non significatif ($p < 0.18$)
 - Fond lagunaire : effet significatif ($p < 0.05$). Densité plus élevée en RE ($p < 0.0$)

Diagnostic (tendance non évaluée)

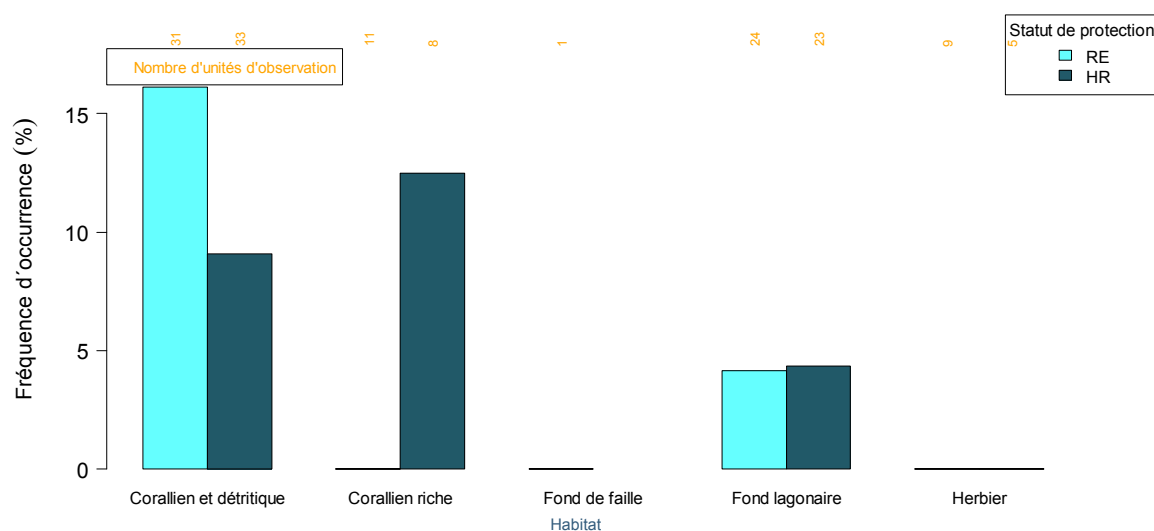
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Groupe trophique abondant sur l'ensemble de la zone d'étude et densités supérieures à celles observées sur les sites visités en 2012 (similaires à celles observées à Borendy). • Densités plus élevées en RE sur tous les habitats (significatif dans 3 habitats)

10.14. Fréquence d'occurrence des requins (famille Carcharhinidae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	2. Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	2.1. Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème 2.3. Conservation des espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques
Pertinence	La fréquence d'occurrence de l'espèce doit être plus élevée dans les zones protégées, mais effet de mobilité et possible dérangement en RE

Calcul de la métrique : Pourcentage des stations où des requins (Carcharhinidae) sont observés.



Les requins sont observés dans trois habitats de fond durs. En 2012, la fréquence moyenne d'occurrence est de 7.6 %. Pour comparaison, elle a été 7.1 % à Pweevo en novembre, 6% à Borendi en juin, 4.7% à Hyeheh en août.

Diagnostic (tendance non évaluée)

