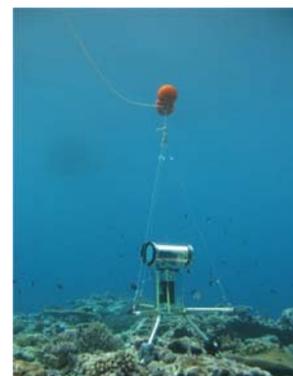


Evaluation de l'état de santé des habitats et peuplements de poissons de la zone de Voh-Koné-Pouembout, Campagne de stations vidéo rotatives STAVIRO 2007-2013

Charlotte Giraud-Carrier et Dominique Pelletier

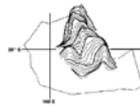


1. Remerciements

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. Ces résultats intéressent également l'Agence des Aires Marines Protégées qui soutient par ailleurs le projet Vidéo de l'IFREMER dans le cadre de la convention AAMP/12/080 – IFREMER n°12/1210155/CF.

Nous remercions le Service Milieu et Ressources Aquatiques de la Direction de l'Environnement de la Province Nord et en particulier Zacharie Moentapo pour avoir facilité la mise en place de cette campagne avec les pêcheurs de la zone : Paulette Boeni, Mario Kromonadi, Maurice Boedjiet, et Willy Tidjite Guate.

Avait participé à la campagne 2007 : Kévin Leleu, Dominique Pelletier, Nicolas Guillemot, et Miguel Clarke de l'IRD. Cette campagne avait été cofinancée par le programme ZONECO, l'IRD et l'IFREMER.



ZoNéCo
PROGRAMME D'ÉVALUATION DES RESSOURCES MARINES
DE LA ZONE ÉCONOMIQUE DE NOUVELLE-CALÉDONIE



IRD
Institut de recherche
pour le développement

Ont participé à la campagne de terrain 2013: William Roman, Charles Gonson, Fanny Witkowski, Meiddi-Alexandre Mortreux, Dominique Pelletier, de l'Ifremer.



Ce document doit être cité comme suit :

Charlotte Giraud-Carrier, Dominique Pelletier. 2016. Evaluation par vidéo de l'état de santé des habitats et peuplements de poissons de la zone de Voh-Koné-Pouembout, Campagnes de stations vidéo rotatives STAVIRO 2007-2013. Rapport AMBIO/A/25. IFREMER Nouméa. 164 p. Version du 28 avril 2016.

(Voir également l'annexe cartographique (Bockel et Carpentier 2016))

Citation :

Charlotte Giraud-Carrier, Dominique Pelletier. 2016. Video-based assessment of status and trends in fish assemblages and habitats, Voh-Koné-Pouembout area, 2007-2013 STAVIRO survey. Rapport AMBIO/A/25. IFREMER Nouméa. 164 p. April 28th 2016.

Contenu

1. Remerciements	- 3 -
2. Synthèse	- 8 -
3. Introduction et Contexte	- 22 -
3.1. La zone d'étude	- 23 -
3.2. Développement démographique et industrialisation	- 24 -
3.3. Les Aires Marines Protégées.....	- 24 -
4. Méthodologie	- 25 -
4.1. Stations vidéo rotatives.....	- 25 -
4.2. Stratégie d'échantillonnage.....	- 25 -
4.3. Analyse des images : l'habitat et le type de récif	- 25 -
4.4. Analyse des images : les poissons et espèces emblématiques	- 26 -
4.5. Calcul des indicateurs : l'outil de calcul PAMPA.....	- 26 -
4.6. Analyse des indicateurs	- 27 -
4.7. Grille de lecture des indicateurs et tableau de bord.....	- 29 -
4.8. Analyse de la structure de l'assemblage de poissons	- 31 -
5. Distribution des stations	- 32 -
6. Description des habitats et de l'ichtyofaune	- 34 -
6.1. Bilan de l'analyse des images.....	- 34 -
6.2. Habitat.....	- 34 -
6.3. Poissons et tortues : espèces observées	- 40 -
6.4. Richesse spécifique et densité totale de l'ichtyofaune.....	- 47 -
6.5. Structure des communautés de poissons en fonction de la géomorphologie et de l'habitat - 50 -	
6.6. Conclusion	- 53 -
7. Evolution 2007-2013 et Réserve Coutumière d'Oundjo	- 54 -
7.1. Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème.....	- 54 -
7.2. Conservation de la biodiversité : Maintien des fonctions de l'écosystème	- 62 -
7.3. Conservation de la biodiversité : Espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques.....	- 64 -
7.4. Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats.....	- 65 -
7.5. Exploitation durable des ressources : Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles	- 67 -
8. Effet du développement démographique et de l'industrialisation de la zone de VKP	- 73 -
8.1. Problématique.....	- 73 -

8.2.	Evolution de l'habitat.....	- 75 -
8.3.	Evolution des peuplements de poisson	- 78 -
8.4.	Principales ressources de la pêche	- 81 -
9.	Plan d'échantillonnage recommandé pour un suivi	- 103 -
10.	Bibliographie	- 105 -
11.	Annexe 1 : Fiches métriques.....	- 106 -
11.1.	Richesse spécifique (RS) par unité d'observation	- 107 -
11.2.	Densité d'abondance toutes espèces	- 108 -
11.3.	Richesse spécifique (RS) par famille (principales familles)	- 109 -
11.4.	Densité d'abondance par famille.....	- 112 -
11.5.	Densité d'abondance par groupe trophique.....	- 118 -
11.6.	Fréquence d'occurrence du poisson napoléon	- 122 -
11.7.	Fréquence d'occurrence des requins (Carcharhinidae)	- 123 -
11.8.	Fréquence d'occurrence des raies.....	- 125 -
11.9.	Fréquence d'occurrence des tortues (Cheloniidae)	- 126 -
11.10.	Pourcentage de recouvrement en corail vivant.....	- 127 -
11.11.	Pourcentage de recouvrement en corail branchu	- 129 -
11.12.	Pourcentage de recouvrement en herbier	- 131 -
11.13.	Densité d'abondance des espèces commerciales.....	- 133 -
11.14.	Densité d'abondance des moyens et grands poissons des espèces commerciales- 134 -	
11.15.	Densité d'abondance des espèces consommables.....	- 136 -
11.16.	Fréquence d'occurrence de la saumonée petits points (<i>Plectropomus leopardus</i>)- 137 -	
11.17.	Densité d'abondance des loches	- 138 -
11.18.	Fréquence d'occurrence des becs de cane (<i>Lethrinus nebulosus</i>)	- 140 -
11.19.	Fréquence d'occurrence et densité d'abondance des Lethrinidae pêchés.....	- 142 -
11.20.	Fréquence d'occurrence et densité d'abondance du Dawa (<i>Naso unicornis</i>)... - 144 -	
11.21.	Densité d'abondance des chirurgiens (Acanthuridae)	- 146 -
11.22.	Densité d'abondance des chirurgiens des espèces commerciales	- 147 -
11.23.	Fréquence d'occurrence et densité d'abondance des picots kanak (<i>Acanthurus blochii</i> et <i>A. dussumieri</i>)	- 148 -
11.24.	Densité d'abondance des perroquets (Scaridae).....	- 150 -
11.25.	Densité d'abondance des espèces-cibles de la chasse	- 151 -
11.26.	Densité d'abondance des moyens et grands poissons d'espèces-cibles de la chasse - 152 -	
11.27.	Densité d'abondance des espèces-cibles de la pêche à la ligne.....	- 154 -
12.	Annexe 2 : Aire Marine Protégée de Kan-Gunu.....	- 156 -

**13. Annexe 3 : Coordonnées des stations recommandées pour un suivi vidéo
- 157 -**

Glossaire

AGDR : Aire de Gestion Durable des Ressources

AMBIO : Biodiversité, Patrimoine inscrit et Aires Marines Protégées

AMP : Aire Marine Protégée

CAP : Canonical Analysis of Principal coordinates

HR : Hors Réserve

IEHE : Liste d'espèces d'Intérêt Halieutique, Emblématique et présentant un intérêt Ecologique particulier

ISEE : Institut de la Statistique et des Etudes Economiques Nouvelle-Calédonie

KNS : Koniambo Nickel SAS

MICADO : Module d'Imagerie Côtier Autonome pour le Développement de l'Observation

MDS : Multi-Dimensional Scaling

NS : Non Significatif

PERMANOVA : Analyse de la variance par permutation

PRIMER : Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research, logiciel d'analyse des données de communautés écologiques

RC : Réserve Coutumière

RS : Richesse Spécifique

STAVIRO : STAtions Vidéo ROtatives sous-marine

TDB : Tableau De Bord

UVC : Underwater Visual Census, Comptages visuels réalisés en plongée

VKP : Voh – Koné – Pouembout

ZCNE : Zone Côtière Nord Est

ZCO : Zone Côtière Ouest

2. Synthèse

Contexte et motivation

La région de VKP a montré un développement démographique important ces dernières années suite à la volonté de rééquilibrage économique et démographique entre la Province Sud et la Province Nord, et notamment grâce à la construction d'une usine d'exploitation minière en bordure du lagon. Cette installation a occasionné le creusement d'un chenal en 2008 et 2009. Ce chantier a duré 16 mois et a entraîné l'extraction d'une dizaine de millions de tonnes de sédiments. Par ailleurs, la Réserve Coutumière d'Oundjo, zone de pêche exclusive pour les personnes de la tribu d'Oundjo, a été mise en place dans cette zone depuis la fin des années 1970.

Dans le cadre du projet AMBIO, la Province Nord a souhaité la réalisation d'une campagne dans la zone de Voh-Koné-Pouembout, cinq ans après une première campagne vidéo réalisée avec la même technique (campagne 2007). Cette étude présente les résultats des deux campagnes réalisées dans la zone de VKP en 2007 et 2013. Elle repose sur l'utilisation de STAVIRO, une technique vidéo rotative mise au point en 2007, et largement perfectionnée et testée depuis. La méthodologie utilisée est identique à celles des autres campagnes réalisées dans et autour des Aires Marines Protégées et sur les biens inscrits au Patrimoine Mondial de l'UNESCO.

Méthodologie

En 2007, les stations ont été réparties de manière systématique et régulière sur l'ensemble de la zone couverte, qui s'étendait du nord de la passe de Duroc (commune de Voh) au nord de la passe de Pouembout (commune de Pouembout). En 2013, le plan d'échantillonnage a été stratifié en fonction des trois structures récifales (récif frangeant, récif intermédiaire et récif barrière), et des biotopes associés, avec une répartition systématique des stations par strate. La zone couverte en 2013 s'étend du plateau des Massacres (zone nord de la commune de Voh) au nord de la passe de Pouembout (commune de Pouembout). Dans les deux cas, l'ensemble du lagon a été couvert à l'exception de la pente externe du récif barrière.

Respectivement 187 et 175 stations vidéo rotatives ont été déployées en 2007 et 2013, dont 143 et 137 ont été validées et analysées pour chaque année. Sur chaque rotation, les organismes appartenant à une liste d'espèces d'intérêt halieutique et emblématique et facilement identifiables par STAVIRO (AMBIO/A/1) ont été dénombrés. 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 en Nouvelle-Calédonie. 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. **Sur cette zone, nous avons testé l'évolution des indicateurs entre les stations situées à l'extérieur et à l'intérieur de la Réserve Coutumière.** Nous avons de plus étudié **l'évolution des habitats et des poissons en fonction de l'impact attendu du développement démographique et industriel.** La zone a été découpée en **5 sous-zones différenciant selon l'impact attendu** de ce développement, en suivant l'étude initiale de Chabanet et al (2010) : pas d'impact (nord et sud), impact faible (nord et sud) et fort impact (centre de la zone d'étude).

Les Habitats

- Quatre des cinq habitats identifiés dans la typologie de Nouvelle-Calédonie ont été observés à Koné ; aucune des stations n'a été assignée à l'habitat algueiraie dans cette zone.
- Le principal habitat observé correspond à des fonds meubles : il s'agit de l'habitat Fond lagonaire (67% des stations). Cet habitat comprend également les zones de patates coralliennes isolées.
- Les deux autres principaux habitats correspondent à des fonds de substrat dur : habitat Corail vivant (19% des stations) et habitat Détritique (11% des stations).
- Peu de stations ont été réalisées sur la pente externe en raison des moyens nautiques disponibles (plates des pêcheurs).
- Le recouvrement en herbier est très faible aux stations observées (2.9% des stations classées en habitat Herbier), et principalement rencontré au sud de la Réserve Coutumière d'Oundjo, ainsi qu'au nord dans l'AGDR de Kan-Gunu.
- Sur les stations visitées, le recouvrement moyen en corail vivant est de 7.8 %.

Ichtyofaune et espèces remarquables

Ces analyses se basent sur la liste d'espèces IEHE (AMBIO/A/1) comprenant les espèces consommables, emblématiques ou présentant un intérêt écologique particulier (490 espèces et 40 familles). Chaque station video est posée de manière à avoir une vision à 360° autour de la station ; elle correspond à une durée d'observation de 9 min et une surface d'observation de 78.5 m². Les abondances étant moyennées sur les trois rotations, les indicateurs basés sur la densité correspondent à une durée d'observation de 3 min. Les nombres d'espèces sont cumulés sur les trois rotations et correspondent à une durée d'observation de 9 min.

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

Statistiques d'ensemble (2007 et 2013) sur les espèces observées

- 143 espèces de poissons, serpents et tortues, appartenant à 59 genres et 23 familles (dont les tortues (Chelonidae) et les serpents (Elapidae)) ont été observées.
- 71% des poissons ont été identifiés au niveau de l'espèce, 19% au niveau du genre et 10% au niveau de la famille (souvent des petits perroquets).
- Les espèces de la liste IEHE habituellement rencontrées dans les écosystèmes coralliens sont observées, notamment sur les habitats Corail vivant et Fond lagonaire.
- Chirurgiens et perroquets sont les familles les plus fréquentes (présents sur respectivement 76% et 71% des stations), suivis par les rougets-barbets (61%), les poissons-papillons (52%) et les becs et bossus (40%).
- Les familles les plus diversifiées sont les poissons-papillons (23 espèces), puis les chirurgiens (17 espèces). La diversité des poissons-papillons est signe un bon état de santé des récifs observés ; elle est à rapporter au nombre élevé de stations (280) collectées sur cette zone.
- Les familles les plus abondantes sont les chirurgiens, puis les perroquets et, dans une moindre mesure, les poissons-papillons et les rougets-barbets.
- Tortues et napoléons ont été observés assez rarement (tortues : 1 station sur 137 en 2013 ; napoléons : 8 sur 143 en 2007 et 1 sur 137 en 2013).

- Les requins et les raies sont moins observés en 2013 qu'en 2007 (requins :10 sur 143 en 2007 et 5 sur 137 en 2013, raies : 7 sur 143 en 2007 et 2 sur 137 en 2013)
- Tous habitats confondus, la densité moyenne par station, est de 12 ind/100m²/3min (maximum 160 ind/100m²/3min) tandis que le nombre d'espèces moyen (Richesse Spécifique – RS) vu par station est de 6.6 espèces dans un rayon de 10 m (soit sur une surface de 314 m²/9min) avec un maximum de 27 espèces sur une des stations. Dans un rayon de 5 m (surface de 78.5 m²/9min), la RS est de 5.5 espèces avec un maximum de 25 espèces sur une des stations. RS par station et densité d'abondance totale sont significativement différentes entre habitats, et elles sont les plus élevées sur l'habitat Corail vivant. **Le peuplement est plus significativement diversifié et plus abondant sur l'habitat Corail vivant qui regroupe près de 20% des stations réalisées.**
- L'habitat Herbier (8 stations) présente des RS faibles, et des densités variables et assez faibles.
- Le peuplement est significativement plus diversifié et plus abondant sur l'habitat Corail vivant - qui comprend près de 20% des stations réalisées - que sur les autres habitats.

Les peuplements de poissons en fonction de l'habitat et de l'unité géomorphologique

- La composition spécifique de l'assemblage diffère significativement selon l'habitat (décrit par les 5 classes de la typologie). Les espèces caractéristiques de chaque habitat ont pu être identifiées :
- L'habitat Corail Vivant est caractérisé par des poissons chirurgiens, des poissons perroquets et le poisson-papillon côté du Pacifique (*Chaetodon lunulatus*).
- L'habitat Détritique est caractérisé par le dawa (*Naso unicornis*), le baliste (*Sufflamen chrysopterum*), le rouget-barbet à bandes (*Parupeneus multifasciatus*) et des poissons perroquets.
- Le communard long (*Lethrinus variegatus*) est caractéristique des habitats Herbier et Fond lagunaire.
- Au sein de chacun des deux principaux habitats de la typologie (Corail vivant et Fond lagunaire), les assemblages spécifiques diffèrent significativement entre les unités géomorphologiques Fond lagunaire, Récif barrière, Récif frangeant et Récif intermédiaire.

Evolution des indicateurs et du peuplement entre 2007 et 2013

27 métriques ont été sélectionnées à cet effet. Deux buts de gestion ont été considérés : la conservation de la biodiversité se déclinant en 4 objectifs (diversité, fonctionnalité, espèces remarquables et habitats) et l'exploitation durable des ressources halieutiques. Les variations de ces indicateurs entre zones, statuts de protection et années sont analysées, puis pour les principaux indicateurs, les valeurs observées sur la zone sont comparées de manière qualitative avec celles observées sur d'autres sites. Seules les différences les plus marquantes sont évoquées. Les comparaisons systématiques entre sites font l'objet d'un rapport séparé. Ces comparaisons sont effectuées sur l'habitat Corail vivant où la plupart des indicateurs présentent des valeurs plus élevées que sur les autres habitats.

L'analyse multivariée de la structure du peuplement est réalisée sous le premier objectif de conservation de la biodiversité.

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

1. Densité d'abondance toutes espèces et Richesse Spécifique (RS)

- Sur l'habitat Corail vivant (19% des stations), la **densité d'abondance diminue significativement ($p < 0.08$)** entre 2007 et 2013, **sur les zones à fort impact attendu et sans impact attendu**. Diminution marginalement significative HR ; stabilité en RC. La diversité (RS), légèrement plus élevée en RC, montre des signes de diminution (non significative) sur ces deux zones.
- Sur l'habitat Fond Lagonaire (67% des stations), l'abondance augmente dans la zone sans impact attendu, et elle tend à diminuer sur les 2 autres zones (différences non significatives). La diversité (RS) augmente significativement ($p < 0.0002$), surtout dans la zone sans impact attendu, mais aussi dans les deux autres. Elle ne diffère pas entre RC et HR, et elle augmente à la fois en RC et HR.
- Ces deux métriques indiquent que les évolutions observées peuvent difficilement être mises en relation avec un **impact géographiquement circonscrit à la zone de fort impact attendu**, celle où des aménagements ont été réalisés en mer. Ils montrent plutôt pour ce qui est des diminutions observées, **une pression anthropique accrue sur l'ensemble de la zone**, s'exprimant d'abord au travers d'une pression de pêche (**effet plus marqué sur la densité d'abondance que sur la diversité**) (voir objectif d'Exploitation Durable des Ressources).

• Comparaisons entre sites sur l'habitat Corail vivant :

RS par station: Hyehen < Koné ~ Pweevo < ZCO (Bourail et Ouano) et Borendy

Densité toutes espèces par station : Hyehen < Koné < Pweevo << ZCO et Borendy

NB : < (ou >) = légèrement inférieur (ou supérieur) ; << (ou >>) = nettement inférieur (ou supérieur)

2. Densité d'abondance par famille

• Comparaisons entre sites sur l'habitat Corail vivant :

- Les chirurgiens sont la famille la plus diversifiée et la plus abondante, bien que moins abondante que sur la plupart des autres sites (sauf Ouano et Hyehen).
- Les perroquets sont assez abondants, plus que sur certains sites (Hyehen, Bellona), comparables à Pweevo mais moins que sur les autres sites.
- L'abondance des poissons-papillons est assez faible, similaire à Hyehen et Petrie, plus

élevée qu'à Bellona, mais moins que sur les autres sites (dont ZCO et Pweevo).

- Les rougets-barbets sont relativement abondants sur la zone (bien qu'absents de l'herbier) avec des densités plus élevées que sur plusieurs sites côtiers (ZCNE et Ouano).
- Les becs et bossus sont plus abondants qu'à Hyeheh, aussi abondants qu'à Pweevo et moins abondants que sur la ZCO et à Borendy. Ils sont observés sur les habitats Herbier et Fond lagonaire, en abondance similaire à Bourail sur ce dernier.
- L'abondance des loches est faible en RC comme HR, et similaire à celles de la ZCNE et de la ZCO et inférieure à celles des autres sites.
- Les balistes sont abondants sur l'habitat Détritique, avec des signes de densité plus élevée HR. Les labres présentent des densités similaires à Hyeheh et inférieures aux autres sites, tandis que les lutjans sont plus abondants que sur la ZCNE et à Bourail, mais moins qu'à Ouano. Les picots (Siganidae) sont peu abondants dans les observations.

• Evolution entre 2007 et 2013

- Poissons-papillons en légère augmentation (NS). Rougets-barbets en augmentation sur tous les habitats et significativement sur l'habitat Corail vivant.
- **Diminution significative pour les :**
 - ***perroquets** sur les 2 principaux habitats, en RC et surtout HR ;
 - ***becs, bossus et communards** sur tous les habitats, en RC et HR (qui restent toutefois plus abondants en RC que HR)
 - ***loches**, en RC et HR.

NB : pour ces familles voir aussi plus loin les résultats pour l'objectif Pêche durable

3. Richesse spécifique par famille :

Légère augmentation (NS) entre 2007 et 2013 pour les chirurgiens, rougets-barbets et poissons-papillons. Pour les perroquets, **baisse significative dans la RC** et stabilité HR. Autres familles assez peu diversifiées à l'échelle de la station. Les loches sont observées sur les habitats Corail vivant et Fond lagonaire, autant en RC que HR, mais leur diversité est faible (1 à 2, rarement 4 espèces par station).

4. Cas de l'Habitat Herbier (8 stations) : RS faibles et densités variables ; Lutjanidae et Lethrinidae (becs, bossus et communards) sont les seules familles observées sur cet habitat.

5. Au niveau du peuplement de poisson :

La composition spécifique de l'assemblage diffère significativement d'abord en fonction de l'habitat issu de la typologie, puis entre 2007 et 2013¹. De plus, elle diffère significativement en fonction de la zone d'impact potentiel du site minier et de l'interaction zone d'impact potentiel et année de campagne. Enfin, elle diffère significativement entre Réserve Coutumière et Hors Réserve : sur l'habitat Corail vivant en 2007 et 2013, et sur l'habitat Fond lagonaire en 2013. **Au delà de l'influence de l'habitat, ces résultats indiquent une évolution entre les deux années sur toutes les zones, puis une évolution différente selon la zone d'impact, évolution graduellement plus marquée à mesure que l'on s'éloigne de la zone de « fort impact attendu ». De plus, l'assemblage a évolué différemment² entre Réserve Coutumière et Hors Réserve sur l'habitat Corail vivant.**

¹ Rappelons que les tests non paramétriques ne permettent pas de quantifier ni le sens ni l'amplitude des différences.

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

• Comparaisons entre sites sur l'habitat Corail vivant :

- Les herbivores (chirurgiens, perroquets, picots) sont le groupe le plus abondant; ils n'ont pas été observés sur l'habitat Herbier dans cette zone. Sur l'habitat Corail vivant, ils sont moins abondants qu'à Bourail et Borendy en 2012, mais aussi abondants qu'à Pweevo et plus abondants qu'à Hyeheh.
- Les carnivores (voir espèces sur Tableau 21) sont présents sur les 4 habitats. Sur l'habitat Corail vivant, leur abondance est dans la moyenne de celle des autres sites côtiers et éloignés, avec des valeurs similaires à celles observées à Pweevo, Borendy, et Merlet.
- Les piscivores sont peu abondants, en abondances comparables à celles observées à Borendy et Merlet : et dépassant celles observées à Bourail, Ouano, Hyeheh, Pweevo.
- Les planctonophages présentent des densités faibles sur tous les habitats et statuts, à l'exception de quelques bancs.

• Evolution entre 2007 et 2013

L'abondance des groupes prédateurs (carnivores et piscivores) ne montre **pas d'évolution notable** entre 2007 et 2013. Les piscivores sont plus abondants en RC sur l'habitat Corail vivant (mais NS). A l'inverse pour les herbivores, malgré des signes de densité plus élevée en RC, leur abondance a **diminué significativement** entre 2007 et 2013 sur l'habitat Corail vivant, **en RC et surtout HR**. Des signes de diminution sont également visibles sur l'habitat Fond Lagonaire.

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

- Napoléon et requins ont été observés assez fréquemment en 2007, mais rarement en 2013. Pour les raies, la même diminution de fréquence est observée. Plusieurs espèces de requin et de raie ont été observées.
- Les tortues ont été très peu observées sur les deux campagnes, malgré le nombre d'observations. Il semble donc que la famille ne soit pas fréquente sur la zone, car elle est largement observée sur d'autres sites.
- Au final, le nombre d'espèces observées pointe un état de santé plutôt bon. Cependant le fait que **ces espèces soient devenues nettement plus rares sur la zone en 2013** doit retenir l'attention.

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

- Un recouvrement en corail vivant souvent faible dans la zone d'étude, en moyenne 7.8% (médiane 3.5%). 20% des stations sont toutefois classées dans l'habitat Corail vivant de la typologie, proportion plus élevée qu'à Bourail et Ouano, également situés sur la côte Ouest ; et plus faible qu'à Hyeheh, Pweevo, et Borendy. Parmi les stations de l'habitat Corail vivant, le recouvrement moyen est plus faible qu'à Bourail, Ouano, Borendy et Pweevo, et proche de celui de Hyeheh.
- Le recouvrement en corail vivant est significativement plus élevé sur les récifs frangeants et intermédiaires que sur la barrière interne ou sur les fonds lagonaires². Sur les récifs frangeants, il est significativement plus élevé au nord de la zone (couverte en 2013) que dans le reste de la zone, ce qui se traduit par un recouvrement significativement plus élevé Hors Réserve Coutumière. Plusieurs des 8 stations

² Rappel : pas de stations sur la pente externe qui présentent en général des recouvrements en corail vivant assez élevés.

inscrites dans le périmètre de la nouvelle AGDR de Kan-Gunu présentent un recouvrement corallien élevé.

- Les poissons-papillons, espèces indicatrices d'un bon état de santé des récifs, sont diversifiés et sont fréquemment observés; leur RS a légèrement augmenté entre 2007 et 2013 (mais NS). Leur abondance est toutefois peu élevée, similaire à Hyehen et Petrie, plus élevée qu'à Bellona, mais moins élevée que sur les autres sites (dont ZCO et Pweevo): et elle ne montre pas d'évolution significative, mais des signes d'augmentation entre les deux années sont observés en RC.
- Dans la Réserve d'Oundjo, le recouvrement en corail branchu montre des signes d'augmentation entre les deux années.
- En ce qui concerne les herbiers et les algueraies, seulement huit stations ont été classées dans l'habitat Herbier, soit 3% des stations et aucune en Algueraie. Cette proportion est assez faible en comparaison d'autres sites côtiers de la côte Ouest, comme par ex. Bourail, Ouano, ou Nouméa ; elle est similaire à celle de Pweevo et plus élevée qu'à Hyehen. Toutefois, des stations n'ont pas été réalisées tout le long du frangeant littoral, souvent en raison d'un manque de visibilité (sortie des rivières) ou d'une profondeur insuffisante. Les stations réalisées sur l'habitat Herbier sont toutes situées soit dans la Réserve Coutumière (6 stations, au sud, Figure 11), soit dans l'AGDR de Kan-Gunu (2 stations).
- **Au final, l'état de santé du corail n'est donc pas significativement meilleur dans la Réserve d'Oundjo qu'alentour, mais la zone de Kan-Gunu abrite des stations riches en corail vivant. La Réserve d'Oundjo et l'AGDR de Kan-Gunu abritent les seules stations riches en herbier observées sur la zone d'étude durant ces campagnes.**
- **Le recouvrement corallien ne semble pas affecté par les aménagements dans la zone de fort impact attendu. Les nouvelles stations réalisées en 2013 à proximité du chenal présentent des recouvrements satisfaisants. Cependant, sur ces stations précisément, il n'est pas possible de comparer avec 2007. Sur l'ensemble de la zone, lorsque les comparaisons entre années sont possibles, le recouvrement corallien est soit resté stable, soit il a augmenté. Les stations nouvelles en 2013 présentent des recouvrements plus élevés (qu'en 2007 en moyenne), notamment dans le nord (Plateau des Massacres). Le recouvrement corallien apparaît relativement moins élevé dans le sud de la zone que dans le nord. Au vu de ces résultats, le développement démographique et économique ne semble pas avoir affecté le recouvrement corallien.**

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

1. Composition du peuplement halieutique

Les espèces commerciales (vendues ou commercialisées en Nouvelle-Calédonie) et les espèces consommables (particulièrement ciblées par la pêche récréative et informelle) sont assez abondantes sur les trois habitats : Corail vivant, Fond Lagonaire et Détritique, qui comprennent 97% des 280 stations validées en 2007 et 2013. Les espèces commerciales sont absentes de l'Herbier (8 stations seulement), au contraire des espèces consommables qui y sont abondantes. De manière générale, les chirurgiens pêchés et les perroquets sont abondants sur la zone, ainsi que les becs, bossus et communards. Des espèces pêchées de lutjans et des carangues sont également régulièrement observées. Par contre, certaines espèces-cibles sont peu fréquentes dans les observations : c'est le cas des picots (Siganidae), et de la saumonée petits points.

2. Evolution HR et en RC

- La plupart des 20 métriques considérées pour cet objectif de gestion indiquent une **diminution des ressources de la pêche entre 2007 et 2013**, parfois à la fois dans la Réserve Coutumière (RC) et Hors Réserve (HR), et dans les autres cas, seulement hors réserve avec une stabilité en RC. **Ces diminutions sont marquées et souvent significatives sur les principaux habitats** (Corail vivant et Fond lagonaire). Sur l'habitat Détritique et l'habitat Herbier, les observations sont assez peu nombreuses par année, mais des variations sont également observées. En termes d'espèces, les **perroquets, les becs et bossus et communards pêchés, ainsi que les loches sont significativement moins abondants en 2013 qu'en 2007**. Au final, les espèces-cibles de la chasse ou cibles de la ligne montrent les unes comme les autres des tendances marquées à la diminution et principalement Hors Réserve.
- Seules **les fréquences d'occurrence du dawa et des becs de cane ont significativement augmenté dans la Réserve d'Oundjo entre 2007 et 2013**; et ce résultat doit être noté. Cependant, sur un habitat important (Corail vivant), bien que stable et plus élevée en RC, **l'abondance du dawa a diminué Hors Réserve**.

3. Evolution au regard du développement démographique et industriel de la zone

Trois groupes de métriques ont été analysées en fonction des zones d'impact potentiel du chenal et de l'usine.

- **Espèces commerciales et consommables**

Elles sont en général plus abondantes :

- **dans la RC (zones de fort et faible (sud) impact attendus)**, avec des abondances **en RC** supérieures à celles HR dans les mêmes zones, et également plus élevées que celles des autres zones ; ces abondances sont de plus **stables** (habitat Fond lagonaire), **en diminution modérée au sein de la RC** (habitat Corail vivant) entre 2007 et 2013 et **diminuent significativement dans la zone nord de faible impact attendu** (habitat Fond lagonaire).
- **dans le sud de la zone « pas d'impact attendu »**, qui comprend des zones de pêche importantes pour Koné et Pouembout. Les abondances y sont plus élevées qu'au nord de cette zone, sont stables sur Fond lagonaire mais **diminuent sur habitat Corail vivant**.

Entre 2007 et 2013, pour une zone donnée, l'abondance des espèces consommables a généralement moins diminué que l'abondance des espèces commerciales.

- **Espèces cibles de la pêche au fusil**

-Sur la zone, les espèces-cibles de la pêche au fusil sont observées en abondances globalement comparables sur les deux habitats principaux, et surtout observées dans la zone nord de la RC (zone de fort impact attendu, partie RC), et en 2007. En 2013, ces espèces sont observées, pour les stations Corail vivant : au nord de la Passe Duroc dans la zone de faible impact attendu et dans la partie nord de la RC, et pour l'habitat Fond lagonaire, dans toute la RC, ainsi qu'au sud de la Passe de Koné.

-Les **perroquets** apparaissent plus abondants sur l'habitat Corail vivant (tombants des récifs) que sur l'habitat Fond lagonaire (arrière-récif et petites patates isolées). Ils sont nettement plus abondants en RC que HR, bien qu'en **diminution nette** entre 2007 et 2013 dans 2 zones sur 4 testées (**dont nord RC**). Ils sont devenus **peu abondants au sud de la Passe de Koné**, qui comprend des zones de pêche importantes pour Koné et Pouembout.

-Les **chirurgiens commerciaux** sont nettement moins abondants que les perroquets sur l'ensemble de la zone et leur abondance est **stable ou en légère diminution**. Ils sont surtout observés **dans la partie nord de la RC et au sud de la Passe de Koné** où ils sont devenus plus abondants que les perroquets en 2013. Leur diminution est également nette dans la zone nord de faible impact attendu (mais sur Fond lagonaire).

-Les **loches** sont assez **peu abondantes** dans les observations réalisées dans des zones situées à l'intérieur du lagon, et ces espèces ne sont pas observées sur l'habitat Fond lagonaire. **Dans la zone de fort impact attendu, leur abondance a nettement diminué et ces espèces sont quasiment absentes des observations en 2013 dans la zone HR** en bordure du chenal. **Dans la zone sud de faible impact attendu (essentiellement en RC), l'abondance des loches se maintient** ; dans cette zone les captures de loches étaient assez élevées en 2007 (Guillemot et Léopold 2009), notamment sur le tombant interne et dans la zone de récif séparant le nord et le sud de la RC.

- **Espèces cibles de la pêche à la ligne**

-Sur la zone, la plupart des espèces-cibles de la pêche à la ligne qui ont été observées sont des becs et bossus.

-Sur l'habitat Corail vivant, trois des quatre métriques analysées montrent **une diminution significative dans la Réserve coutumière, et dans la zone de fort impact, ces espèces-cibles ne sont observées qu'en RC**. Sur ce même habitat, les abondances sont **faibles dans les autres zones à l'exception de la zone au sud** de la Passe de Koné où ces espèces semblent assez abondantes sur les deux années, essentiellement en raison de bancs de lutjans (*Lutjanus monostigma* et *quinquelineatus*).

-Sur l'habitat Fond lagonaire, dans la **zone de fort impact**, les **espèces-cibles de la ligne** ont été observées en 2007 HR et en RC, mais **ont fortement diminué en 2013**. Dans la zone d'impact attendu faible, les abondances sont stables et plus élevées dans la RC. Dans les zones où aucun impact n'est attendu, les abondances sont faibles.

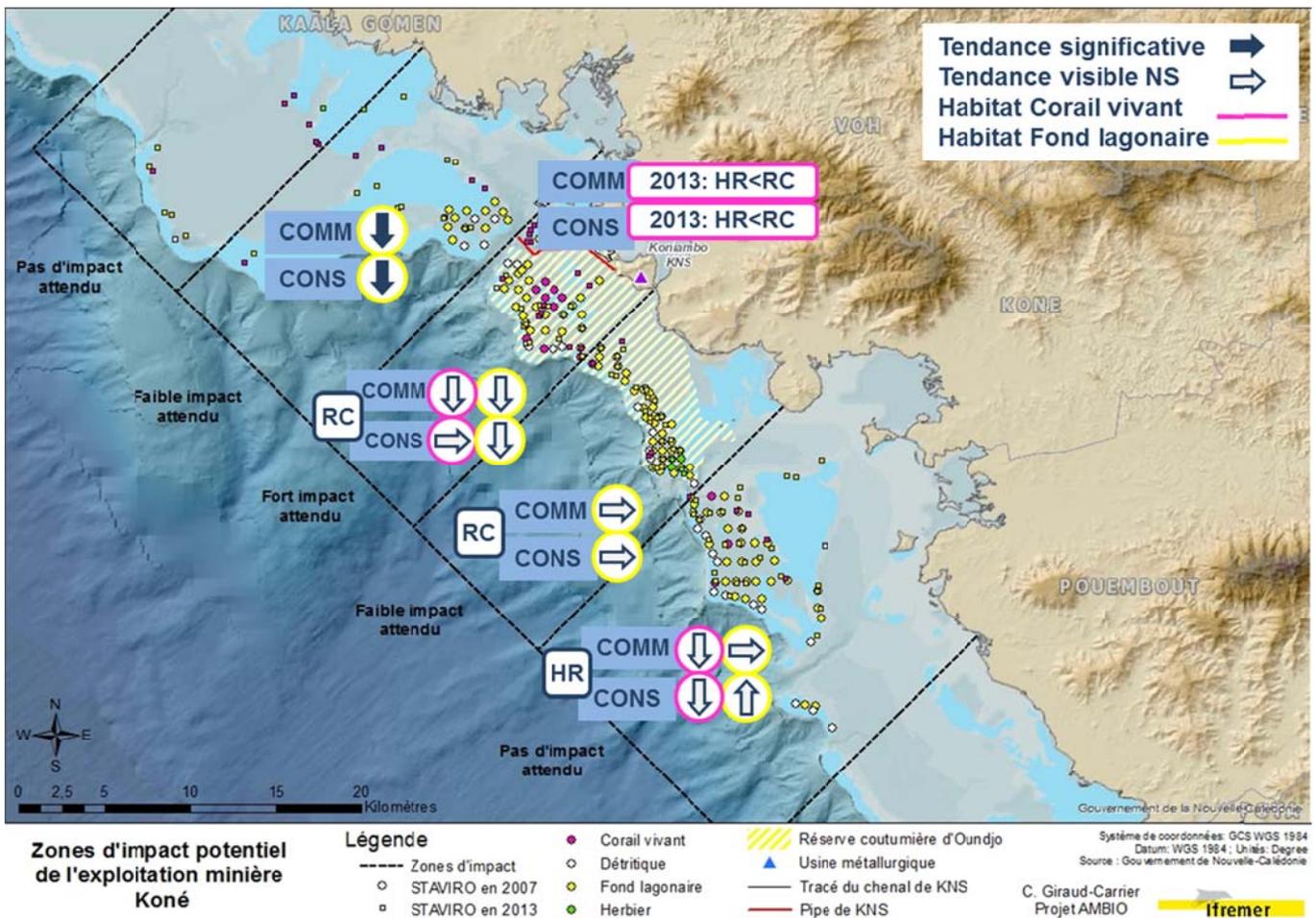
-Les deux métriques de fréquence indiquent que **les becs et bossus sont assez fréquents sur la zone, en 2007 comme en 2013, et particulièrement sur l'habitat Fond lagonaire**. Dans la zone de fort impact, ces espèces n'ont **pas du tout été observées en 2013**, tandis que leur fréquence reste stable dans les autres zones. **Le bec de cane est peu abondant dans les observations**, plus observé en 2013 qu'en 2007, avec quelques groupes d'individus sporadiques, essentiellement dans la partie sud de la RC et sur habitat Fond lagonaire.

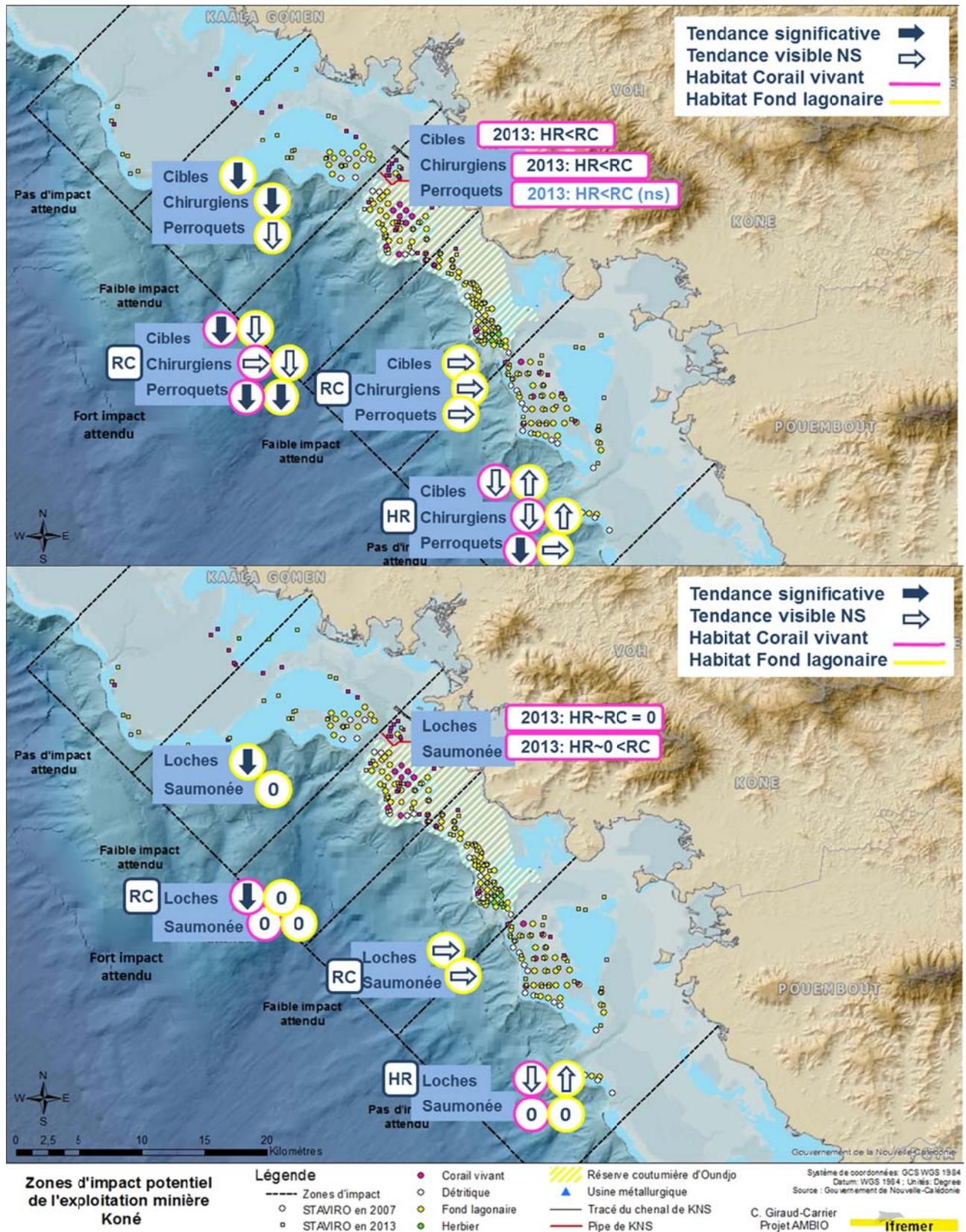
Conclusion

Sur la zone, l'évolution des ressources n'est pas favorable entre 2007 et 2013, avec toutefois des différences selon les espèces, les zones et les habitats. Ces résultats montrent une augmentation générale de la pression de pêche sur la zone se traduisant par une diminution souvent marquée de l'abondance des ressources, notamment pour les perroquets, les becs et bossus et les loches.

Cette diminution se manifeste principalement sur les récifs (habitat Corail vivant) sur l'ensemble de la zone, et sur l'habitat Fond lagonaire au nord de la Passe Duroc, dans la partie nord de la Réserve d'Oundjo. Dans la partie nord de la RC, une diminution nette est observée pour les perroquets, et les becs et bossus, indiquant probablement une pression de pêche soutenue, ciblée sur les espèces commerciales. Plusieurs autres métriques apparaissent stables probablement en lien avec la limitation de l'accès.

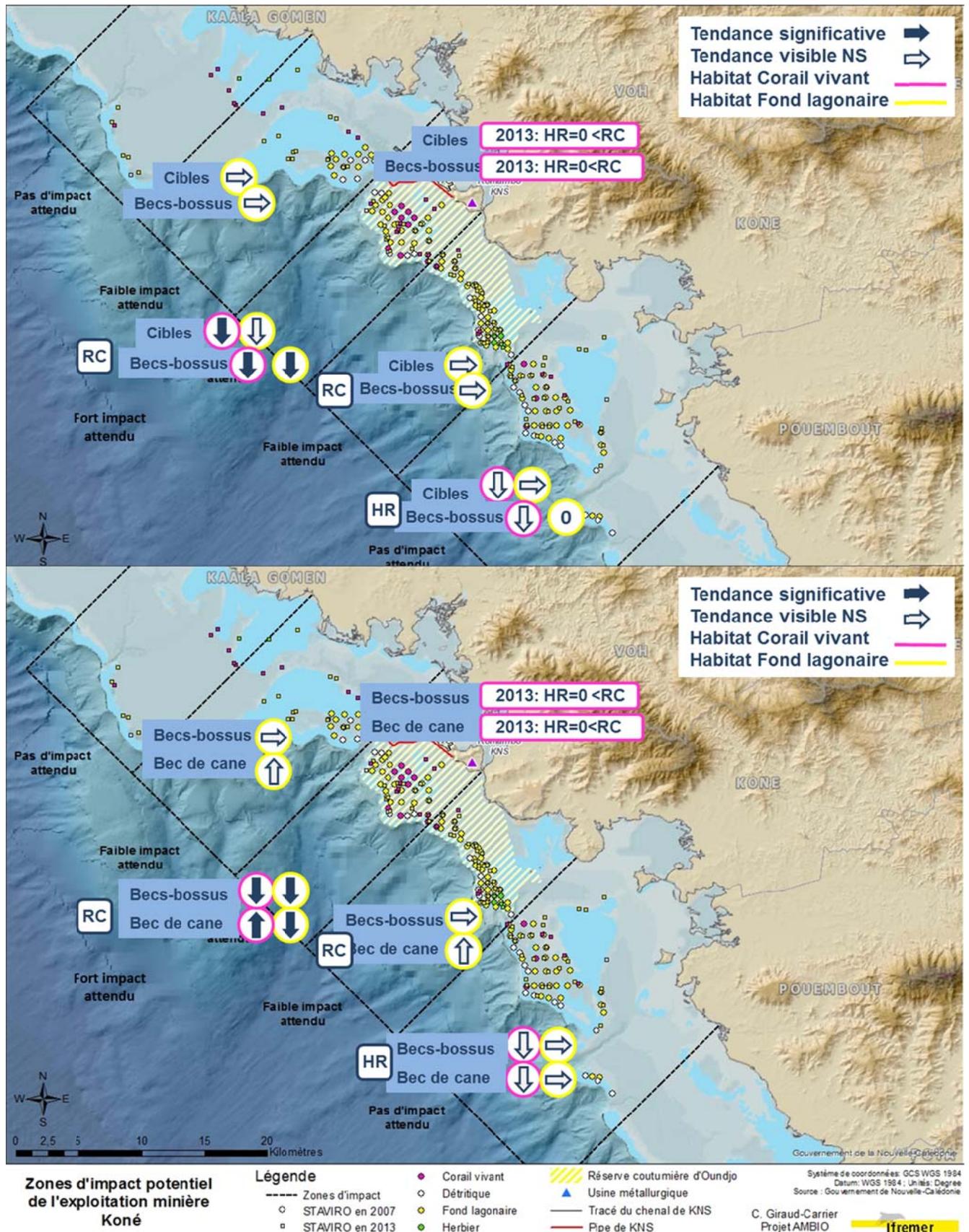
**Evolution des principales ressources de la pêche entre 2007 et 2013 :
Cartes de synthèse**





Haut : Abondance des espèces-cibles de la pêche au fusil (Cibles), des chirurgiens commerciaux et des perroquets

Bas : Abondances des loches et de la saumonée petits points



Haut : Abondance des espèces-cibles de la pêche à la ligne (Cibles), et des becs et bossus

Bas : Fréquence des becs et bossus et du bec de cane

Protocole pour un suivi vidéo complémentaire des suivis existants

Un des objectifs de l'étude est de définir un plan d'échantillonnage de suivi vidéo en routine, complémentaire aux observations en UVC. 150 stations sont ainsi sélectionnées:

- 52 stations sont issues de l'état initial vidéo de 2007, réparties entre les différents types de récifs et statuts de protection.
- 73 stations sont issues de la campagne 2013, réparties entre les différents types de récifs et de statuts de protection.
- 25 stations ont été rajoutées notamment au niveau de la pente externe, des herbiers et des passes, pour tenir compte d'un gradient côte-large, et enfin pour échantillonner une zone non impactée par la création du chenal, ni par les bassins versants miniers avoisinants.