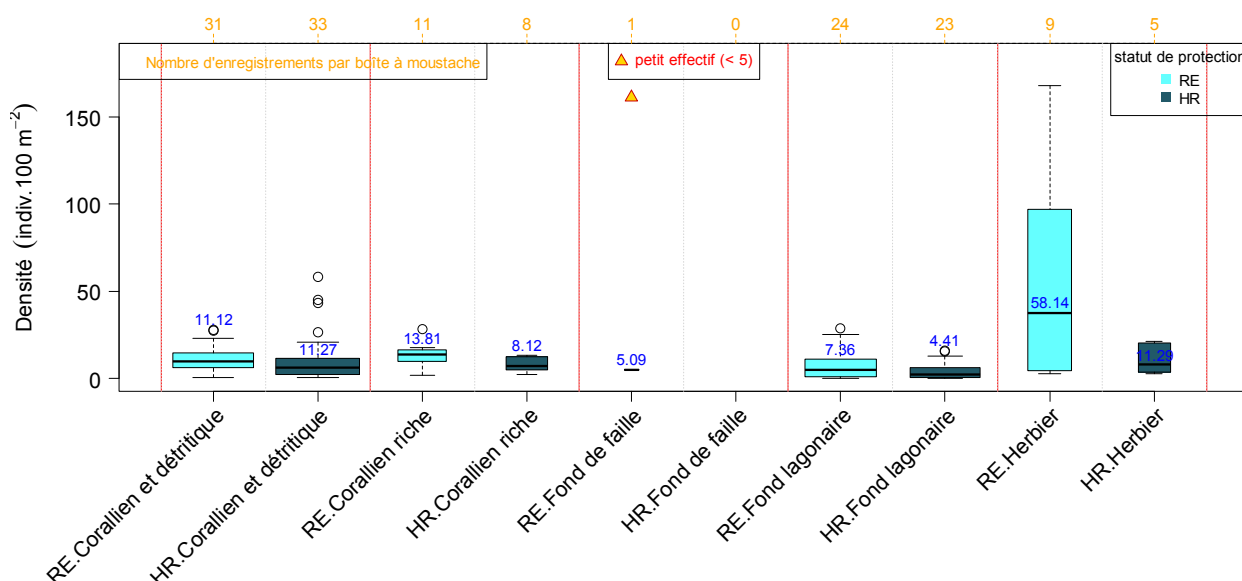
Etat	Commentaires
	Trois espèces, 14 individus observés Fréquence maximale sur l'ensemble des campagnes 2012 Espèce mobile, lien non avéré avec effet de la protection

10.15. 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	Espèces vendues/commercialisées en Nouvelle-Calédonie 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 un rayon de 5 m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

- GLM distribution Gamma, deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat significatif ($p < 5.10^{-11}$), effet statut de protection significatif ($p < 0.009$), interactions non significatives. Différences entre statuts (par habitat) non significatives.
- GLM Gamma par habitat, 1 facteur statut de protection:
 - Herbier : effet significatif ($p < 0.05$). Densité plus élevée en RE (marginale, significatif, $p < 0.1$)
 - Effets NS sur les autres habitats

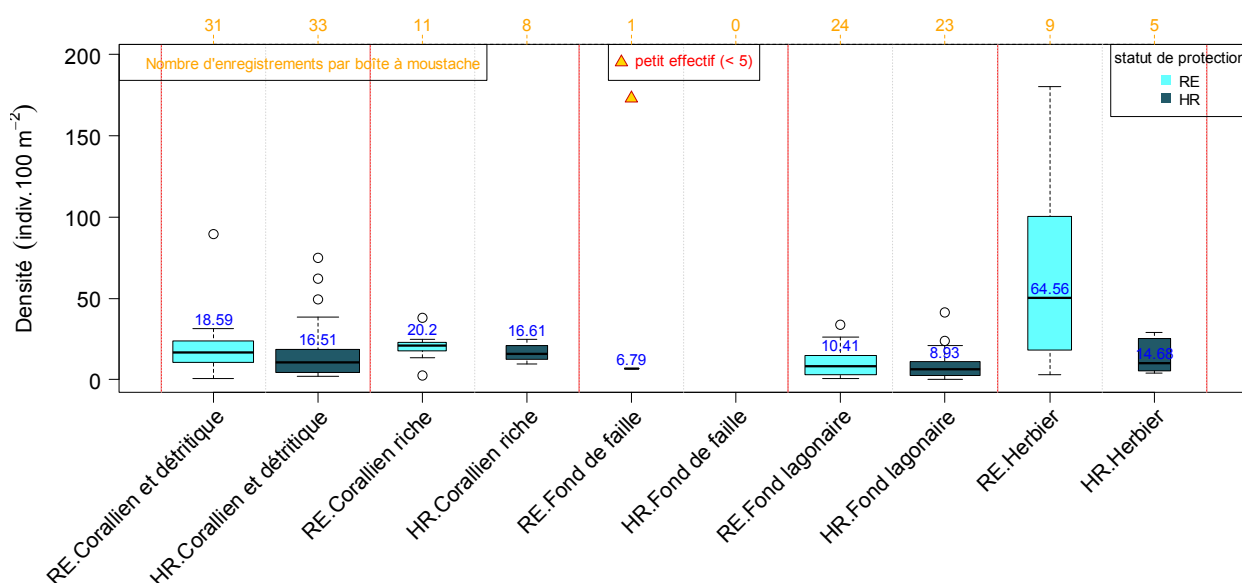
Diagnostic (tendance non évaluée)

Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Densités élevées sur l'ensemble des habitats (un peu inférieures à celles observées à Borendy) • Effet significatif de la protection ($p < 0.008$) • Densités en moyenne plus élevées en RE sur tous les habitats, mais différence significative seulement sur l'habitat Herbier (marginale, $p < 0.1$)

10.16. 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	Espèces consommées dans le Pacifique, certaines potentiellement ciguaterriques en Nouvelle-Calédonie. La densité d'abondance doit être plus élevée dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation.



Tests statistiques et résultats

- GLM distribution Gamma, deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat significatif ($p < 10^{-11}$), effet statut de protection significatif ($p < 0.008$), interactions non significatives. Différences entre statuts (par habitat) non significatives, sauf marginalement sur les herbiers (densité plus élevée en RE ($p < 0.1$)).
- GLM Gamma par habitat, 1 facteur statut de protection:
 - Herbier : effet significatif ($p < 0.01$). Densité significativement plus élevée en RE ($p < 0.03$)
 - Effets NS ou marginalement significatifs sur les autres habitats

Diagnostic (tendance non évaluée)

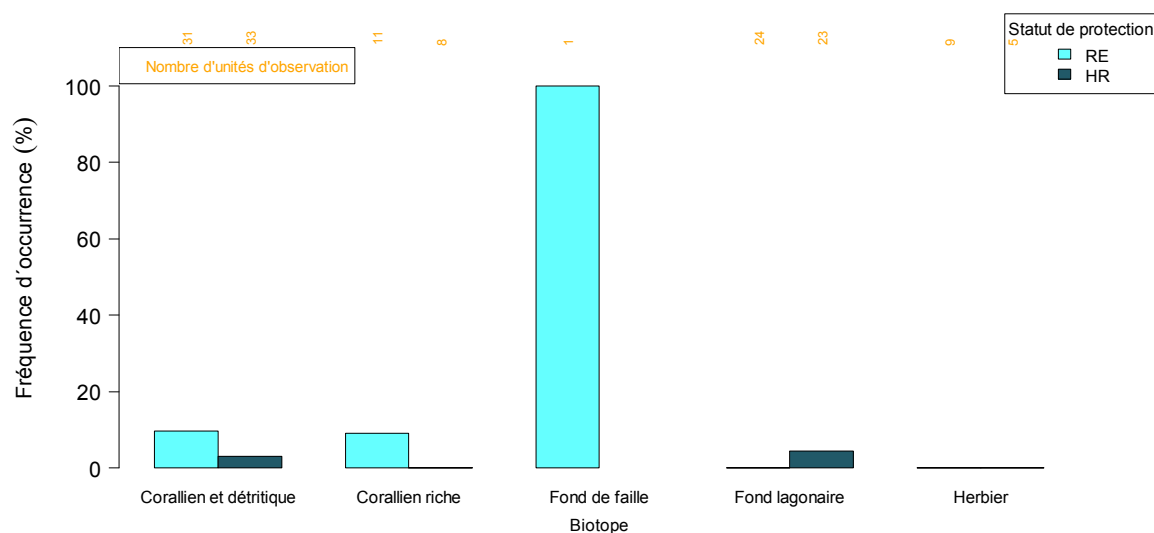
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Densités élevées sur l'ensemble des habitats (un peu inférieures à celles observées à Borendy) • Effet significatif de la protection ($p < 0.008$) • Densités en moyenne plus élevées en RE sur tous les habitats, mais différence significative seulement sur l'habitat Herbier ($p < 0.03$)

10.17. Fréquence d'occurrence des Serranidae commerciaux

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Exploitation durable des ressources
Objectifs	Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles
Pertinence	Les Serranidae sont ciblés principalement par la chasse sous-marine et secondairement par la pêche à la traîne La fréquence doit être plus élevée dans la réserve, puis éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation.