Livrables relatifs à cette campagne ou utilisant les données de cette campagne

A6	Fiche terrain de la campagne 2013
A3	Typologie des habitats incluant les données de Koné
A25	Ce rapport avec fiches métriques en annexe
A25a	Annexe cartographique (Bockel et Carpentier 2016) et cartes et couches sur Sextant : http://sextant.ifremer.fr/fr/web/nouvelle_caledonie
A31	Montage vidéo (présentation de la technique avec images de Koné) Pelletier et al. 2013. http://www.oceanplus.tv/fr/reportages/video/192-les-techniques-videos-d-observation-du-milieu-marin-staviro-et-micado . https://www.youtube.com/watch?v=C_uzdRguTgs .
A1	Guide méthodologique vidéo



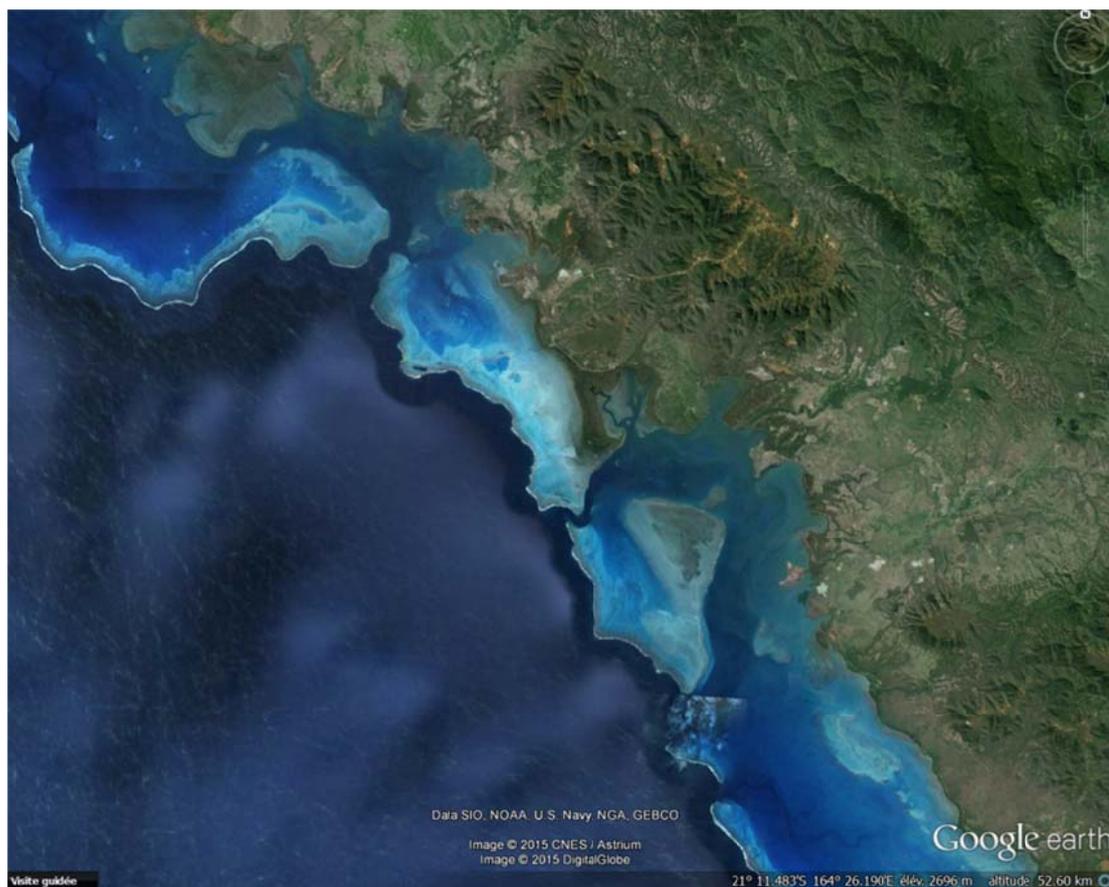


Figure 1. Vue d'ensemble de la zone d'étude (source Google Earth, 2015).

3. Introduction et Contexte

La zone d'étude de Voh-Koné-Pouembout (VKP) (Figure 1, page précédente) est située sur la côte nord-ouest de la Province Nord. La zone de VKP comprend trois communes : Voh au nord, Koné au centre et Pouembout au sud de la zone. Cette région est depuis une vingtaine d'années le siège de transformations importantes liées à son développement industriel. En lien avec une volonté politique de rééquilibrage économique et démographique entre la Province Nord et la Province Sud, un pôle urbain s'est développé et continue à se développer autour du projet de complexe minier qui doit exploiter le gisement du massif du Koniambo. Ce projet s'est accompagné d'un essor démographique remarquable dans la région.

Par ailleurs, une Réserve Coutumière a été mise en place dans cette zone, devant la tribu d'Oundjo, depuis la fin des années 1970. Elle constitue une zone de pêche exclusive pour cette tribu.

Cette étude, conduite à partir des données de deux campagnes différentes réalisées en 2007 et en 2013 est menée dans le cadre du projet AMBIO à la demande du Service Milieu et Ressources Aquatiques de la Province Nord.

Au cours de ces campagnes, 362 stations vidéo rotatives STAVIRO réparties sur l'ensemble de la zone ont été déployées.

Cette étude s'intéresse à plusieurs problématiques concernant le suivi de l'état de santé du récif dans la zone de VKP :

- Le développement de l'usine avec le creusement du chenal (fin 2008 à 2009) a-t-il engendré un impact sur les différents habitats marins et sur les poissons ?
- La construction des infrastructures industrielles, l'urbanisation et l'exploitation du nickel du massif de Koniambo augmenteront les apports terrigènes par ruissellement dans le lagon. Peut-on en déceler des impacts sur les habitats et les poissons ?
- Le développement démographique de la région, a-t-il entraîné une augmentation de la pression de pêche ? Quel est l'impact sur les ressources en poisson ?



3.1. La zone d'étude

La zone d'étude de VKP est située sur la côte nord-ouest de la Nouvelle-Calédonie. Située en Province Nord, cette zone inclut 3 communes : Voh (au nord de la zone), Koné (chef-lieu de la Province Nord) et Pouembout (au sud de la zone).

La zone de VKP (Figure 2, en rouge) couvre 756 km² de lagon.

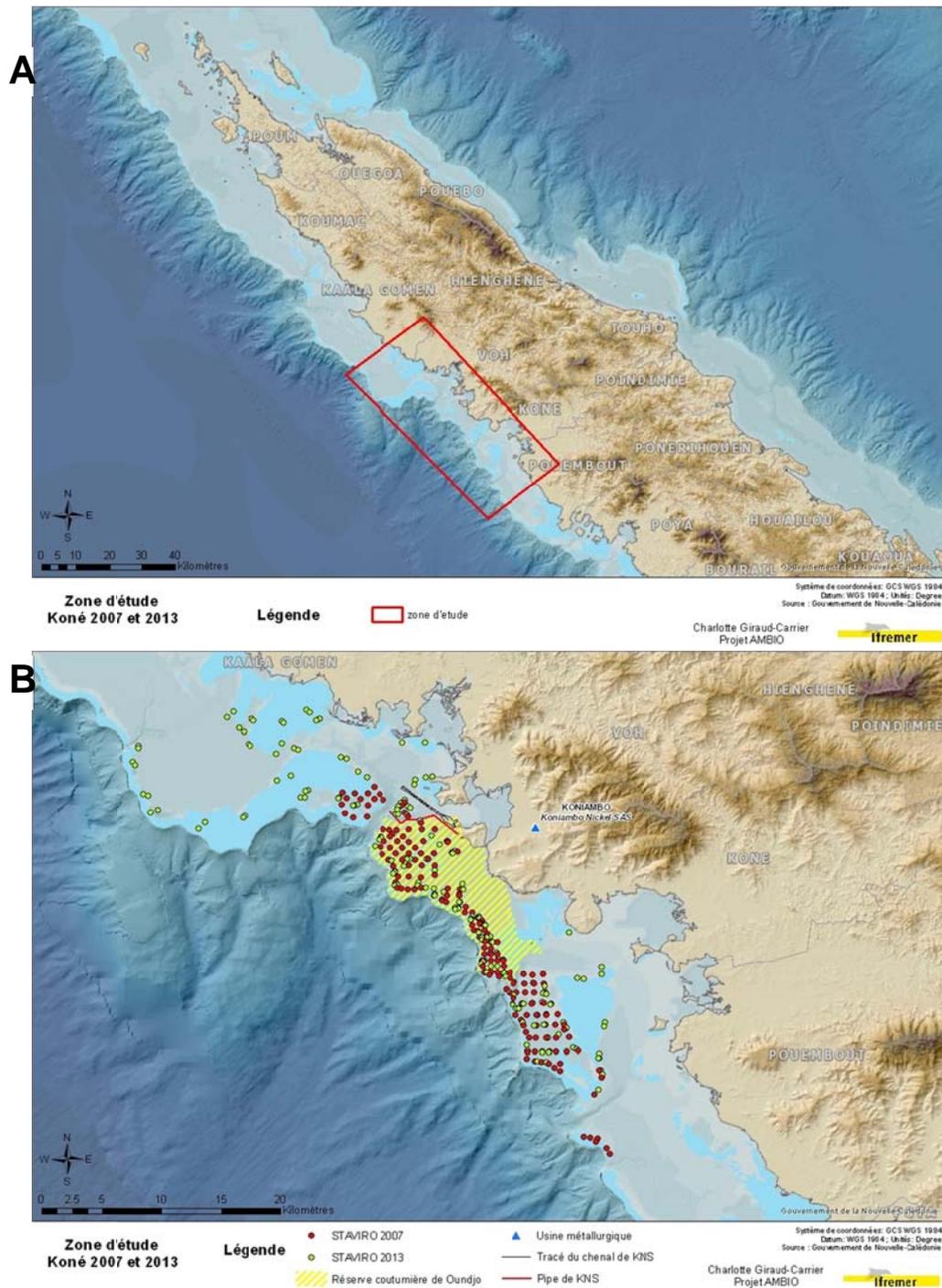


Figure 2. Délimitation de la zone d'étude (Figure 2A, rouge), et zoom sur la zone d'étude (Figure 2B) avec l'ensemble des stations d'échantillonnage (point rouge : 2007 et point vert : 2013) et les limites de la Réserve Coutumière (hachures jaunes).

3.2. Développement démographique et industrialisation

L'usine de traitement du minerai de nickel de Koniambo Nickel SAS (KNS) est située au sud de la commune de Voh, sur la presqu'île de Vavouto. Afin de permettre aux navires d'accéder à l'usine pour transporter le minerai, un chenal fut creusé entre fin 2008 et 2009 aux abords de l'usine. Environ 10 millions de tonnes de sédiments furent extraites lors de ce chantier (Guillemot 2009).

La construction du chenal a entraîné différents impacts sur les habitats. Le creusement a directement détruit des coraux sur le tracé du chenal. D'autre part, une augmentation de la turbidité et de la sédimentation aux alentours du chenal a pu perturber le taux de survie et la croissance des coraux ainsi qu'entraîner une diminution de la production primaire dans la zone (Chabanet *et al.* 2010). Indirectement, cette construction a également pu affecter l'ichtyofaune à travers les conséquences de la dégradation de l'habitat et la diminution de la production primaire sur l'abondance et la diversité des poissons (Chabanet *et al.*, 2010).

Le développement de cette usine s'est accompagné d'un essor démographique remarquable dans la région de Voh, Koné et Pouembout. Entre 2009 et 2014, la population de VKP est passée de 9685 individus à 13091 individus (Source ISEE³), soit une **augmentation de 30%** et la zone s'est urbanisée avec de nombreuses constructions. Ce développement de la démographie a pour conséquence logique une augmentation de la pression de pêche, et notamment de la pêche informelle, dans la zone. Il est également probable que cette augmentation se produit principalement hors de la Réserve Coutumière.

3.3. Les Aires Marines Protégées

En 2013, la zone de VKP ne comprend pas d'Aire Marine Protégée (AMP) dans le sens classique défini par l'IUCN. Vers la fin des années 1970, une réserve coutumière - la Réserve Coutumière d'Oundjo - a été mise en place par la tribu d'Oundjo pour faire face au nombre croissant de pêcheurs dans la région. Cette réserve constitue un territoire de pêche exclusif pour la tribu. Les limites de cette Réserve Coutumière ne sont pas clairement définies et elle ne bénéficie pas d'une réglementation au sens du droit français. Néanmoins, depuis sa mise en place, la réserve d'Oundjo est relativement respectée des pêcheurs extérieurs à la tribu (Toussaint, 2010). Une Réserve Coutumière constitue un territoire où l'accès est réservé, et donc la pêche y est autorisée. Les effets de la protection attendus de ce type de réserve sont donc moindres que ceux attendus dans une réserve où la pêche est interdite.

En 2014, une AMP permanente a été créée (délibération de l'APN du 24/10/2014) à Kan-Gunu, sur le Plateau des massacres. D'une superficie de 3579 ha, cette AMP constitue une Aire de Gestion Durable des Ressources (AGDR) au regard du Code de l'Environnement de la Province Nord, et relève de la catégorie VI de l'IUCN. **L'objectif principal de cette AGDR est d'assurer la protection à long terme de la biodiversité marine et le maintien de la production de biens et/ou services naturels satisfaisant les besoins de la population.** En pratique, ce sont essentiellement les holothuries dont la pêche y fait l'objet d'une réglementation et d'un suivi.

³ <http://www.isee.nc/population/recensement/structure-de-la-population-et-evolutions>

4. Méthodologie

4.1. Stations vidéo rotatives

Dans la zone de VKP, seule la technique STAVIRO a été mise en œuvre. Cette technique et sa mise en œuvre sont décrites dans AMBIO/A/1.

4.2. Stratégie d'échantillonnage

En 2007, les stations ont été réparties de manière systématique sur l'ensemble de la zone couverte, qui s'étendait du nord de la passe de Duroc (commune de Voh) à la passe de Pouembout (commune de Pouembout). En 2013, le plan d'échantillonnage a été stratifié en fonction des trois structures récifales (récif frangeant, récif intermédiaire et récif barrière), et des biotopes associés, avec une répartition systématique des stations par strate. La zone couverte en 2013 s'étend du plateau des Massacres (zone nord de la commune de Voh) au nord de la passe de Pouembout.

4.3. Analyse des images : l'habitat et le type de récif

Pour chacune des stations la topographie, la complexité ainsi que les pourcentages de recouvrement en substrat abiotique et recouvrement biotique sont estimés (méthodologie de caractérisation de l'habitat à partir des images décrite dans AMBIO/A/1).

Les données résultant de l'analyse des images vidéo sont utilisés de deux manières, d'abord pour construire des cartes, et notamment des cartes de recouvrement biotique, et ensuite elles permettent d'établir une typologie des stations. Cette typologie est réalisée sur un grand nombre de stations collectées dans différents sites de la Grande Terre; la démarche est détaillée dans AMBIO/A/3.

Chaque classe résultant de la typologie rassemble les stations qui sont similaires du point de vue des recouvrements 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. Cette définition de l'habitat se base uniquement sur l'environnement immédiat de la station (rayon de 10 m autour de la station).

Lorsque cela est nécessaire, l'analyse des données distinguera aussi le type de récif de chacune des stations, définition complétée par les commentaires terrain de chaque station. Les types de récif rencontrés sur la zone de Koné sont : Fond lagonaire, Herbier, Passe, Récif barrière, Récif intermédiaire, Récif frangeant. Les stations se sont vues assigner un type de récif en projetant leurs coordonnées sur les couches SIG de l'Atlas de Andréfouët et Torres-Pulliza (2004).

4.4. Analyse des images : les poissons et espèces emblématiques

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

La liste des espèces ainsi que la méthodologie d'identification et de dénombrement des espèces à partir des images est décrite dans AMBIO/A/1.

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). Cet outil est décrit dans le Guide des outils PAMPA (Pelletier et al. 2014).

La sélection des indicateurs s'est appuyée sur les résultats obtenus dans PAMPA pour la Nouvelle-Calédonie. Le rapport du site NC décrit les jeux de données et les indicateurs retenus⁴ (Wantiez et al. 2010), tandis que les métriques/indicateurs issus de la vidéo STAVIRO ont fait l'objet de fiches (Pelletier et al. 2011).

Tableau 1. Liste des indicateurs calculables par la plateforme PAMPA. Les indicateurs en gras ont été retenus dans cette étude.

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

Pour chaque espèce ou du groupe d'espèces considéré, les indicateurs sont calculés comme suit :

⁴ Le travail réalisé dans le projet PAMPA a concerné la zone du Grand Nouméa.

- richesse spécifique : nombre d'espèces dénombrées par unité d'observation dans une zone de 10 m autour du système, sur l'ensemble des trois rotations. Cette métrique correspond à une durée d'observation de 9 min.
- densité d'abondance : nombre d'individus dénombrés par unité d'observation dans une zone de 10 m autour du système, et moyenné sur les trois rotations⁵. Cette métrique correspond à une durée d'observation de 3 min.
- fréquence d'occurrence (et présence/absence) : Proportion (ou donnée binaire 0/1) de stations (sur l'ensemble des stations ou sur un groupe de stations) où l'espèce ou le groupe d'espèces a été observé dans une zone de 10 m autour du système, sur l'ensemble des trois rotations. Cette métrique correspond à une durée d'observation de 9 min.

4.6. Analyse des indicateurs

La première partie (**section 6**) vise à **décrire les habitats et l'ichtyofaune** observées sur la zone au cours des deux campagnes. Cette 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 deuxième et troisième parties (**sections 7 et 8**) s'intéressent respectivement à la mise en évidence d'effets reliés d'une part à **l'existence de la réserve coutumière d'Oundjo** (seule zone marine à accès restreint sur la zone en 2013), et d'autre part au **développement démographique et industriel de la zone de VKP**. L'effet de l'AGDR de Kan-Gunu ne peut être étudié parce que les deux campagnes ont eu lieu avant la création de l'AMP. Notons aussi que les holothuries (objet principal de la réserve de Kan-Gunu) ne sont *actuellement* pas comptées dans les analyses d'image.

Ces effets sont évalués pour chaque objectif de conservation de la biodiversité et de gestion des ressources au travers d'indicateurs choisis en fonction de leur pertinence au regard de ces différents objectifs de gestion (voir tableau ci-dessous), et ce, suivant la méthodologie développée dans le projet PAMPA (Pelletier et al. 2011). Cette méthodologie, ainsi que les outils pour 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).

Tableau 2. Buts et objectifs de gestion des AMP suivant la terminologie PAMPA.

But de gestion	Objectif détaillé
1. Exploitation durable des ressources halieutiques	1.1. Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces-cibles
	2.1. Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces
	2.2. Maintien des fonctions de l'écosystème
2. Conservation de la biodiversité	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)

⁵ se reporter au guide méthodologique AMBIO/A/1 pour plus d'explications.

Pour étudier l'effet de la réserve coutumière, les variations de chaque indicateur sont étudiées en fonction de l'année et d'un facteur lié à la protection : hors réserve (HR) versus réserve Coutumière (RC), et en fonction de l'habitat issu de la typologie des stations. La répartition des données hors réserve étant différente entre 2007 et 2013 devra toutefois être prise en compte pour interpréter les valeurs HR.

Pour étudier l'effet du développement démographique et industriel, ces variations sont analysées en fonction de l'année et des zones d'impact potentiel. Cette zonation est reprise de Chabanet et al. (2010)(Figure 3) :

- zone de fort impact potentiel : autour du chenal et au niveau de l'usine de KNS, au niveau de la commune de Voh ;
- zone de faible impact potentiel : de part et d'autre de la zone de fort impact potentiel, soit au nord de la Passe de Duroc et au sud de la passe de Koné ;
- zone de « référence » (pas d'impact potentiel) : la partie la plus au nord (échantillonnée en vidéo mais pas dans Chabanet et al. 2010) et la plus au sud de la zone (sud de la passe de Koné) sont considérées comme non impactées par la construction du chenal.

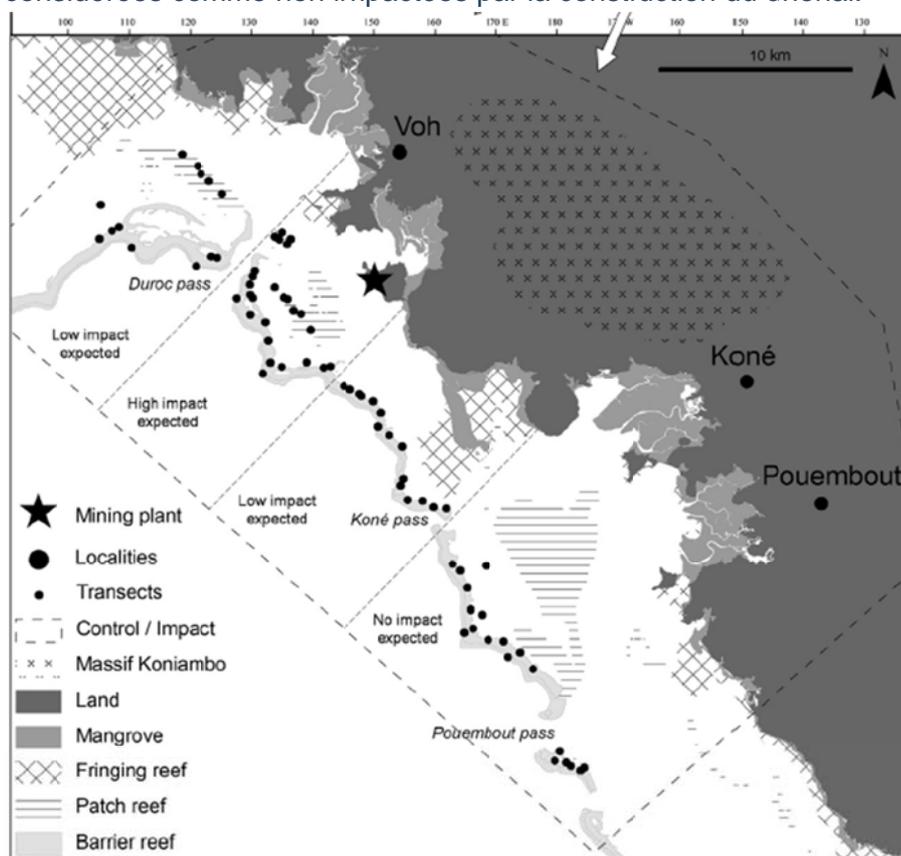
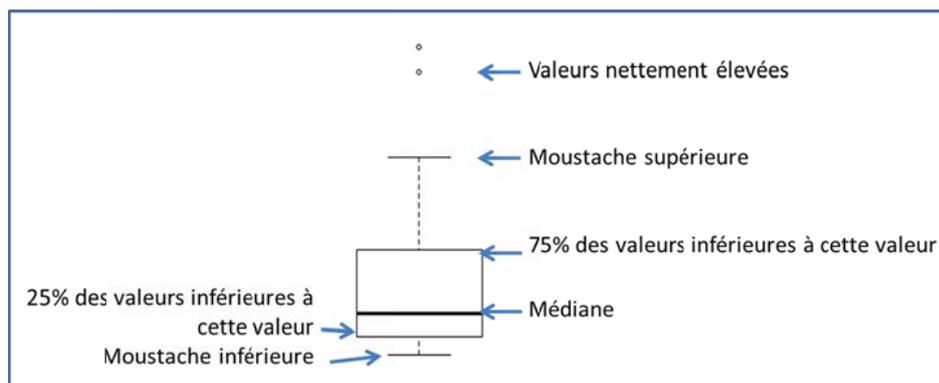


Fig. 1. Localisation of the study area (Voh-Koné-Pouembout, VKP) and sampling stations surveyed between 2002 and 2007. Geomorphological classification of coral reefs follows Andrebut and Torres-Pulliza (2004) and risk zones are defined according to Falconbridge NC water circulation model (unpublished data).

Figure 3. Découpage de la zone d'étude en zones d'impact potentiel (d'après Chabanet et al. 2010).

A l'aide de l'outil de calcul PAMPA, des graphiques sont obtenus pour visualiser la distribution des valeurs de chaque indicateur en fonction des facteurs explicatifs considérés. La plupart des graphiques sont des boîtes à moustache (boxplot) qui permettent de visualiser de façon synthétique la gamme de valeurs observées, les minima et maxima, la variabilité, et les valeurs moyenne et médiane de l'indicateur :



La différence entre les moustaches inférieure et supérieure est égale à 1.5 la différence entre les deux extrémités de la boîte.

Au dessus de chaque boxplot est indiqué le nombre d'observations correspondant et la valeur de la moyenne est rajoutée en bleu vif sur le graphique.

Dans un deuxième temps, des modèles statistiques sont 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, l'outil propose le modèle qui s'ajuste le mieux aux données selon le critère statistique d'Akaike, puis il permet d'ajuster un modèle à deux facteurs croisés protection (ou zonation) 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 (test HSD⁶ de Tukey) sont réalisés sur les différences spatiales entre niveaux de protection (ou entre zones d'impact potentiel), et ce par habitat.

Les résultats du modèle peuvent ne pas être significatifs alors que les différences sont en apparence nettes sur les graphiques; 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 et un modèle peut être ajusté par habitat.

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 repart 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).

Pour interpréter les effets de la protection dans le contexte de la zone d'étude, il est nécessaire de considérer que la zone protégée n'est pas une aire marine au sens stricte mais une zone de pêche exclusive pour la tribu d'Oundjo. Cette réserve est relativement ancienne et respectée par les pêcheurs extérieurs de la tribu. Bien que l'objectif de conservation de la biodiversité ne soit pas un objectif primaire de cette réserve, nous avons conservé dans ce rapport la présentation par objectif de conservation de la biodiversité et pour l'objectif de gestion des ressources (section 7). La grille

⁶ Honest Significant Differences

de lecture utilisée pour l'évaluation de ces effets est présentée dans le Tableau 3. Elle se base sur les tendances des métriques et les comparaisons entre RC et HR ; elle est nuancée en fonction des indicateurs (voir les fiches métriques en annexe). Des commentaires sont de plus apportés pour relativiser les valeurs observées au regard d'autres zones où des campagnes vidéo ont été réalisées. Les métriques sélectionnées ont toutes vocation à prendre des valeurs élevées lorsque l'état de santé est meilleur.

Tableau 3. Grille de lecture, reprise et modifiée du projet PAMPA.

Référence (idéal)	Etat de référence	Dans tous les habitats et toutes les zones, valeur de l'indicateur exceptionnellement élevée – Valeur stable ou en augmentation
Bon	Etat satisfaisant de manière homogène	<ul style="list-style-type: none"> • Effet réserve : Dans tous les habitats associés aux taxons concernés, valeur de l'indicateur plus élevée dans la réserve, voire dans les zones adjacentes – Valeur stable ou en augmentation • Développement démographique et industriel : Dans tous les habitats, valeur de l'indicateur stable ou variant de manière similaire dans toutes les zones d'impact potentiel
Moyen	Etat correct mais avec des situations variables	<ul style="list-style-type: none"> • Effet réserve : Dans les principaux habitats concernés, valeur de l'indicateur plus élevée en réserve – Valeur stable • Développement démographique et industriel : Dans les principaux habitats concernés, valeur de l'indicateur stable ou en diminution dans la zone de fort impact potentiel
Médiocre	Etat variable	<ul style="list-style-type: none"> • Effet réserve : Différences variables selon les habitats et selon le statut de protection et certaines valeurs en diminution • Développement démographique et industriel : Dans tous les habitats, valeur de l'indicateur en diminution dans les zones potentiellement impactées
Mauvais	Etat attirant une réponse du gestionnaire	Dans tous les habitats concernés, valeur de l'indicateur faible, quel que soit le statut de protection ou la zone d'impact potentiel
	Les données ne permettent pas de conclure au regard de la situation actuelle	

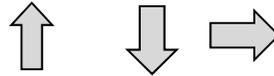


Chaque code couleur doit être accompagné d'un commentaire qui complète et nuance la couleur.

Au-delà des couleurs qui sont déjà représentées sur la fiche métrique, le TDB indique pour chaque métrique sa tendance au cours du temps telle que reflétée par les valeurs de la métrique calculées lors de l'évaluation. Les tendances significatives sont indiquées par une flèche de couleur sombre à côté de la couleur de la métrique :



Afin de prendre en compte des signaux même s'ils ne sont pas encore significatifs, les signes d'évolution non significatifs sont indiqués en gris :



Pour interpréter les effets du développement démographique et industriel (section 8), on évaluera, pour les deux principaux habitats, les différences entre les zones d'impact attendu et l'évolution des indicateurs sur l'ensemble de la zone. Le positionnement HR/RC sera également pris en considération.

Le code couleur sera uniquement utilisé pour les tableaux de bord de la section 7. **Dans cette étude, la priorité sera donnée à l'interprétation de l'évolution temporelle des indicateurs.**

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

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

Les analyses ont été basées sur des matrices de ressemblances calculées à partir de coefficients de Bray-Curtis.

Les analyses PERMANOVA ont été utilisées pour tester l'effet sur l'assemblage de poissons de trois facteurs : le type de récif (ou unité géomorphologique) (facteur fixe avec 6 niveaux: Fond lagonaire, Herbier, Passe, Récif barrière, Récif intermédiaire, Récif frangeant), l'habitat issu de la typologie (facteur fixe avec 4 niveaux : Corail vivant, Détritique, Fond lagonaire, Herbier), et le statut de protection (facteur fixe à deux niveaux : Hors Réserve (HR), Réserve Coutumière (RC)). L'année est également considérée comme un facteur fixe.

A la suite des PERMANOVA, et pour les facteurs ayant un effet significatif, des tests post hoc par paires ont permis d'identifier les différences significatives entre les habitats, entre les types de récif, entre les statuts de protection et entre les années de campagne.

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

Une projection MDS (non-metric multi-dimensional scaling) a également été réalisée en complément. Cette méthode permet de visualiser en deux dimensions les ressemblances au niveau de l'assemblage entre les stations. La proximité entre les points quantifie la similarité des assemblages de poissons entre les stations.

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 réserve coutumière sur l'assemblage de poissons, en tenant compte de l'habitat. Dans la section 8, elles ont permis de tester l'effet du développement démographique et industriel sur l'assemblage des poissons, en tenant compte de la zone d'impact attendu, de l'année de campagne et de l'habitat.

5. Distribution des stations

Les campagnes de terrain sont décrites en détail dans la fiche terrain (AMBIO/A/6). 187 stations STAVIRO ont été réalisées en 2007 et 176 en 2013. Au total, 362 stations STAVIRO ont été réalisées entre 2007 et 2013, dont 280 ont finalement été analysées (Tableau 4 et Figures 4 et 5). Ces stations ont été réalisées en 54h pendant la campagne de 2007 (du 02 au 07 décembre 2007 puis du 17 au 22 février 2008) et en 38h pendant la campagne de 2013 (du 06 au 10 juin 2013) soit 92h au total.

Tableau 4. Bilan des stations réalisées et analysées pour chacune des campagnes.

Nombre de stations :	Campagne 2007			Campagne 2013	TOTAL
	Décembre 2007	Février 2008	Total 2007		
STAVIRO réalisées	101	86	187	175	362
STAVIRO exploitables	78	69	147	137	284
STAVIRO analysées	75	68	143	137	280

La répartition des stations en fonction des sites a légèrement différencié entre 2007 et 2013 : en 2013, il a été demandé de réaliser plus de stations au nord de la zone, ce qui a impliqué d'en effectuer moins dans le sud de la zone.

Tableau 5. Stations validées en fonction des sites lors de la campagne 2007.

Unité géomorphologique	Site	Nombre en 2007	Nombre en 2013
Frangeant / Intermédiaire	Chenal - Ronfleur	1	10
	Koné - Pouembout	4	8
	Plateau de Koniène	6	9
	Plateau des massacres	--	10
	Réserve Coutumière d'Oundjo	15	16
Fond lagunaire, patates isolées	Koné - Pouembout	21	11
	Plateau de Koniène	7	--
	Réserve Coutumière d'Oundjo	44	19
Barrière	Koné - Pouembout	22	15
	Plateau de Koniène	2	5
	Réserve Coutumière d'Oundjo	21	23
	Gatope	--	11

Tableau 6. Stations validées par statut de protection.

Statut de protection	Réserve Coutumière (RC)	Hors réserve (HR)
Nombre de stations en 2007	79	64
Nombre de stations en 2013	58	79

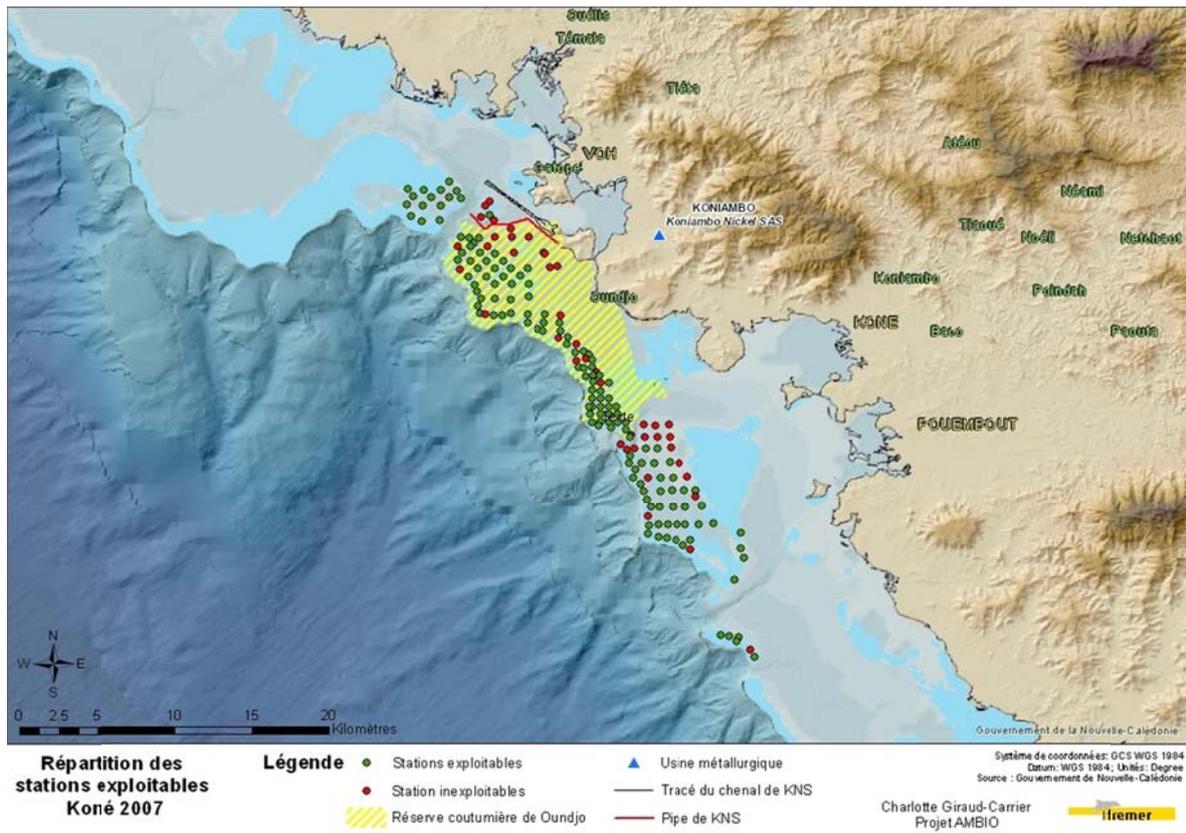


Figure 4. Bilan des stations réalisées et validées à Koné en 2007

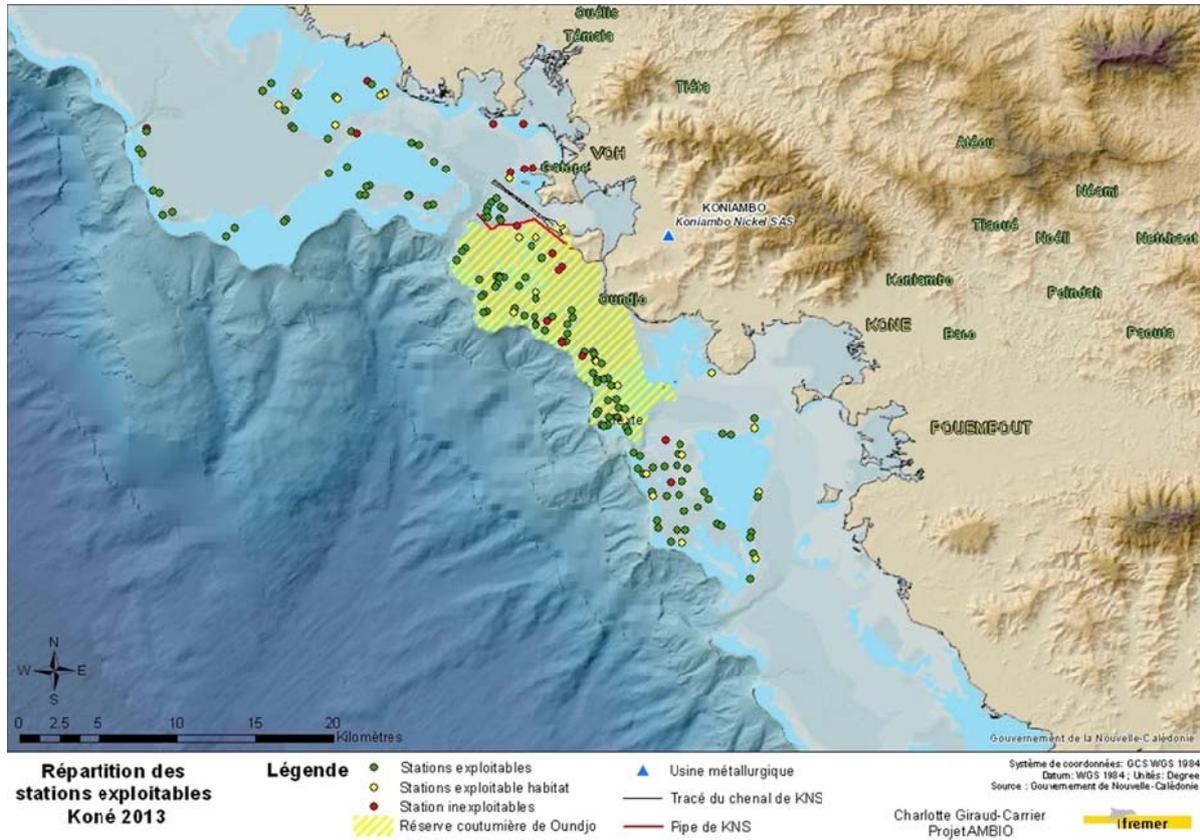


Figure 5. Bilan des stations réalisées et validées à Koné en 2013

6. Description des habitats et de l'ichtyofaune

6.1. Bilan de l'analyse des images

	2007	2013
Analyseur Icthyofaune	Nicolas Guilpart	Cyrielle Jac, Delphine Mallet
Analyse Habitat	Cyrielle Jac	Cyrielle Jac
Liste d'espèces	Espèces d'intérêt halieutique, emblématique, et/ou écologique. Cette liste est présentée dans AMBIO/A/1	

Statistiques d'analyse

Temps total nécessaire à l'analyse des images : ichtyofaune	2007 : non relevé 2013 : 65h53
Temps total nécessaire à l'analyse des images : habitat	2007 : 24 heures 31 min 2013 : non relevé
Temps moyen de l'analyse d'une vidéo pour l'ichtyofaune	2007 : non relevé 2013 : 29 min
Temps moyen de l'analyse d'une vidéo pour l'habitat	2007 : 10 min 2013 : non relevé

6.2. Habitat

Le recouvrement en corail vivant varie entre 0 et 62.5% (Figures 6 et 7). Il est présent sur 73% des stations, tandis que 43% d'entre elles ont plus de 5% de recouvrement en corail vivant. Ces taux en recouvrement sont relativement faibles comparés aux recouvrements en corail vivant rencontrés sur d'autres zones en Nouvelle-Calédonie. L'analyse des vidéos n'a permis d'observer que très peu de recouvrements en herbier et en macroalgues aux stations visitées.

Recouvrement (%)	Moyenne	Médiane	Maximum
Corail vivant	7.8	3.5	62.5

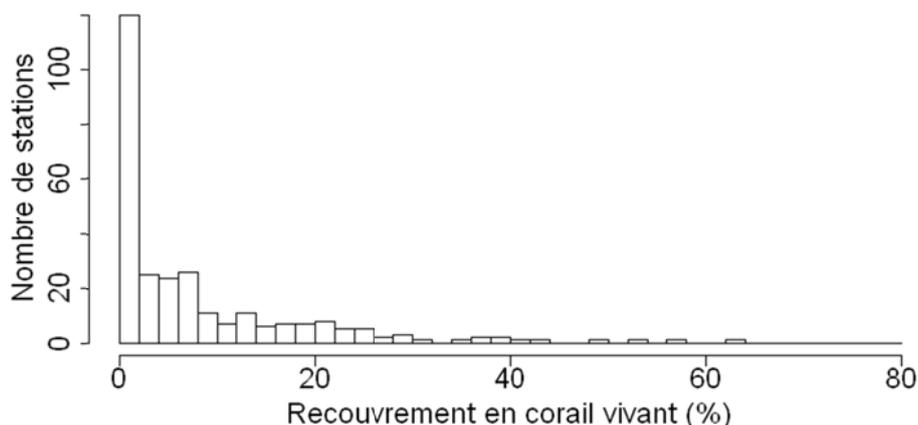


Figure 6. Taux de recouvrement en corail vivant.

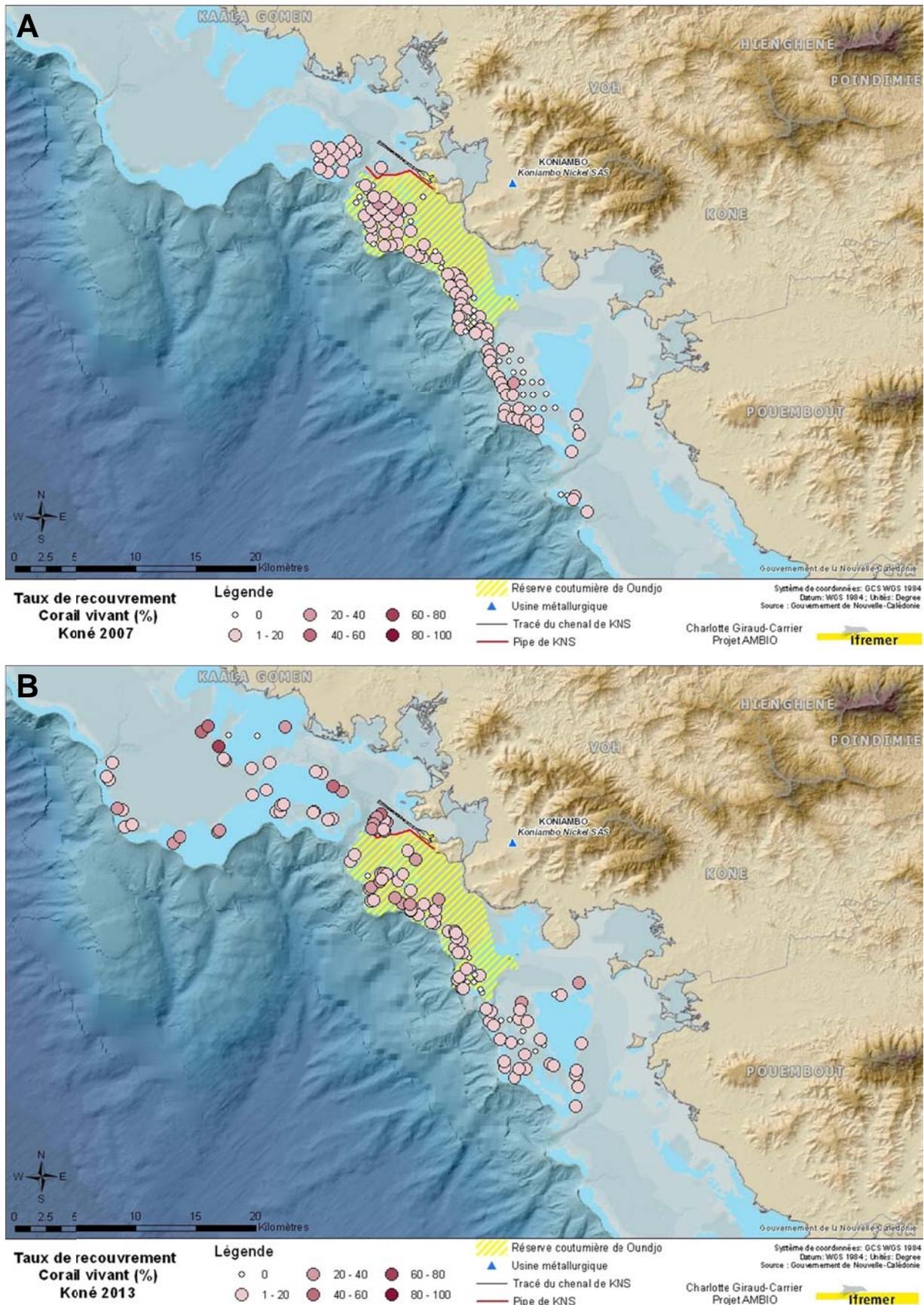


Figure 7. Recouvrement en corail vivant : en 2007 (A) et 2013 (B).

Sur les stations visitées, le recouvrement en corail vivant apparaît en moyenne plus élevé sur le récif frangeant (14.9%) et sur les récifs intermédiaires (12.1%) que sur le récif barrière (7.9%) et sur le fond lagunaire (3.6%) (Figure 8). Il faut noter toutefois l'absence de stations sur la pente externe (qui présentent en général des recouvrements en corail vivant assez élevés).

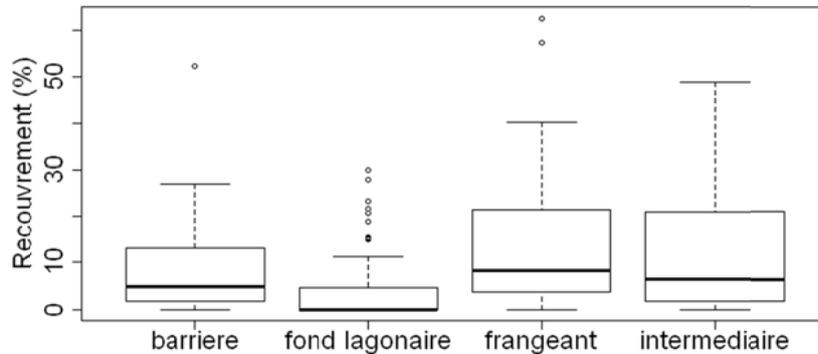


Figure 8. Recouvrement en corail vivant par unité géomorphologique. Les stations sont au nombre de 99, 103, 24 et 54 respectivement pour les entités géomorphologiques récif barrière, fond lagunaire, récif frangeant, et récif intermédiaire.

Le recouvrement en corail vivant apparaît plus élevé Hors Réserve qu'en Réserve Coutumière. (Figure 9). En prenant en compte l'unité géomorphologique (Figure 10, haut), on constate que cette différence est particulièrement due aux différences sur les récifs frangeants où le recouvrement en corail vivant est significativement plus élevé Hors Réserve qu'en réserve ($p < 0.001$), malgré un nombre de stations peu élevé (9 stations) hors réserve sur le récif frangeant. Les résultats sont similaires pour le corail branchu (Figure 10, bas).

Les recouvrements sont par ailleurs plus élevés dans le nord de la zone (principalement visitée en 2013) que dans les zones centrale et sud (Figure 7).

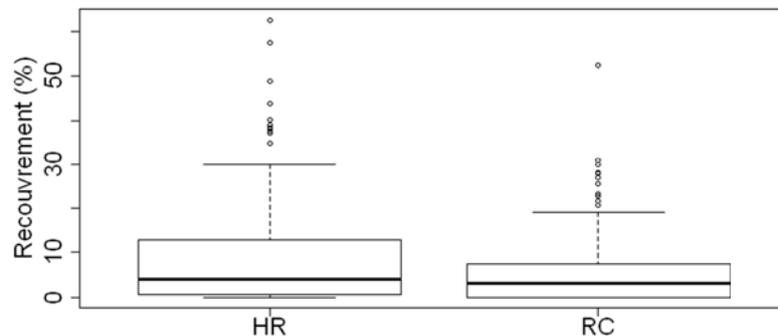


Figure 9. Recouvrement corallien en fonction du statut de protection. Les stations sont au nombre de 143 et 136 respectivement pour le statut Hors Réserve (HR) et Réserve Coutumière (RC).

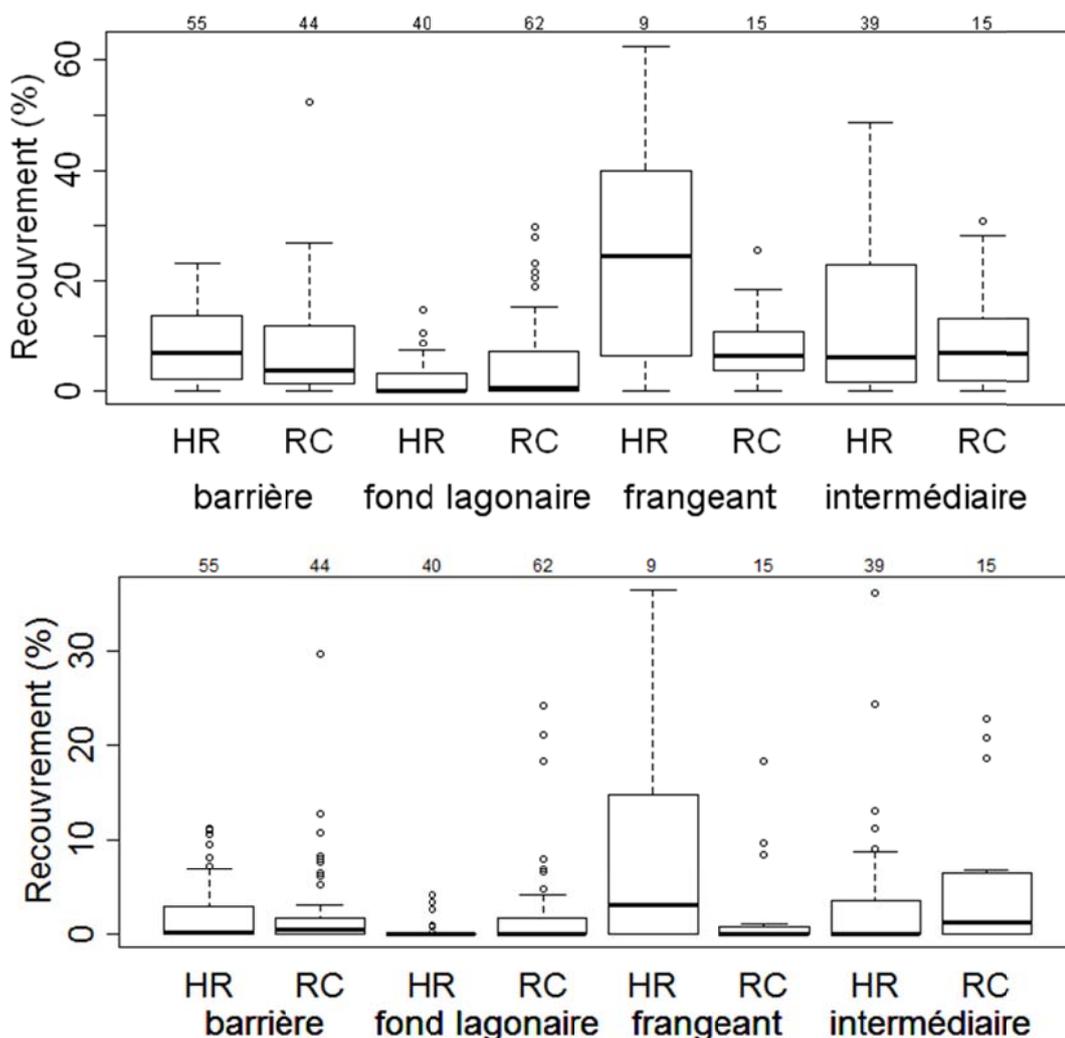


Figure 10. Recouvrement en corail vivant (haut) et corail branchu (bas) par unité géomorphologique, en fonction du statut de protection. HR : Hors Réserve ; RC : Réserve Coutumière. En haut de la figure : nombre de stations par boxplot.

Typologie des stations. Les résultats de la typologie d'ensemble tous sites confondus sont détaillés dans le rapport AMBIO/A/3. Pour la zone de Koné, ces résultats montrent très peu de stations dans la classe Herbier et aucune dans la classe Algueraie. Une majorité de stations sont dans la classe Fond lagonaire (Tableau 7 et Figure 11), notamment dans la zone centrale et au sud de la zone. La caractérisation de chaque classe est dans le Tableau 8.

Tableau 7. Répartition des stations par classe d'habitat.

Habitat	Nombre stations	de	Proportion de stations (%)
Algueraie	0		0
Corail vivant	53		18.9
Détritique	31		11.1
Fond lagonaire	188		67.1
Herbier	8		2.9

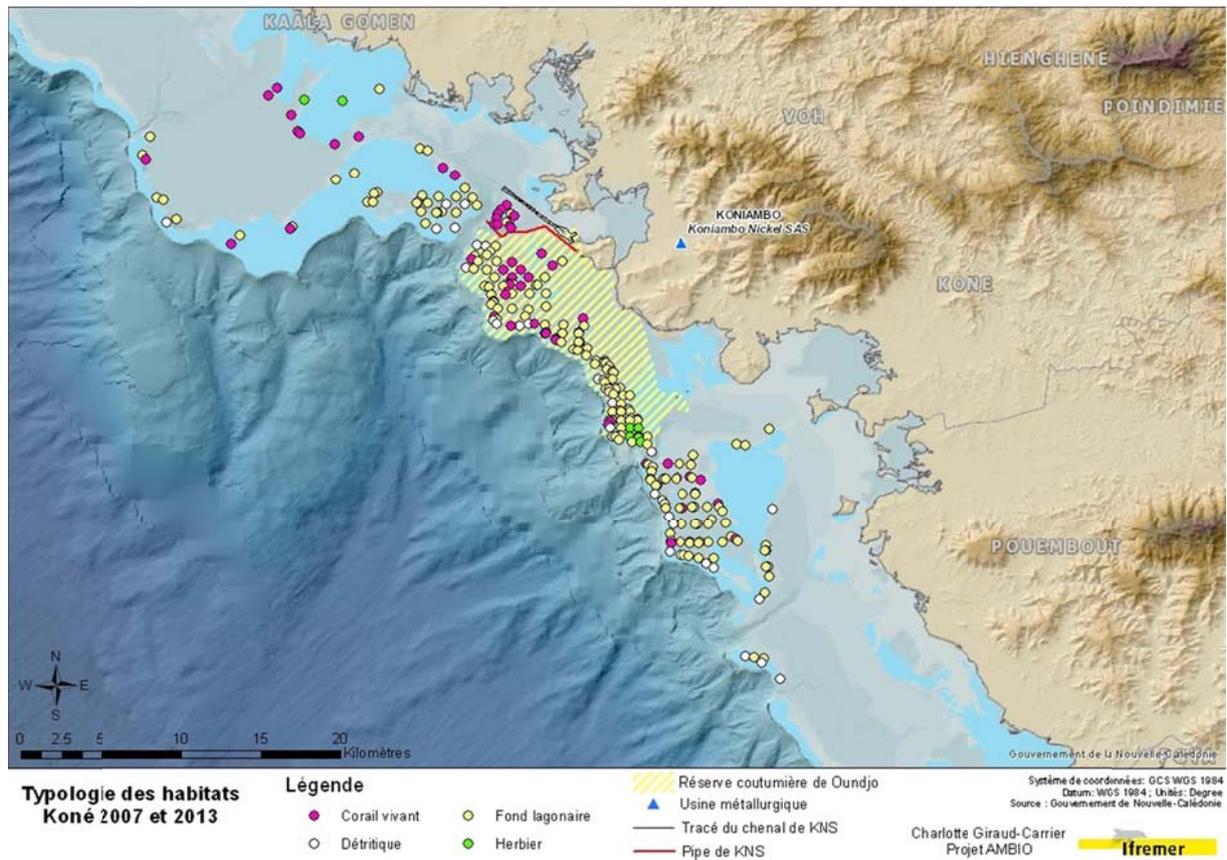


Figure 11. Répartition des stations par classe d'habitat

Tableau 8 (repris de AMBIO/A/3). Caractérisation des classes de stations par les descripteurs de l'habitat local. Les variables particulièrement caractéristiques de chaque habitat sont indiquées en gras (valeurs élevées dans la classe) et en italiques (valeurs faibles dans la classe). Les statistiques des classes sont dans le rapport AMBIO/A/3.

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

6.3. Poissons et tortues : espèces observées

Statistiques générales

L'analyse des vidéos a permis d'identifier 12254 individus dont 70% ont été identifiés jusqu'à l'espèce (Tableau 9) appartenant à 141 espèces de poissons, 1 espèce de tortue (*Chelonia myda*) et 1 espèce de serpent marin (*Hydrophiinae sp.*). Au total, ces individus représentent 23 familles et 59 genres (Tableau 10). Les espèces commercialisées en Nouvelle-Calédonie sont présentes sur 82% des stations.

Tableau 9. Niveau d'identification taxonomique le plus précis des individus observés.

Niveau taxonomique	Nombre d'individus	Proportion
Famille	1243	10.1%
Genre	2366	19.3%
Espèce	8645	70.6%

Espèces, Genres et Familles observés

Les 4 familles observées sur plus de 50% des stations (Figure 12) sont caractéristiques des récifs situés dans le lagon :

- Les chirurgiens (Acanthuridae) : 76% des stations, 17 espèces
- Les perroquets (Scaridae) : 71% des stations, 12 espèces
- Les rougets-barbets (Mullidae) : 61% des stations, 9 espèces
- Les poissons-papillons (Chaetodontidae) : 52% des stations, 23 espèces

Sept familles sont observées sur plus de 20% des stations. (Figure 12)

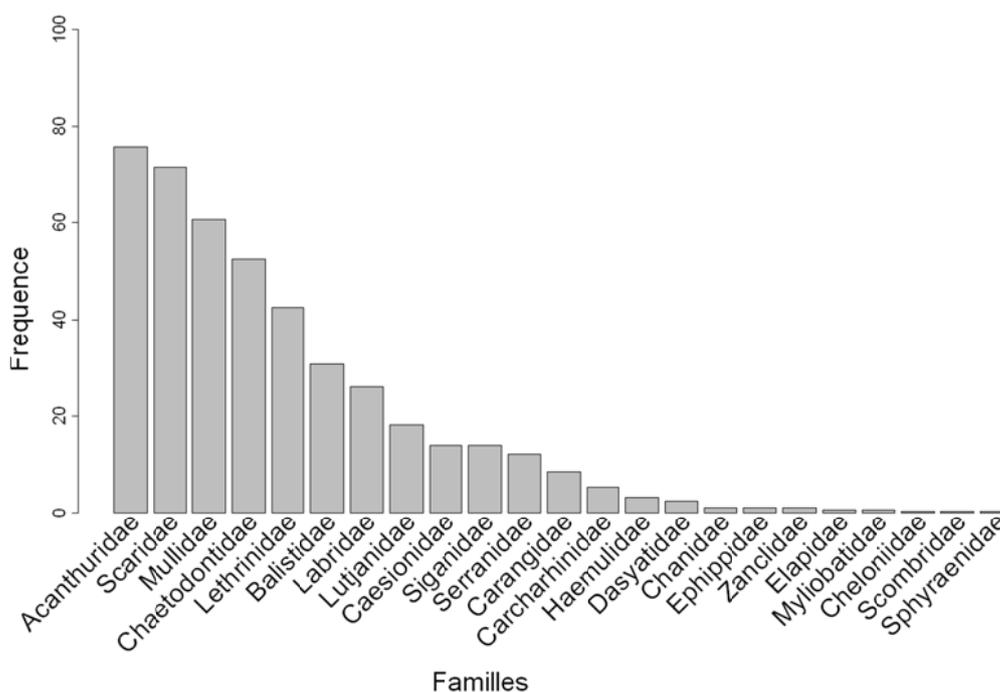


Figure 12. Fréquence d'occurrence des familles observées à Koné en 2007 et 2013

Tableau 10. Liste des espèces observées à Koné en 2007 et 2013

<p>Carcharhinidae (2) <i>Carcharhinus melanopterus</i> <i>Triaenodon obesus</i></p> <p>Cheloniidae (1) <i>Chelonia mydas</i></p> <p>Dasyatidae (3) <i>Neotrygon kuhlii</i> <i>Pastinachus sephen</i> <i>Taeniura meyeni</i></p> <p>Elapidae (1) <i>Hydrophiinae sp.</i></p> <p>Myliobatidae (1) <i>Aetobatus narinari</i></p> <p>Acanthuridae (17) <i>Acanthurus albipectoralis</i> <i>Acanthurus blochii</i> <i>Acanthurus dussumieri</i> <i>Acanthurus leucopareius</i> <i>Acanthurus nigricauda</i> <i>Acanthurus nigrofuscus</i> <i>Acanthurus olivaceus</i> <i>Acanthurus thompsoni</i> <i>Acanthurus triostegus</i> <i>Acanthurus xanthopterus</i> <i>Ctenochaetus binotatus</i> <i>Ctenochaetus striatus</i> <i>Naso tonganus</i> <i>Naso unicornis</i> <i>Paracanthurus hepatus</i> <i>Zebrasoma scopas</i> <i>Zebrasoma velifer</i></p> <p>Balistidae (6) <i>Balistoides viridescens</i> <i>Odonus niger</i> <i>Pseudobalistes fuscus</i> <i>Rhinecanthus aculeatus</i> <i>Sufflamen chrysopterum</i> <i>Sufflamen fraenatum</i></p> <p>Caesionidae (4) <i>Caesio caerulea</i> <i>Pterocaesio pisang</i> <i>Pterocaesio tile</i> <i>Pterocaesio trilineata</i></p>	<p>Carangidae (6) <i>Carangoides ferdau</i> <i>Carangoides orthogrammus</i> <i>Caranx ignobilis</i> <i>Caranx melampygus</i> <i>Scomberoides lysan</i> <i>Trachinotus blochii</i></p> <p>Chaetodontidae (23) <i>Chaetodon auriga</i> <i>Chaetodon bennetti</i> <i>Chaetodon citrinellus</i> <i>Chaetodon ephippium</i> <i>Chaetodon flavirostris</i> <i>Chaetodon kleinii</i> <i>Chaetodon lineolatus</i> <i>Chaetodon lunulatus</i> <i>Chaetodon melannotus</i> <i>Chaetodon mertensii</i> <i>Chaetodon pelewensis</i> <i>Chaetodon plebeius</i> <i>Chaetodon rafflesi</i> <i>Chaetodon trifascialis</i> <i>Chaetodon ulietensis</i> <i>Chaetodon unimaculatus</i> <i>Chaetodon vagabundus</i> <i>Forcipiger flavissimus</i> <i>Forcipiger longirostris</i> <i>Heniochus acuminatus</i> <i>Heniochus chrysostomus</i> <i>Heniochus monoceros</i> <i>Heniochus varius</i></p> <p>Chanidae (1) <i>Chanos chanos</i></p> <p>Ephippidae (2) <i>Platax orbicularis</i> <i>Platax teira</i></p> <p>Haemulidae (4) <i>Plectropomus albivittatus</i> <i>Plectropomus flavomaculatus</i> <i>Plectropomus gibbosus</i> <i>Plectropomus lineatus</i></p>
--	--

<p>Labridae (13)</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Bodianus loxozonus</i> <i>Bodianus perditio</i> <i>Cheilinus chlorourous</i> <i>Cheilinus trilobatus</i> <i>Cheilinus undulatus</i> <i>Choerodon graphicus</i> <i>Coris aygula</i> <i>Coris batuensis</i> <i>Coris dorsomacula</i> <i>Epibulus insidiator</i> <i>Hemigymnus fasciatus</i> <i>Hemigymnus melapterus</i> <i>Oxycheilinus digramma</i> <p>Lethrinidae (11)</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Gymnocranius grandoculis</i> <i>Lethrinus atkinsoni</i> <i>Lethrinus genivittatus</i> <i>Lethrinus harak</i> <i>Lethrinus nebulosus</i> <i>Lethrinus obsoletus</i> <i>Lethrinus olivaceus</i> <i>Lethrinus rubrioperculatus</i> <i>Lethrinus variegatus</i> <i>Lethrinus xanthochilus</i> <i>Monotaxis grandoculis</i> <p>Lutjanidae (9)</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Aprion virescens</i> <i>Lutjanus bohar</i> <i>Lutjanus fulviflamma</i> <i>Lutjanus fulvus</i> <i>Lutjanus monostigma</i> <i>Lutjanus quinquelineatus</i> <i>Lutjanus vitta</i> <i>Macolor niger</i> <i>Symphorus nematophorus</i> <p>Mullidae (9)</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Mulloidichthys flavolineatus</i> <i>Parupeneus barberinoides</i> <i>Parupeneus barberinus</i> <i>Parupeneus ciliatus</i> <i>Parupeneus cyclostomus</i> <i>Parupeneus indicus</i> <i>Parupeneus multifasciatus</i> <i>Parupeneus pleurostigma</i> <i>Upeneus tragula</i> 	<p>Scaridae (12)</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Cetoscarus ocellatus</i> <i>Chlorurus microrhinos</i> <i>Chlorurus sordidus</i> <i>Hipposcarus longiceps</i> <i>Scarus altipinnis</i> <i>Scarus chameleon</i> <i>Scarus ghobban</i> <i>Scarus oviceps</i> <i>Scarus psittacus</i> <i>Scarus rivulatus</i> <i>Scarus rubroviolaceus</i> <i>Scarus schlegeli</i> <p>Scombridae (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Scomberomorus commerson</i> <p>Serranidae (10)</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Cephalopholis argus</i> <i>Cephalopholis boenak</i> <i>Cephalopholis urodeta</i> <i>Epinephelus cyanopodus</i> <i>Epinephelus howlandi</i> <i>Epinephelus maculatus</i> <i>Epinephelus merra</i> <i>Epinephelus tauvina</i> <i>Plectropomus laevis</i> <i>Plectropomus leopardus</i> <p>Siganidae (6)</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Siganus argenteus</i> <i>Siganus doliatus</i> <i>Siganus lineatus</i> <i>Siganus puellus</i> <i>Siganus punctatus</i> <i>Siganus spinus</i> <p>Spyraenidae (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Spyraena sp.</i> <p>Zanclidae (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Zanclus cornutus</i>
---	---

Les espèces les plus fréquemment observées pour les principales familles sont reportées ci-dessous (Figures 13 à 21).

Les chirurgiens (Acanthuridae) les plus fréquents sont le chirurgien à tête ponctuée d'orange (*Ctenochaetus striatus*, espèce consommable, et le Dawa (*Naso unicornis*, espèce commerciale) (Figure 13).

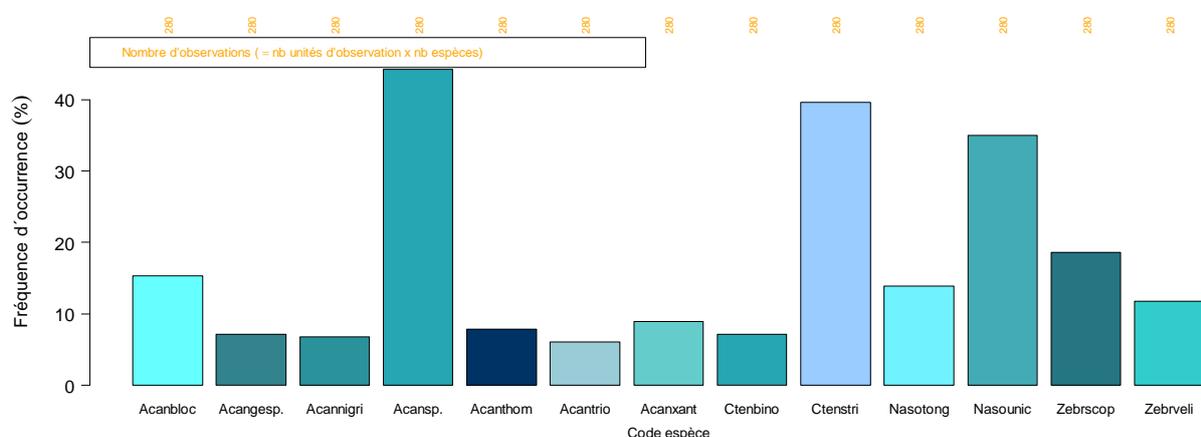


Figure 13. Fréquence d'occurrence des espèces les plus fréquentes parmi les poissons chirurgiens (Acanthuridae). Acanbloc= *Acanthurus. blochii*, Acangesp.= Acanthuridae de genre non identifié, Acannigri= *A. nigricauda*, Acansp.= Acanthurus de genre non identifié, Acanthom= *A. thompsoni*, Acantrio= *A. triotsegi*, Acanxant= *A. xanthopterus*, Ctenbino= *Ctenochaetus binotatus*, Ctenstri= *C. striatus*, Nasotong= *Naso tonganus*, Nasounic= *N. unicornis*, Zebrscop= *Zebrazoma scopas*, Zebrveli= *Z. velifer*.

Parmi les perroquets (Scaridae, toutes espèces commerciales), ce sont le *Chlorurus sordidus* et le perroquet Rédika *Scarus ghobban* qui sont les plus fréquents (Figure 14), un grand nombre de perroquets ne sont pas identifiés jusqu'au genre (juvéniles).

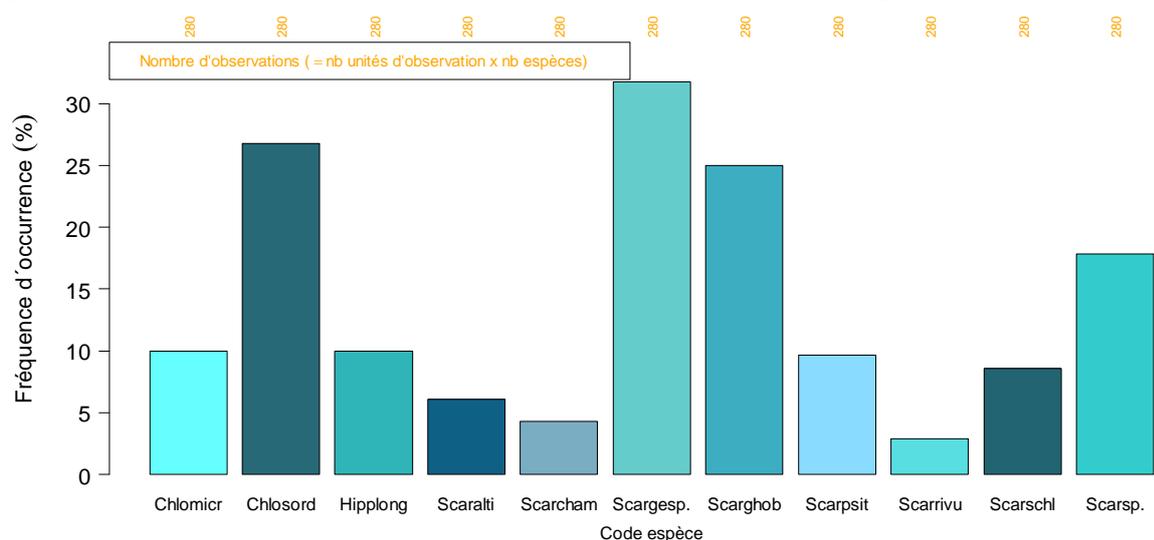


Figure 14. Fréquence d'occurrence des espèces de poissons-perroquets (Scaridae). Chlomirc= *Chlorurus microrhinos*, Chlosord= *C. sordidus*, Hiplong= *Hipposcarus longiceps*, Scaralti= *Scarus altipinnis*, Scarcham= *S. chameleon*, Scargesp.= Perroquet de genre non identifié, Scarghob= *S. ghobban*, Scarpsit= *S. psittacus*, Scarrivu= *Scarus rivulatus*, Scarschl= *S. schlegeli*, Scarsp.= *Scarus* d'espèce non identifiée.

Les rougets-barbets (Mullidae) : les plus fréquents sont le rouget-barbet à bandes marron (*Parupeneus pleurostigma*) et le rouget-barbet bicolore (*P. barberinoides*) (Figure15).

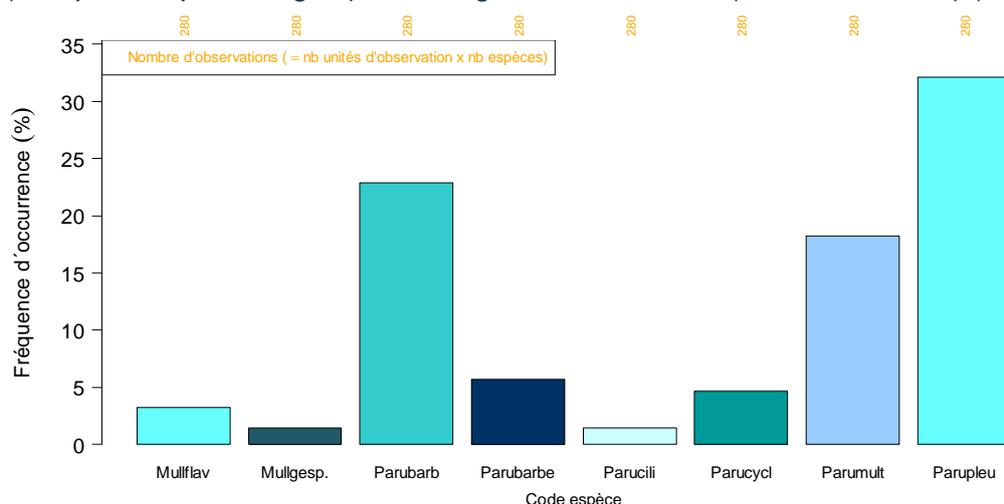


Figure 15. Fréquence d'occurrence des espèces de rougets-barbets (Mullidae). Mullflav= *Mulloidichthys flavolineatus*, Mullgesp.= Mullidae de genre non identifié, Parubarb= *Parupeneus barberinoides*, Parubarbe= *P. barberinus*, Parucili= *P. ciliatus*, Parucycl= *P. cyclostomus*, Parumult= *P. multifasciatus*, Parupleu= *P. pleurostigma*.

Vingt-trois espèces de **poissons-papillons (Chaetodontidae)** ont été observées ; l'espèce la plus fréquente est *Chaetodon auriga*, puis dans une moindre mesure, *C. lunulatus* (Figure 16).

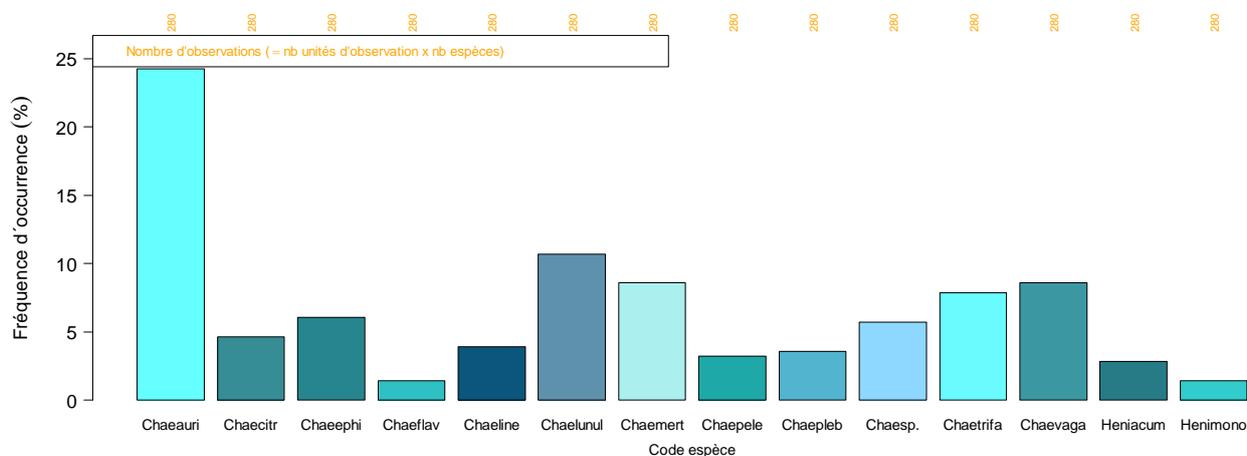


Figure 16. Fréquence d'occurrence des espèces de poissons-papillons (Chaetodontidae). Chaeauri= *Chaetodon auriga*, Chaecitr= *C. citrinellus*, Chaeephi= *C. ephippium*, Chaeflav= *C. flavirostris*, Chaeline= *C. lineolatus*, Chaelunul= *C. lunulatus*, Chaemert= *C. mertensii*, Chaepele= *C. pelewensis*, Chaepleb= *C. plebeius*, Chaesp.= *Chaetodon* d'espèces non identifiées, Chaetrifa= *C. trifascialis*, Chaevaga= *C. vagabundus*, Heniacum= *Heniochus acuminatus*, Henimono= *H. monoceros*.

Les becs et les bossus (Lethrinidae) les plus observés sont les Lethrinidés non identifiés à l'espèce, les becs de cane (*Lethrinus nebulosus*) et les gueules d'acier (*L. xanthochilus*). Les autres espèces sont moins fréquentes (Figure 17).

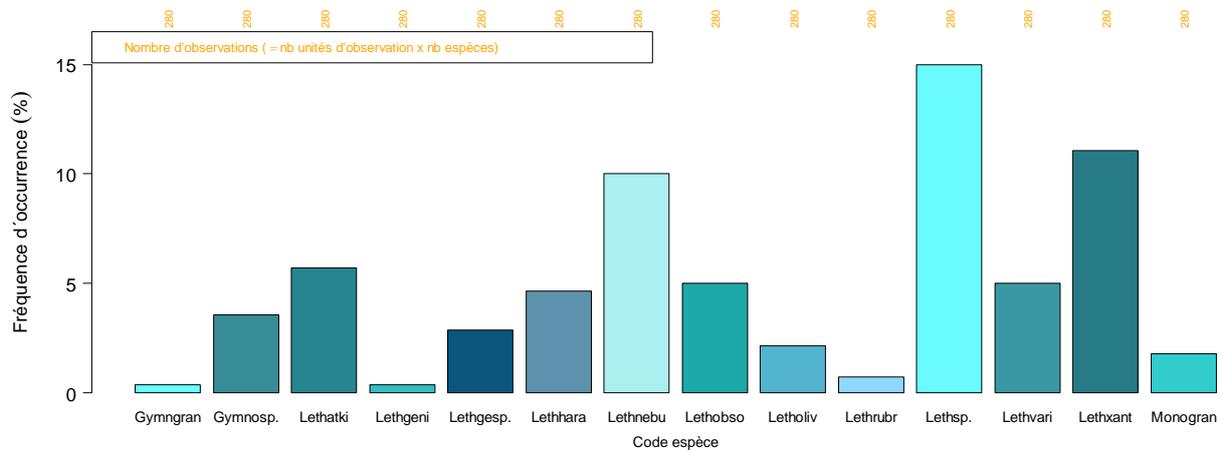


Figure 17. Fréquence d'occurrence des espèces de becs et bossus (Lethrinidae). Gymngran.= *Gymnocranius grandoculis*; Gymnosp.= *Gymnocranius* d'espèces non identifiées. ; Lethatki= *Lethrinus atkinsoni* ; Lethgeni=*L. genivittatus* ;Lethgesp.=Lethrinidae de genre non identifié ; Lethhara= *L. harak* ; Lethnebu= *L. nebulosus* ; Lethobso= *L. obsoletus* ; Letholiv= *L. olivaceus* ; Lethruvr = *L. rubrioperculatus* ; Lethsp.= Lethrinidae d'espèces non identifiées ; Lethvari= *L. variegatus* ; Lethxant= *L. xanthochilus* ;Monogran= *Monotaxis grandoculis*.

Les balistes (Balistidae) les plus fréquents sont le baliste picasso (*Rhinecanthus aculeatus*) et le baliste à queue bordée de blanc (*Sufflamen chrysopterum*) (Figure 18).

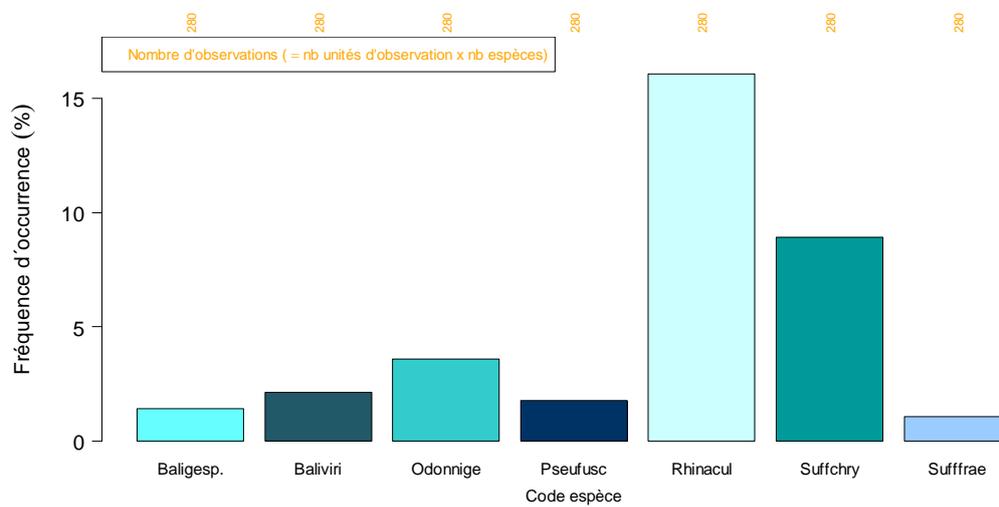


Figure 18. Fréquence d'occurrence des espèces de balistes (Balistidae). Baligesp.= Balistidae de genre non identifié ; Baliviri= *Balistoides viridescens* ; Odonnige= *Odonus niger* ; Pseufusc= *Pseudobalistes fuscus* ; Rhinacul= *Rhinecanthus aculeatus* ; Suffchry= *Sufflamen chrysopterum* ; Sufffrae= *S. fraenatum*.

En ce qui concerne **les loches (Serranidae)** ce sont la saumonée gros points (*Plectropomus laevis*) et la loche rayon de soleil (*Epinephelus merra*) qui sont les plus fréquentes, bien que

rares sur la zone, un certain nombre d'individus ne sont pas identifiés jusqu'au genre ou à l'espèce (Figure 19).

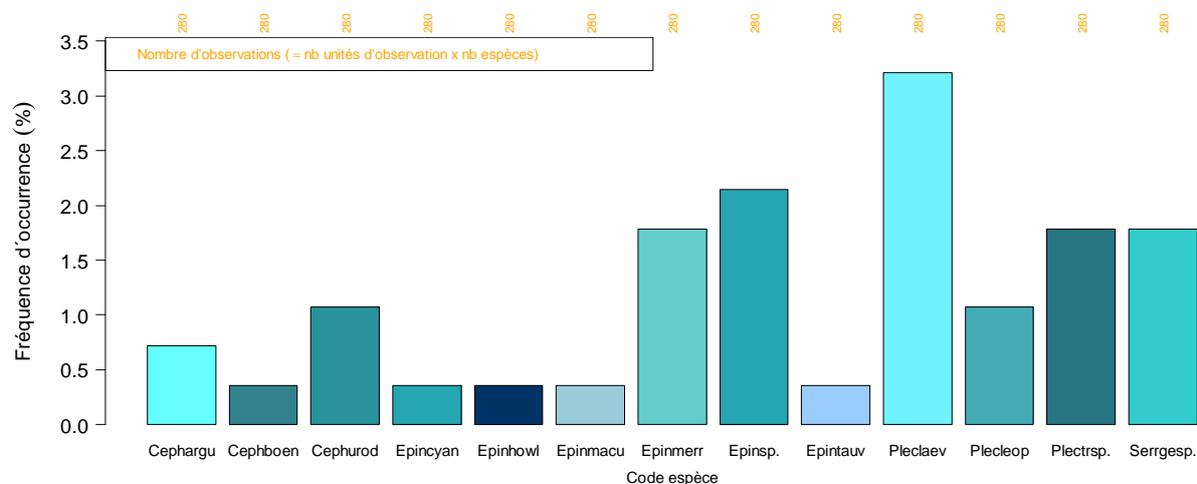


Figure 19. Fréquence d'occurrence des espèces de loches (Serranidae). Cephargu= *Cephalopholis argus*, Cephboen= *C. boenak*, Cephurod= *C. urodeta*, Epincyan= *Epinephelus cyanopodus*, Epinhowl= *E. howlandi*, Epinmacu= *E. maculatus*, Epinmerr= *E. merra*, Epinsp= *Epinephelus* d'espèce non identifiée, Epintauv= *E. tauvina*, Pleclaev= *Plectropomus laevis*, Plecleop= *P. leopardus*, Plectrsp.= *Plectropomus* d'espèce non identifiée, Serrgesp.= Serranidé de genre non identifié.

Parmi les treize espèces de labres (Labridae) observées, un labre (*Hemigymnus melapterus*) et un coris (*Coris aygula*) sont les plus fréquents. Le poisson-napoléon (*Cheilinus undulatus*) a été vu sur 9 stations parmi les 280 (Figure 20).

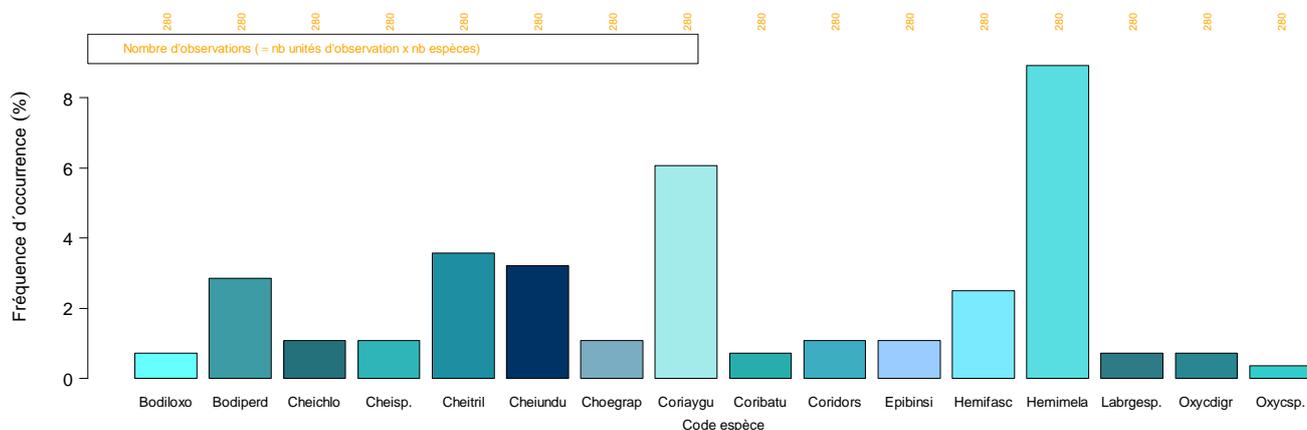


Figure 20. Fréquence d'occurrence des espèces de labres (Labridae). Bodiloxo= *Bodianus loxozonus*; Bodiperd= *B. perditio*; Cheichlo= *Cheilinus chlorourus*; Cheisp.= *Cheilinus* d'espèces non identifiées; Cheitrl= *C. trilobatus*; Cheiundu= *C. undulatus*; Choegrapp= *C. graphicus*; Coriaygu= *Coris aygula*; Coribatu= *C. batuensis*; Coridors= *C. dorsomacula*; Epibinsi= *Epibulus insidiator*; Hemifasc= *Hemigymnus fasciatus*; Hemimela= *H. melapterus*; Labrgesp.= Labridae de genre non identifié; Oxycdigr= *Oxycheilinus digramma*; Oxycsp.= *Oxycheilinus* d'espèce non identifiée.

Les lutjans et perches (Lutjanidae) sont assez rares. Les espèces les plus fréquentes sont l'anglais (*Lutjanus bohar*) et la perche de minuit noire (*Macolor niger*) (Figure 21).

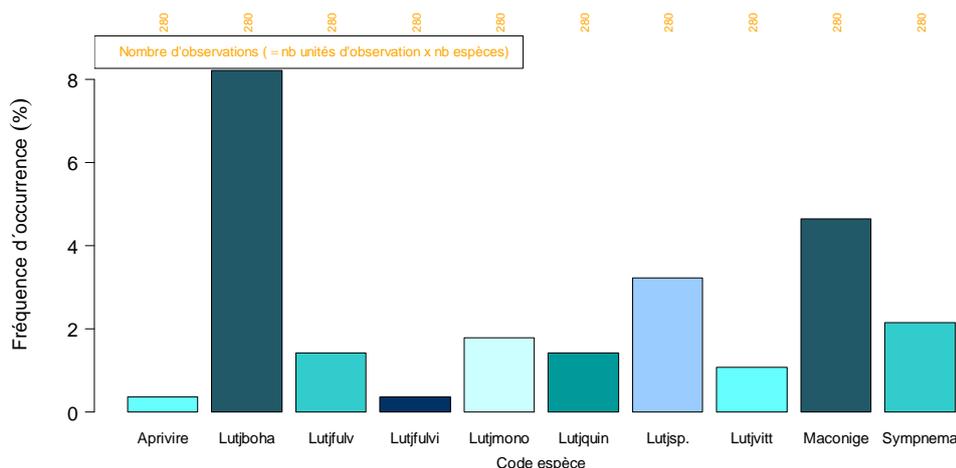


Figure 21. Fréquence d'occurrence des espèces de Lutjanidae. Aprivire= *Aprion virescens*; Lutjboha= *Lutjanus bohar*; Lutjfulv= *L. fulviflamma*; Lutjfulvi= *L. fulvus*; Lutjmono= *L. monostigma*; Lutjquin= *L. quinquelineatus*; Lutjsp.= *Lutjanus* d'espèce non identifiées; Lutjvitt= *L. vitta*; Maconige=*Macolor niger*; Sympnema= *Symphorus nematophorus*.

6.4. Richesse spécifique et densité totale de l'ichtyofaune

L'habitat Corail vivant abrite les plus grandes valeurs de densité et de richesse spécifique (Tableau 11, Figure 22). La densité maximale est observée dans la Réserve Coutumière (RC) dans l'habitat Corail vivant sur le tombant interne (160 ind/100m²) (Figures 22 et 23). La richesse spécifique (RS) maximale est observée Hors Réserve, dans l'habitat Corail vivant, également sur le tombant interne (27 espèces).

Les densités les plus élevées (densité>40 ind/100m²) sont observées au sud, entre les passes de Koné et Pouembout, sur l'habitat Corail vivant, tandis que les RS les plus élevées (RS>22 espèces) sont principalement observées sur le tombant interne et les récifs intermédiaires dans la RC (Figures 22 et 23). Une station au nord de la RC présente également une RS élevée (25 espèces).

Tableau 11. Densité et richesse spécifique toutes espèces confondues.

Habitat (nombre de stations en 2007 et 2013)	Densité (nb ind./100m ² /3min)				Richesse Spécifique (nb esp./9min)			
	2007	2013	2007 et 2013		2007	2013	2007 et 2013	
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Max	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Max
Corail vivant (13, 40)	19.8	17.9	18.4	160	12.2	11	11.2	27
Détritique (27, 4)	13.2	15.7	13.5	46.2	7.4	6.8	7.3	13
Fond lagonaire (100, 88)	10.2	10.4	10.3	55.2	4.3	6.8	5.4	22
Herbier (3, 5)	4.7	4.8	4.8	16.6	1	0.8	0.9	3

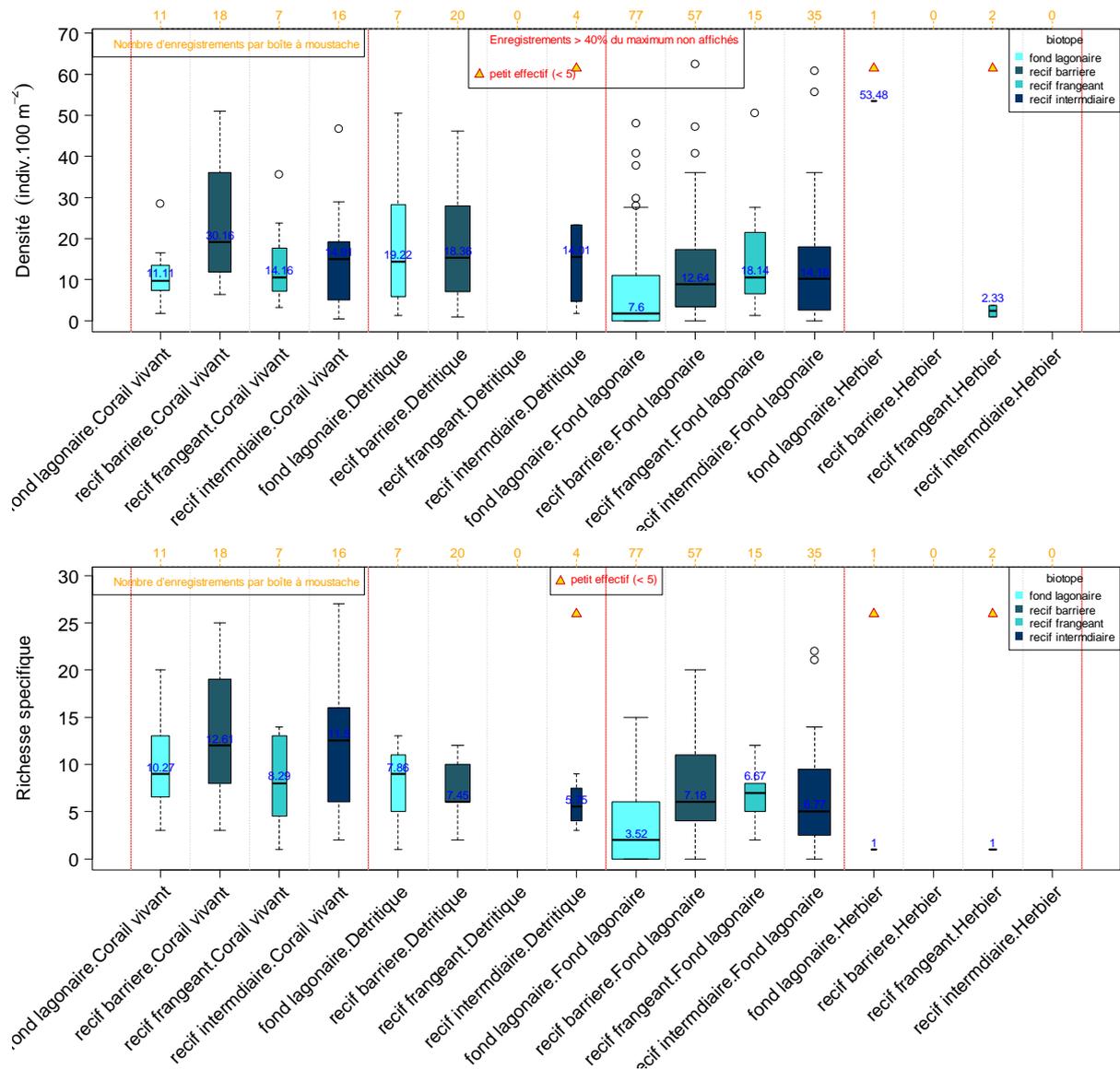


Figure 22. Densité d’abondance toutes espèces IEHE et richesse spécifique par station en fonction de l’unité géomorphologique et de l’habitat issu de la typologie.

Dans les unités « passe » et « herbier » de Andréfouët et Torres-Pulliza (2004) (Tableau 12), les valeurs observées sont élevées pour les passes et plutôt faibles pour l’unité herbier.

Tableau 12. Densité toutes espèces (nb ind./100m²/3min) et RS (nb esp./9min).

	Unité herbier (6 stations)	Unité passe (4 stations)
Habitat Fond lagonaire	1 station <i>Pas de poissons observés</i>	3 stations Densité moyenne 7.9 RS moyenne 4.7
Habitat Herbier	5 stations : Densité moyenne 1.8 RS moyenne : 0.8	<i>Pas de station</i>
Habitat Corail Vivant	<i>Pas de station</i>	1 station : Densité 12.7 RS 10

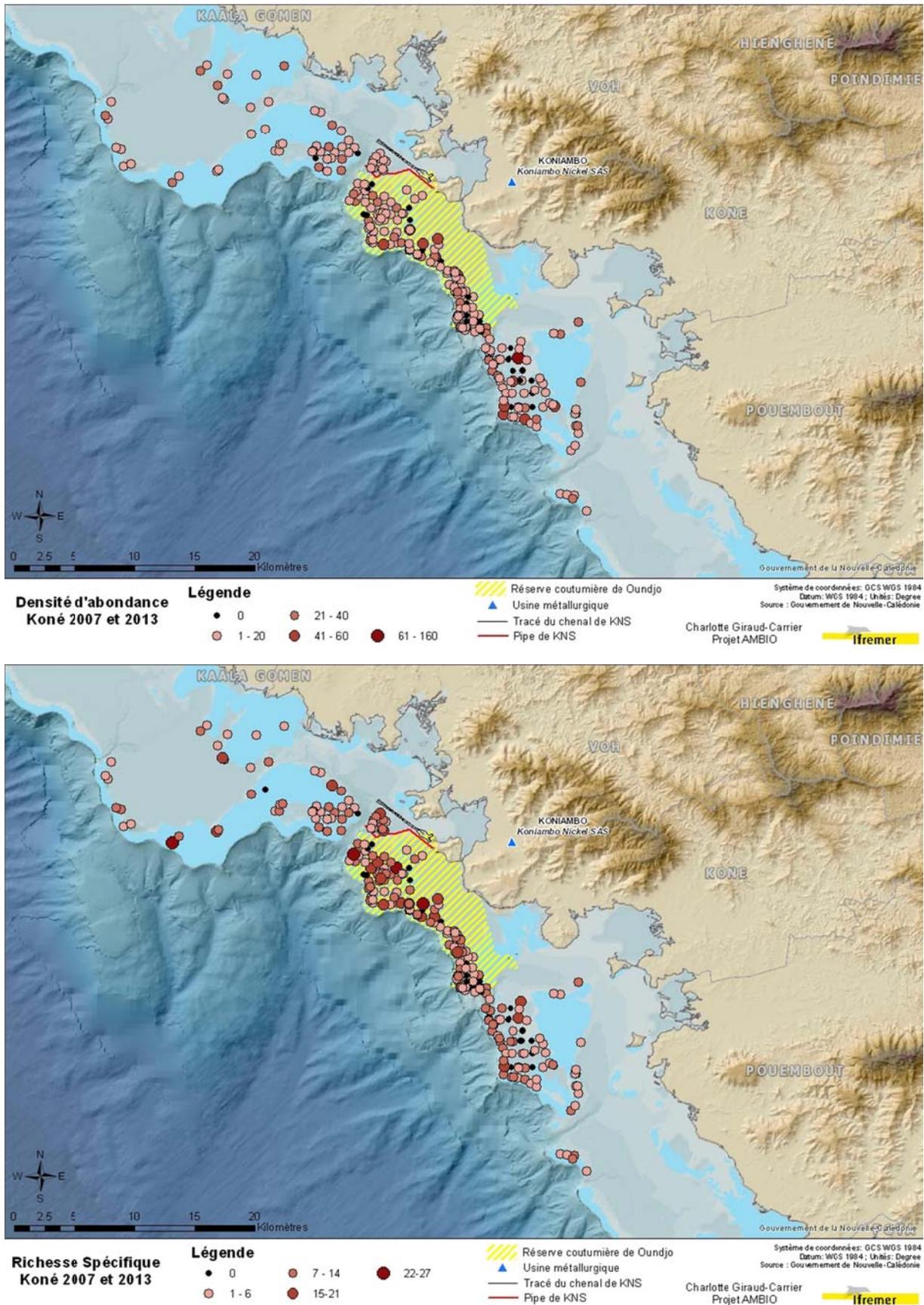


Figure 23. Densité d'abondance toutes espèces (en haut) et richesse spécifique par station (en bas).