Calcul de la métrique : Proportion de stations où les espèces ont été observées dans un rayon de 10 m autour du système.



Tests statistiques et résultats

Aucun test statistique (présence absence) n'a été réalisé en raison du faible nombre d'observations.

Diagnostic (tendance non évaluée)

Etat	Commentaires
	La fréquence d'occurrence des Serranidés commerciaux est faible sur l'ensemble des habitats. 5 espèces commerciales observées. Fréquence minimale parmi les campagnes réalisées en 2012.

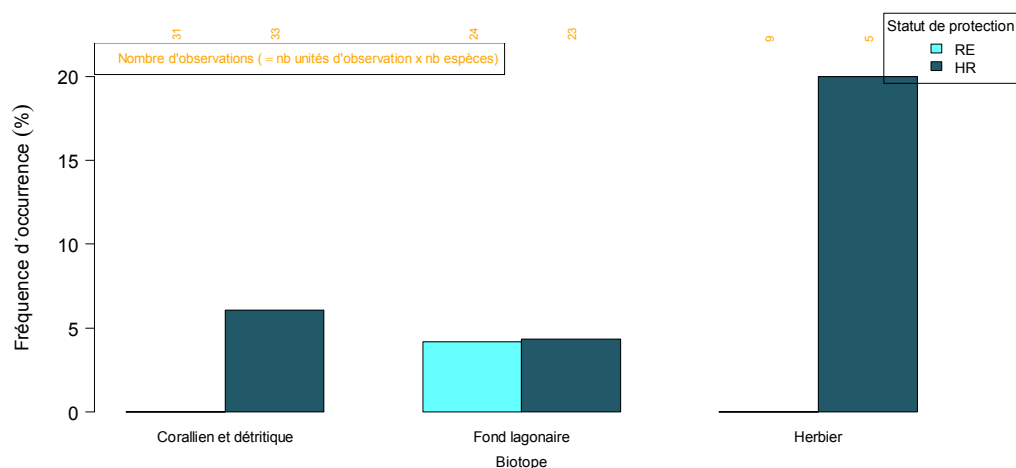
Commentaire : Métrique testée également pour la saumonée, mais non reportée en raison du faible nombre d'observations.

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

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	2. Exploitation durable des ressources
Objectifs	Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles
Pertinence	Le bec de cane est ciblé principalement par la pêche à la ligne. Les <i>Lethrinus nebulosus</i> doivent être plus fréquents dans la réserve, puis leur fréquence peut éventuellement augmenter dans les zones adjacentes par exportation.

Calcul de la métrique : Proportion de stations où les espèces ont été observées dans un rayon de 10 m autour du système.



Tests statistiques et résultats

Aucun test stat n'a été réalisé

Diagnostic (tendance non évaluée)