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

La PERMANOVA montre un effet significatif de l'habitat issu de la typologie sur la structure des assemblages de poissons ($p < 0.0001$, Tableau 13), mais pas d'effet significatif de l'unité géomorphologique ($p < 0.1005$, Tableau 14). Par contre, au sein de chaque habitat, les communautés de poissons diffèrent selon l'unité géomorphologique (interaction significative entre les deux facteurs ($p < 0.0063$, Tableau 15)).

Tableau 13. Résultats du test PERMANOVA. Habitats : Corail Vivant, Détritique, Fond Lagonaire et Herbier. Unités géomorphologiques : Fond lagonaire, Herbier, Passe, Récif barrière, Récif frangeant et Récif intermédiaire.

Facteur	Degrés de liberté	Pseudo F	P
Unité géomorphologique	5	1.2008	0.1005
Habitat	3	2.5829	0.0001
Unité géomorphologique x Habitat	2	1.3888	0.0063

Au vu de l'interaction entre les facteurs unité géomorphologique et habitat, des tests post-hoc par paires d'unités géomorphologiques au sein de chaque habitat (Tableau 12) et réciproquement par paires d'habitat au sein de chaque unité géomorphologique (Tableau 13) ont été réalisés.

Au sein des habitats Corail vivant et Fond lagonaire, le récif barrière présente des structures des communautés de poissons bien distinctes de celles du récif frangeant et des récifs intermédiaires ($p < 0.02$). Sur les fonds plutôt meubles (habitat Fond Lagonaire), les communautés diffèrent très significativement entre l'unité géomorphologique Fond lagonaire et les unités récifales, ainsi qu'entre récifs barrière et intermédiaires ($p < 0.05$). Pour les deux autres habitats (Détritique et Herbier), aucune différence significative au niveau des communautés de poissons n'est à noter entre les différentes unités géomorphologiques.

Tableau 14. Résultats des tests PERMANOVA post hoc par paires d'unités géomorphologiques au sein de chaque habitat. Seuls les résultats significatifs sont présentés (8 paires significatives sur les 31 paires testées).

Habitat	Unités géomorphologiques comparées	t	P-value
Corail vivant	Fond lagonaire, Récif frangeant	1.3530	0.0293
	Récif frangeant, Récif barrière	1.3674	0.0166
	Récif barrière, Récif intermédiaire	1.3481	0.0173
Détritique	NS		
Fond lagonaire	Fond lagonaire, Récif frangeant	2.2631	0.0003
	Fond lagonaire, Récif barrière	2.6308	0.0001
	Fond lagonaire, Récif intermédiaire	2.0079	0.0006
	Récif frangeant, Récif barrière	1.4869	0.0077
	Récif barrière, Récif intermédiaire	1.2916	0.0493
Herbier	NS		

Le second test post hoc par paires test les différences entre habitats au sein de chaque unité géomorphologique (Tableau 13). La structure de la communauté est dans la plupart des cas (10 sur 17 testables) dépendante de l'habitat au sein de chaque unité géomorphologique.

Tableau 15. Résultats des tests PERMANOVA post hoc par paires d'habitats au sein de chaque unité géomorphologique. Seul les résultats significatifs sont présentés (10 paires significatives sur les 17 paires testées)

Unité géomorphologique	Habitats comparés	t	P
Fond lagunaire	Fond Lagunaire, Détritique	2.0083	0.0019
	Fond lagunaire, Corail vivant	2.4027	0.0002
Passe	NS		
Récif barrière	Fond Lagunaire, Détritique	1.6509	0.0007
	Fond lagunaire, Corail vivant	1.6229	0.0007
	Détritique, Corail vivant	1.3523	0.0267
Récif frangeant	Fond lagunaire, Herbier	1.5283	0.0079
	Fond lagunaire, Corail vivant	1.5223	0.0032
	Herbier, Corail vivant	1.6956	0.0256
Récif Intermédiaire	Fond lagunaire, Corail vivant	1.8867	0.0004
	Détritique, Corail vivant	1.4131	0.0189

Les résultats de la CAP (Canonical Analysis of Principal coordinates) en fonction de l'habitat (Figure 24, Tableau 16) permettent de caractériser l'habitat Corail Vivant est par trois espèces de poissons chirurgiens, trois espèces de poissons perroquets et le poisson-papillon côtelé du Pacifique (*Chaetodon lunulatus*). L'habitat Détritique est caractérisé par le Dawa (*Naso unicornis*), le baliste (*Sufflamen chrysopterum*), le rouget-barbet à bandes (*Parupeneus multifasciatus*) et des petits poissons perroquets non identifiés à l'espèce. Le communard (*Lethrinus variegatus*) est caractéristique des stations situées en Herbier et Fond lagunaire.

Les résultats de la validation croisée montrent un pourcentage de classification correcte global satisfaisant (68%) et des pourcentages de classification corrects par habitat (Corail Vivant = 64%, Détritique = 61%, Fond Lagunaire= 70% et Herbier = 62%). Ces résultats indiquent que les assemblages de poissons de l'habitat Fond lagunaire sont les plus spécifiques, puis ceux de l'habitat Corail vivant.

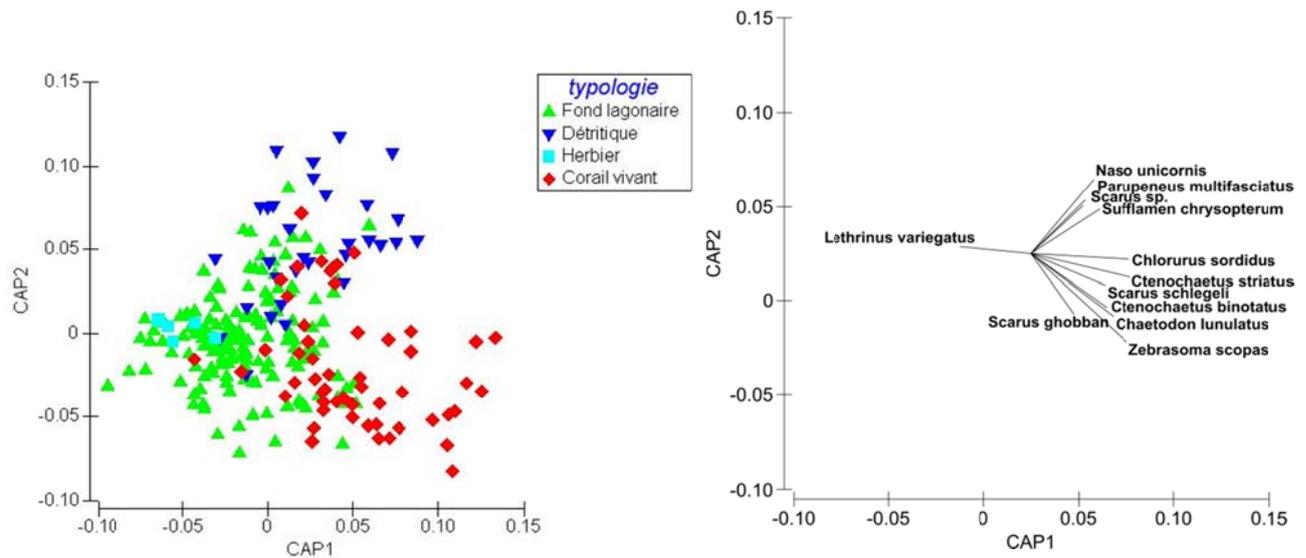


Figure 24. Premier plan factoriel de l'Analyse Canonique des coordonnées principales. A gauche : projection des stations en fonction des quatre habitats. A droite : Espèces de poissons caractéristiques de ces habitats en projection sur le premier plan factoriel. Seules les espèces présentant des corrélations suffisantes avec les axes CAP (corrélation Spearman, $r > 0.35$) sont reportées.

Tableau 16. Synthèse des espèces caractéristiques des différents habitats.

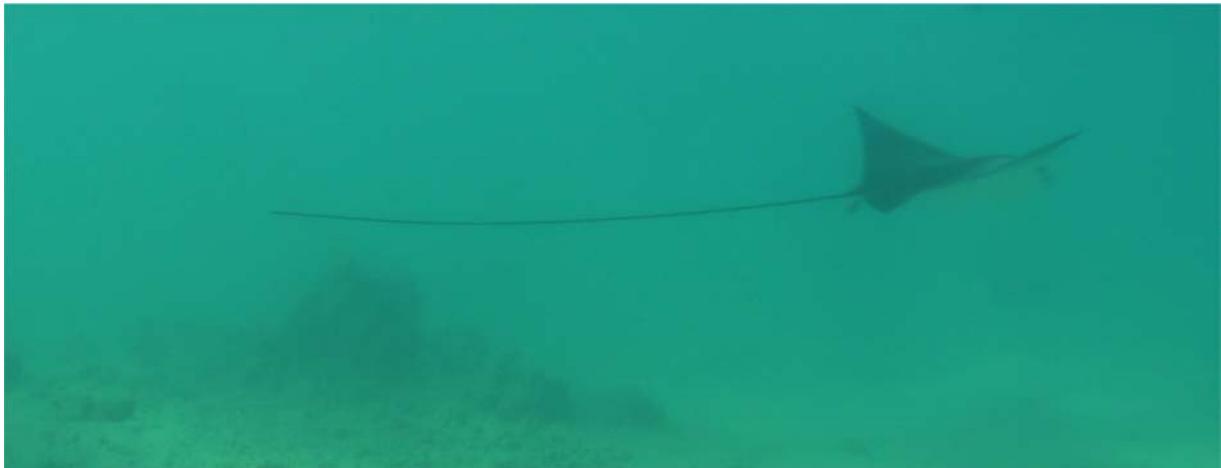
Habitat	Famille	Espèce	Nom commun
Corail Vivant	Acanthuridae	<i>Ctenochaetus binotatus</i>	Poisson-chirurgien à deux taches
	Acanthuridae	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Chirurgien à tête ponctuée d'orange
	Acanthuridae	<i>Zebrasomas copas</i>	Poisson chirurgien à queue en balai
	Chaetodontidae	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Poisson-papillon côtelé du Pacifique
	Scaridae	<i>Chlorurus sordidus</i>	Poisson-perroquet
	Scaridae	<i>Scarus ghobban</i>	Poisson-perroquet Rédika
	Scaridae	<i>Scarus schlegeli</i>	Poisson-perroquet à bande jaune
	Détritique	Acanthuridae	<i>Naso unicornis</i>
Balistidae		<i>Sufflamen chrysopterum</i>	Baliste à queue bordée de blanc
Mullidae		<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Rouget-barbet à bandes
Scaridae		<i>Scarus sp.</i>	Scarus d'espèce non identifié
Fond lagonaire et Herbier	Lethrinidae	<i>Lethrinus variegatus</i>	Communard

6.6. Conclusion

Sur la base de la liste des espèces d'Intérêt Ecologique Halieutique et Emblématique (IEHE), les données des campagnes de 2007 et 2013 donnent une image représentative de la biodiversité présente sur la zone.

Les espèces de la liste IEHE habituellement rencontrées dans les écosystèmes coralliens sont observées, notamment sur les habitats Corail vivant et Fond lagonaire. Les familles les plus fréquentes sont les chirurgiens, perroquets, poissons-papillons, rougets-barbets ainsi que les becs et bossus. Les familles les plus diversifiées sont les poissons-papillons (23 espèces), puis les chirurgiens (17 espèces). Les familles les plus abondantes sont les chirurgiens, puis les perroquets et poissons-papillons.

L'abondance totale et la richesse spécifique varient en fonction de l'habitat issu de la typologie et dans une moindre mesure en fonction de l'unité géomorphologique. La structure de la communauté (composition spécifique) est significativement distincte d'un habitat à l'autre. Au sein des principaux habitats (Corail vivant et Fond lagonaire), elles diffèrent également en fonction des unités géomorphologiques. L'habitat issu de la typologie expliquant mieux la structure de l'assemblage que l'unité géomorphologique, c'est ce facteur qui sera utilisé en covariable dans les sections 7 et 8.



Aetobatus narinari

7. Evolution 2007-2013 et Réserve Coutumière d'Oundjo

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

Dans les sous-sections 6.3 et 6.4, ont été décrites les espèces observées et leur fréquence. Vingt-trois familles ont été observées, dont 4 (chirurgiens, perroquets, rougets-barbets et poissons-papillons) sont observées sur plus de 50% des stations et sept autres sur plus de 20% des stations. Les 4 familles les plus fréquentes apparaissent assez diversifiées : chirurgiens avec 17 espèces, perroquets avec 12 espèces, et surtout rougets-barbets avec 9 espèces et poissons-papillons avec 23 espèces. Cette diversité assez élevée s'explique également par le grand nombre de stations. Les becs et bossus aperçus sur presque 40% des stations, sont également assez diversifiés avec 11 espèces rencontrées.

Densité d'abondance toutes espèces et Richesse spécifique par station

Ces métriques varient en fonction du statut de protection, de l'habitat et de l'année de campagne (Tableau 17 et Figures 25 à 27). Elles sont maximales sur l'habitat Corail vivant, mais hors réserve (HR) pour l'abondance et en réserve (RC) pour la RS. Des densités élevées apparaissent également sur l'habitat Détritique, mais avec des RS plus faibles⁷. L'habitat Fond lagonaire abrite des abondances non négligeables et une RS encore moins élevée. Enfin, dans l'habitat Herbier, la RS est faible, et les abondances sont variables, essentiellement en raison du faible nombre de stations.

Tableau 17. Densité et RS par station en fonction de l'habitat, du statut de protection et de l'année. Les moyennes correspondent aux chiffres en bleu sur la Figure 25.

Habitat		Corail vivant				Détritique			
Statut de protection		HR		RC		HR		RC	
Année de campagne		2007	2013	2007	2013	2007	2013	2007	2013
Densité	Moyenne	27.2	19.4	18.9	17.3	19.0	18.3	15.6	19.3
	Maximum	42.9	170.6	50.9	46.7	46.3	23.3	50.5	31.4
RS	Moyenne	9	10.0	13.2	12.3	7.9	4.5	6.3	9
	Maximum	10	25	27	22	13	5	10	12
Habitat		Fond lagonaire				Herbier			
Statut de protection		HR		RC		HR		RC	
Année de campagne		2007	2013	2007	2013	2007	2013	2007	2013
Densité	Moyenne	8.6	12.5	12.6	10.2	--	2.3	2.0	18.8
	Maximum	47.1	62.4	73.0	55.6	--	3.8	5.9	53.5
RS	Moyenne	3.4	6.4	4.9	7.3	--	1	1	0.7
	Maximum	13	20	15	22	--	1	3	1

⁷ A noter qu'en 2013, les stations sont peu nombreuses sur cet habitat.

Les métriques pertinentes pour cet objectif de conservation sont rassemblées dans le Tableau 18, les fiches métriques se trouvant en annexe. Cette évaluation comprend également une approche multivariée au niveau de l'assemblage (Tableaux 19 et 20).

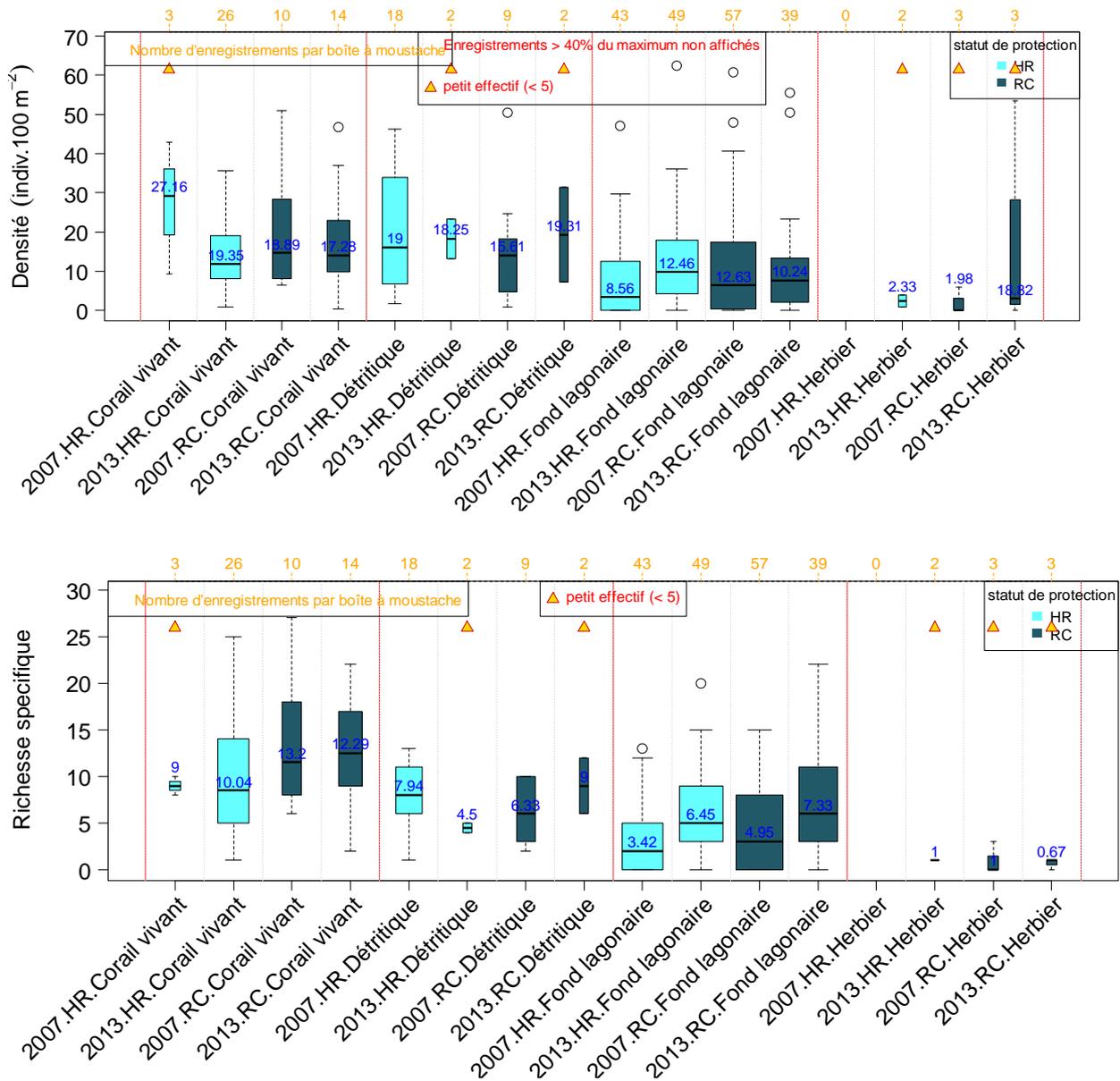
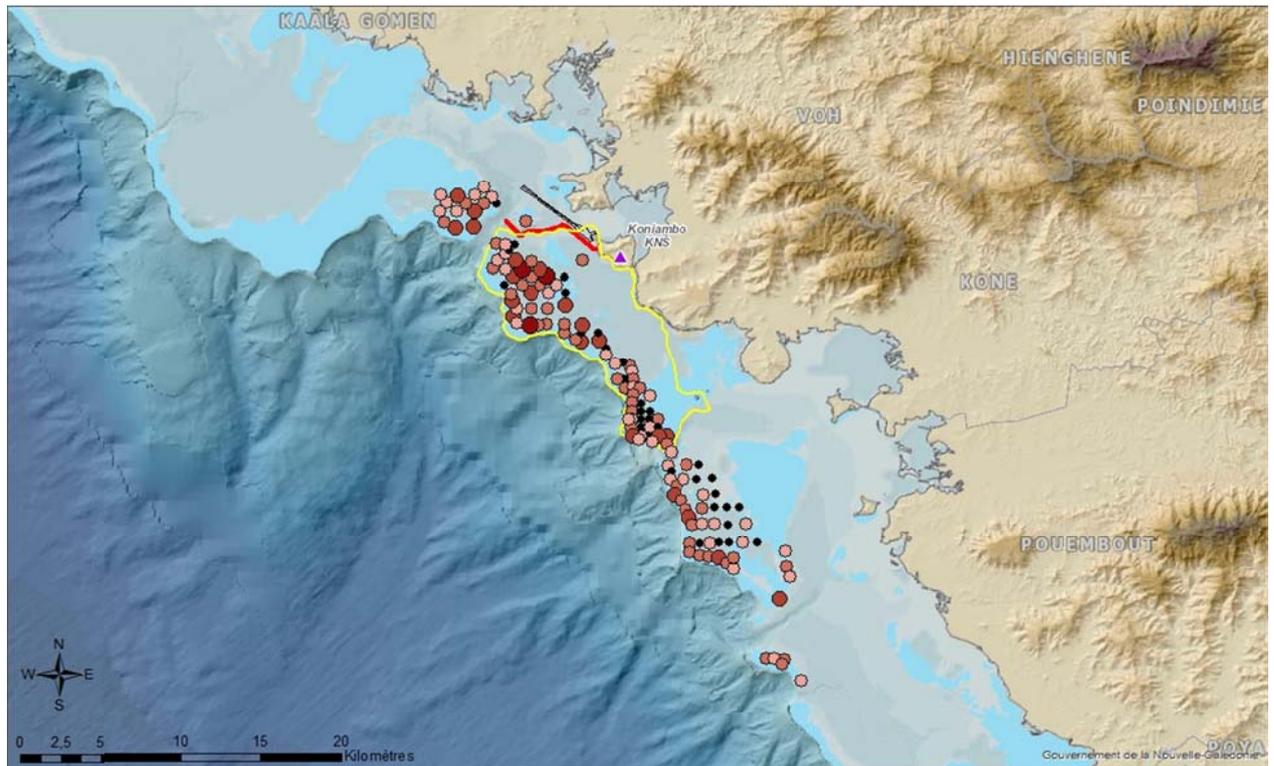


Figure 25. Densité (en haut) et Richesse spécifique (en bas) par station en fonction de l'habitat, du statut de protection et de l'année. Graphique de densité tronqué à 40% de la valeur maximale.

Pages suivantes : Densités d'abondance et RS en 2007 (Figure 26) et en 2013 (Figure 27).



Richesse spécifique

Légende

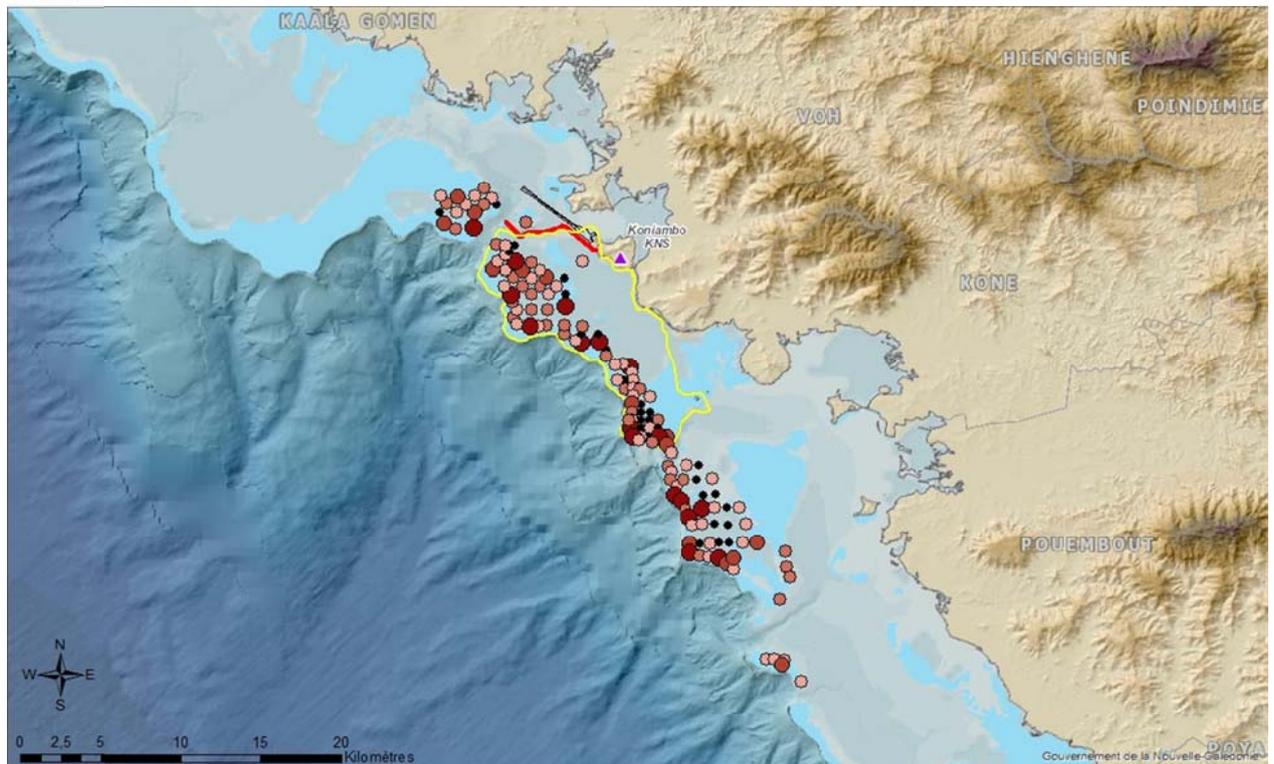
- 0
- 5 - 10
- 15 - 27
- 0 - 5
- 10 - 15

- Réserve coutumière de Oundjo
- ▲ Usine métallurgique
- Tracé du canal de KNS
- Pipe de KNS

Système de coordonnées: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984 - Unités: Degrés
Source: Gouvernement de Nouvelle-Calédonie

Projet AMBIO Ifremer

Koné 2007 - 2008



Densité [ind/100m²]

Légende

- 0
- 10 - 20
- 30 - 75
- 0 - 10
- 20 - 30

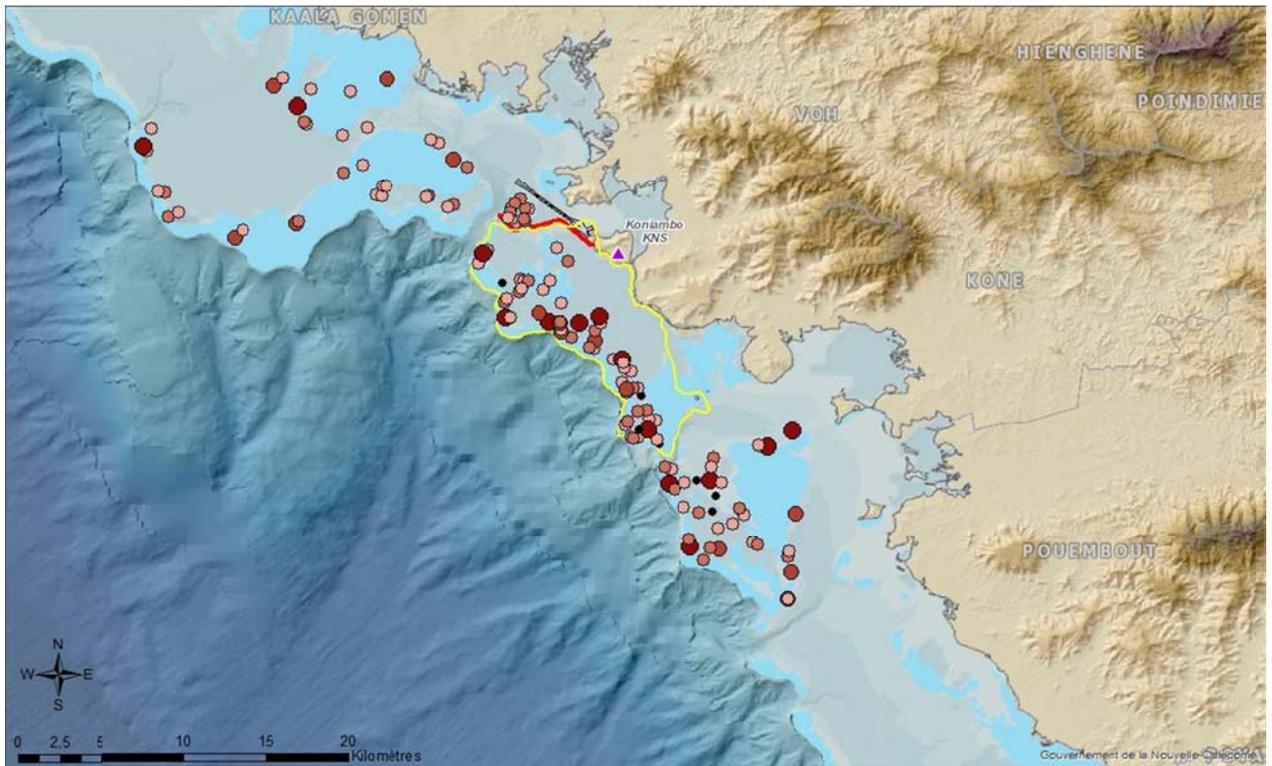
- Réserve coutumière de Oundjo
- ▲ Usine métallurgique
- Tracé du canal de KNS
- Pipe de KNS

Système de coordonnées: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984 - Unités: Degrés
Source: Gouvernement de Nouvelle-Calédonie

Projet AMBIO Ifremer

Koné 2007 - 2008

Figure 26



Densité [ind/100m²]

Légende

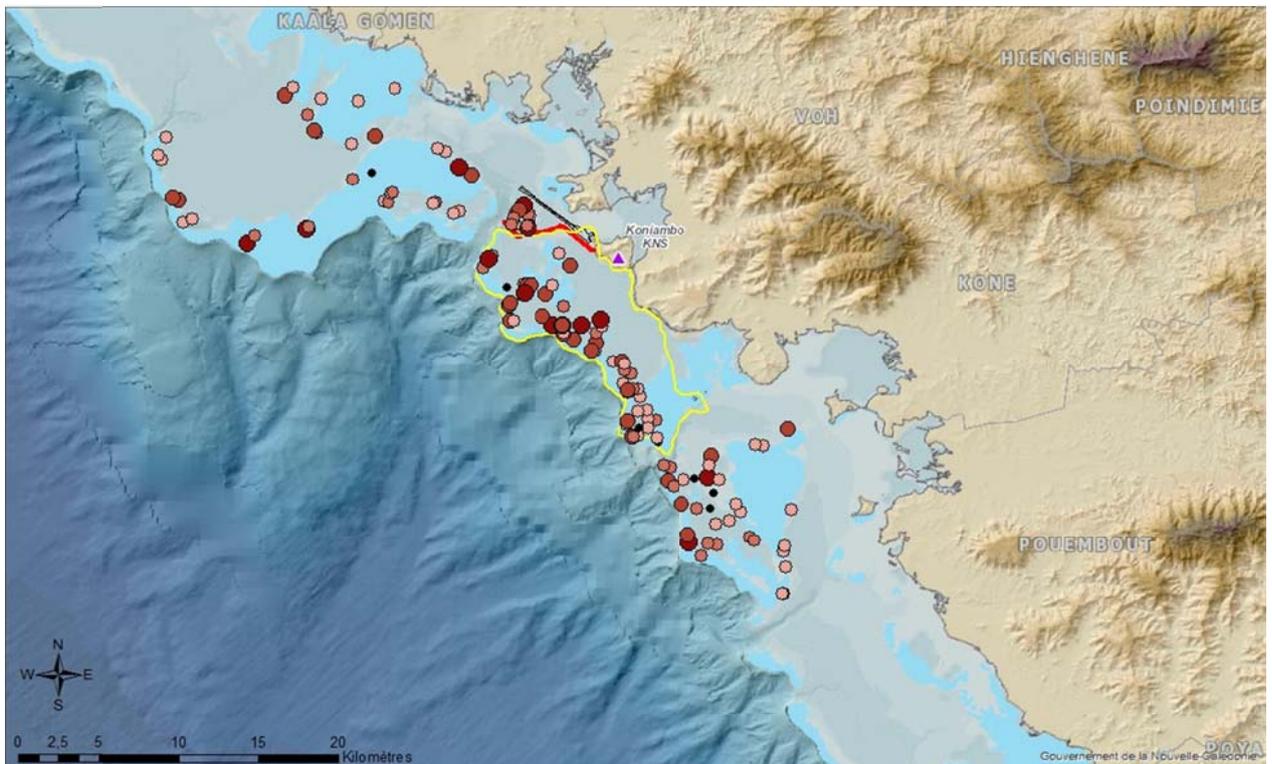
- 0
- 10 - 20
- 30 - 175
- 0 - 10
- 20 - 30

- Réserve coutumière de Oundjo
- ▲ Usine métallurgique
- Tracé du chenal de KNS
- Pipe de KNS

Système de coordonnées: GCS WGS 1984
 Datum: WGS 1984 - Unités: Degrés
 Source: Gouvernement de Nouvelle-Calédonie

Projet AMBIO

Koné 2013



Richesse spécifique

Légende

- 0
- 5 - 10
- 15 - 25
- 0 - 5
- 10 - 15

- Réserve coutumière de Oundjo
- ▲ Usine métallurgique
- Tracé du chenal de KNS
- Pipe de KNS

Système de coordonnées: GCS WGS 1984
 Datum: WGS 1984 - Unités: Degrés
 Source: Gouvernement de Nouvelle-Calédonie

Projet AMBIO

Koné 2013

Figure 27

Analyse statistique des indicateurs univariés

Tous les indicateurs présentent des valeurs différentes en fonction de l'habitat et sensiblement plus élevées sur l'habitat Corail vivant (19% des stations). La RS par station et la densité d'abondance toutes espèces sont significativement plus élevées sur l'habitat Corail vivant que sur les autres habitats. Sur cet habitat, la RS apparaît plus élevée en RC (mais NS) ; pas de différences entre statuts dans les autres habitats. Sur l'habitat Fond lagonaire (67% des stations), la RS a significativement augmenté entre 2007 et 2013 ($p < 0.0004$) à la fois en RC et HR ; elle est stable dans les autres habitats. Par contre, la densité toutes espèces a diminué HR entre 2007 et 2013 (marginale significatif, $p < 0.11$) dans l'habitat Corail vivant ; elle n'a pas varié dans les autres habitats et statuts. L'habitat Herbier (8 stations) présente des RS faibles et des densités variables, mais assez faibles.

Sur l'habitat Corail vivant, les RS observées sont en moyenne (sur les statuts et sur les années) légèrement inférieures à celles observées sur la ZCO (Bourail 2012 et Ouano 2009) et Borendy (2012), similaires à celles de Pweevo (2012) et supérieures à celles observées à Hyehen (2012). Sur ce même habitat, les densités toutes espèces observées sont nettement inférieures à celles observées sur la ZCO et à Borendy, un peu inférieures à celles de Pweevo et supérieures à celles observées à Hyehen.

Les chirurgiens sont la famille la plus diversifiée à l'échelle de la station. La RS par famille est en légère (NS) augmentation entre 2007 et 2013 (chirurgiens, rougets-barbets, poissons-papillons) sauf pour les perroquets pour lesquels elle baisse significativement dans la RC et reste stable HR. Les autres familles sont assez peu diversifiées à l'échelle de la station. Lutjanidae et Lethrinidae sont les seules familles observées sur l'habitat Herbier (8 stations). Les loches sont observées sur les habitats Corail vivant et Fond lagonaire, autant en RC que HR, mais leur diversité est faible (1 à 2, rarement 4 espèces par station).

Les chirurgiens sont aussi la famille la plus abondante sur la zone, bien que moins abondants que sur la plupart des autres sites (sauf Ouano et Hyehen). Les perroquets sont assez abondants, plus que sur certains sites (Hyehen, Bellona), comparables à Pweevo mais moins que sur les autres sites. Cependant, leur densité a significativement chuté entre 2007 et 2013 sur les 2 principaux habitats, en réserve ET surtout hors réserve. L'abondance des poissons-papillons est assez faible, similaire à Hyehen et Petrie, plus élevée qu'à Bellona, mais moins que sur les autres sites (dont ZCO et Pweevo), sans évolution significative. Les rougets-barbets sont relativement abondants sur la zone (mais absents de l'habitat Herbier) qui présente des densités plus élevées que sur plusieurs sites côtiers (ZCNE et Ouano). Ces densités sont en augmentation sur tous les habitats et significativement sur l'habitat Corail vivant. A l'inverse, l'abondance des becs, bossus et communards a significativement baissé entre 2007 et 2013, en RC et HR. Elle reste toutefois plus élevée en RC que HR. Cette famille est plus abondante qu'à Hyehen, aussi abondante qu'à Pweevo et moins abondante que sur la ZCO et à Borendy. Elle est observée sur les habitats Herbier et Fond lagonaire, en abondance similaire à Bourail sur ce dernier.

Les loches ont vu leur densité diminuer significativement entre 2007 et 2013 en RC et HR ; leur abondance, faible en RC comme HR, est similaire à celles de la ZCNE et de la ZCO et inférieure à celles des autres sites. Les balistes sont abondants sur l'habitat Détritique, avec des signes de densité plus élevée HR. Les labres présentent des densités similaires à Hyehen et inférieures aux autres sites, tandis que les lutjans sont plus abondants que sur le ZCNE et à Bourail, mais moins qu'à Ouano. Les Siganidae ont été relativement peu observés sur la zone.

Tableau 18. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif de maintenir un assemblage d'espèces représentatif de l'écosystème.

Indicateur	Etat	Commentaire
Richesse spécifique par station toutes espèces (11.1)	➔	<ul style="list-style-type: none"> Habitat Fond lagonaire : augmentation significative entre 2007 et 2013 en RC et HR ($p < 0.0004$) ; pas de différence significative entre statuts Habitat Corail vivant : signes de densité plus élevée en RC que HR (NS) ; stable entre 2007 et 2013 Habitat Corail vivant : RS légèrement inférieure à ZCO (Bourail 2012 et Ouano 2009) et Borendy (2012), similaire à Pweevo (2012) et supérieure à Hyeheh (2012)
Densité d'abondance toutes espèces (11.2)	➡	<ul style="list-style-type: none"> Habitat Corail vivant (densités les plus élevées) : diminution de la densité HR entre 2007 et 2013 (marginale significative, $p < 0.11$) Habitat Fond lagonaire : densités inférieures aux habitats Corail vivant et Détritique Pas d'autres différences marquées entre statuts et entre années Habitat Corail vivant : nettement inférieure à ZCO et Borendy, un peu inférieure à Pweevo et supérieure à Hyeheh
Richesse spécifique par famille (11.3)		
Chirurgiens	⬆	<ul style="list-style-type: none"> Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection, RS plus élevée sur habitat Corail vivant (NS) Augmentation de la RS entre 2007 et 2013 sur les habitats Corail vivant et Fond lagonaire (NS) Sur ces 2 habitats, RS plus élevée en RC en 2013 (NS)
Perroquets	➡	<ul style="list-style-type: none"> Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection, RS nettement plus élevée dans l'habitat Corail vivant que dans les autres habitats Habitat Corail vivant : RS stable HR mais en baisse significative ($p < 0.03$) entre 2007 et 2013 dans RC; RS plus élevée en RC que HR (NS), mais différence HR-RC atténuée entre 2007 et 2013 du fait de la baisse dans la RC
Poissons-papillons	⬆	<ul style="list-style-type: none"> Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection, RS plus élevée sur habitat Corail vivant (NS) Habitat Corail vivant : légère augmentation de la RS entre 2007 et 2013 (NS) et RS variable HR en 2013 Pas de différences marquées entre statuts de protection Habitat Corail vivant : RS supérieure à Hyeheh, et similaire à tous les autres sites
Rougets-barbets	⬆	<ul style="list-style-type: none"> Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection Augmentation de la RS dans la RC entre 2007 et 2013 sur les habitats Corail vivant et Fond lagonaire (NS)
Autres familles	non évaluable	<ul style="list-style-type: none"> Familles assez peu diversifiées à l'échelle de la station Lutjanidae et Lethrinidae sont les seules familles observées sur l'habitat Herbier (8 stations) Serranidae : 1 à 2, rarement 4 espèces par station ; observés sur les habitats Corail vivant et Fond lagonaire, autant en RC que HR
Densité d'abondance par famille (11.4)		
Chirurgiens	⬇	<ul style="list-style-type: none"> Abondants sur l'ensemble des habitats et statuts de protection Habitat Corail vivant : densités plus élevées et diminution HR entre 2007 et 2013 (NS) Autres habitats : différences peu marquées ou NS entre statuts de

		protection et années
Perroquets	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Assez abondants dans trois habitats, surtout habitats Corail vivant et Détritique; absents de l'habitat Herbier • Sur les 2 principaux habitats, diminution d'ensemble significative entre 2007 et 2013 ($p < 0.05$) ; diminution visible pour chaque statut et chaque habitat, mais seulement nette HR sur habitat Corail vivant • Sur ces deux habitats, densités toujours plus élevées dans la RC (NS)
Poissons-papillons	↑	<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez faibles en général, plus élevées dans l'habitat Corail vivant (nettement moins élevées qu'à Bourail) • RC : signes d'augmentation entre 2007 et 2013 sur les 3 habitats (NS) • HR : évolution variable selon habitat, mais non marquée • Pas de différences marquées entre RC et HR • Habitat Corail vivant : abondance similaire à Hyeheh et Petrie, plus élevée qu'à Bellona, mais moins que sur les autres sites (dont ZCO et Pweevo)
Rougets-barbets	↑	<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez faibles mais non négligeables sur 3 des habitats ; famille non observée dans l'habitat Herbier (Bourail 2012 : densités plus élevées et surtout sur cet habitat) • Densités moins élevées en RC que HR sur les trois habitats (NS) • Habitat Corail vivant : augmentation 2007-2013 ($p < 0.03$) • Habitat Détritique : augmentation 2007-2013 (NS) • Habitat Fond lagonaire : augmentation NS en RC ; stabilité HR
Bossus, communards becs de cane	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Présence dans les 4 habitats ; surtout Herbier et Fond lagonaire • Densités similaires à celles de la zone de Bourail, hors Herbier • Diminution très significative entre 2007 et 2013 en RC et HR sur les 3 habitats principaux ($p < 10^{-6}$) • Densité significativement plus élevée en RC sur tous les habitats ($p < 0.03$)
Labres Lutjans Picots	<i>Non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peu observés sur la zone ; pas de signe d'évolution • Labres : densités similaires à Hyeheh, Chester, Bellona, Petrie et inférieures aux autres sites • Lutjans: densités plus élevées que ZCNE et Bourail, moins élevé qu'à Ouano
Loches	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Peu observées sur la zone • Habitat Corail vivant : diminution significative 2007-2013 en RC et HR ($p < 0.003$) ; pas de différence significative entre statuts
Balistes	↑	<ul style="list-style-type: none"> • Peu abondants sur la zone sauf habitat Détritique • Pas de différences marquées entre les statuts de protection • Différence significative entre 2007 et 2013 sur tous les habitats et statuts ($p < 0.0001$), signe d'augmentation • Effet significatif du statut de protection ($p < 10^{-5}$), mais différences NS (signe de densité plus élevée HR)
Autres familles	<i>Non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Familles rarement observées dans les données en 2007 et 2013

Tests multivariés au niveau de la communauté de poissons

Une analyse de variance par permutations (PERMANOVA) a été réalisée pour tester conjointement les effets de l'habitat issu de la typologie (ce dernier s'étant révélé plus explicatif que l'unité géomorphologique pour expliquer la distribution de l'assemblage, cf. § 6.4), du statut de protection et de l'année de campagne. La structure de l'assemblage diffère significativement entre les habitats ($p < 0.0001$) et entre les 2 années ($p < 0.056$) (Tableau 19). Cette évolution diffère en fonction de l'habitat plus que du statut de protection (interaction significative entre les 3 facteurs ($p < 0.025$)).

La communauté de poissons diffère significativement entre 2007 et 2013, mais en fonction des habitats, et, dans une moindre mesure, de manière distincte entre RC et HR.

Tableau 19. Résultats du test PERMANOVA avec 3 facteurs : Habitat (Corail vivant, Détritique, Fond lagonaire et Herbier), Année de campagne (2007 et 2013) et Statut de protection (Réserve Coutumière et Hors Réserve)

Facteur	Degrés de liberté	Pseudo-F	P
Habitat	3	4.7991	0.0001
Statut de protection	1	0.94843	0.4922
Année de campagne	1	1.682	0.0561
Habitats x Statut de protection	3	1.0658	0.3471
Habitats x Année de campagne	3	1.0198	0.4308
Statut de protection x Année de campagne	1	1.0553	0.3705
Habitat x Statut de protection x Année de campagne	2	1.6367	0.0253

Un test PERMANOVA post hoc par paires avec les 3 facteurs, Habitat (Corail vivant, Détritique, Fond lagonaire et Herbier), Année de campagne (2007 et 2013) et Statut de protection (Réserve Coutumière et Hors Réserve) (Tableau 20) montre que **la structure de l'assemblage diffère entre RC et HR :**

- **dans l'habitat Corail vivant en 2007 ($p < 0.0043$) et en 2013 ($p < 0.0329$)**
- **dans l'habitat Fond lagonaire en 2013 ($p < 0.0041$).**

Tableau 20. Résultats des tests post hoc par paires avec 3 facteurs : Habitat (Corail vivant, Détritique, Fond lagonaire et Herbier), Année de campagne (2007 et 2013) et Statut de protection (Réserve Coutumière et Hors Réserve)

	Corail vivant		Détritique		Fond lagonaire		Herbier	
	2007	2013	2007	2013	2007	2013	2007	2013
RC - HR	0.0043	0.0329	0.55	0.3411	0.4426	0.0041	0.3411	1

Au niveau de l'assemblage : la composition spécifique et l'ensemble des densités d'abondance par espèce diffèrent significativement d'abord en fonction de l'habitat, puis en fonction de l'année et enfin du statut. La différence entre RC et HR est significative sur l'habitat Corail vivant en 2007 et 2013, et sur l'habitat Fond lagonaire en 2013. Rappelons que les tests non paramétriques ne permettent pas de quantifier les différences.

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

Les groupes trophiques

Les herbivores sont le groupe le plus abondant ; ils n'ont pas été observés sur l'habitat Herbier dans la zone (Tableau 21). Leur densité est moins élevée qu'à Bourail et Borendy en 2012, mais similaire à celle de Pweevo et plus élevée qu'à Hyeheh. Sur l'habitat Corail vivant, ils sont moins abondants que sur les autres sites cités ci-dessus, mis à part Bellona.

Les carnivores sont présents sur les 4 habitats. Sur l'habitat Corail vivant, ils sont en abondance moyenne par rapport aux autres sites côtiers et éloignés; avec des valeurs similaires à celles observées à Pweevo, Borendy, et Merlet.

L'abondance des piscivores est faible mais comparable à celles de Borendy et Merlet : elle dépasse celles de Bourail, Ouano, Hyeheh, Pweevo. Les planctonophages présentent des densités faibles sur tous les habitats et statuts, à l'exception de quelques bancs.

Evolution et différence entre RC et HR

L'abondance des groupes prédateurs (carnivores et piscivores) ne montre pas d'évolution notable entre 2007 et 2013. Les piscivores sont plus abondants en RC sur l'habitat Corail vivant (mais NS). A l'inverse pour les herbivores, malgré des signes de densité plus élevée en RC, leur abondance a **diminué significativement** entre 2007 et 2013 sur l'habitat Corail vivant, **en RC et surtout HR**. Des signes de diminution sont également visibles sur l'habitat Fond Lagonaire.



Tableau 21. Synthèse d'indicateurs pertinents pour l'objectif de maintenir les fonctions de l'écosystème.

Famille	Etat Tendance	Commentaires
Carnivores et Macro- carnivores	➡	<ul style="list-style-type: none"> • Rougets-barbets, becs, communards et bossus, poissons-papillons, castex et grosses lèvres, lutjans, balistes, labres • Abondants sur les 3 principaux habitats, abondance moyenne sur habitat Herbier • Sur chaque habitat, pas de différences nettes ou significatives entre statuts de protection ou entre années • Habitat Corail vivant : abondance moyenne par rapport aux autres sites côtiers et éloignés ; avec des valeurs similaires à celles observées à Pweevo, Borendy, et Merlet
Piscivores	➡	<ul style="list-style-type: none"> • Mekoua, carangues, loches, lutjans, tazarads • Présents dans 3 habitats, densités plus élevées sur l'habitat Corail vivant • Groupe peu abondant sur la zone ; abondances stables • Habitat Corail vivant : signe de densité plus élevée en RC en 2007 et 2013 (NS) • Habitat Corail vivant : abondances comparables à celles de Borendy et Merlet, elles dépassent celles de Bourail, Ouano, Hyehen, Pweevo
Herbivores	⬇	<ul style="list-style-type: none"> • Chirurgiens, perroquets, picots (Siganidae) • Densités assez élevées des herbivores sur les 3 principaux habitats ; absents de l'habitat Herbier (abondants sur cet habitat à Bourail) • Densités moins élevées qu'à Bourail et Borendy en 2012, similaires à celles de Hyehen et plus élevées qu'à Pweevo • Habitat Corail vivant : diminution significative entre 2007 et 2013 ($p < 0.08$) ; densité plus élevée en RC (NS, $p < 0.15$) • Habitat Détritique : diminution significative entre 2007 et 2013 HR; stabilité en RC ($p < 0.009$) • Habitat Fond Lagonaire : signes de diminution entre 2007 et 2013 en RC et HR (NS)
Planctono- phages		<ul style="list-style-type: none"> • Quelques chirurgiens et les fusiliers • Densités faibles • Présence de bancs

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

Napoléon et requins ont été observés assez fréquemment en 2007, mais le sont rarement en 2013 (Tableau 22). Pour les raies, la même diminution de fréquence est observée. Plusieurs espèces de requin et de raie ont été observées. Quant aux tortues, elles ont été très peu observées sur les deux campagnes, malgré le nombre d'observations, il semble donc que la famille ne soit pas fréquente sur la zone, car elle est largement observée sur d'autres sites. Au final, d'après nos données, le nombre d'espèces observé pointe un état de santé plutôt bon ; cependant le fait que ces espèces soient devenues nettement plus rares sur la zone en 2013 doit retenir l'attention.