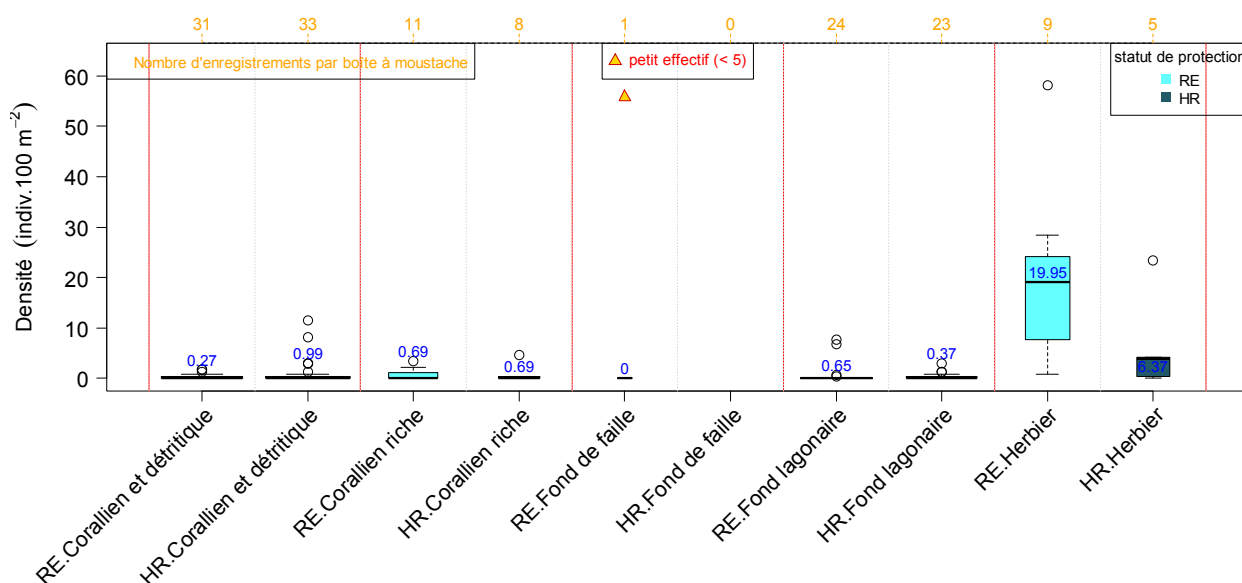
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Peu fréquent sur l'ensemble de la zone (25 individus observé dans trois habitats), excepté sur l'herbier (20% des stations) • Dans deux habitats sur les trois où il est observé, le bec de cane n'est vu que hors réserve • 24 individus sur les 25 sont de taille moyenne (pas de grand et un seul petit) • Ce résultat ne reflète pas nécessairement la situation de cette espèce, car un grand nombre de becs et bossus sont identifiés seulement au genre ou à la famille

10.19. 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 Gamma sur habitat Herbier, effet protection non significatif. Pas de modèle sur les autres habitats en raison des faibles densités rencontrées.

Diagnostic (tendance non évaluée)

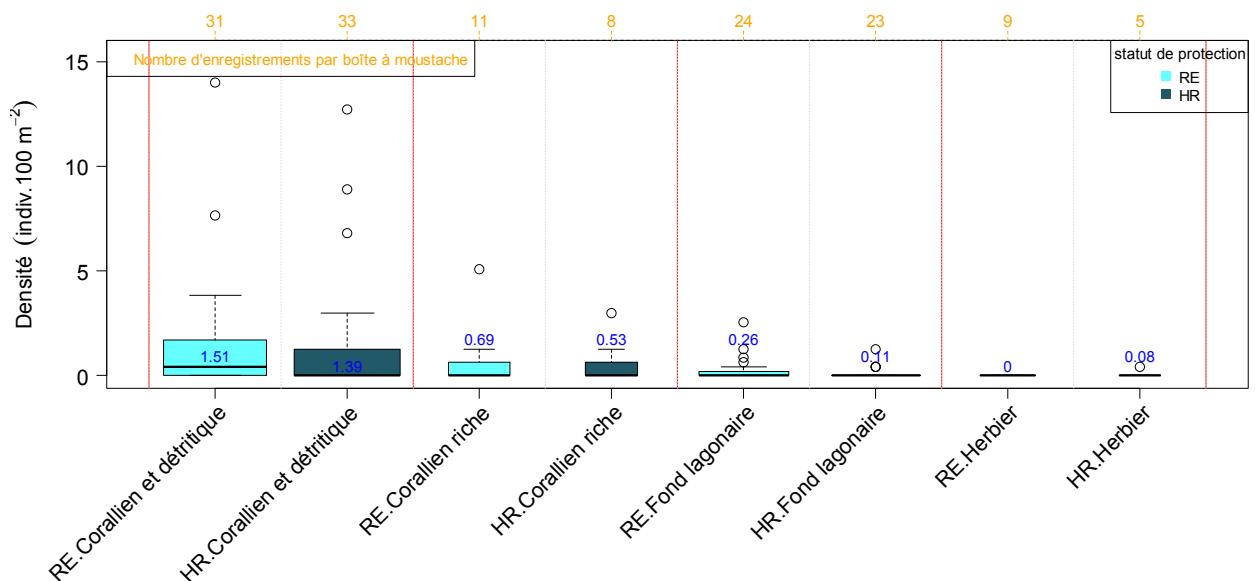
Etat	Commentaires
	Densité des Lethrinidae pêchés faible sur tous les habitats sauf sur l'herbier
	Herbier : Densité nettement plus élevée en RE, mais différence non significative

10.20. Densité d'abondance du Dawa (*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

Modèles GLM non validés

Diagnostic (tendance non évaluée)

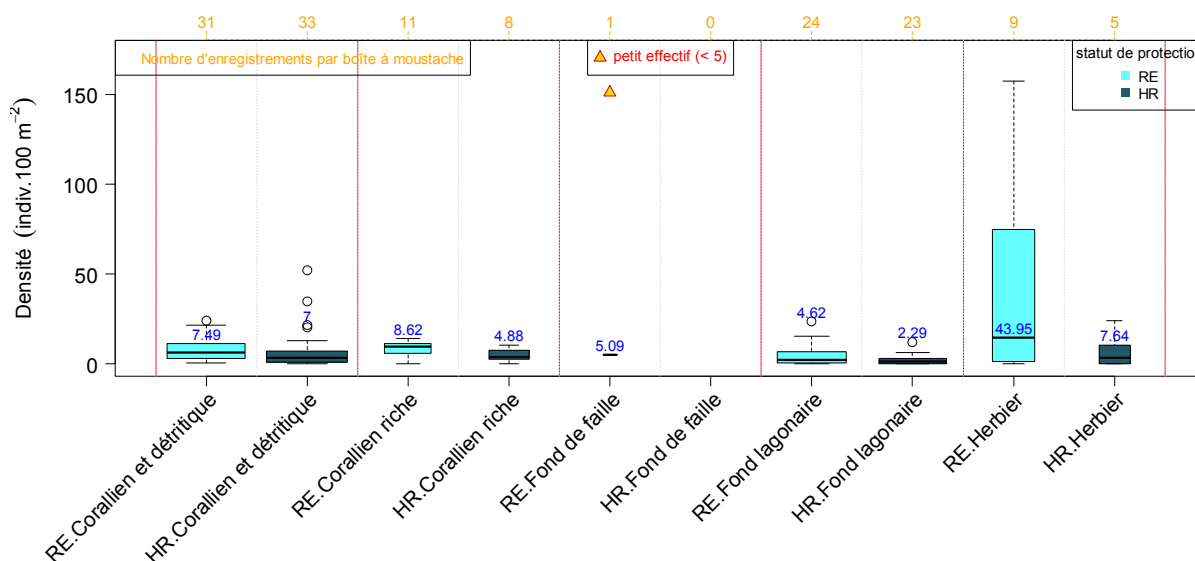
Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Espèce observée sur ses habitats principaux • Densités faibles à moyennes, avec des valeurs en moyenne légèrement plus élevées en réserve sur les habitats de fonds durs • Effet de la protection non détecté et différences non significatives entre RE et HR

10.21. 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 un rayon de 5 m autour de la caméra (rapportée à 100m²)



Tests statistiques et résultats

- GLM distribution Gamma, deux facteurs habitat et statut de protection : effet habitat significatif ($p < 3.10^{-11}$), effet statut de protection significatif ($p < 0.007$), interactions non significatives. Différences entre statuts (par habitat) non significatives, mais proches du seuil de significativité pour les habitats Herbier et Fond lagonaire.
- GLM Gamma par habitat, 1 facteur statut de protection:
 - Herbier : effet significatif ($p < 0.03$). Densité plus élevée en RE (proche du seuil de significativité, $p < 0.15$)
 - Fond lagonaire : effet significatif ($p < 0.06$). Densité plus élevée en RE (marginale significativité, $p < 0.09$)

Diagnostic (tendance non évaluée)

Etat	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez élevées sur 4 habitats • Effet significatif de la protection ($p < 0.007$) • Densités en moyenne plus élevées en RE sur tous les habitats, mais différence marginalement significatives, et seulement sur les habitats Herbier et Fond lagonaire (resp. 0.15 et $p < 0.09$)