Tableau 22. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif de conservation des espèces remarquables.

Métrique	Etat	Commentaire
Fréquence d'occurrence du napoléon (11.6)	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquence assez élevée en 2007, mais faible en 2013 • Neuf individus observés dont 5 en RC
Fréquence d'occurrence des requins (Carcharhinidae) (11.7)	↓	<ul style="list-style-type: none"> • 2 à 3 espèces lagunaires observées (dont requin à pointes blanches du lagon et requin à pointes noires) • Fréquence d'occurrence relativement élevée : quinze requins ont été observés sur 280 stations • Requins deux fois plus fréquents en 2007 qu'en 2013 • Différence entre RC et HR variable selon l'habitat
Fréquence d'occurrence des raies (11.8)	↓	<ul style="list-style-type: none"> • 5 espèces observées dans trois habitats • Fréquence d'observation non négligeable, mais nettement plus élevée en 2007 qu'en 2013
Fréquence d'occurrence des tortues (Cheloniidae) (11.9)	<i>Tendance non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Observations insuffisantes pour conclure sur l'évolution et les différences entre zones • Famille régulièrement observée en vidéo sur d'autres zones : probablement peu fréquente sur la zone d'étude



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

Près de 20% des stations ont été classées dans l'habitat Corail vivant de la typologie relative à la Grande Terre (§ 6.2). Bien qu'elle dépende du plan d'échantillonnage, cette proportion est plus élevée qu'à Bourail et Ouano, également situés sur la côte Ouest ; et plus faible qu'à Hyehen, Pweevo, et Borendy. Parmi les stations de cet habitat Corail vivant, le recouvrement moyen est plus faible qu'à Bourail, Ouano, Borendy et Pweevo, et proche de celui de Hyehen.

Le recouvrement en corail vivant est significativement plus élevé sur les récifs frangeants et intermédiaires que sur la barrière interne ou sur les fonds lagunaires (§ 6.2)⁸. Sur les récifs frangeants, le recouvrement en corail vivant est significativement plus élevé Hors Réserve que dans la Réserve Coutumière ($p < 0.001$). En effet, les récifs frangeants au nord de la zone ont un recouvrement significativement plus élevé que dans le reste de la zone et ces stations sont Hors Réserve Coutumière. Sur les 8 stations inscrites dans le périmètre de la nouvelle AGDR de Kan-Gunu, plusieurs stations montrent un recouvrement corallien élevé.

Les poissons-papillons sont diversifiés et sont fréquemment observés; leur RS a légèrement augmentée entre 2007 et 2013 (mais NS). Leur abondance est toutefois peu élevée, similaire à Hyehen et Petrie, plus élevée qu'à Bellona, mais moins que sur les autres sites (dont ZCO et Pweevo) : cette abondance ne montre pas d'évolution significative. Pas de différence significative selon le statut de protection ni selon l'année, même si des signes d'augmentation entre les deux années sont observés en RC pour les deux métriques poisson-papillons et le corail branchu. L'état de santé du corail n'est donc pas significativement meilleur dans la Réserve Coutumière.

Seulement huit stations ont été classées dans l'habitat Herbier, soit 3% des stations et aucune en algueraie. Cette proportion est assez faible en comparaison d'autres sites côtiers de la côte Ouest, comme par ex. Bourail, Ouano, ou Nouméa ; elle est similaire à celle de Pweevo et plus élevée qu'à Hyehen. Toutefois, des stations n'ont pas été réalisées tout le long du frangeant littoral, souvent en raison d'un manque de visibilité (sortie des rivières) ou d'une profondeur insuffisante. Les stations réalisées sur l'habitat Herbier sont toutes situées soit dans la Réserve coutumière (6 stations, au sud, Figure 11), soit dans l'AGDR de Kan-Gunu (2 stations).



Chaetodon trifascialis et *C. ulietensis*

⁸ rappel : pas de stations sur la pente externe qui présentent en général des recouvrements en corail vivant assez élevés.

Tableau 23. Tableau de bord pour l'objectif de conservation des habitats.

Métrique	Etat (tendance)	Commentaire
Recouvrement en corail vivant (%) (11.10)		<ul style="list-style-type: none"> • 19% des stations affectées à l'habitat Corail vivant sur l'ensemble : 9% en 2007 et 29% en 2013, différence en partie due à la différence de répartition géographique des stations HR. Proportion plus élevée qu'à Bourail (4%) et plus faible qu'à Ouano (16%), Hyeheh (25%), Pweevo (26%), Borendy (50%) <p><u>Résultats de l'analyse au sein de l'habitat Corail vivant :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Recouvrement moyen (48%) plus faible qu'à Bourail (92%), Ouano (65%), Borendy (82%) et Pweevo (59%), et proche de celui de Hyeheh (51%) • Recouvrement significativement plus élevé sur les récifs frangeants et intermédiaires ($p < 0.05$) que sur la barrière interne ou sur les fonds lagunaires • Pas de différence significative selon le statut de protection ni selon l'année • Les récifs frangeants au nord de la zone ont un recouvrement significativement plus élevé que dans le reste de la zone et ces stations sont Hors Réserve Coutumière. • Une partie de ces stations se situe dans la nouvelle AGDR de Kan-Gunu. Sur les 8 stations inscrites dans le périmètre de cette AGDR, plusieurs stations montrent un recouvrement corallien élevé (§ 6.2, Figure 6B)
Recouvrement en corail branchu (%) (11.11)		<p>Sur les 2 habitats Corail vivant et Fond lagunaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recouvrements assez faibles en corail branchu • Signes de recouvrement plus élevé en RC (NS) • Signe d'augmentation des recouvrements entre 2007 et 2013, en RC et HR (NS) • Résultats HR à relativiser compte tenu de la différence de répartition géographique des stations entre 2007 et 2013
Richesse spécifique des poissons-papillons (11.3)		<ul style="list-style-type: none"> • Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection, RS plus élevée sur habitat Corail vivant (NS) • Habitat Corail vivant : Légère augmentation de la RS entre 2007 et 2013 (NS) et RS variable HR en 2013 • Pas de différences marquées entre statuts de protection • Habitat Corail vivant : RS supérieure à Hyeheh, et similaire à tous les autres sites
Densité d'abondance des poissons-papillons (11.4)		<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez faibles en général, plus élevées dans l'habitat Corail vivant • RC : signes d'augmentation entre 2007 et 2013 sur les 3 habitats (NS) • HR : évolution variable selon habitat, mais non marquée • Pas de différences marquées entre RC et HR • Habitat Corail vivant : Abondance similaire à Hyeheh et Petrie, plus élevée qu'à Bellona, mais moins que sur les autres sites (dont ZCO et Pweevo)

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

Selon Jollit et al. (2010) et Guillemot & Léopold (2009), les principales espèces pêchées sur la zone sont par ordre décroissant (données 2007) : les Lethrinidae (bossus, becs, communards) avec 42 t, les Acanthuridae (chirurgiens) avec 28 t, les Mugilidae (Mulets avec 20 t, les Scaridae (perroquets) avec 17 t, les Serranidae (loches) avec 14 t et les Siganidae (picots) avec 14 t.

Certaines de ces familles sont plus particulièrement pêchées par les populations des villages : les becs et bossus, les chirurgiens, les perroquets et les loches (Tableau 24).

Tableau 24. Estimation des captures 2007, par localité et par espèce d'après Guillemot & Léopold (2009).

Tribu	Captures totales (tonnes)	Espèce pêchée	Captures totales (tonnes)	Espèce pêchée (suite)	Captures totales (tonnes)
Xujo (Oundjo)	56	Bossu	23	Picot kanak	6
Koohnê (Koné)	36	Dawa	22	Crocro	5
Vook (Voh)	20	Mulet	20	Brême	4
Webwihoon (Gatope)	18	Bec de cane	19	Saumonée	2
Pwëëbuu (Pouembout)	14	Perroquet	17	Blanc-blanc	2
Bako	12	Loche	14	Castex	1
Bweyeen (Boyen)	7	Picot	14	Tazar	1
Weelic-Kawewath (Ouélisse-Temala)	3	Rouget	8		
Kawewath (Temala)	3	Carangue	7		

Les cartes d'effort de pêche et de capture de Guillemot & Léopold (2009) indiquent les zones de pêche habituelles de chaque localité (Figure 28). Ainsi, la pêche est assez intense le long du Plateau du Koniene (sud de la zone), le long du Plateau des Massacres (nord de la zone), sur les récifs intermédiaires entre ce plateau et la Passe de Duroc, ainsi qu'au droit de la tribu d'Oundjo jusqu'au récif barrière.

D'après nos résultats, les espèces commerciales (vendues ou commercialisées en Nouvelle-Calédonie) et les espèces consommables (particulièrement ciblées par la pêche récréative et informelle) sont assez abondantes sur les trois habitats : Corail vivant, Fond Lagonaire et Détritique, qui comprennent 97% des 280 stations validées en 2007 et 2013. Les espèces commerciales sont absentes de l'habitat Herbier (8 stations), au contraire des espèces consommables qui y sont abondantes. De manière générale, les chirurgiens pêchés et les perroquets sont abondants sur la zone, ainsi que les becs, bossus et communards. Des espèces pêchées de lutjans, les carangues sont également régulièrement observées. Par contre, certaines espèces-cibles capturées régulièrement sont peu fréquentes dans nos observations. C'est le cas des mulets, espèce plutôt littorale, des picots et de la saumonée.

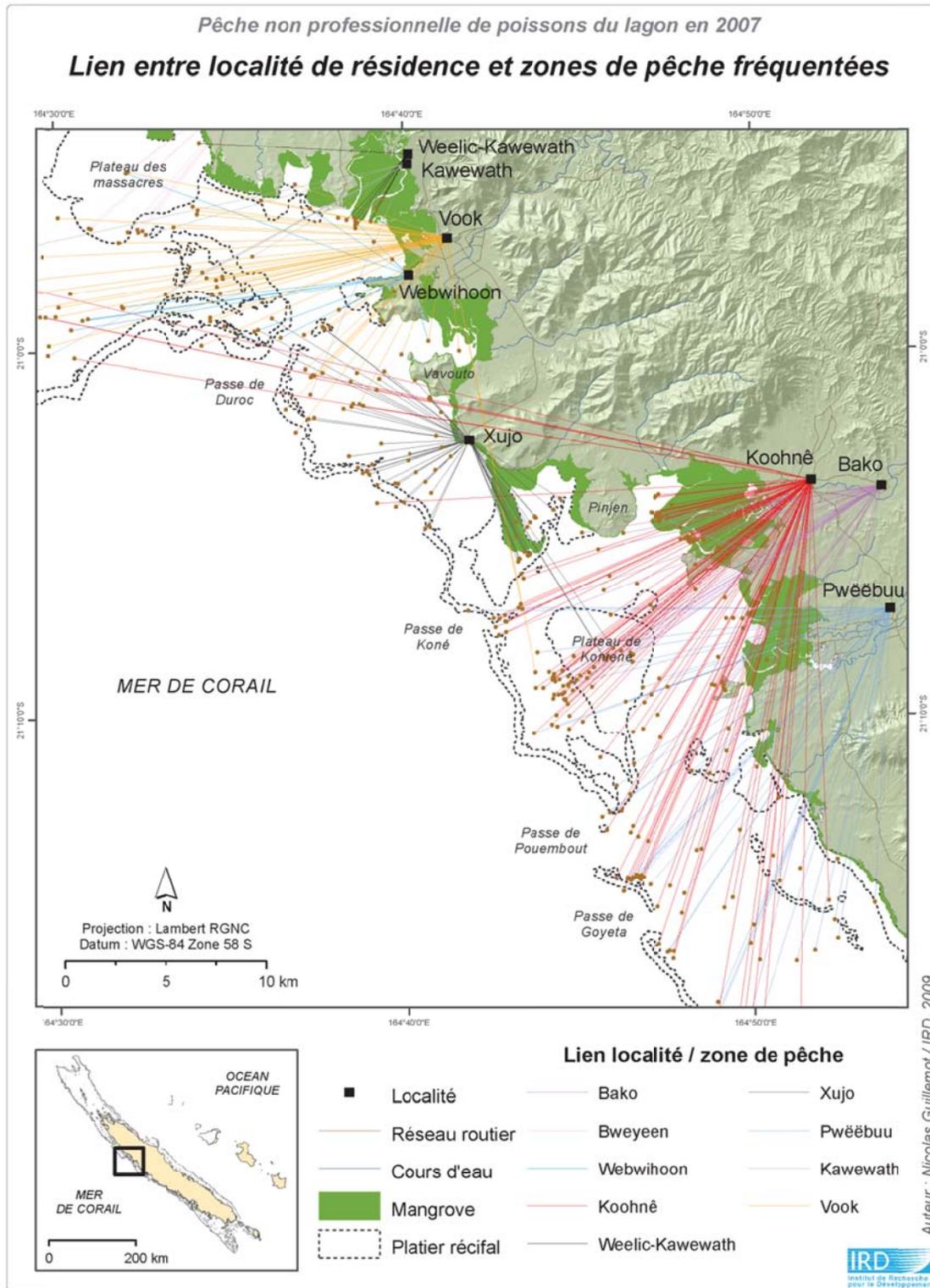


Figure 28. Distribution des sorties de pêche par localité (données 2007). Reproduit avec la permission de Guillemot & Léopold (2009).

Analyse statistique des indicateurs univariés

La plupart des 20 métriques considérées pour cet objectif de gestion indiquent une diminution des ressources de la pêche entre 2007 et 2013, parfois dans la Réserve Coutumière (RC) et Hors Réserve (HR) (Tableau 25), et dans les autres cas, seulement hors réserve avec une stabilité en RC. Ces diminutions sont marquées et souvent significatives sur les principaux habitats (Corail vivant et Fond lagunaire). Sur l'habitat Détritique et l'habitat Herbier, les observations sont assez peu nombreuses par année, mais des variations sont également observées. En termes d'espèces, les perroquets, les becs et bossus et communards pêchés, ainsi que les loches sont significativement moins abondants en 2013 par rapport à 2007.

Au final, les espèces cibles de la chasse ou cibles de la ligne montrent les unes comme les autres des tendances marquées à la diminution et principalement hors réserve.

Seules les fréquences d'occurrence du dawa et des becs de cane ont significativement augmenté dans la Réserve d'Oundjo entre 2007 et 2013 ; et ce résultat doit être noté. Cependant, sur un habitat important, l'abondance du dawa est restée stable et plus élevée en RC, alors qu'elle a diminué hors réserve.

Sur la zone, l'évolution des ressources n'est pas favorable entre 2007 et 2013. Cependant, cette tendance se manifeste le plus souvent hors de la Réserve d'Oundjo. Plusieurs métriques apparaissent stables dans la Réserve, probablement en lien avec la limitation de l'accès. Cette évolution hors réserve peut s'expliquer, mais seulement pour partie, par le fait que la distribution géographique des stations hors réserve a été légèrement différente entre 2007 et 2013. En effet, la prise en compte systématique de l'habitat dans les analyses absorbe une partie de cette différence.

Dans la section 8, nous analyserons ces évolutions hors réserve au regard du développement démographique et industriel de la zone.

Tableau 25. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif de gestion durable des ressources. Valeurs entre parenthèses : numéro des fiches métriques correspondantes.

Indicateur	Etat (tendance)	Commentaires
Densité des espèces commerciales (11.13)	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Présentes sur les trois principaux habitats, mais absentes de l'habitat Herbier • Densités plus élevées en RC que HR, significatif sur les deux principaux habitats (Corail vivant et Fond lagonaire $p < 0.02$) • Diminution entre 2007 et 2013, HR et RC, sur l'habitat Corail vivant ($p < 0.02$) et Détritique (NS) • Pas d'évolution marquée en RC
Densité des moyens et grands poissons des espèces commerciales (11.14)	Moyens ↓	<ul style="list-style-type: none"> • Sur les trois principaux habitats, densités assez élevées en RC • Dans les deux principaux habitats (Corail vivant et Fond lagonaire), densités plus élevées en RC que HR ($p < 0.0002$) et diminution entre 2007 et 2013 ($p < 0.02$) • Habitat Détritique : pas de différence entre statuts en 2007, grande différence en 2013 mais faible nombre de stations
	Grands ↓	<ul style="list-style-type: none"> • Sur les trois principaux habitats, densités assez élevées, et signes de densités plus élevées en RC, en 2007 et 2013 (NS) • Habitat Fond lagonaire (2/3 des stations) : diminution entre 2007 et 2013 ($p < 0.006$) • Habitat Détritique : densité significativement plus élevée en RC en 2007 ($p < 0.02$) ; peu de stations en 2013 dans cet habitat
Densité des espèces consommables (11.15)	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez élevées, plus variables sur l'habitat Herbier • Habitats Fond lagonaire et Détritique : différences peu marquées entre RC et HR et entre 2007 et 2013 • Habitat Corail vivant : diminution HR entre 2007 et 2013 (marginale $p < 0.1$) ; stabilité en RC
Fréquence d'occurrence de la saumonée petits points (11.16)	<i>Tendance non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Espèce très peu observée malgré le nombre de stations • Espèce peu abondante sur la zone (NB : pas d'observations sur pente externe)
Densité des loches (11.17)	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Surtout observées dans l'habitat Corail vivant • Densités assez faibles et diminution significative entre 2007 et 2013 ($p < 0.025$) en RC et HR
Fréquence d'occurrence des becs de cane (<i>Lethrinus nebulosus</i>) (11.18)	↑	<ul style="list-style-type: none"> • Observés dans trois habitats, mais absents de l'habitat Herbier • Plus fréquents dans la RC, notamment dans l'habitat principal de cette espèce, l'habitat Fond lagonaire (NS) • Sur les 3 habitats, fréquence en augmentation entre 2007 et 2013, en RC et HR ($p < 0.0006$)

Fréquence des Lethrinidae pêchés (11.16)		<ul style="list-style-type: none"> • Assez fréquents sur trois habitats : très fréquents sur Herbier • Fréquence : pas de différences marquées ou significatives entre statuts, sauf sur Herbier mais peu de stations en 2007
Densité d'abondance des Lethrinidae pêchés (11.16)		<ul style="list-style-type: none"> • Sur les trois principaux habitats, densités plus élevées en RC que HR ($p < 0.02$) et nette diminution entre 2007 et 2013 ($p < 10^{-5}$)
Fréquence d'occurrence du dawa (11.20)		<ul style="list-style-type: none"> • Fréquent sur trois habitats, quel que soit le statut de protection • Plus fréquent en RC sur les habitats Corail vivant (NS) et Fond lagonaire ($p < 0.01$) • Fond lagonaire : augmentation en RC (NS) et stabilité HR • Corail vivant : diminution en RC et HR (marginale, $p < 0.06$)
Densité d'abondance du Dawa (<i>Naso unicornis</i>) (11.20)		<ul style="list-style-type: none"> • Habitat Corail vivant : diminution entre 2007 et 2013 HR ($p < 0.01$) ; stabilité en RC • Habitat Fond Lagonaire : densité plus élevée en RC ($p < 0.02$) ; pas d'évolution significative entre 2007 et 2013 • Habitat Détritique : densité plus élevée en RC (NS); signes d'augmentation en RC entre 2007 et 2013 et de diminution HR (NS du au faible nombre de données en 2013 dans cet habitat)
Fréquence d'occurrence des picots kanak (11.23)	<i>Tendance non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Assez fréquents sur trois habitats (absents de l'Herbier) • Identifiés seulement en 2013 au niveau de l'espèce • Plus fréquents en RC que HR sur les trois habitats (pas de test) • Fréquences plus élevées que celles observées par ex. à Merlet et Corne Sud
Densité d'abondance des picots kanak (11.23)	<i>Tendance non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Identifiés seulement en 2013 au niveau de l'espèce • Densités assez faibles • Signe de densité plus élevée en RC dans les 3 habitats en 2013 (NS)
Densité d'abondance des chirurgiens (Acanthuridae) (11.4)		<ul style="list-style-type: none"> • Abondants sur l'ensemble des habitats et statuts de protection • Habitat Corail vivant : densités plus élevées et diminution HR entre 2007 et 2013 (NS) • Autres habitats : différences peu marquées ou NS entre statuts de protection et années • Habitat Corail vivant : densités supérieures à Ouano, similaires à Hyehen et inférieures aux autres sites, dont Pweevo
Densité d'abondance des chirurgiens des espèces commerciales (11.22)		<ul style="list-style-type: none"> • Picots kanak, dawas, <i>Acanthurus xanthopterus</i>, <i>nigricauda</i>, <i>olivaceus</i>, <i>Naso tonganus</i> • Diminution HR dans les habitats Corail vivant (NS) et Détritique ($p < 0.005$) • Signes de densité plus élevée en RC que HR (sauf en 2007 sur habitat Corail vivant)

<p>Densité d'abondance des perroquets (Scaridae) (11.24)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Assez abondants dans trois habitats, surtout habitats Corail vivant et Détritique; absents de l'habitat Herbier • Sur les 2 principaux habitats, diminution d'ensemble significative entre 2007 et 2013 ($p < 0.05$); diminution visible pour chaque statut et chaque habitat, mais seulement nette HR sur habitat Corail vivant • Sur ces deux habitats, densités toujours plus élevées dans la RC (NS) • Habitat Corail Vivant : densités supérieures à Hyeheh, Bellona, similaires à Pweevo, Chester et Petrie et inférieures aux autres sites
<p>Densité d'abondance des poissons d'espèces-cibles de la chasse (11.25)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Dans les 3 principaux habitats: signes de densité plus élevées en RC • Habitat Corail vivant : Densité plus élevée en RC ($p < 0.004$) et diminution entre 2007 et 2013 ($p < 0.02$) • Habitat Détritique : densité plus élevée en RC en 2013, diminution HR et augmentation en RC ($p < 0.02$) • Habitat Fond lagonaire : différences NS
<p>Densité d'abondance et proportion des moyens et grands poissons d'espèces-cibles de la chasse (11.26)</p>	<p>Moyens</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Sur les trois principaux habitats : densités plus élevées en RC • Habitat Corail vivant : Densité plus élevée en RC ($p < 0.003$) et diminution HR et en RC entre 2007 et 2013 ($p < 0.002$) • Habitats Fond lagonaire : Densité plus élevée en RC (marginale, $p < 0.08$) et pas d'évolution marquée entre années • Habitat Détritique : augmentation en RC et diminution HR (NS)
	<p>Grands</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Habitats Corail vivant : signe de densités plus élevée en RC (NS) • Habitat Fond lagonaire : différences peu marquées entre RC et HR et entre années • Habitat Détritique : diminution en RC et HR entre 2007 et 2013 ($p < 0.01$) et densité plus élevée en RC en 2007 ($p < 0.03$)
<p>Densité d'abondance des poissons d'espèces-cibles de la pêche à la ligne (11.27)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Présentes sur tous les habitats, plus abondantes sur habitats Corail vivant et Herbier • Espèces moins abondantes que les espèces-cibles de la chasse, mais présence de bancs de lutjans, de Lethrinidae et de carangues • Habitats Corail vivant : diminution des densités en RC et HR entre 2007 et 2013 ($p < 0.003$) Habitat Fond Lagonaire : Carangues et surtout Lethrinidae ; Stabilité en RC et augmentation marginale HR ($p < 0.1$) • Pas de différences significatives sur les 2 autres habitats

8. Effet du développement démographique et de l'industrialisation de la zone de VKP

8.1. Problématique

Un chenal a été creusé entre fin 2008 et 2009 aux abords de l'usine du nord afin de permettre aux navires d'accéder à l'usine pour transporter le minerai. Environ 10 millions de tonnes de sédiments furent extraites lors de ce chantier (Guillemot 2009).

Cette construction du chenal a entraîné différents impacts sur les habitats. Le creusement a directement détruit des coraux sur le tracé du chenal. D'autre part, une augmentation de la turbidité et de la sédimentation aux alentours du chenal a pu perturber le taux de survie et la croissance des coraux ainsi qu'entraîner une diminution de la production primaire dans la zone (Chabanet *et al.* 2010).

Indirectement, cette construction a également pu affecter l'ichtyofaune. En effet, la dégradation de l'habitat et la diminution de la production primaire ont pu avoir des répercussions sur les densités d'abondance de l'ichtyofaune et la richesse spécifique (Chabanet *et al.*, 2010). Les poissons-papillons sont particulièrement sensibles aux impacts sur l'habitat corallien, car souvent associés au corail vivant, même si les poissons-papillons peuvent être ubiquistes. La richesse spécifique et la densité des poissons-papillons sont donc souvent utilisées comme indicateurs de la santé du corail. Chabanet *et al.* (2010) préconisent le suivi de 5 espèces particulièrement sensibles à l'état de santé des récifs : *Chaetodon citrinellus*, *C. lunulatus*, *C. mertensii*, *C. plebeius*, *C. trifascialis*. En effet, ces espèces se nourrissent exclusivement ou quasi-exclusivement de coraux.

Pour étudier l'effet de ces aménagements et en cohérence avec les travaux de Chabanet *et al.* (2010), la zone d'étude de VKP a été découpée en 3 zones d'impact potentiel (Figure 29) :

- Zone de fort impact attendu : autour du chenal et au niveau de l'usine de KNS, au niveau de la commune de Voh
- Zone de faible impact attendu : de part et d'autre de la zone de fort impact attendu, deux zones de faible impact attendu sont définies.
- Zone de référence (pas d'impact attendu) : la partie la plus au nord et la plus au sud de la zone sont considérées comme non impactée par la construction du chenal.

Le développement de cette usine s'est accompagné d'un essor démographique remarquable dans la région de Voh, Koné et Pouembout. Entre 2009 et 2014, la population de VKP est passée de 9675 individus à 13091 individus (ISEE) et la zone s'est urbanisée avec de nombreuses constructions. Ce développement de la démographie a pour conséquence logique une augmentation de la pression de pêche dans la zone. Il est également probable que cette augmentation se produit principalement en dehors de la Réserve Coutumière. Elle devrait donc se traduire par une diminution des ressources en dehors de la RC.

Les résultats des fiches métriques en annexe ont déjà fourni des informations sur les différences entre RC et HR et sur l'évolution des indicateurs entre 2007 et 2013. Dans cette section, nous nous appuyerons à la fois sur ces fiches métriques, et sur l'analyse des données en fonction de la zonation expliquée ci-dessus, pour ce qui est de l'impact des aménagements.

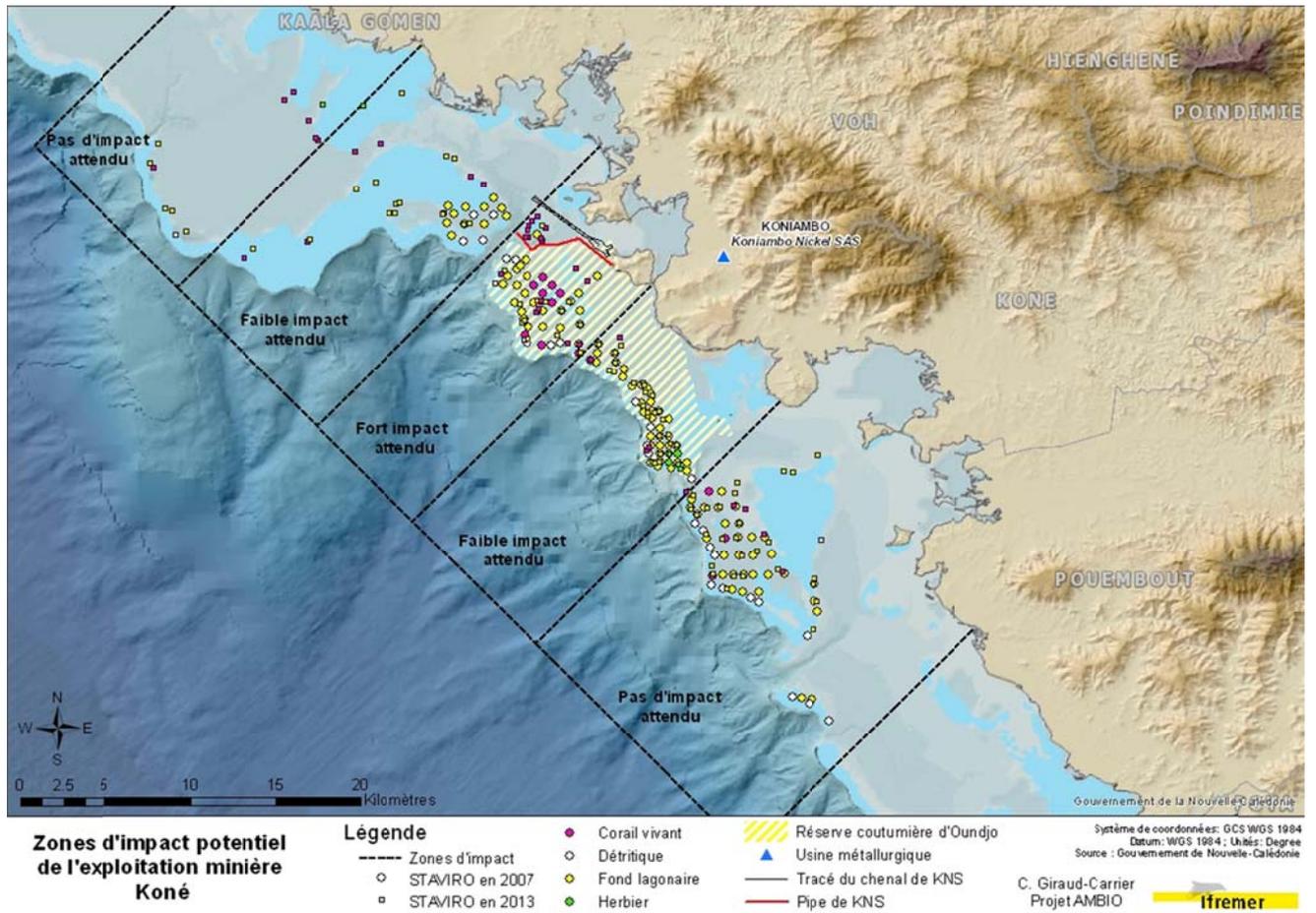


Figure 29. Localisation des différentes zones d'impact potentiel et des stations STAVIRO réalisées lors des campagnes 2007 (cercles) et 2013 (carrés). Les habitats de chaque station sont issus de la typologie des habitats (voir couleur des symboles).

8.2. Evolution de l'habitat

• Recouvrement en Corail vivant

Le recouvrement en corail vivant dans les différentes zones d'impact potentiel est un bon indicateur de la santé des récifs. Il est ici étudié en fonction de l'année, de la zone d'impact potentiel et de l'habitat (Figure 30). L'influence de ces deux facteurs est analysée grâce à un modèle linéaire incluant trois facteurs ; habitat (issu de la typologie, en excluant l'habitat Herbier), année, zone d'impact potentiel ; et les interactions entre les facteurs années et zones d'impact potentiel.

Les résultats du modèle montrent que les trois variables testées expliquent bien les variations du recouvrement (GLM log-normal, R^2 de 42%) avec des effets très significatifs, par ordre d'influence décroissante :

- une évolution nette entre 2007 et 2013 sur l'ensemble de la zone ($p < 10^{-15}$), avec des recouvrements plus élevés en 2013 qu'en 2007 ($p < 10^{-7}$)
- des différences (attendues) entre les habitats de la typologie ($p < 0.003$), mais des tendances similaires. Comme attendu, le taux de recouvrement dans l'habitat Corail vivant est significativement supérieur à celui des deux autres habitats ($p < 0.0003$), mais une différence à peine significative entre les recouvrements des habitats Fond lagunaire et Détritique ($p < 0.06$).
- une évolution différente entre les zones d'impact potentiel ($p < 0.01$). Cette augmentation est plus marquée dans les deux habitats Corail vivant et Détritique que dans l'habitat Fond Lagunaire qui présente logiquement des recouvrements plus faibles.

Ce dernier point s'explique par un recouvrement en augmentation dans les zones « fort impact attendu » et « pas d'impact attendu » (voir Figures 6, § 6.2 et 29 ci-dessus).

- **zone de fort impact attendu** : En 2007 et en 2013, un grand nombre d'observations ont été validées, **avec un focus en 2013 sur une zone proche du chenal** (Figure 7). Ces observations correspondent à des recouvrements assez élevés et expliquent une partie de l'augmentation, tandis que sur des stations situées sur le tombant interne, des recouvrements assez élevés ont également été observés.
- **zones nord et sud où aucun impact industriel n'est attendu (« pas d'impact attendu »)** : La différence entre 2007 et 2013 s'explique en partie par la différence de répartition géographique des données. Dans le nord de la zone (Kan-Gunu et environs) de forts recouvrements ont été observés sur des stations de récif frangeant uniquement réalisées en 2013. Dans le sud de la zone, au niveau du Plateau de Koniene, les recouvrements observés en 2013 étaient supérieurs à ceux observés en 2007 sur les mêmes zones, tandis que de nouvelles stations plus près de la côte présentent également des recouvrements assez élevés.
- **zones nord et sud de « faible impact attendu »** : la zone nord a été mieux couverte en 2013, avec de nouvelles stations à recouvrement plus élevé qu'en 2007. Dans les lieux couverts les deux années et d'ailleurs situés dans l'habitat Fond lagunaire, pas de signe net d'évolution du recouvrement qui est assez faible. Dans la zone sud qui a été bien couverte les deux années, le recouvrement ne montre pas d'évolution non plus.

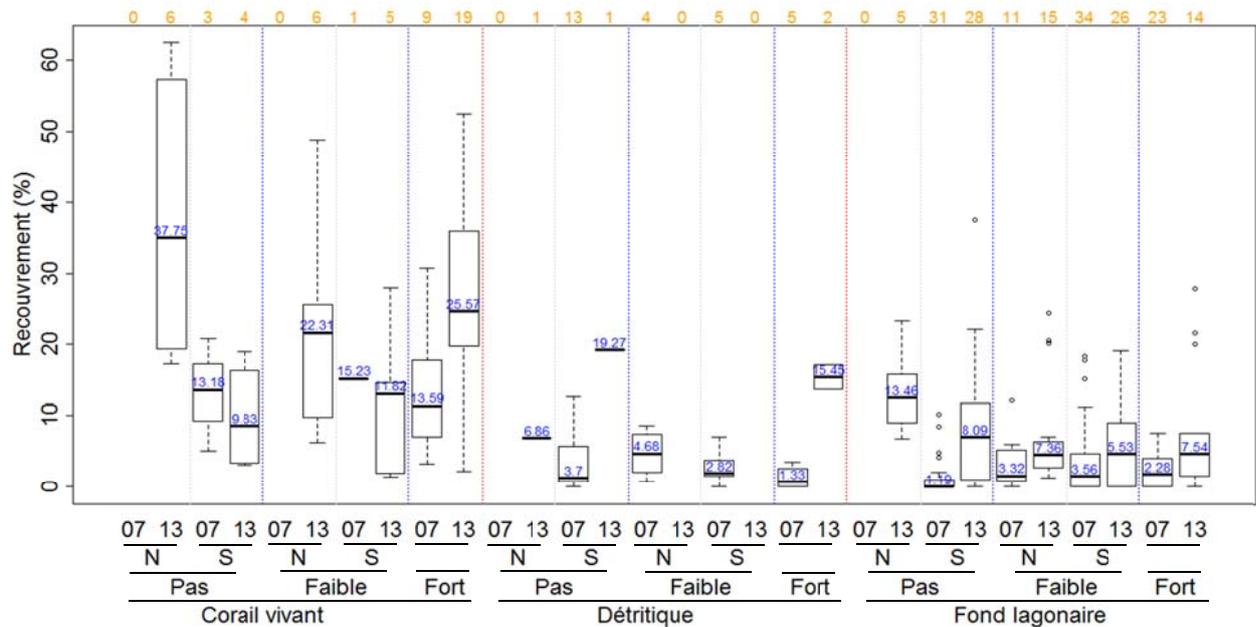


Figure 30. Recouvrement en corail vivant en fonction de l’année de campagne, de la zone d’impact potentiel et de l’habitat issu de la typologie.

Rappel : Les valeurs en haut des figures correspondent au nombre de stations. Les valeurs en bleu sur les boxplots correspondent aux moyennes.

Au final, le recouvrement corallien ne semble pas affecté par les aménagements dans la zone de fort impact attendu. Les nouvelles stations réalisées en 2013 à proximité du chenal présentent des recouvrements satisfaisants. Cependant, sur ces stations précisément, il n’est pas possible de comparer avec 2007. Sur l’ensemble de la zone, lorsque les comparaisons entre années sont possibles, le recouvrement corallien est soit resté stable, soit il a augmenté. Les stations nouvelles en 2013 présentent des recouvrements plus élevés (qu’en 2007 en moyenne), notamment dans le nord (Plateau des Massacres). Le recouvrement corallien apparaît relativement moins élevé dans le sud de la zone que dans le nord. Au vu de ces résultats, le développement démographique et économique ne semble pas avoir affecté le recouvrement corallien.

- **Une famille indicatrice du bon état de santé du récif : les poissons-papillons**

Les densités d’abondance et la richesse spécifique (RS) pour ces cinq espèces de poissons-papillons ont été analysées en fonction de l’année de campagne et des zones d’impact potentiel, et ce dans leur habitat principal : l’habitat Corail vivant (Figure 31).

Sur l’ensemble des zones, ces espèces sont plus abondantes en 2013 qu’en 2007 (GLM Gamma, $p < 0.05$), et notamment dans la zone où aucun impact n’est attendu. Dans la zone de fort impact attendu, l’abondance a augmenté, mais non significativement. La RS par station montre les mêmes signaux que la densité d’abondance. **Ces indicateurs confirment les résultats sur le recouvrement en corail vivant.**

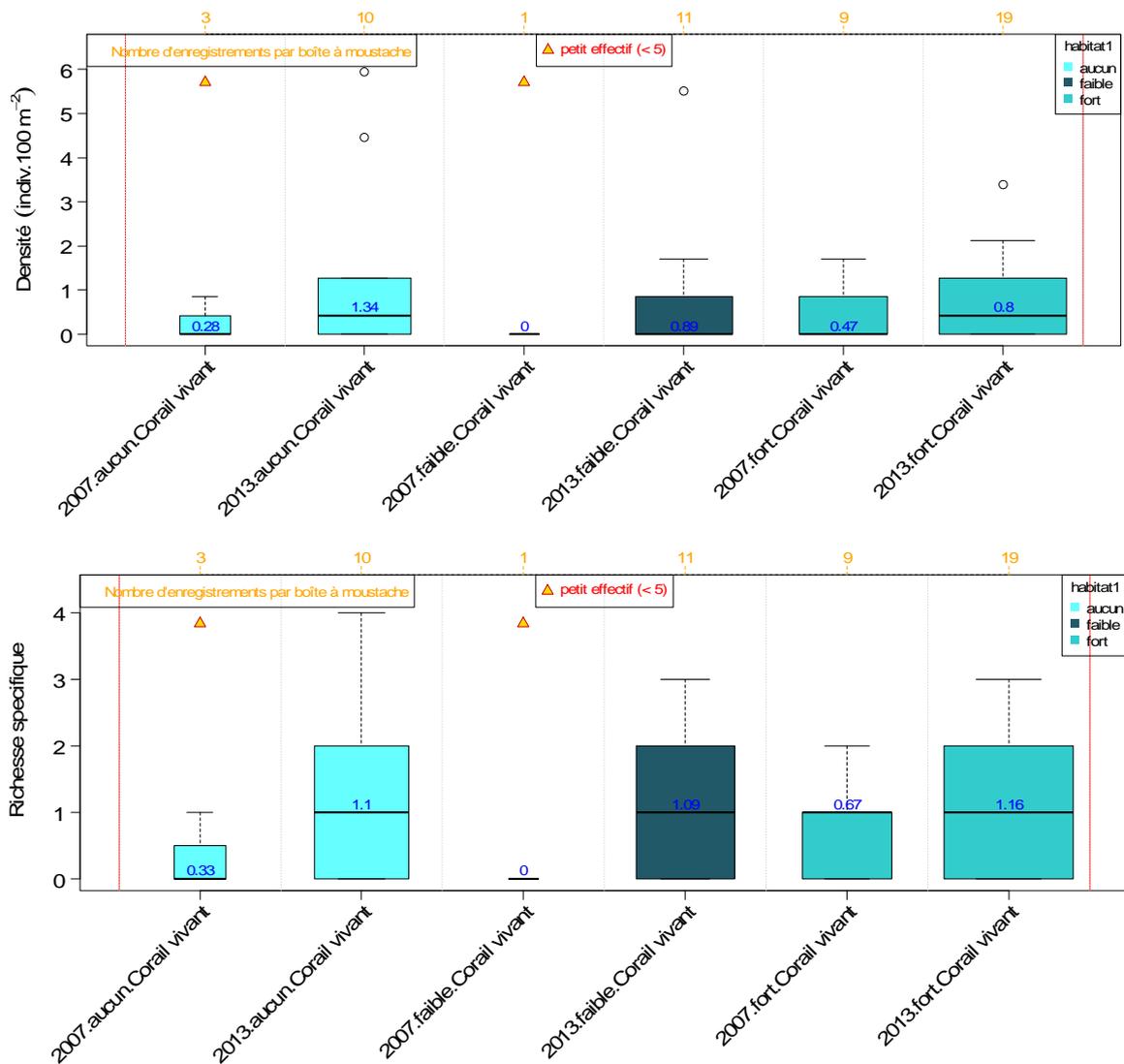


Figure 31. Densité d'abondance (haut) et Richesse spécifique (bas) de 5 espèces de Chaetodontidae (*Chaetodon citrinellus*, *C. lunulatus*, *C. mertensii*, *C. plebeius*, *C. trifascialis*) au sein de l'habitat Corail vivant, en fonction de l'année de campagne (2007 et 2013) et de la zone d'impact potentiel (aucun, faible, fort).

- **Etat de santé de l'Herbier**

Comme déjà mentionné, seulement 8 stations relèvent de cet habitat sur les 2 années (voir § 7.4), 2 stations sont situées dans l'AGDR de Kan-Gunu et 6 dans la Réserve d'Oundjo, en bordure de la Passe de Koné. Pour étudier précisément l'état de santé de cet habitat sur la zone, il serait nécessaire de disposer d'autres stations. A noter que sur les récifs frangeants, les conditions de visibilité appropriées peuvent être difficiles à rencontrer (quel que soit le moyen d'observation). Un système du type Micado, laissé en place un certain temps, peut répondre à ce besoin.

8.3. Evolution des peuplements de poisson

- **Métriques d'ensemble : Densité et Richesse Spécifique (RS) toutes espèces**

Ces métriques (voir cartes sur les Figures 26 et 27, § 7.1) sont analysées en fonction de trois facteurs potentiellement explicatifs : l'année de campagne, l'habitat issu de la typologie et la zone d'impact potentiel (Figures 32 et 33, et Fiches métriques 11.1 et 11.2).

Pour la densité d'abondance, le facteur habitat est le plus explicatif des trois facteurs testés (GLM Gamma, $p < 0.001$) et l'analyse doit se faire pour chaque habitat en raison des interactions entre facteurs ($p < 0.05$).

Dans l'habitat Corail vivant, la densité d'abondance a significativement diminué entre 2007 et 2013 (GLM Gamma, marginalement $p < 0.08$) sur les zones (« aucun/pas d'impact attendu et « fort impact attendu »). Le nombre de stations en 2007 ne permet pas de faire le test pour la zone « faible impact attendu ») où le signal est inverse en apparence.

Dans l'habitat Fond lagunaire (correspondant au plus grand nombre de stations), l'abondance augmente dans la zone « aucun impact attendu » et elle tend à diminuer sur les 2 autres zones, mais ces résultats ne sont pas significatifs. Sur l'habitat Herbier, on observe aussi une tendance (NS) à la hausse, malgré le peu de stations. Sur l'habitat Détritique, tendance à la hausse en zone « fort impact » et stabilité apparente ailleurs.

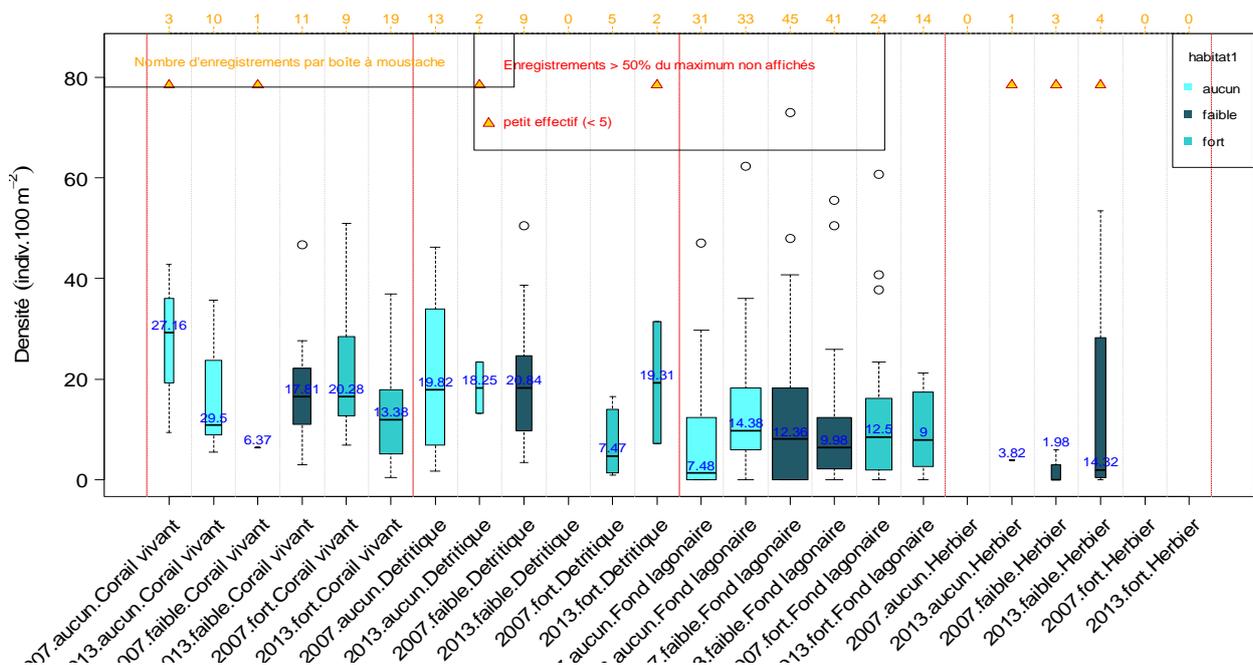


Figure 32. Densité toutes espèces en fonction de l'année de campagne (2007 et 2013), de la zone d'impact potentiel (aucun, faible, fort) et de l'habitat (issu de la typologie). Densité calculée (moyenne sur trois rotations) dans une zone de 5m autour du STAVIRO et rapportée à une surface de 100m² (voir § 11.2). Graphe de densité tronqué à 50% de la valeur maximale.

Pour la RS, le facteur habitat est le plus explicatif (GLM Binomiale négative, $p < 10^{-8}$), suivi du facteur année ($p < 0.0005$) et du facteur zone ($p < 0.05$). L'analyse doit se faire pour chaque habitat en raison des interactions entre les facteurs habitat et année ($p < 0.03$).

Dans l'habitat Corail vivant, les différences entre zones sont significatives (GLM Bin. nég., $p < 0.05$), mais indiquent des valeurs plutôt plus élevées dans la zone de fort impact, avec une légère

diminution non significative dans cette zone entre 2007 et 2013. A l'inverse de l'abondance, la zone où aucun impact n'est attendu présente les plus faibles valeurs de RS sur les 2 années. Dans l'habitat Fond Lagonaire, l'augmentation de la RS entre 2007 et 2013 est significative (GLM Binomiale négative, $p < 0.0002$). Cette augmentation est plus marquée dans la zone sans impact potentiel que dans les deux autres zones d'impact, ces différences entre zones sont marginalement significatives ($p < 0.09$).