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.
- Clua, E., Legendre, P., Vigliola, L., Magron, F., Kulbicki, M., Sarramegna, S., Labrosse, P., Galzin, R. (2006). "Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat." *Journal of Experimental Biology and Ecology* 333: 219-230.
- 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 (2011a). 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.
- Pelletier, D., D. Mallet and Y. Reeht (2011b). Fiches de rendu par métrique : Métriques calculées à partir de stations vidéos rotatives (STAVIRO). PAMPA/NC/WP2/1. 49 p.
- Pelletier, D., K. Leleu, D. Mallet, G. Hervé, G. Mou Tham, M. Boureau and N. Guilpart (2012). "High-Definition Rotating Video Enables Fast Spatial Survey of Marine Underwater Macrofauna and Habitats." *PLoS ONE* 7(2): e30536.
- 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., 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., D. Pelletier, E. Coutures, E. Gamp, E. Rolland, D. Mallet, Y. Reeht, P. Dumas, I. Jollit and L. Vigliola (2011). Rapport PAMPA pour le site Nouvelle-Calédonie: 92 p.

Résumé

- Cette étude conduite dans le cadre du projet AMBIO concerne les communautés de poissons et aux habitats associés aux récifs coralliens des lagons de Nouvelle-Calédonie. Elle s'appuie sur des données collectées par STAVIRO, une technique vidéo rotative.
- Cette campagne a été réalisée en 2012 dans la zone de Bourail, comprise dans la Zone Côtière Ouest, elle-même située dans le bien inscrit au Patrimoine Mondial de l'Humanité. La zone d'étude comprend également les Aires Marines Protégées (AMP) de Poé et de l'Île Verte. Le plan d'échantillonnage couvre l'ensemble de la zone et a été stratifié en fonction des trois structures récifales (récif frangeant, récif d'îlot/intermédiaire et récif barrière) et en tenant compte du statut de protection des AMP. En 6 jours (40h passées en mer), 150 stations vidéo rotatives ont été validées. Leur analyse a permis de caractériser l'habitat environnant chaque station, ainsi que 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 un serveur Sextant. Chaque indicateur a été analysé grâce à l'outil de calcul PAMPA et fait l'objet d'une fiche détaillée de résultats en annexe du rapport. Ces résultats sont repris et 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.
- La zone de Bourail est caractérisée par la présence importante d'herbiers littoraux qui abritent les densités de poissons les plus élevées en raison de bancs importants de juvéniles de lethrinidés, labres, picots et barbillons. 122 espèces de poissons (1 espèce de tortue et 1 espèce de serpent) , appartenant à 18 familles ont été observées. Le peuplement de poisson apparaît abondant sur l'ensemble de la zone.

Biodiversité ; Ichtyofaune ; Habitat ; Vidéo sous-marine; STAVIRO ; Aire Marine Protégée ; AMP ; Patrimoine Mondial ; Récif corallien ; Nouvelle-Calédonie ; Indicateur; Tableau de bord ; Serveur de cartes ; Sextant ; PAMPA

Abstract

- This work deals with fish communities and associated habitats, in the context of New Caledonian coral reef ecosystems. It was conducted within the AMBIO project. The study relies on remote unbaited underwater video observations, using the STAVIRO rotating technique.
- The study takes place in the Bourail area, an area (Western Coastal Area) part of the World Heritage site "New Caledonian lagoons". It encompasses two Marine Protected Areas, Poé and the Ile Verte. The sampling design covers the entire area, and was stratified according to reef geomorphology and protection status. 150 stations were validated within 6 days (40hrs spent at sea). They were analyzed to characterize the habitat surrounding each station, and fish communities, based on a species list that includes fished species, emblematic species and functionally important species.
- 31 indicators were computed and corresponding maps were constructed (available on a Sextant server). Each indicator was plotted and analysed using the PAMPA computing tool. Outcomes were organized in a dashboard for each management objective (biodiversity conservation and fisheries management). Detailed results were reported in annexes.
- The Bourail area is characterized by abundant and dense coastal seabeds which are home to the highest fish densities observed in the area. These correspond to juvenile lethrinids, wrasses, rabbitfish and goatfish. 122 fish species, one turtle and one snake species, belonging to 18 families were observed. The fish community appears abundant in the entire area.

Biodiversity ; Fish ; Habitat ; Underwater video; STAVIRO ; Marine Protected Area ; MPA; World Heritage; Coral reefs; New Caledonia ; Indicator; Dashboard ; Map server ; Sextant ; PAMPA