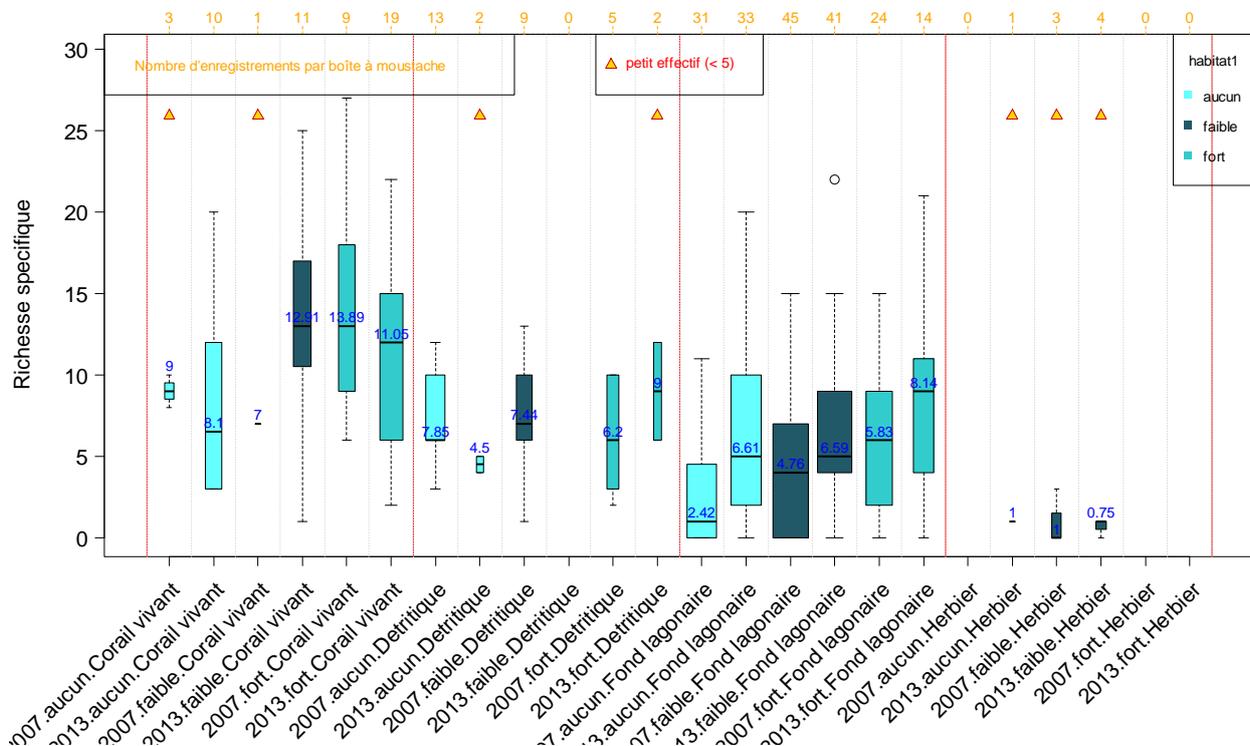


Figure 33. Richesse spécifique toutes espèces (voir § 11.1)

En résumé, sur l'habitat Corail vivant, l'abondance diminue significativement ($p < 0.08$) entre 2007 et 2013, sur les zones à fort impact attendu et sans impact attendu. La RS montre des signes de diminution (non significative) sur ces deux zones.

Sur l'habitat Fond Lagonaire, l'abondance augmente dans la zone sans impact attendu, et elle tend à diminuer sur les 2 autres zones (différences non significatives). La RS augmente significativement ($p < 0.0002$), surtout dans la zone sans impact attendu, mais aussi dans les deux autres.

Ces résultats indiquent que les évolutions observées peuvent difficilement être mises en relation avec un impact géographiquement circonscrit à la zone de fort impact attendu, celle où des aménagements ont été réalisés en mer. Ils montrent plutôt pour ce qui est des diminutions observées, une pression anthropique accrue, s'exprimant d'abord au travers d'une pression de pêche (effet plus marqué sur la densité d'abondance des poissons). Les métriques utilisées pour l'évaluation de l'objectif d'Exploitation Durable des Ressources (§ 7.5) nous permettent de préciser cette hypothèse.

- **Composition spécifique des communautés de poissons en fonction des zones d'impact, de l'année et de l'habitat**

Une analyse de variance non-paramétrique par permutations (PERMANOVA) a été réalisée pour tester conjointement les effets de l'habitat issu de la typologie, de l'année de campagne et de la zone d'impact potentiel. Avec ces trois facteurs, la PERMANOVA montre que la structure des assemblages de poissons diffère significativement entre les habitats ($p < 0.0001$, Tableau 26), entre les zones d'impact potentiel ($p < 0.0227$) et entre les deux années de campagne ($p < 0.028$). L'interaction entre la zone d'impact potentiel et l'année de campagne (marginale significative, $p < 0.0587$), signifie que la structure des communautés a évolué entre les deux années de campagne, et de manière différente selon la zone d'impact potentiel. L'interaction de niveau 3 est très marginalement significative ($p < 0.0825$).

Tableau 26. Résultats du test PERMANOVA avec 3 facteurs : Habitat (Corail vivant, Détritique, Fond lagonaire et Herbier), Année de campagne (2007 et 2013) et Zone d'impact potentiel (Pas, Faible et Fort).

Facteur	Degrés de liberté	Pseudo-F	P
Habitat	3	3.4689	0.0001
Année de Campagne	1	1.9283	0.028
Zone d'impact potentiel	2	1.6125	0.0227
Zone d'impact potentiel x Année de Campagne	2	1.4114	0.0587
Zone d'impact potentiel x Habitat	5	1.1833	0.1263
Année de Campagne x Habitat	3	1.0675	0.3376
Zone d'impact potentiel x Année de Campagne x Habitats	3	1.3046	0.0825

Une projection des stations décrites par l'abondance de l'ensemble des espèces de poisson qui y ont été rencontrés est réalisée grâce à la méthode Multi Dimensional Scaling (Figure 34). Cette représentation des stations en fonction de leur zone d'impact potentiel permet de visualiser les assemblages de poissons de la zone de « fort impact attendu » et de celle sans impact attendu (« Pas d'impact attendu») qui sont relativement différents, tandis que les assemblages au sein de la zone de Faible impact sont moins distincts des deux autres.

Ce résultat est confirmé par les tests post hoc par paires avec le facteur Zone d'impact potentiel (Pas, Faible et Fort) puis Année de campagne (2007 et 2013). Le premier test montre une différence significative forte entre les assemblages de poissons entre la zone de « fort impact attendu » et celle où aucun impact n'est attendu ($p < 0.0001$, Tableau 27). Le second test montre une évolution significative des assemblages de poissons entre 2007 et 2013 ($p < 0.0315$).

Par principe, une approche non-paramétrique ne permet pas de caractériser plus avant ces différences ; cependant, les résultats révèlent que **les différences entre stations en terme d'assemblage s'expliquent d'abord (au-delà du facteur habitat), par une évolution entre les deux années sur toutes les zones, puis par une évolution différente selon la zone d'impact et celle-ci est graduellement plus marquée à mesure que l'on s'éloigne de la zone de « fort impact attendu ».**

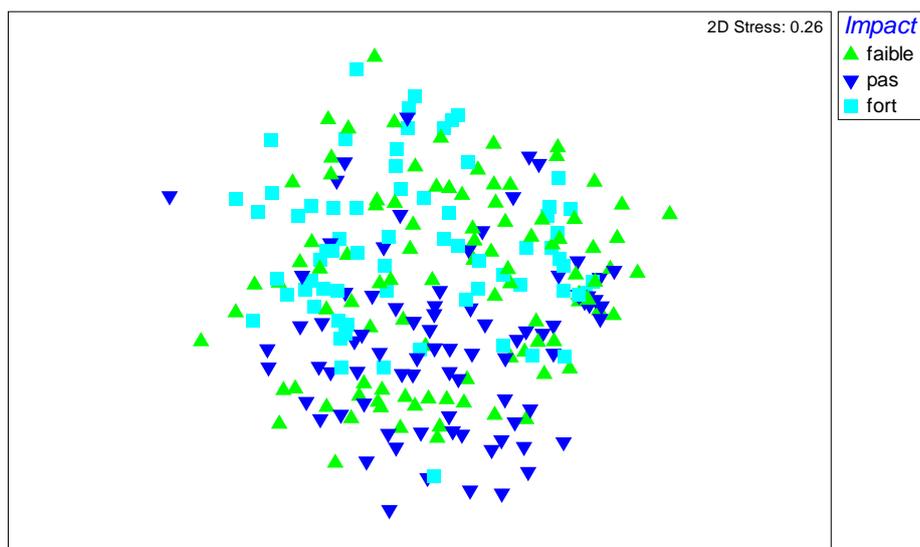


Figure 34. Représentation des stations en 2 dimensions via la méthode MDS (Non-metric multi dimensional scaling). La distance relative entre les points représente la similarité des assemblages de poissons entre les stations (dissimilarité de Bray-Curtis).

Tableau 27. Résultats des tests PERMANOVA post hoc par paires de Zones d'impact potentiel (Pas, Faible, Fort)

Paires comparées	t	P
faible, pas	0.81116	0.8349
faible, fort	1.1047	0.232
pas, fort	1.9743	0.0001
2007, 2013	1.3886	0.0315

8.4. Principales ressources de la pêche

La plupart des vingt métriques relatives à la pêche des poissons indiquent une diminution des ressources de la pêche entre 2007 et 2013, parfois à la fois dans la Réserve Coutumière (RC) et Hors Réserve (HR) et dans les autres cas, seulement HR avec une stabilité en RC (voir § 7.5). Ces diminutions sont marquées et souvent significatives sur les principaux habitats. Sur la zone, l'évolution des ressources n'est donc pas favorable entre 2007 et 2013 et cette tendance se manifeste le plus souvent hors de la Réserve d'Oundjo. Cette évolution hors réserve ne peut s'expliquer entièrement par le fait que la distribution géographique des stations hors réserve a été légèrement différente entre 2007 et 2013.

La majorité de ces métriques (14 d'entre elles) ont été ré-analysées en fonction de la zone d'impact attendu et de l'année, et ce pour les deux principaux habitats : Corail vivant et Fond Lagonaire. Les données ne sont en effet pas assez nombreuses par année et par zone d'impact pour les deux autres habitats.

En fonction du nombre de stations par année et par zone, l'évolution entre 2007 et 2013 peut ou ne peut pas être testée, et parfois seulement dans un statut donné (Tableau 28). Les tendances testées HR peuvent être rapprochées des effets indirects de l'évolution démographique sur l'ensemble des zones ; une augmentation de la pression de pêche devrait s'observer sur

l'ensemble du lagon, tandis que des impacts éventuels de l'urbanisation et d'apports en matière organique s'observeraient plus sur la partie littorale. Un impact de l'usine et des aménagements se traduirait par une tendance à la baisse des métriques étudiées dans la zone de fort impact attendu.

Tableau 28. Nombre d'observations par année et par zone d'impact attendu pour les deux principaux habitats, Corail vivant et Fond Lagonaire. HR=Hors Réserve coutumière.

		Corail vivant			Fond lagonaire		
		2007	2013	Tests	2007	2013	Tests
Pas d'impact attendu (tous HR)	Nord	0	6	Pas de test	0	5	Pas de test
	Sud	3	4	Tendance HR	31	28	Tendance HR
		+ test de comparaison Nord/Sud en 2013 (HR)			+ test de comparaison Nord/Sud en 2013 (HR)		
Faible impact attendu	Nord (tous HRC)	0	6	Pas de test	11 (HR)	15 (HR)	Tendance HR
	Sud	1 en RC 0 HR	4 en RC 1 HR	Pas de test	34 (RC)	26 (RC)	Tendance en RC
Fort impact attendu	RC	9	10	Tendance en RC	23	13	Tendance en RC
	HR	0	9	Pas de test HR	1	1	Pas de test HR
		+ test de comparaison HR / RC en 2013					

Dans chaque zone d'impact, il a été vérifié que les tendances observées ne tenaient pas à la différence de répartition des stations entre 2007 et 2013, ou au statut de Réserve Coutumière (RC). Les résultats des tests sont reportés dans les Tableaux 29 à 31.

Trois groupes de métriques ont été considérés:

- abondances des espèces commerciales et des espèces consommables
- métriques relatives aux espèces-cibles de la chasse sous-marine
- métriques relatives aux espèces-cibles de la ligne

• **Espèces commerciales et espèces consommables**

Les résultats des tests sont résumés sur la Figure 35. L'ensemble des résultats est reporté dans le Tableau 29 et les graphiques correspondants sur les Figures 36 et 37.

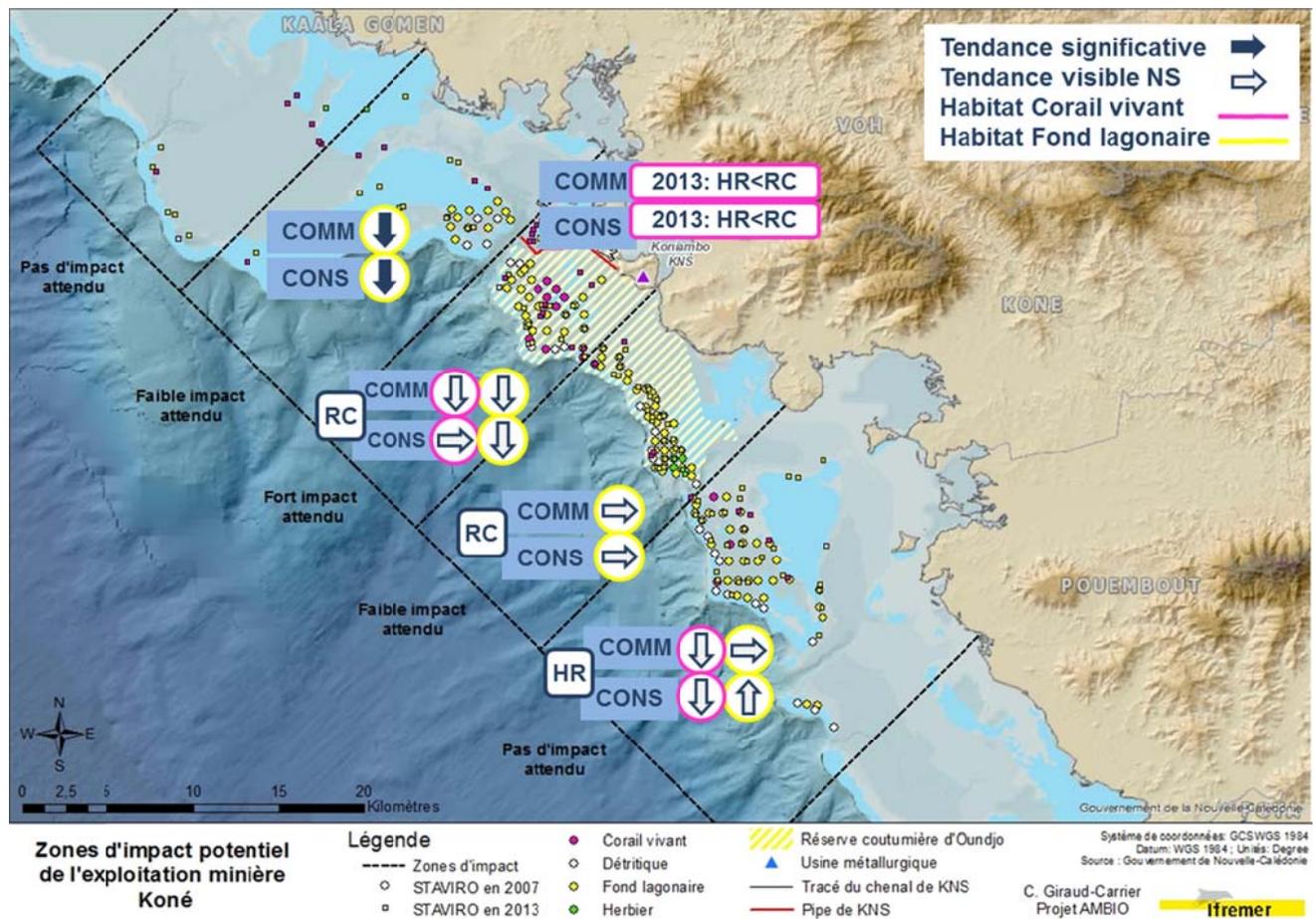


Figure 35. Densités d’abondance des espèces commerciales et consommables. Résumé des résultats des tests de tendance et de comparaison entre HR et RC pour les deux principaux habitats. HR=Hors Réserve coutumière, RC=Réserve Coutumière. Pour plus de lisibilité, les comparaisons entre nord et sud ne sont pas reportées (voir Tableau 29).

Les abondances des espèces commerciales et les espèces consommables montrent des évolutions similaires sur la plupart des zones :

- dans la zone de faible impact attendu et **sur Fond lagonaire** : au nord (situé HR), diminution **significative des deux métriques**, et au sud (situé en RC), **stabilité des deux métriques**;
- dans la zone de **Fort impact attendu** : une abondance **significativement plus faible HR** que dans la RC sur l’habitat Corail vivant en 2013, et sur l’habitat Fond lagonaire, une **diminution modérée** (non significative) entre 2007 et 2013 **dans la RC**;
- dans le **sud de la zone où aucun impact n’est attendu (située HR)** : une **diminution modérée** (non significative) sur l’habitat Corail vivant pour les deux métriques.

Les espèces commerciales et consommables sont en général plus abondantes :

- dans la **RC (zones de fort et faible (sud) impact attendus)**, avec des abondances **en RC** supérieures à celles HR dans les mêmes zones, et également plus élevées que celles des

autres zones ; ces abondances sont de plus **stables** (habitat Fond lagonaire) **ou en diminution modérée au sein de la RC** (habitat Corail vivant) entre 2007 et 2013 (Figures 36 et 37).

- **dans le sud de la zone « pas d'impact attendu »**, qui comprend des zones de pêche importantes pour Koné et Pouembout. Les abondances y sont plus élevées qu'au nord de cette zone, et restent **stables** entre 2007 et 2013 (Figures 36 et 37).

Entre 2007 et 2013, pour une zone donnée, l'abondance des espèces consommables a généralement moins diminué que l'abondance des espèces commerciales (Figures 36 et 37).

Tableau 29. Tendances (différences entre 2007 et 2013) observées pour les densités d'abondance des espèces commerciales et consommables. Une flèche grise indique un effet observé graphiquement, mais statistiquement non significatif. Une flèche bleue indique une tendance statistiquement significative. « ~0 » indique des valeurs trop faibles pour pouvoir réaliser des tests. En italiques, vérification de la tendance en se limitant soit à la RC (zones Fort et Faible impacts attendus), soit à la zone sud (Aucun impact attendu) qui a des nombres de stations similaires en 2007 et 2013.

Indicateur	Habitat	Zone d'impact attendu		
		Fort	Faible	Aucun
Espèces commerciales (Fiche 11.13)	Corail vivant	↓ en RC 2013 : abondance HR(*) < RC (p<0.015)		↓ zone sud (net mais NS) Abondance nord < sud
	Fond lagonaire	↓ en RC	stable en RC ↓ au Nord (HR)(p<0.05)	Abondance au Nord ~ Sud → zone sud
Espèces consommables (Fiche 11.15)	Corail vivant	→ en RC 2013 : abondance HR(*) < RC (marginal, p<0.09)		↓ zone sud 2013 : Abondance nord < sud (p<0.04)
	Fond lagonaire	↓ en RC	stable en RC ↓ au Nord (HR)(p<0.03)	Abondance au Nord ~ Sud ↑ zone sud

^(*) stations situées en bordure du chenal

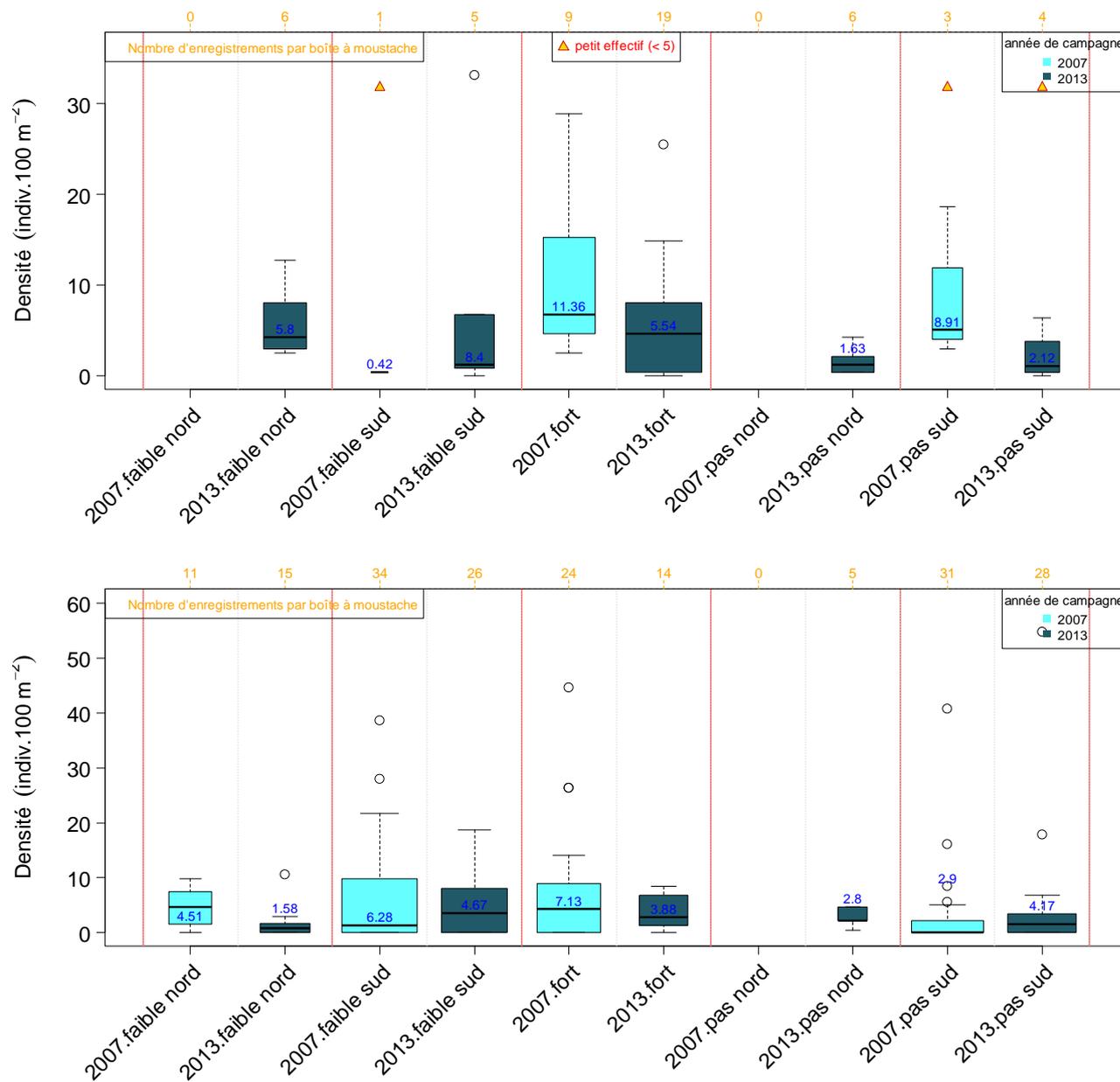


Figure 36. Densité d'abondance des espèces commerciales par année et zone d'impact attendu (fort, faible, pas (aucun)) distingué selon le nord et le sud (voir Figure 29, § 8.1). Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagunaire (bas).

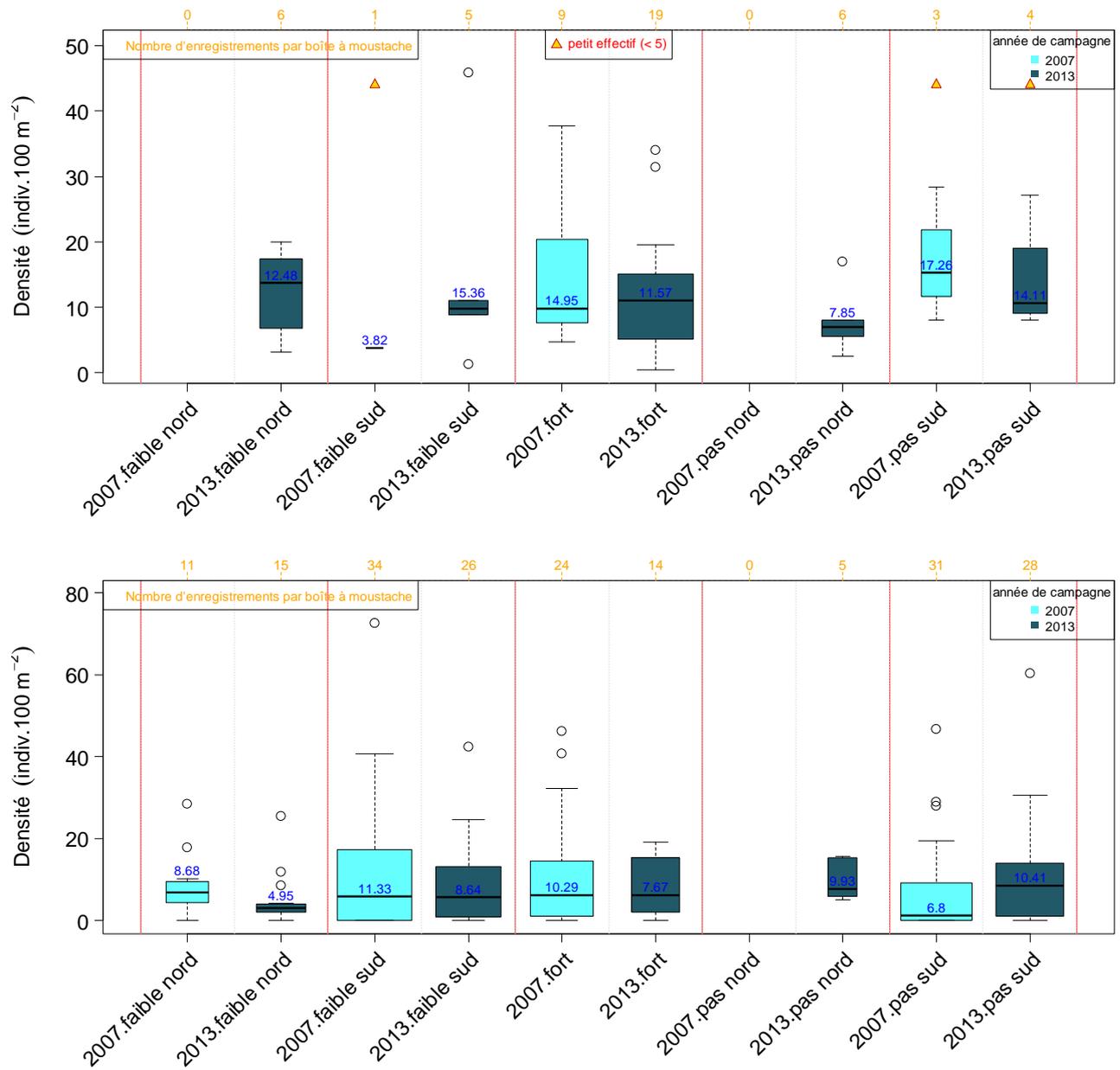


Figure 37. Densité d'abondance des espèces consommables par année et zone d'impact attendu (fort, faible, pas (aucun)) distingué selon le nord et le sud (voir Figure 29, § 8.1). Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagunaire (bas).

- **Espèces cibles de la pêche au fusil (Tableau 30 et Figures 38 à 42)**

Les résultats sont reportés en deux fois :

- pour les densités d'abondance : toutes espèces cibles, chirurgiens commerciaux et perroquets (Figure 38 haut, Tableau 30 et Figures 39 à 41)
- pour la densité d'abondance des loches et la fréquence de la saumonée petits points (Figure 38 bas, Tableau 30, Figures 42 et 43).

Chirurgiens commerciaux et perroquets forment la majorité des espèces ciblées par la pêche au fusil. Les premiers incluent les picots kanak, le dawa, *Acanthurus xanthopterus*, *A. nigricauda*, *A. olivaceus*, et *Naso tonganus* (voir fiche métrique § 11.22).

Les trois métriques considérées montrent des signaux souvent similaires sur la plupart des zones :

- dans la zone de faible impact attendu et **sur Fond lagonaire** : au nord de la Passe Duroc (**situé HR**), diminution **significative pour les espèces-cibles et les chirurgiens commerciaux**, et nettement visible (mais non significatif) pour les perroquets (Figure 41), et au sud (**situé en RC**), **stabilité des trois métriques**;
- **dans la zone de fort impact attendu** : une abondance **significativement plus faible HR** que dans la RC sur l'habitat Corail vivant en 2013 **pour les espèces-cibles et les chirurgiens commerciaux**, et un signal identique (mais non significatif) pour les perroquets ;
- **dans la RC, dans cette même zone de fort impact attendu**, sur l'habitat Fond lagonaire, une **diminution significative de l'abondance des perroquets** et un signal identique (mais non significatif) pour les espèces-cibles et les chirurgiens commerciaux ;
- dans le sud de la zone où aucun impact n'est attendu (située HR) sur l'habitat Corail vivant, une **diminution significative de l'abondance des perroquets**, et une **diminution modérée** (non significative) de celle des espèces-cibles et des chirurgiens commerciaux.

Certaines différences peuvent toutefois être observées entre les métriques ; ainsi **les perroquets voient leur abondance diminuer significativement dans la partie nord de la RC** sur l'habitat Corail vivant tandis que les l'abondance des chirurgiens commerciaux y est stable.

Sur la zone d'étude, les espèces-cibles de la pêche au fusil sont observées en abondances globalement comparables sur les deux habitats principaux, et surtout dans la zone nord de la RC (zone de fort impact attendu, partie RC), et en 2007 (Figure 39). En 2013, ces espèces sont observées, pour les stations Corail vivant : au nord de la Passe Duroc dans la zone de faible impact attendu et dans la partie nord de la RC, et pour l'habitat Fond lagonaire, dans toute la RC, ainsi qu'au sud de la Passe de Koné.

Les perroquets apparaissent plus abondants sur l'habitat Corail vivant (tombants des récifs) que sur l'habitat Fond lagonaire (arrière-récif et petites patates isolées) (Figure 41). Ils sont nettement plus abondants en RC que HR, bien qu'en diminution nette entre 2007 et 2013. Ils sont devenus peu abondants au sud de la Passe de Koné, qui comprend des zones de pêche importantes pour Koné et Pouembout.

Les chirurgiens commerciaux sont nettement moins abondants que les perroquets sur l'ensemble de la zone et leur abondance est stable ou en faible diminution (Figure 40). Ils sont surtout observés dans la partie nord de la RC et au sud de la Passe de Koné où ils sont devenus plus abondants que les perroquets en 2013.

Les loches sont assez peu abondantes sur la zone, du moins sur les zones échantillonnées qui sont situées à l'intérieur du lagon (Figures 42 et 43). Des diminutions significatives sont observées dans la zone de faible impact attendu au nord (HR), mais aussi dans la RC (zone de fort impact attendu) (Figure 38 bas), et ces espèces ne sont pas observées sur l'habitat Fond lagonaire (Figure 42). Dans la zone de fort impact attendu, loches et saumonée sont quasiment absentes des observations en 2013 dans la zone HR en bordure du chenal. Dans la zone sud de faible impact attendu (essentiellement en RC), l'abondance des loches se maintient. D'après Guillemot et Léopold (2009, p. 26), les captures de loches étaient assez élevées dans cette zone de RC en 2007, notamment sur le tombant interne et dans la zone de récif séparant le nord et le sud de la RC.

Tableau 30. Tendances (différences entre 2007 et 2013) observées pour les métriques pertinentes pour la pêche au fusil. Une flèche grise indique un effet observé graphiquement, mais statistiquement non significatif. Une flèche bleue indique une tendance statistiquement significative. « ~0 » indique des abondances quasi-nulles.

Métriques pertinentes pour la pêche au fusil (chasse-sous-marine)				
Indicateur	Habitat	Zone d'impact attendu		
		Fort	Faible	Aucun
Densité d'abondance des poissons d'espèces-cibles de la chasse (11.25)	Corail vivant	↓ en RC (p<0.06) 2013: abondance HR(*) < RC (p<0.01)		↓ HR zone sud 2013 : abondance nord < sud (NS, p<0.11)
	Fond lagonaire	↓ en RC (marginal, p<0.12)	→ en RC ↓ au Nord (HR)(p<0.008)	↓ HR zone sud 2013 : abondance nord < sud
Fréquence d'occurrence saumonée petits points (11.16)	Corail vivant	→ en RC	0	0
	Fond lagonaire	0	0	0
Densité des loches (11.17)	Corail vivant	↓ en RC (p<0.03) 2013 :abondance HR~RC (~0)	0	↓ HR zone sud Abondance faible au nord comme su sud
	Fond lagonaire	~0	~0	~0

Densité d'abondance des chirurgiens des espèces commerciales (11.22)	Corail vivant	 en RC 2013 : abondance HR < RC (p<0.03)		 HR zone sud 2013 : abondance nord < sud (p<0.006)
	Fond lagonaire	 en RC	 Nord (HR)(p<0.03)  en RC	 HR zone sud 2013 : abondance nord < sud
Densité d'abondance des Scaridae (11.24)	Corail vivant	 en RC (p<0.05) 2013 : abondance HR < RC		 HR sud (marginal, p<0.08) 2013 : abondance nord > sud
	Fond lagonaire	 en RC (p<0.05)	 au Nord (HR)  en RC	 ds zone sud 2013 : abondance nord > sud (p<0.02)

(*) stations situées en bordure du chenal

Page suivante :

Figure 38. Densité d'abondance des espèces cibles de la pêche au fusil : haut : toutes espèces-cibles (« Cibles »), chirurgiens commercialisés (« Chirurgiens ») et perroquets ; et bas : densité d'abondance des loches et fréquence de la saumonée petits points. Résumé des résultats des tests de tendance et de comparaison entre HR et RC pour les deux principaux habitats. HR=Hors Réserve coutumière, RC=Réserve Coutumière. Voir Tableau 30 pour les comparaisons entre nord et sud.

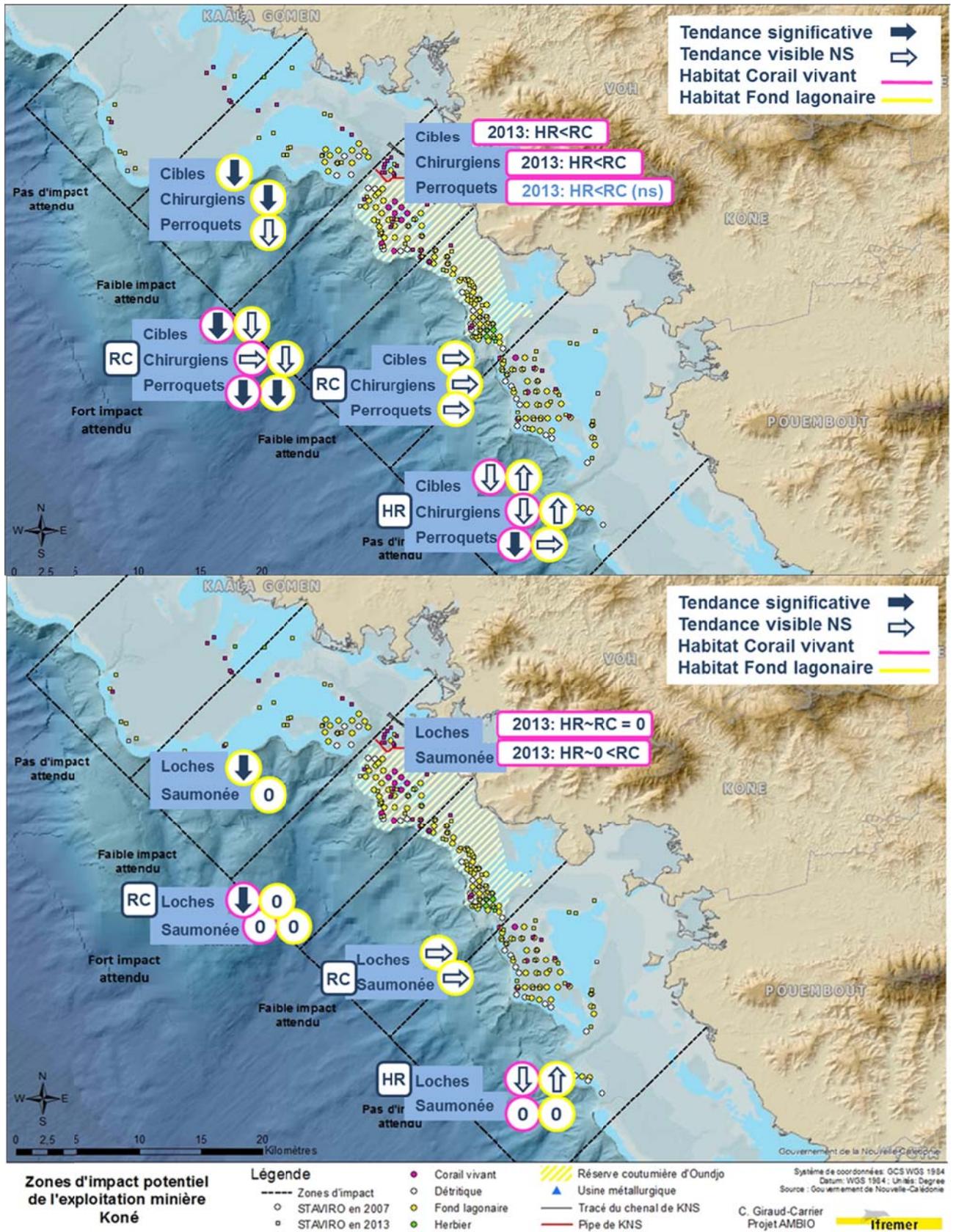


Figure 38.

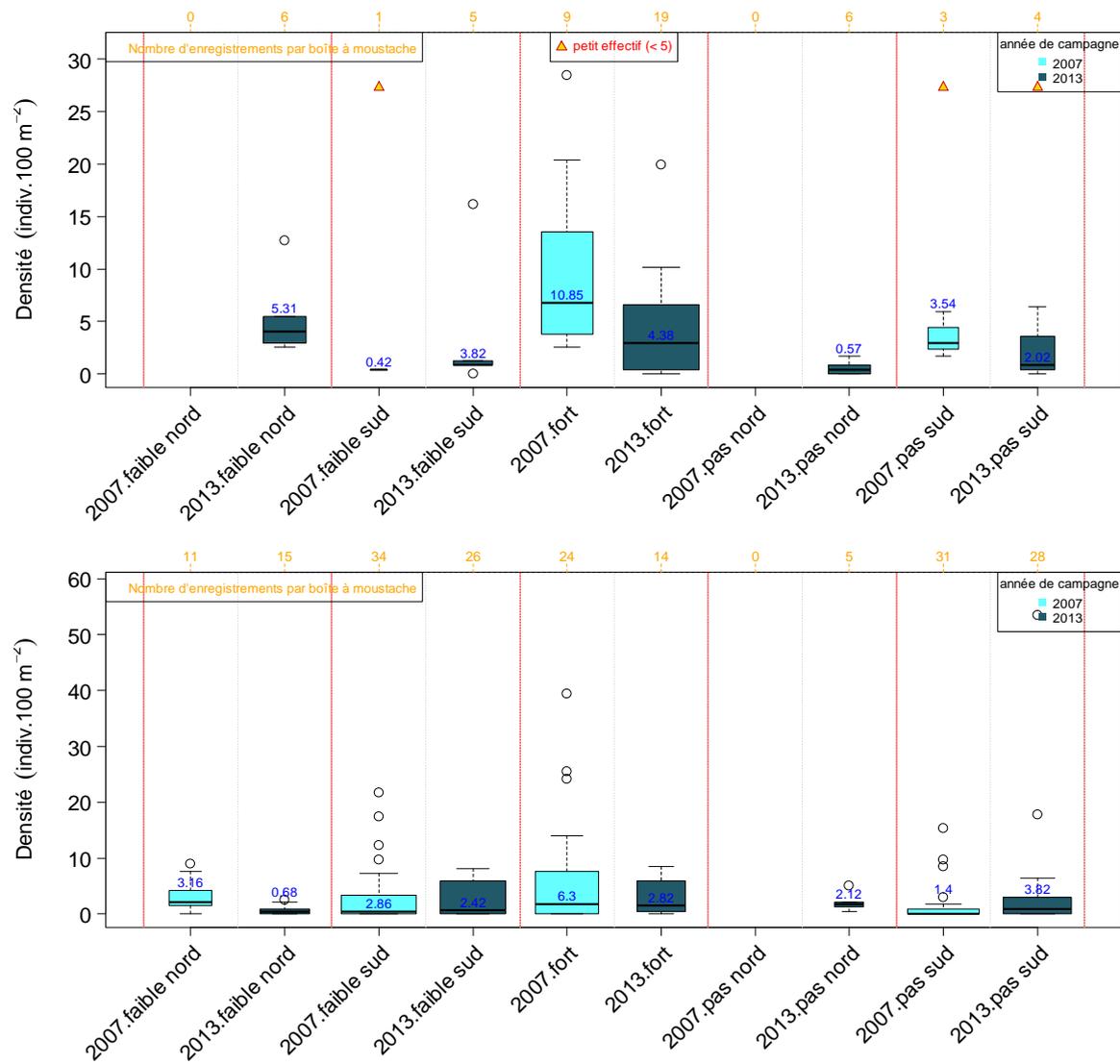


Figure 39. Densité d'abondance des espèces d'intérêt pour la chasse sous-marine, par année et zone d'impact attendu (fort, faible nord, faible sud, pas nord, pas sud) (voir Figure 27, § 8.1). Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagunaire (bas).

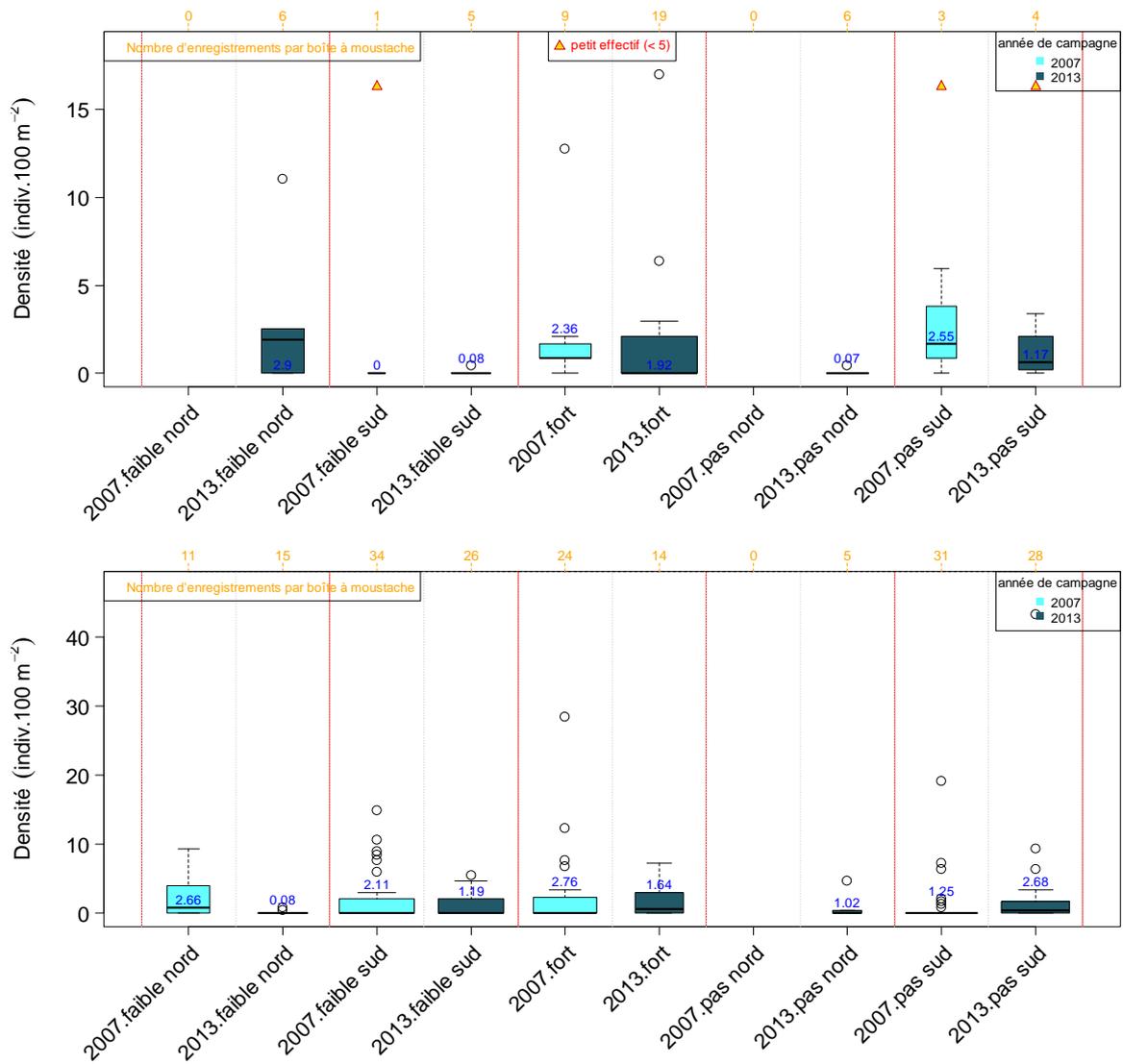


Figure 40. Densité d'abondance des chirurgiens commerciaux, par année et zone d'impact attendu (fort, faible nord, faible sud, pas nord, pas sud). Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagunaire (bas).

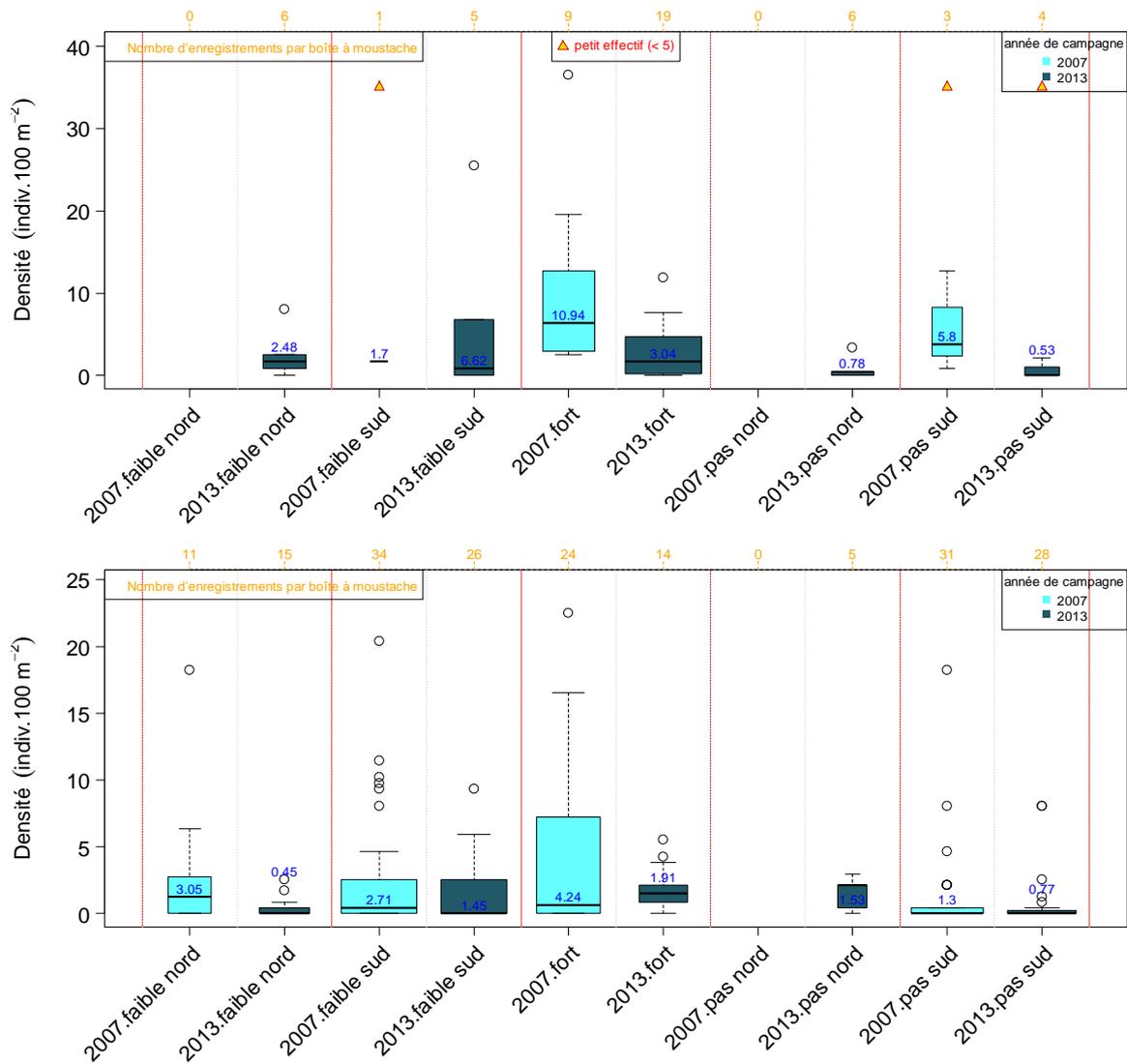


Figure 41. Densité d'abondance des poissons-perroquets, par année et zone d'impact attendu (fort, faible nord, faible sud, pas nord, pas sud). Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagunaire (bas).

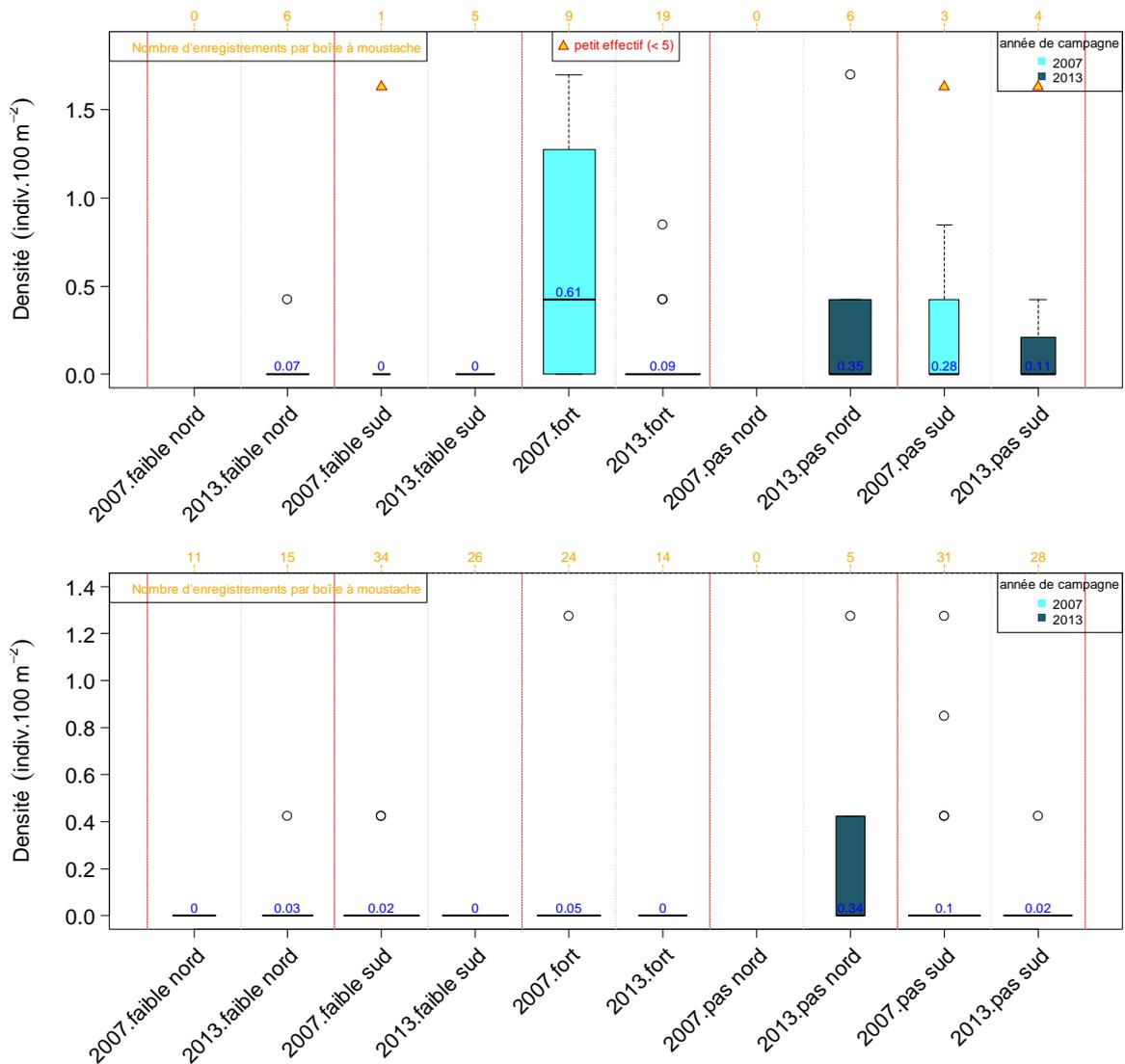


Figure 42. Densité d'abondance des loches, par année et zone d'impact attendu (fort, faible nord, faible sud, pas nord, pas sud). Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagunaire (bas).

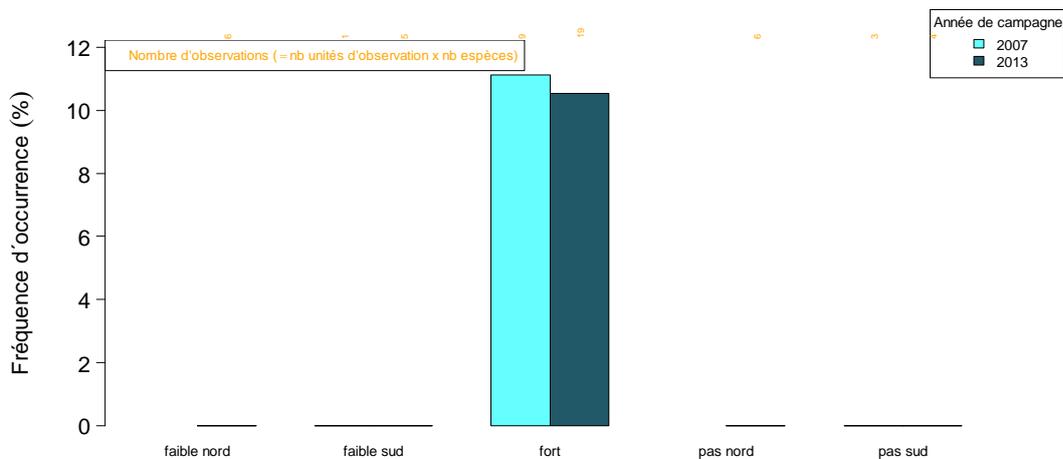


Figure 43. Fréquence de la saumonée petits points, par année et zone d'impact attendu (fort, faible nord, faible sud, pas nord, pas sud) sur l'habitat Corail vivant. L'espèce n'a pas été observée sur l'habitat Fond lagunaire.

• **Espèces cibles de la pêche à la ligne.**

Sur la zone, la plupart des espèces-cibles de la pêche à la ligne qui ont été observées sont des becs et bossus. Sur l’habitat Corail vivant, trois des quatre métriques analysées montrent **une diminution significative dans la Réserve coutumière** (Figure 44), et **dans la zone de fort impact, ces espèces-cibles ne sont observées qu’en RC** (Figure 48). Sur ce même habitat, les abondances sont **faibles sur les autres zones à l’exception de la zone au sud** de la Passe de Koné où ces espèces semblent assez abondantes sur les deux années, essentiellement en raison de bancs de lutjans (*Lutjanus monostigma et quinquelineatus*) (Figure 45). **Sur l’habitat Fond lagonaire, les espèces-cibles de la ligne ont été observées en 2007 HR et en RC dans la zone de fort impact, mais ont fortement diminué en 2013.** Dans la zone d’impact attendu faible, les abondances sont stables et plus élevées dans la RC. Dans les zones où aucun impact n’est attendu, les abondances sont faibles.

Les deux métriques de fréquence indiquent que **les becs et bossus sont assez fréquents sur la zone, en 2007 comme en 2013, et particulièrement sur l’habitat Fond lagonaire** (Figures 48 et 49). Dans la zone de fort impact, ces espèces n’ont **pas du tout été observées en 2013**, tandis que leur fréquence reste stable dans les autres zones.

Le bec de cane est peu abondant dans les observations, plus observé en 2013 qu’en 2007 (Figure 49), avec quelques groupes d’individus sporadiques, essentiellement dans la partie sud de la RC et sur habitat Fond lagonaire.

Rappelons par contre que les Lethrinidae ont été bien observés sur les quelques stations situées **dans l’habitat Herbier** (§ 11.4).

Tableau 31. Tendances (différences entre 2007 et 2013) observées pour les métriques pertinentes pour la pêche à la ligne. Une flèche grise indique un effet observé graphiquement, mais statistiquement non significatif. Une flèche bleue indique une tendance statistiquement significative. « ~0 » indique des valeurs trop faibles pour pouvoir réaliser des tests. En italiques, vérification de la tendance en se limitant soit à la RC (zones Fort et Faible impacts attendus), soit à la zone sud (Aucun impact attendu) qui a des nombres de stations similaires en 2007 et 2013.

Métriques de la pêche à la ligne				
		Zone d’impact attendu		
Indicateur	Habitat	Fort	Faible	Aucun (HR)
Densité d’abondance des poissons d’espèces-cibles de la pêche à la ligne (11.27)	Corail vivant	 en RC (p<0.05) 2013 : observés seulement en RC		 zone sud abondance nord < sud
	Fond lagonaire	 en RC	stable au nord (HR) et au sud (RC) abondance RC > HR	 zone sud abondance nord < sud

Fréquence des Lethrinidae pêchés (11.16)	Corail vivant	 en RC (p<0.03) 2013 : observés seulement en RC		 zone sud Fréquence nord < sud
	Fond lagonaire	RC : unigt observés en 2007 (20%)	Fréquences stables et similaires au nord et au sud (~35%)	 au sud mais fréquence faible 2013 : unigt observés au sud
Densité d'abondance des Lethrinidae pêchés (11.16)	Corail vivant	 en RC (p<0.006) 2013 : observés seulement en RC		 zone sud Abondance nord ~sud
	Fond lagonaire	RC : unigt observés en 2007 (14 stations en 2013)	Abondances stables et similaires au nord et au sud	~0
Fréquence d'occurrence des becs de cane (<i>Lethrinus nebulosus</i>) (11.18)	Corail vivant	unigt observés en RC et en 2013		 zone sud Fréquence nord < sud
	Fond lagonaire	RC : unigt observés en 2007 (9%)	 au nord et au sud Fréquence nord < sud (p<0.03)	 au sud mais fréquence faible 2013 : unigt observés au sud

Page suivante :

Figure 44. Densité d'abondance des espèces-cibles de la pêche au fusil : haut : abondance des espèces-cibles, et des becs et bossus ; et bas : densité d'abondance des loches et fréquence de la saumonée petits points Résumé des résultats des tests de tendance et de comparaison entre HR et RC pour les deux principaux habitats. HR=Hors Réserve coutumière, RC=Réserve Coutumière. Voir Tableau 27 pour les comparaisons entre nord et sud.

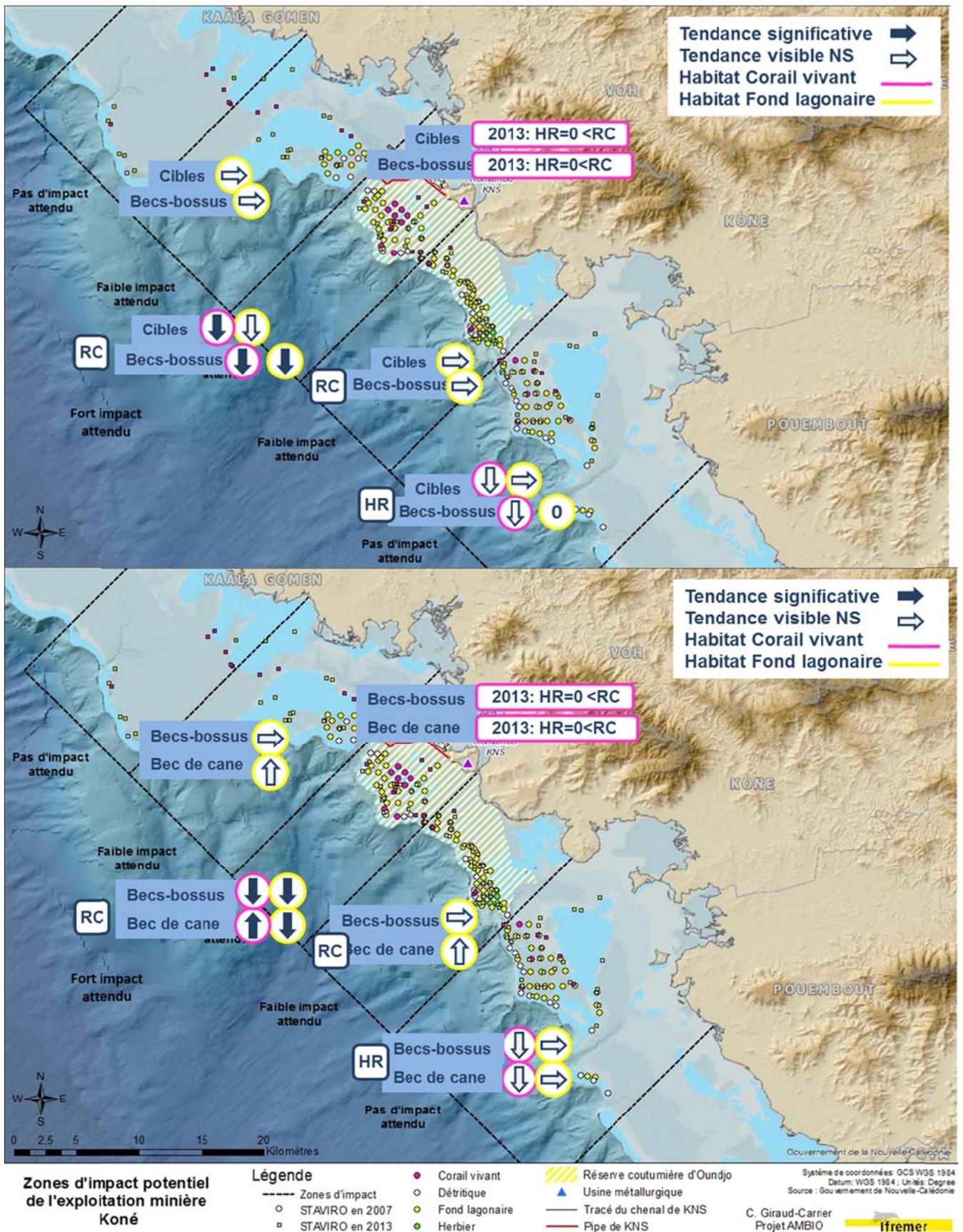


Figure 44.

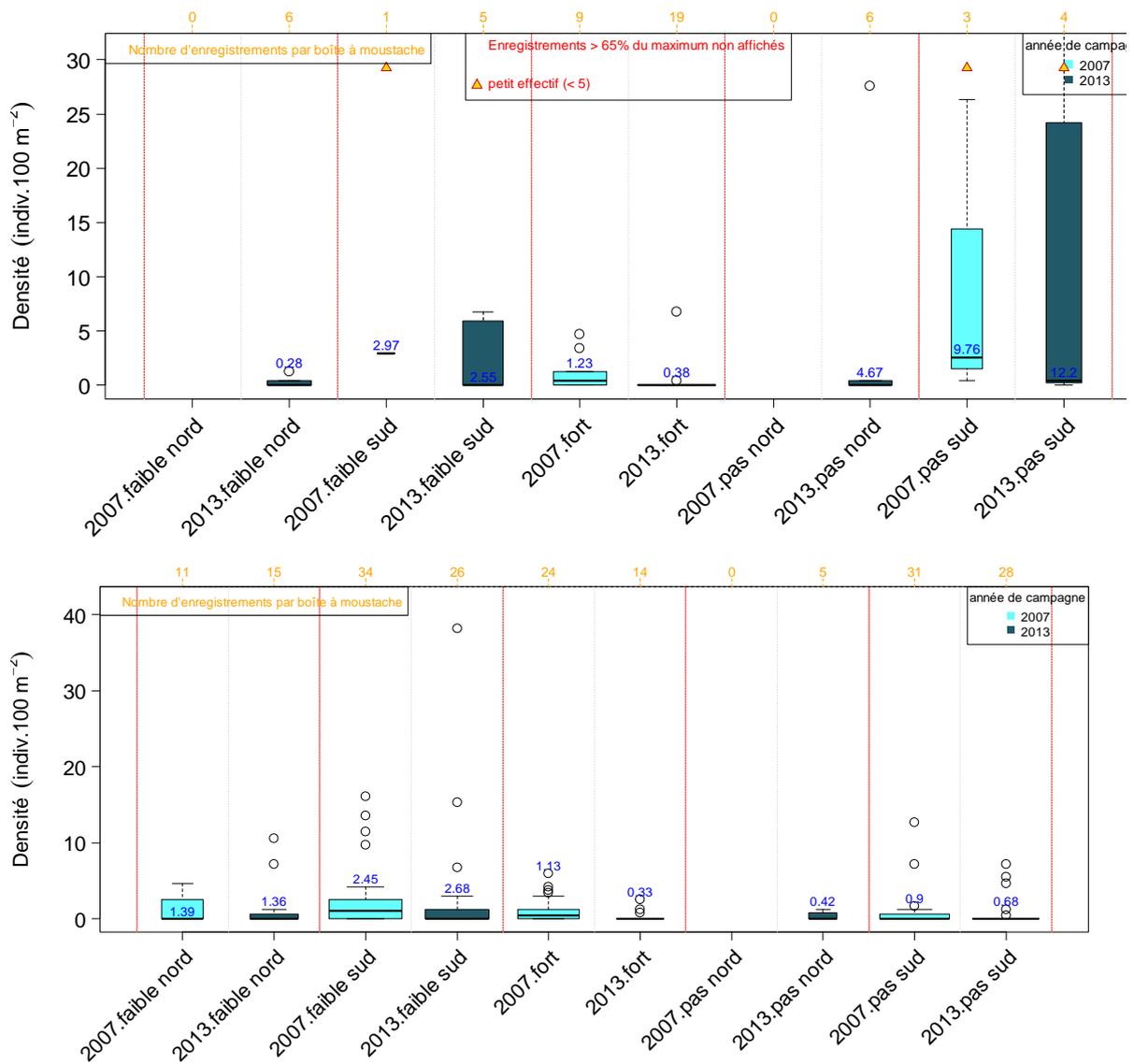


Figure 45. Densité d'abondance des espèces-cibles de la pêche à la ligne. Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagonaire (bas).

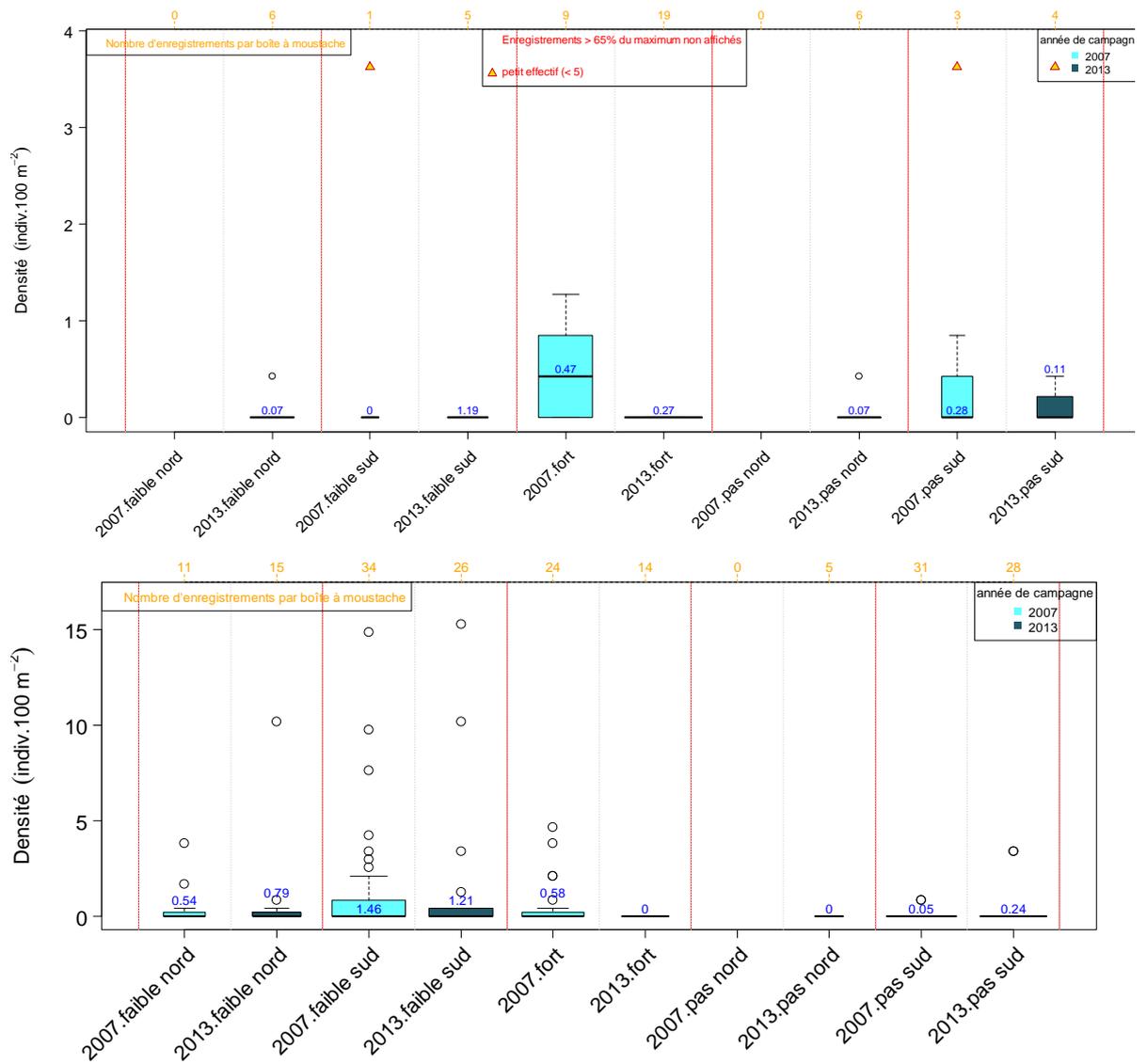


Figure 46. Densité d'abondance des becs et bossus (Lethrinidae commerciaux). Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagonaire (bas).

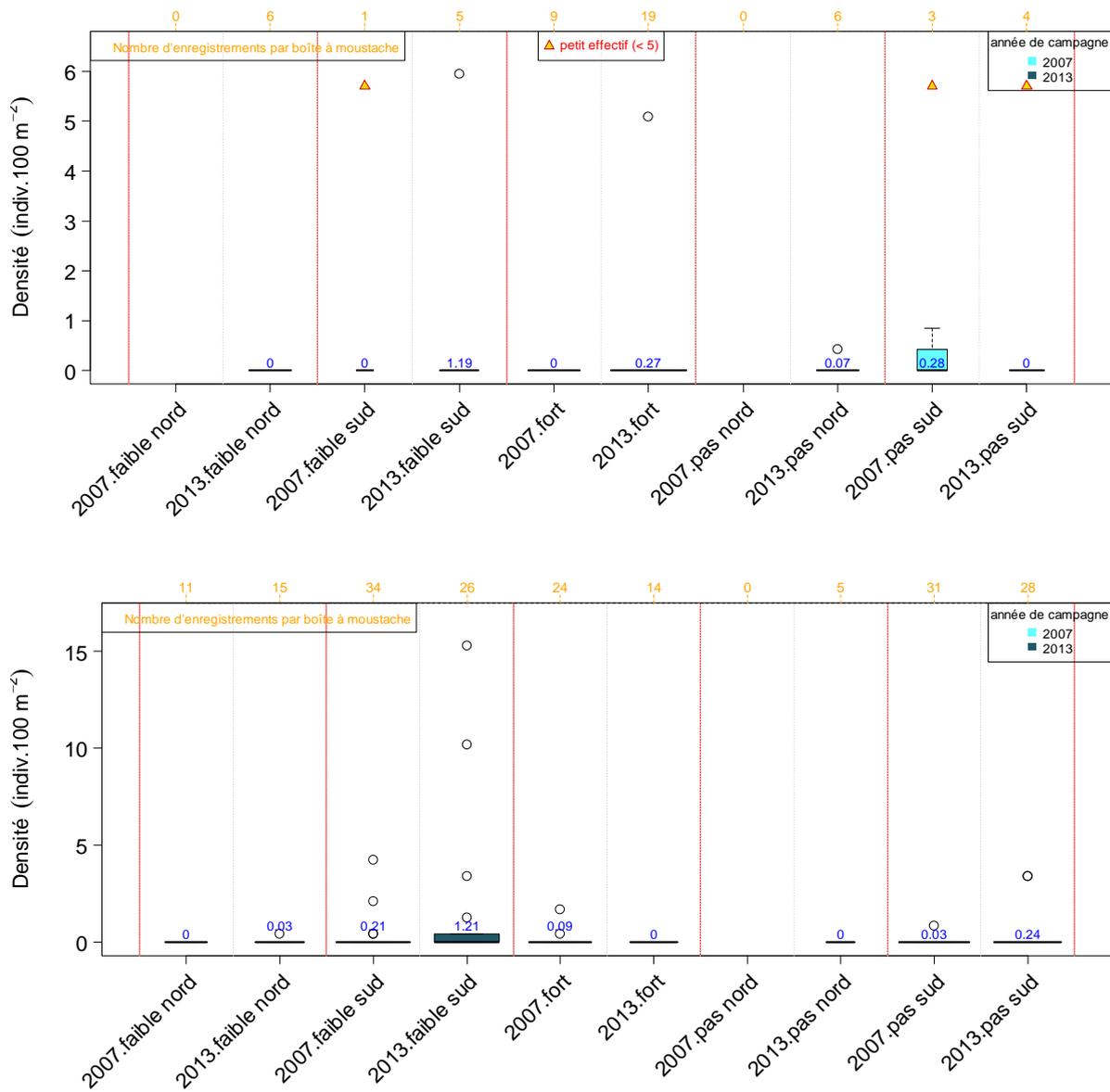


Figure 47. Densité d'abondance du bec de cane. Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagonaire (bas).

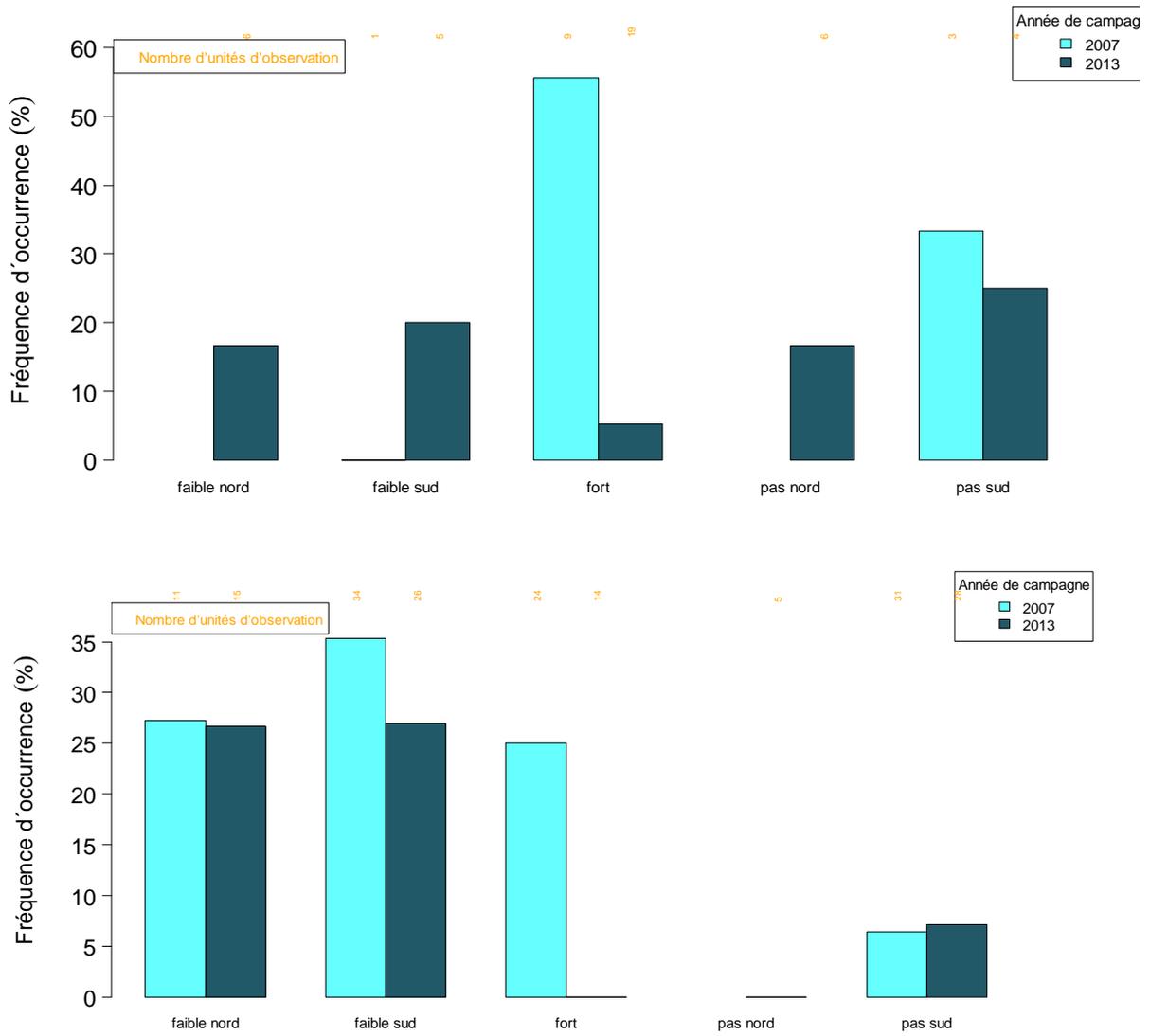


Figure 48. Fréquence des becs et bossus commerciaux. Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagunaire (bas).

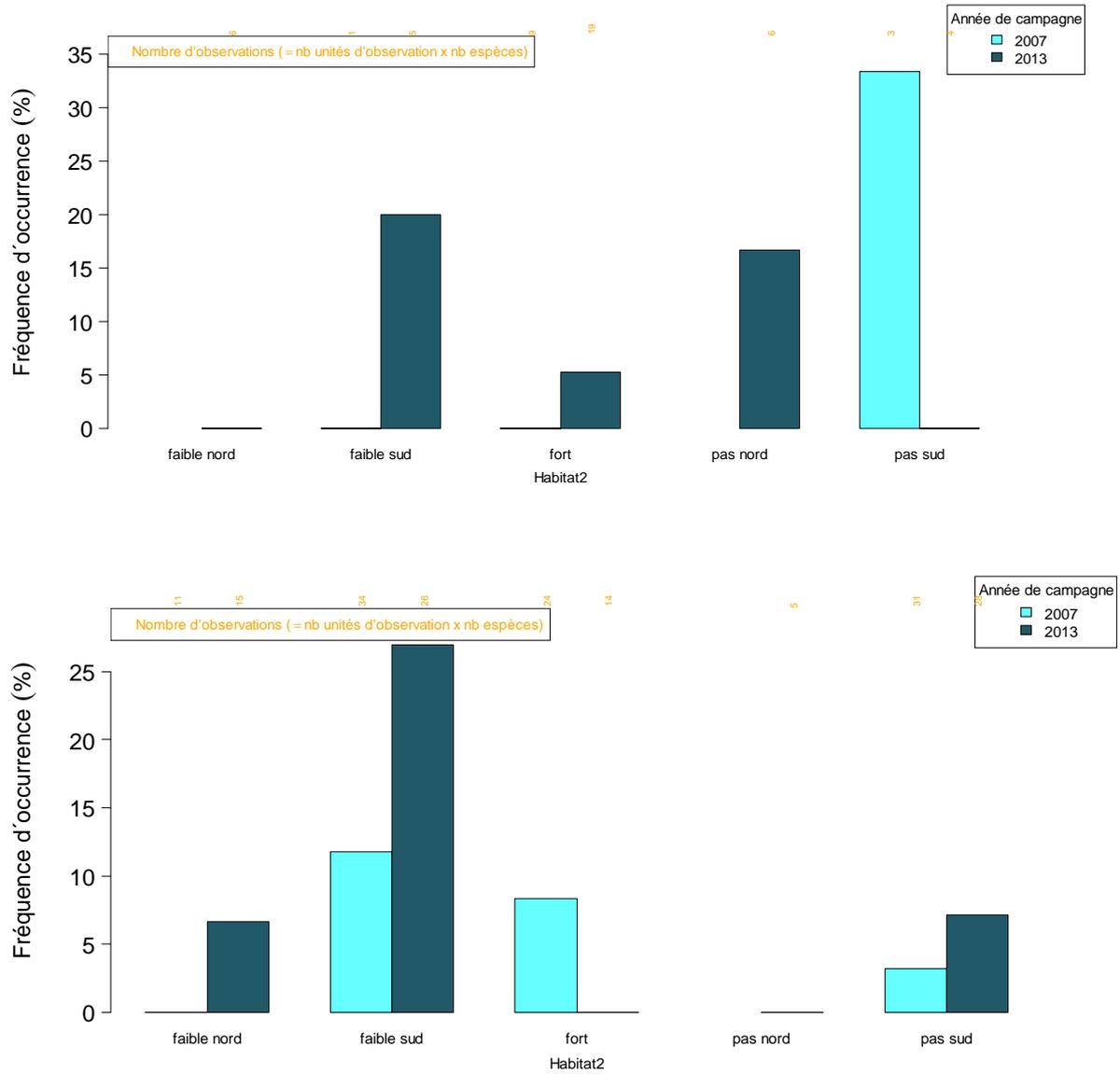


Figure 49. Fréquence du bec de cane. Habitats Corail vivant (haut) et Fond lagonaire (bas).

9. Plan d'échantillonnage recommandé pour un suivi

Le plan d'échantillonnage recommandé pour un suivi en routine des récifs et lagons de la zone Voh-Koné-Pouembout est présenté ci-dessous.

Ce plan d'échantillonnage répond à plusieurs critères.

- Couverture de l'ensemble de la zone
- Echantillonnage d'une zone témoin, non impactée par la création du chenal, ni par les bassins versants miniers avoisinants.
- Echantillonnage de la réserve d'Oundjo, avec zone témoin hors de la réserve.
- Echantillonnage de l'AGDR de Kan-Gunu.
- Echantillonnage de l'ensemble des habitats et types de récifs présents sur la zone.
10 stations ont été rajoutées sur la pente externe. 21 stations au total sont prévues sur les récifs frangeants. Ces stations seront réalisées dans la mesure du possible, au vu de la faible bathymétrie et de la faible visibilité rencontrées sur les récifs frangeants de Koné.
- Echantillonnage réparti sur un gradient côte-large dans une certaine mesure (limité par bathymétrie et visibilité). Une étude physico-chimique de 2013 a en effet pu montrer un gradient côte-large de qualité de l'eau (Achard *et al.*, 2013).
- Complémentarité avec les suivis UVC existants.

Le protocole recommandé inclut 150 stations pour une zone d'environ 50 km de long (Figure 50) :

- 52 stations sont issues de l'état initial vidéo de 2007, réparties entre les différents types de récifs et statuts de protection.
- 73 stations sont issues de la campagne de 2013, réparties entre les différents types de récifs et de statuts de protection.
- 25 stations ont été rajoutées afin d'échantillonner la pente externe, des herbiers et des passes, de tenir compte d'une répartition selon un gradient côte-large, et enfin d'échantillonner une zone non impactée par la création du chenal, ni par les bassins versants miniers avoisinants.
- Parmi ces 25 stations, 10 stations ont été placées dans le périmètre de l'AGDR de Kan-Gunu.

Le nombre de stations par type de statut de protection ou de récif est résumé dans le Tableau 32. Le détail de ces stations (coordonnées, statut de protection et type de récif) est donné en Annexe 3.

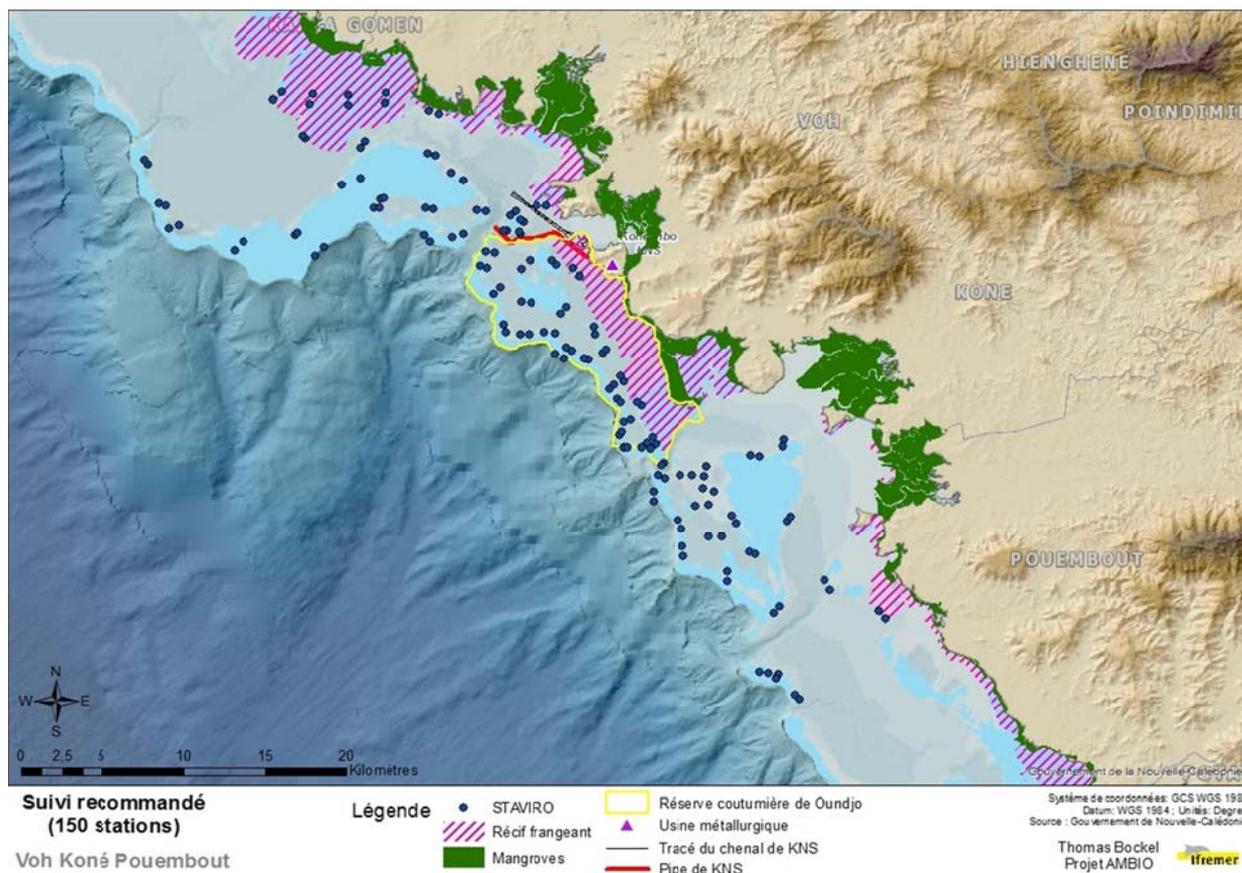


Figure 50. Echantillonnage recommandé pour un suivi vidéo de la zone Voh-Koné-Pouembout

Tableau 32. Répartition des stations en fonction du statut de protection et du type de récif.

Statut de protection	Nb de stations prévues
Hors Réserve	87
Réserve Coutumière	53
AGDR de Kan-Gunu	10

Type de récif / biotope	Nb de stations prévues
Fond lagonaire	32
Récif frangeant	21
Récifs intermédiaires	41
Passe	2
Pente externe	10
Tombant interne	44

En fonction des priorités d'évaluation, ce protocole peut être adapté pour réduire le nombre de stations.

10. Bibliographie

Achard R., Kumar-Roiné S., Le Grand H., Moreton B., Raynal A., Fernandez JM. (2013). Suivi environnemental du milieu marin de la zone VKP. Volet 3 : Surveillance physico-chimique : Période décembre 2012 – novembre 2013. Rapport d'étude, AEL. 175p.

Andréfouët, S. & Torrez-Pulliza, D. (2004). Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, IFRECOR Nouvelle-Calédonie: 26 p. + 22 planches.

Bockel, T. & Carpentier, L. (2016). Annexe cartographique de l'évaluation par vidéo de l'état de santé des habitats et peuplements de poissons de la zone de Voh-Koné-Pouembout, Campagnes de stations vidéo rotatives STAVIRO 2007-2013. Rapport AMBIO/A/25a. IFREMER Nouméa. 25 p. Version du 28 avril 2016.

Chabanet P., Guillemot N., Kulbicki M., Vigliola L., Sarramegna S. (2010). Baseline study of the spatio-temporal patterns of reef fish communities prior to a major mining project in New Caledonia (south pacific). *Marine Pollution Bulletin*, 61 pp. 598–611.

Gilbert A., Heintz T., Guillemot N. (2013). Suivi environnemental du milieu marin de la zone de Voh-Koné-Pouembout, Surveillance Biologique. Rapport d'étude, Ginger Soproner. 222 p.

Guillemot N. (2009). Les peuplements de poissons récifaux et leur exploitation dans la zone de Voh-Koné-Pouembout (Nouvelle-Calédonie) : caractérisation, indicateurs et enjeux de suivi. Agrocampus Ouest, Rennes. Thèse de Doctorat: 346 pp.

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

Pelletier, D., Mallet, D., Roman, W., & Cadé, F. 2013. La vidéo sous-marine non appâtée pour l'observation et le suivi des peuplements et habitats côtiers dans des écosystèmes coralliens et tempérés. Montage audiovisuel avec sous-titre anglais (12 '). Congrès IMPAC3, 21-25 octobre. <http://www.oceanplus.tv/fr/reportages/video/192-les-techniques-videos-d-observation-du-milieu-marin-staviro-et-micado>. https://www.youtube.com/watch?v=C_uzdRguTgs.

Toussaint M. (2010). La cogestion des ressources et lagons à forte valeur patrimoniale en Nouvelle-Calédonie. La « réserve » marine d'Oundjo et le projet COGERON, dans la zone Voh-Koné-Pouembout. Rapport de Master, Université d'Aix-Provence, 102 p. URL : <http://www.coreus.ird.fr/cogeron/documents/rapports/M2 %20Toussaint COGERON 2010.pdf>.

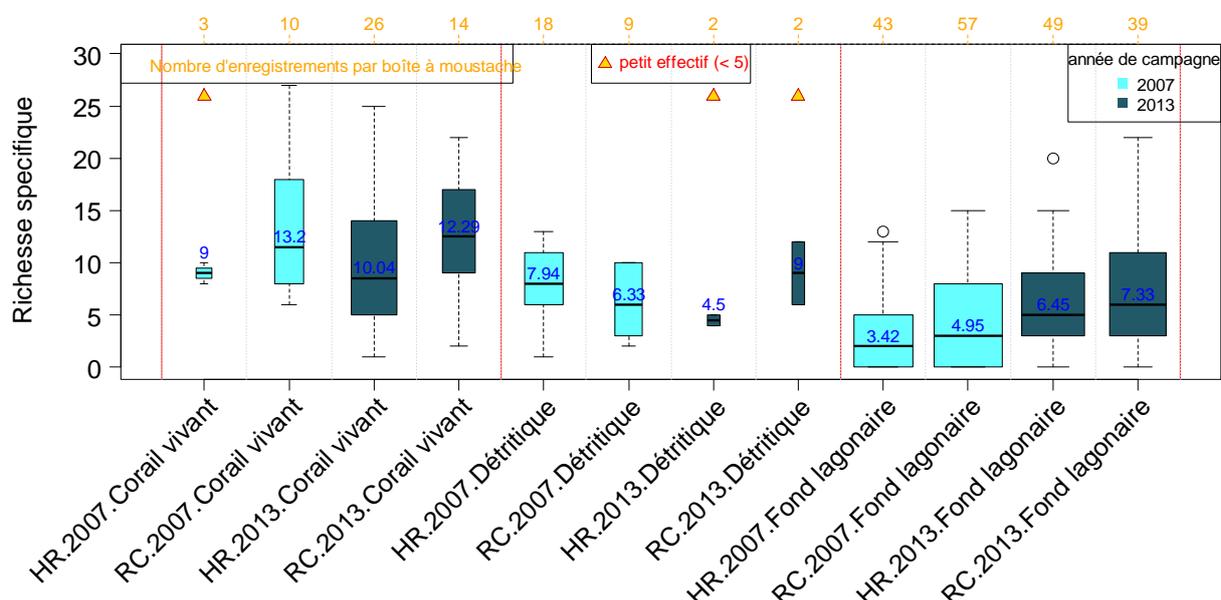
11. Annexe 1 : Fiches métriques

11.1. Richesse spécifique (RS) par unité d'observation

Lien avec les objectifs et actions de gestion

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 RS par station quantifie la diversité des espèces observées. Elle devrait être plus élevée dans les stations situées dans la Réserve Coutumière, puis dans les zones adjacentes par exportation. NB : Cette métrique dépend aussi fortement de l'habitat et de la surface et durée d'observation qui doivent être standardisées.

Calcul de la métrique : Nombre d'espèces observées par station dans un rayon de 10 m.



- Différences significatives entre habitats (GLM Binomiale négative, $p < 10^{-8}$), entre années ($p < 0.003$) et entre statuts de protection ($p < 0.04$)
- Habitat Fond lagonaire : augmentation significative entre 2007 et 2013 en RC et HR (GLM Gamma, $p < 0.0004$) ; pas de différence significative entre statuts
- Habitat Corail vivant : signes de densité plus élevée en RC que HR (NS) ; stable 2007-2013
- Habitat Détritique : pas de différences significatives entre statuts ni entre années
- Habitat Herbier (8 stations) : RS comprise entre 0 et 1, avec une valeur de 3 en 2007 en RC

Diagnostic

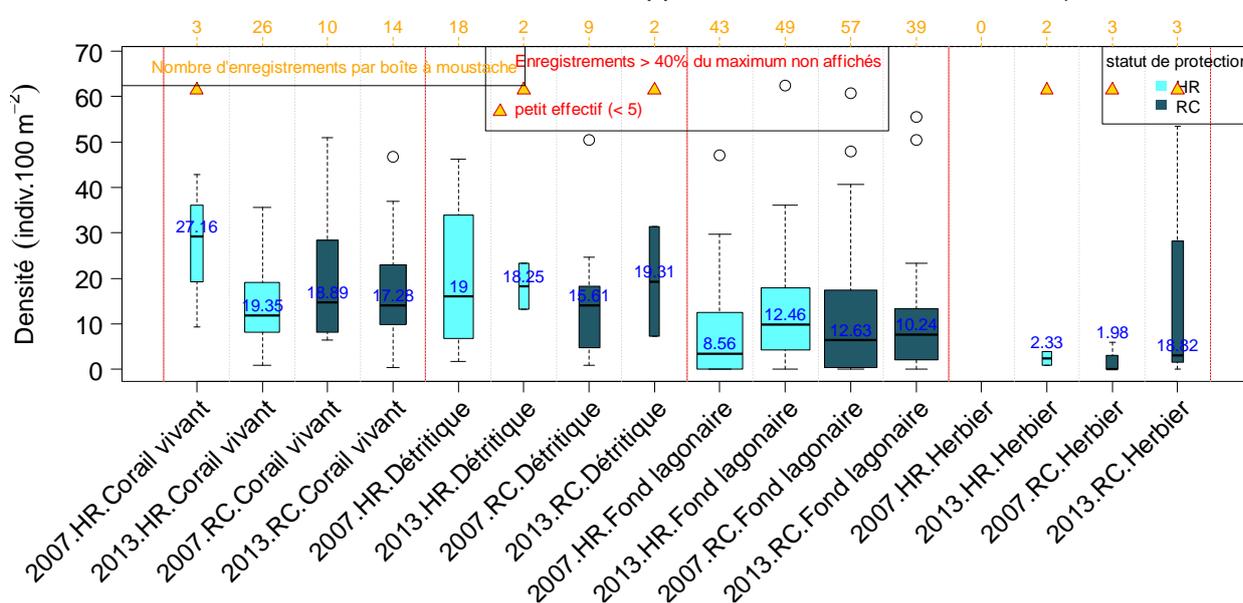
Etat	Tendance	Commentaires
	➡	<ul style="list-style-type: none"> • Différences significatives entre années ($p < 0.003$) et entre statuts de protection ($p < 0.04$) • Habitat Fond lagonaire : augmentation significative entre 2007 et 2013 en RC et HR ($p < 0.0004$) ; pas de différence significative entre statuts • Habitat Corail vivant : signes de densité plus élevée en RC que HR (NS) ; stable entre 2007 et 2013 • Habitat Corail vivant : RS légèrement inférieure à ZCO (Bourail 2012 et Ouano 2009) et Borendy (2012), similaire à Pweevo (2012) et supérieure à Hyehen (2012)

11.2. Densité d'abondance toutes espèces

Lien avec les objectifs et actions de gestion

But de gestion	2. Restauration et conservation de la biodiversité
Objectif	2.1. Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La densité d'abondance devrait être plus élevée dans des zones où la pression anthropique est faible. En fonction des pressions de pêche, elle peut être plus élevée dans la RC et éventuellement dans les zones adjacentes. NB : Cette métrique dépend aussi fortement de l'habitat et est sensible aux espèces formant des bancs.

Calcul de la métrique : Nombre moyen de poissons par rotation, par unité d'observation, dans la zone de 5m autour de la caméra rotative, et rapportés à une surface de 100m²).



NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique

- Parmi les 3 facteurs statut de protection, habitat et année, seul l'habitat a un effet significatif sur la densité (p<0.05), car densité dans l'habitat Fond lagunaire inférieure à celles dans habitats Corail vivant et Détritique
- Habitat Corail vivant : diminution de la densité HR entre 2007 et 2013 (marginale ment significative, p<0.11), autres différences non marquées (entre statuts et entre années dans RC)
- Habitat Herbier : en 2013, abondances de *Lethrinus variegatus*
- Autres habitats : pas de différences marquées entre statuts et entre années
- Valeur de densité maximale dans l'habitat Corail vivant, HR et 2013 : 90 *Pterocaesio pisang*.

Diagnostic

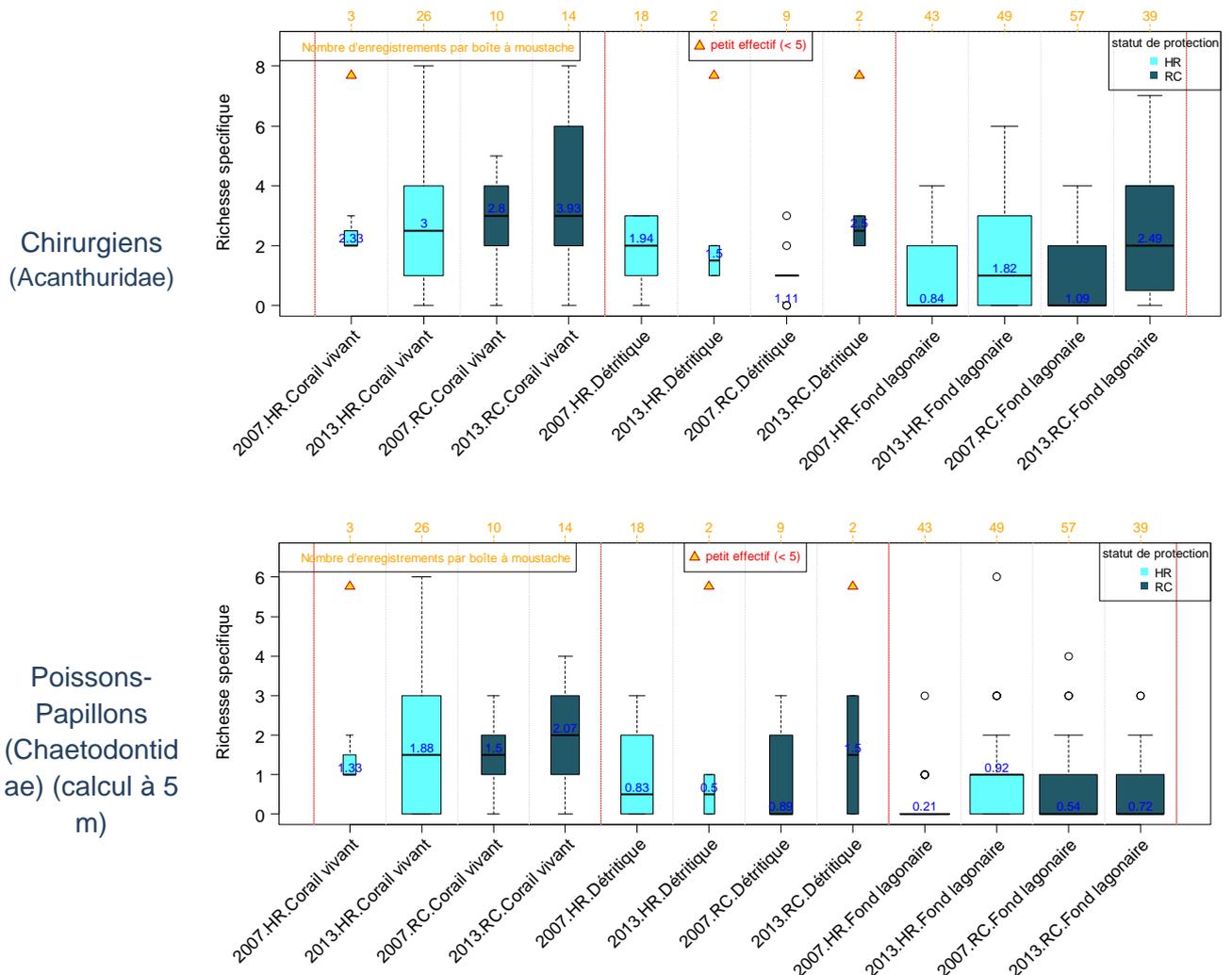
Etat	Tendance	Commentaires
	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Habitat Corail vivant (correspond aux densités les plus élevées) : diminution de la densité HR entre 2007 et 2013 (marginale ment significative, p<0.11) • Habitat Fond lagunaire : densités inférieures à celles des habitats Corail vivant et Détritique • Pas d'autres différences marquées entre statuts et entre années • Habitat Corail vivant : nettement inférieure à ZCO et Borendy, un peu inférieure à Pweevo et supérieure à Hyehen

11.3. Richesse spécifique (RS) par famille (principales familles)

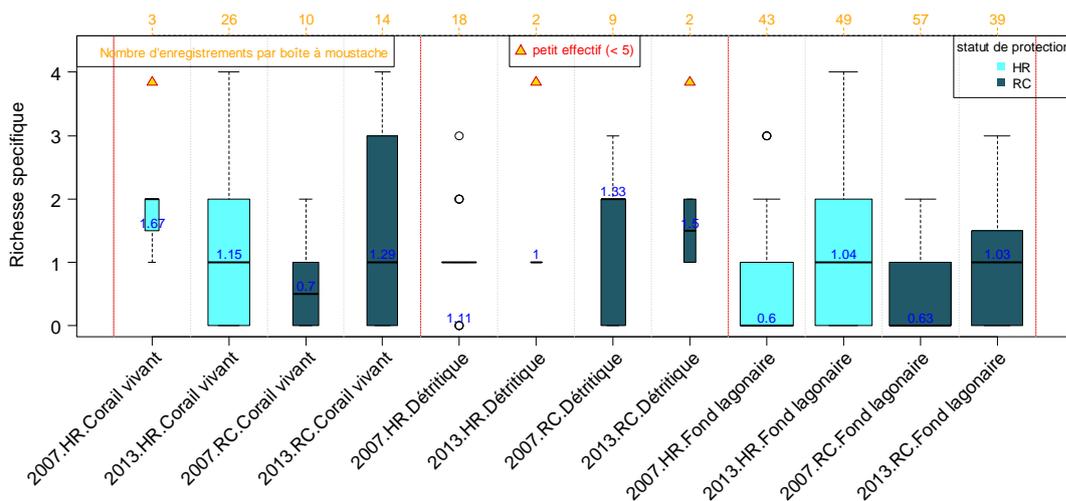
Lien avec les objectifs et actions de gestion

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 2.4. Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	En fonction des pressions de pêche, elle peut être plus élevée dans les stations situées dans la RC et éventuellement dans les zones adjacentes. NB : Cette métrique dépend aussi fortement de l'habitat et de la surface et durée d'observation qui doivent être standardisés.

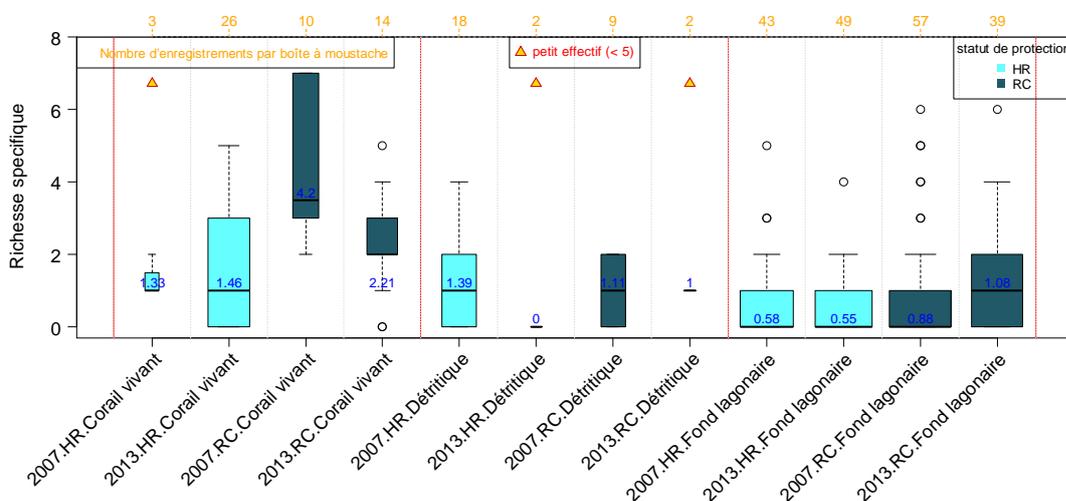
Calcul de la métrique : Nombre d'espèces par famille observées par station dans un rayon de 10 m autour du STAVIRO (sauf Chaetodontidae à 5 m).



Rougets-barbets (Mullidae)



Perroquets (Scaridae)



- Autres familles : Faibles valeurs de RS observées, pas de graphique.
- Habitat Herbier (8 stations) : entre 0 et 1 espèce de Lethrinidae, entre 0 et 2 espèces de Lutjanidae

Bilan par famille	
Chirurgiens	<ul style="list-style-type: none"> • Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection • RS plus élevée dans l'habitat Coraïl vivant que dans les autres habitats (NS) • Entre 0 et 4 espèces rencontrées par station, parfois jusqu'à 8 espèces • Augmentation de la RS dans la Réserve entre 2007 et 2013 sur les habitats Coraïl vivant et Fond lagonaire (NS) • Sur ces deux habitats, RS légèrement supérieures en RC que HR en 2013 (NS)
Poissons-Papillons	<ul style="list-style-type: none"> • Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection • RS plus élevée dans l'habitat Coraïl vivant que dans les autres habitats (NS) • Entre 0 et 3 espèces rencontrées par station, parfois jusqu'à 6 espèces • Habitat Coraïl vivant : légère augmentation de la RS entre 2007 et 2013 (NS) et RS variable hors réserve • Pas de différences marquées entre statuts de protection
Rougets-barbets	<ul style="list-style-type: none"> • Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection • Entre 0 et 2 espèces rencontrées par station, parfois jusqu'à 4 espèces • Augmentation de la RS dans la Réserve entre 2007 et 2013 sur les habitats Coraïl vivant et Fond lagonaire (NS)
Perroquets	<ul style="list-style-type: none"> • Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection

	<ul style="list-style-type: none"> • RS nettement plus élevée dans l'habitat Corail vivant que dans les autres habitats • Habitat Corail vivant : baisse significative de la RS dans la Réserve entre 2007 et 2013 ($p < 0.03$), RS stable HR entre 2007 et 2013 • Habitat Corail vivant : RS plus élevée en RC que HR (NS) ; cette différence s'est atténuée entre 2007 et 2013 du fait de la baisse de RS dans la RC
Balistes (Balistidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 2 espèces rencontrées par station
Labres (Labridae)	<ul style="list-style-type: none"> • Habitat Corail vivant : entre 0 et 3 espèces rencontrées par station • Autres habitats : RS très faibles
Lethrinidae Lutjanidae	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 2 espèces rencontrées par station, occasionnellement 3-4 espèces • Seules espèces observées sur habitat Herbier
Loches (Serranidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 1 et 2 rarement 4 espèces par station • Observés sur l'habitat Corail vivant et Fond lagunaire, autant en RC que HR

Diagnostic

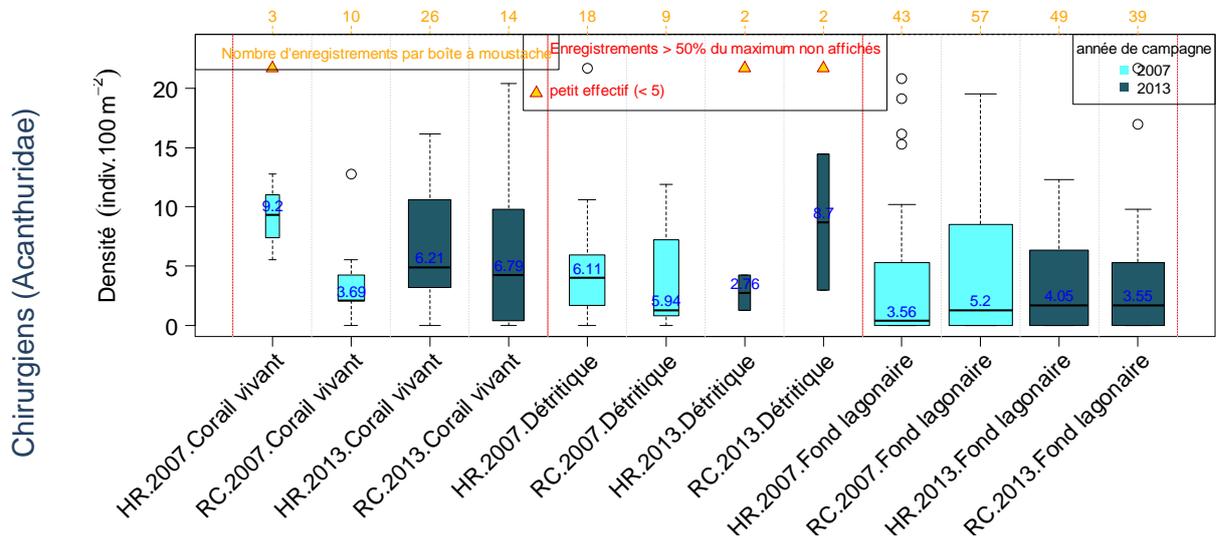
Famille	Etat	Tendance	Commentaires
Chirurgiens		↑	<ul style="list-style-type: none"> • Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection, RS plus élevée sur habitat Corail vivant (NS) • Augmentation de la RS entre 2007 et 2013 sur les habitats Corail vivant et Fond lagunaire (NS) • Sur ces 2 habitats, RS plus élevée en RC en 2013 (NS)
Poissons-Papillons		↑	<ul style="list-style-type: none"> • Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection, RS plus élevée sur habitat Corail vivant (NS) • Habitat Corail vivant : Légère augmentation de la RS entre 2007 et 2013 (NS) et RS variable HR en 2013 • Pas de différences marquées entre statuts de protection • Habitat Corail vivant : RS supérieure à Hyehen, et similaire à tous les autres sites
Rougets-barbets		↑	<ul style="list-style-type: none"> • Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection • Augmentation de la RS dans la RC entre 2007 et 2013 sur les habitats Corail vivant et Fond lagunaire (NS)
Perroquets		➡	<ul style="list-style-type: none"> • Famille présente sur tous les habitats et statuts de protection, RS nettement plus élevée dans l'habitat Corail vivant que dans les autres habitats • Habitat Corail vivant : RS stable HR mais en baisse significative ($p < 0.03$) entre 2007 et 2013 dans RC ; RS plus élevée en RC que HR (NS), mais différence HR-RC atténuée entre 2007 et 2013 du fait de la baisse dans la RC
Autres familles		<i>Tendance non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Familles assez peu diversifiées à l'échelle de la station • Lutjanidae et Lethrinidae sont les seules familles observées sur l'habitat Herbier (8 stations) • Serranidae : 1 à 2, rarement 4 espèces par station ; observés sur les habitats Corail vivant et Fond lagunaire, autant en RC que HR

11.4. Densité d'abondance par famille

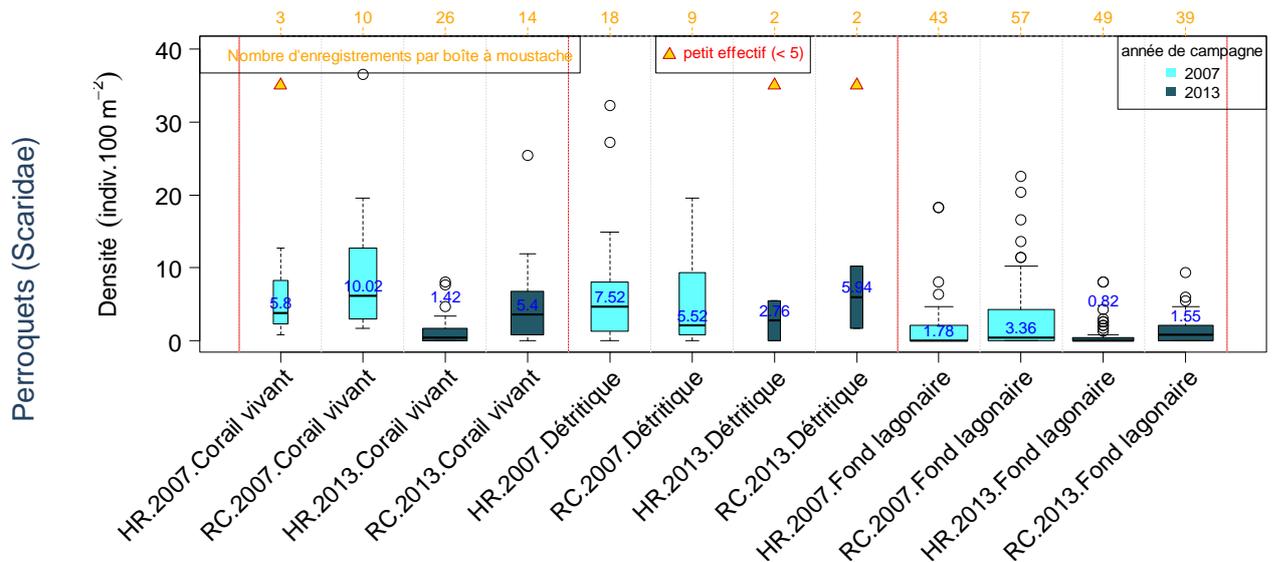
Lien avec les objectifs et actions de gestion

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 2.4. Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats (<i>Chaetodontidae</i>)
Pertinence	En fonction des pressions de pêche, elle peut être plus élevée dans les stations situées dans la RC et éventuellement dans les zones adjacentes. NB : Cette métrique dépend aussi fortement de l'habitat et est sensible aux espèces formant des bancs.

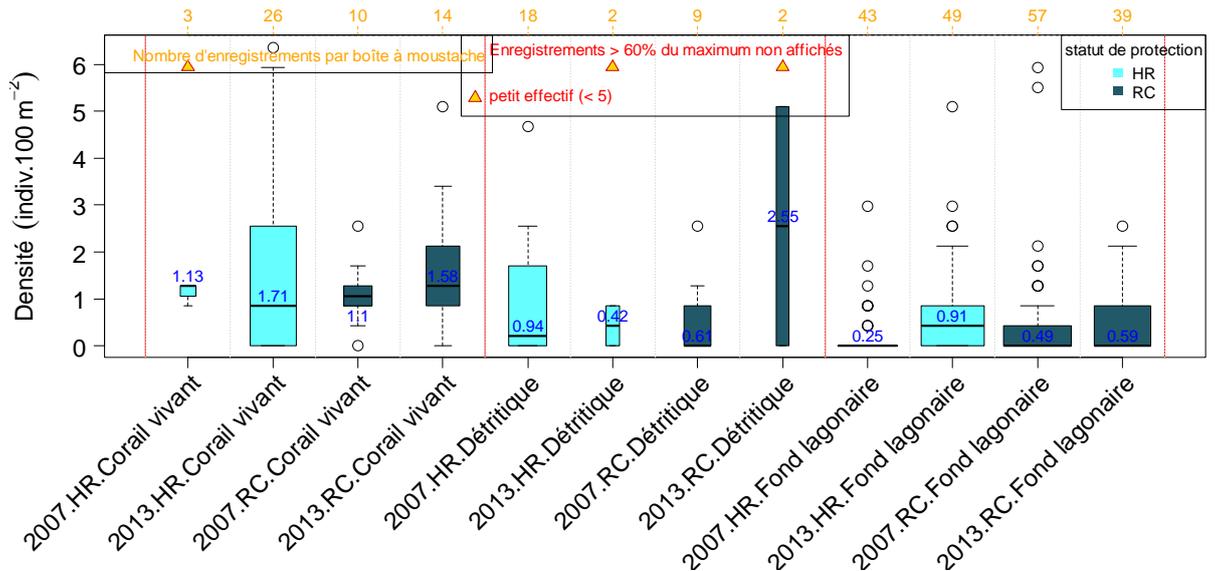
Calcul de la métrique : Densité d'abondance par famille (Acanthuridae, Balistidae, Chaetodontidae, Labridae, Lethrinidae, Lutjanidae, Mullidae, Scaridae, Serranidae, Siganidae) dans un rayon de 5 m autour de la STAVIRO.



NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique

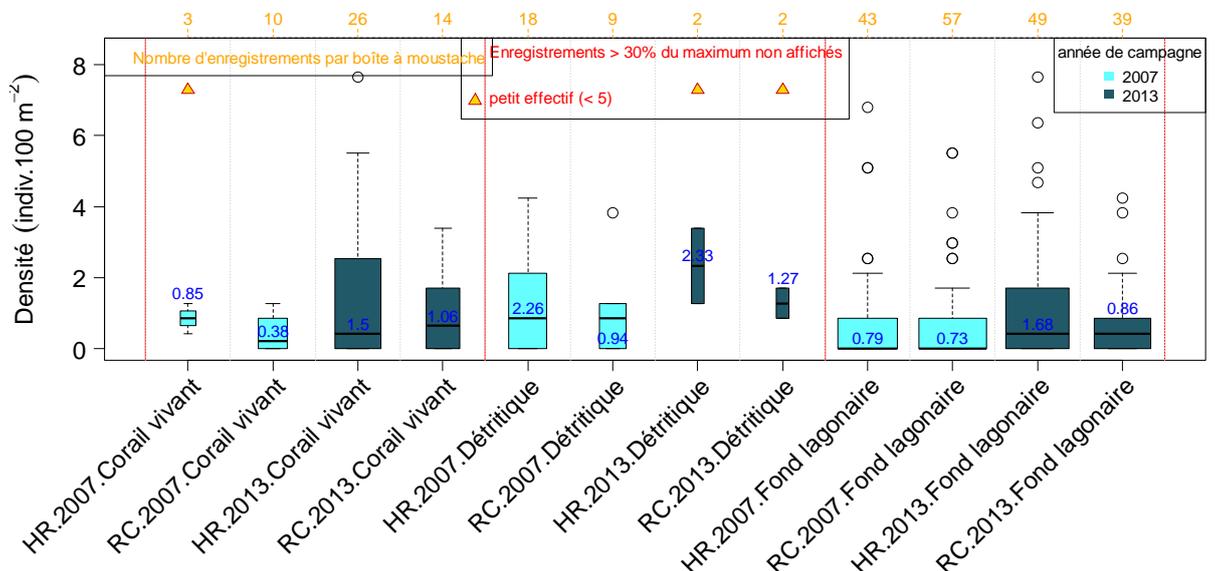


Poissons-papillons (Chaetodontidae)



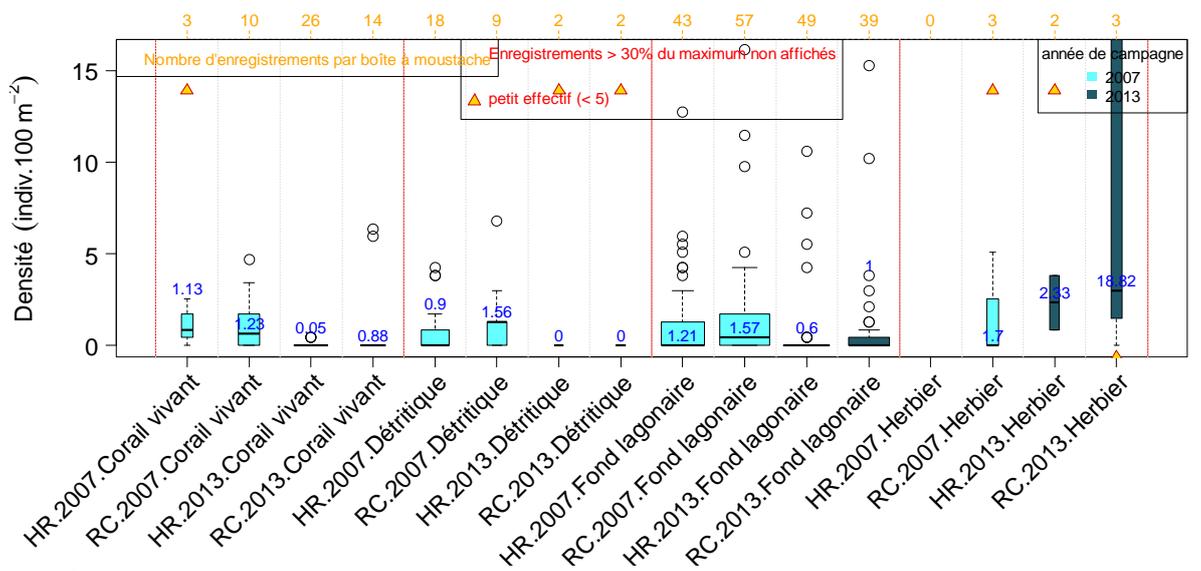
NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique

Rougets-barbets (Mullidae)

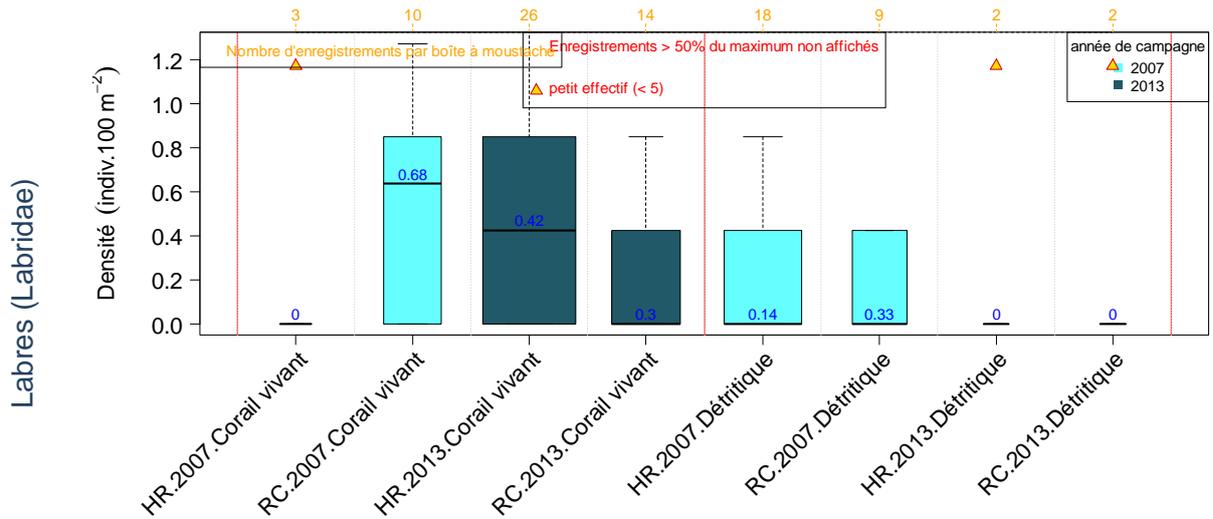


NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique

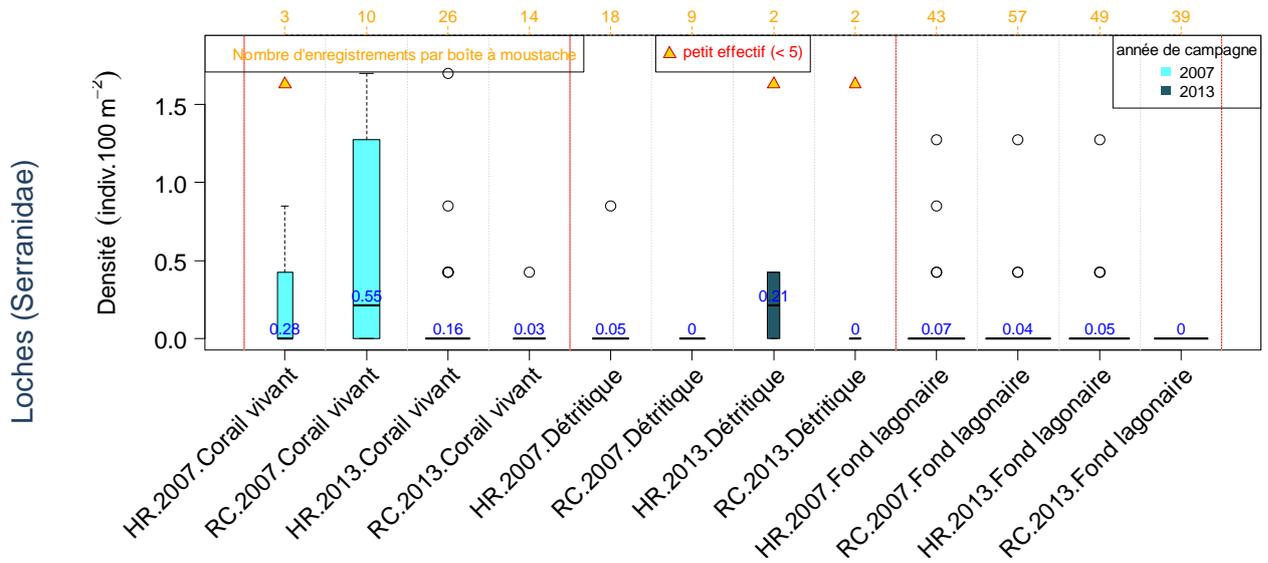
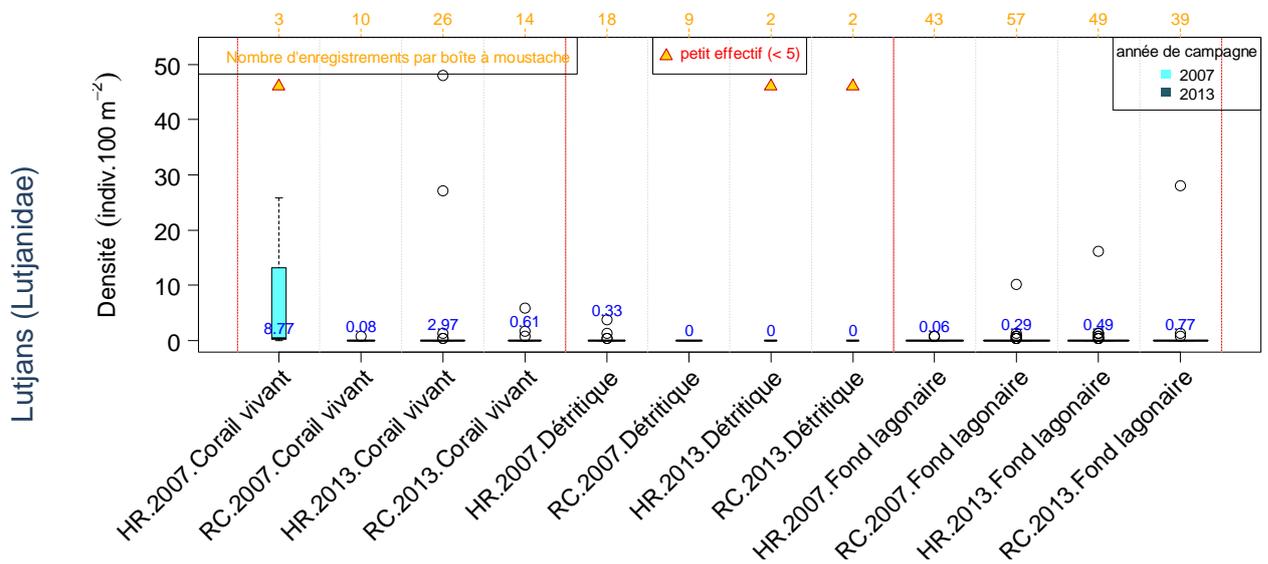
Bossus, communards, becs de cane (Lethrinidae)



NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique



NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique



Bilan par famille	
Chirurgiens	<ul style="list-style-type: none"> • Abondants sur l'ensemble des habitats et statuts de protection • Habitat Corail vivant : densités plus élevées et diminution HR entre 2007 et 2013 (NS) • Autres habitats : différences peu marquées ou NS entre statuts de protection et années
Perroquets	<ul style="list-style-type: none"> • Densité assez élevée dans trois habitats, plus élevée sur les habitats Corail vivant et Détritique que sur Fond lagonaire ; pas de perroquets observés dans l'habitat Herbier • Sur les 2 principaux habitats (Corail vivant et Fond lagonaire) : diminution d'ensemble significative entre 2007 et 2013 (GLM lognormal, $p < 0.05$) ; diminution visible pour chaque statut et chaque habitat, mais seulement nette HR sur habitat Corail vivant • Sur ces deux habitats, densités toujours plus élevées dans la RC (NS)
Poissons-papillons	<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez faibles en général, plus élevées dans l'habitat Corail vivant • RC : signes d'augmentation entre 2007 et 2013 sur les 3 habitats (NS) • HR : évolution variable selon habitat, mais non marquée • Pas de différences marquées entre RC et HR
Rougets-barbets	<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez faibles mais non négligeables sur 3 des habitats ; famille non observée dans l'habitat Herbier (Bourail 2012: densités plus élevées et surtout sur habitat Herbier) • Densités moins élevées en RC que HR sur les trois habitats (NS) • Habitat Corail vivant : Augmentation entre 2007 et 2013 (GLM Gamma à 2 facteurs année et statut, $p < 0.03$) • Habitat Détritique : Augmentation entre 2007 et 2013 (GLM Gamma, NS du au nb de données en 2013) • Habitat Fond lagonaire : augmentation NS en RC, stabilité HR
Bossus, communards, becs de cane (Lethrinidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Présence dans les 4 habitats ; surtout Herbier et Fond lagonaire • Densités similaires à celles de la zone de Bourail, hors Herbier • RC 2013 : Bancs de 36 becs de cane sur Fond lagonaire et 50 <i>L. variegatus</i> sur Herbier • Diminution très significative entre 2007 et 2013 en RC et HR sur les 3 habitats principaux (LM lognormal, $p < 10^{-6}$) • Densités significativement plus élevées en RC sur tous les habitats (LM lognormal, $p < 0.03$)
Labres (Labridae)	<ul style="list-style-type: none"> • Densités faibles sur l'habitat Corail vivant et Détritique • Densités quasi nulles sur l'habitat Fond lagonaire et nulles sur Herbier • Densités les plus élevées en RC en 2007 sur habitat Corail vivant • Labres IEHE peu abondants sur la zone ; pas de signe d'évolution
Lutjans (Lutjanidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Présents uniquement sur les habitats Corail vivant et Fond lagonaire • Très faibles densités dans l'ensemble sauf présence ponctuelle de grands bancs de <i>L. monostigma</i> et <i>quinquelineatus</i> HR en 2007 et 2013 (habitats Corail vivant et Fond lagonaire) • Lutjans IEHE en général peu abondants sur la zone ; pas de signe d'évolution
Loches (Serranidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Famille présente sur trois habitats et en général peu abondante sur la zone • Habitat Corail vivant : diminution significative entre 2007 et 2013 en RC et HR (LM lognormal, $p < 0.003$), pas de différence significative entre statuts
Picots (Siganidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Non observés sur l'habitat Herbier et densités très faibles sur les 3 autres habitats (densités moyennes inférieures à 0.4 ind/100m²) • Pas de graphique

Balistes	<ul style="list-style-type: none"> • Non observés sur l'habitat herbier et densités faibles sur les 3 autres habitats (densités moyennes inférieures à 0.4 ind/100m²) sauf habitat Détritique • Effet significatif du statut de protection ($p < 10^{-5}$), mais différences NS • Augmentation entre 2007 et 2013 sur tous les habitats et statuts (effet significatif : $p < 0.0001$, mais différences interannuelles NS)
----------	--

Diagnostic

Famille	Etat Tendance	Commentaires
Chirurgiens		<ul style="list-style-type: none"> • Abondants sur l'ensemble des habitats et statuts de protection • Habitat Corail vivant : densités plus élevées et diminution HR entre 2007 et 2013 (NS) • Autres habitats : Différences peu marquées ou NS entre statuts de protection et années • Habitat Corail Vivant : densités supérieures à Ouano, similaires à Hyehen et inférieures aux autres sites, dont Pweevo
Perroquets		<ul style="list-style-type: none"> • Assez abondants dans trois habitats, surtout habitats Corail vivant et Détritique; absents de l'habitat Herbier • Sur les 2 principaux habitats, diminution d'ensemble significative entre 2007 et 2013 ($p < 0.05$) ; diminution visible pour chaque statut et chaque habitat, mais seulement nette HR sur habitat Corail vivant • Sur ces deux habitats, densités toujours plus élevées dans la RC (NS) • Habitat Corail Vivant : densités supérieures à Hyehen, Bellona, similaires à Pweevo, Chester et Petrie et inférieures aux autres sites
Poissons-papillons		<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez faibles en général, plus élevées dans l'habitat Corail vivant • RC : signes d'augmentation entre 2007 et 2013 sur les 3 habitats (NS) • HR : évolution variable selon habitat, mais non marquée • Pas de différences marquées entre RC et HR • Habitat Corail Vivant : densités supérieures à Bellona, similaires à Hyehen et Petrie, et inférieures aux autres sites (nettement moins élevées qu'à Bourail et Pweevo)
Rougets-barbets		<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez faibles mais non négligeables sur 3 des habitats ; famille non observée dans l'habitat Herbier (Bourail 2012: densités plus élevées et surtout sur l'habitat Herbier) • Densités moins élevées en RC que HR sur les trois habitats (NS) • Habitat Corail vivant : augmentation 2007-2013 ($p < 0.03$) • Habitat Détritique : augmentation 2007-2013 (NS) • Habitat Fond lagonaire : augmentation NS en RC ; Stabilité HR • Habitat Corail Vivant : densités supérieures à ZCNE, Bellona, Petrie, Ouano, Merlet, et inférieures aux autres sites
Bossus, communards becs de cane		<ul style="list-style-type: none"> • Présence dans les 4 habitats ; surtout Herbier et Fond lagonaire • Densités similaires à celles de la zone de Bourail, hors Herbier • Diminution très significative entre 2007 et 2013 en RC et HR sur les 3 habitats principaux ($p < 10^{-6}$) • Densités significativement plus élevées en RC sur tous les

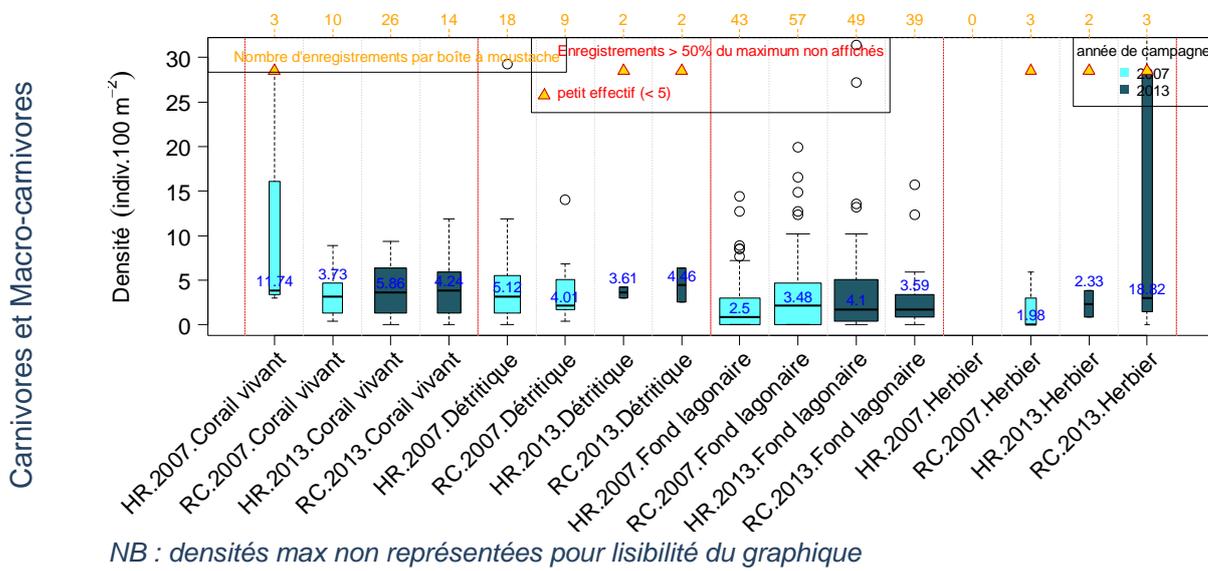
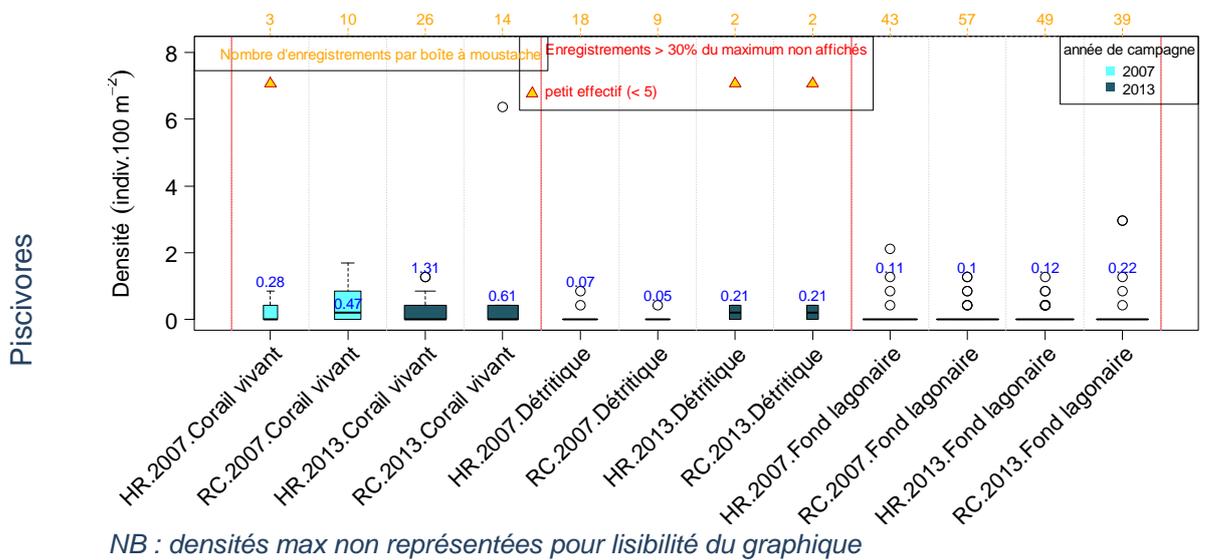
		<p>habitats ($p < 0.03$)</p> <ul style="list-style-type: none"> Habitat Corail Vivant : densités supérieures à Hyehen et Petrie, similaires à Pweevo, Merlet, Chester, et inférieures aux autres sites dont ZCO et Borendy
Labres Lutjans Picots	<i>Tendance non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> Peu observés sur la zone ; pas de signe d'évolution Labres : densités similaires à Hyehen, Chester, Bellona, Petrie et inférieures aux autres sites Lutjans: densités plus élevées que ZCNE et Bourail, moins élevé qu'à Ouano
Loches	↓	<ul style="list-style-type: none"> Peu abondantes sur la zone Habitat Corail vivant : diminution significative 2007-2013 en RC et HR ($p < 0.003$) ; pas de différence significative entre statuts Habitat Corail Vivant : densités similaires à ZCNE et ZCO, et inférieures aux autres sites
Balistes	↑	<ul style="list-style-type: none"> Peu abondants sur la zone sauf habitat Détritique Pas de différences marquées entre les statuts de protection Différence significative entre 2007 et 2013 sur tous les habitats et statuts ($p < 0.0001$), signe d'augmentation Effet significatif du statut de protection ($p < 10^{-5}$), mais différences NS (signe de densité plus élevée HR)
Autres familles		<ul style="list-style-type: none"> Familles rarement observées dans les données en 2007 et 2013

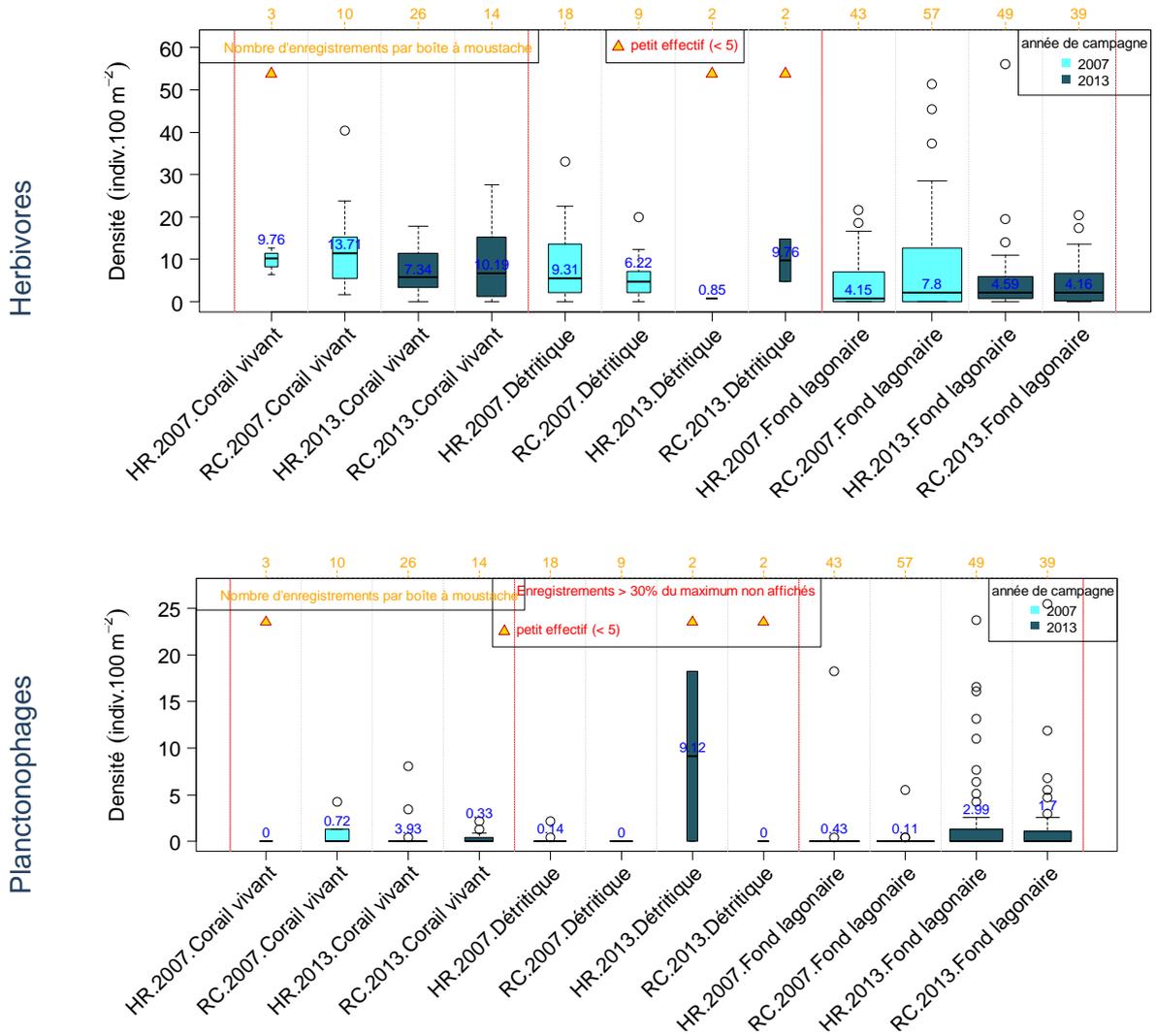
11.5. Densité d'abondance par groupe trophique

Lien avec les objectifs et actions de gestion

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources halieutiques 2. Conservation de la biodiversité
Objectif	1.1. Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces-cibles 2.2. Maintien des fonctions de l'écosystème
Pertinence	En fonction des pressions de pêche, la densité d'abondance des groupes prédateurs (souvent des espèces-cibles de la pêche) peut être plus élevée dans la Réserve Coutumière, voire dans les zones adjacentes. La densité des groupes proies peut montrer différents signaux en fonction des pressions de pêche. NB : Cette métrique dépend aussi fortement de l'habitat et est sensible aux espèces formant des bancs.

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





NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique

Bilan par groupe trophique	
Carnivores et Macro- carnivores	<ul style="list-style-type: none"> • Rougets-barbets, becs, communards et bossus, poissons-papillons, castex et grosses lèvres, balistes, lutjans, labres • Abondants sur les 3 principaux habitats (banc de <i>Lutjanus quinquelineatus</i> (20 ind/100m², HR 2007, habitat Corail vivant), abondance moyenne sur habitat Herbier (banc de <i>Lethrinus variegatus</i>) • Sur chaque habitat, pas de différences nettes ou significatives entre statuts de protection ou entre années
Herbivores	<ul style="list-style-type: none"> • Chirurgiens, perroquets, picots (Siganidae) • Densités assez élevées des herbivores sur les 3 principaux habitats ; absents de l'habitat Herbier (abondants sur cet habitat à Bourail) • Densités moins élevées qu'à Bourail et Borendy en 2012, similaires à celles de Hyehen et plus élevées qu'à Pweevo • Habitat Corail vivant : diminution entre 2007 et 2013 (GLM Gamma, marginalement significative: $p < 0.08$) ; densité plus élevée en RC (NS, $p < 0.15$) • Habitat Détritique : diminution entre 2007 et 2013 HR; stabilité en RC (GLM Gamma, $p < 0.009$) • Habitat Fond Lagonaire : signes de diminution entre 2007 et 2013 en RC et HR (NS)
Piscivores	<ul style="list-style-type: none"> • Mekoua, carangues, loches, lutjans, tazards • Présents dans 3 habitats, densités plus élevées sur habitat Corail vivant • Densités faibles, similaires à celles observées à Bourail en 2012 ; bancs de <i>L. monostigma</i> (27 et 6 ind./100m²) (HR 2013, habitat Corail vivant) • Habitat Corail vivant : signe de densité plus élevée en RC en 2007 et 2013 (NS) • Groupe en général peu abondant sur la zone ; pas de signe d'évolution
Planctono- phages	<ul style="list-style-type: none"> • Quelques chirurgiens et les fusiliers • Présents dans 3 habitats; absents de l'habitat Herbier • Densités très variables sur les 3 habitats, bancs de fusiliers (dont 90 ind./100m²)(habitat Corail vivant HR, en 2013) • Pas de signes d'effet de la protection ; densités plus élevées en 2013 qu'en 2007 (NS)

Diagnostic

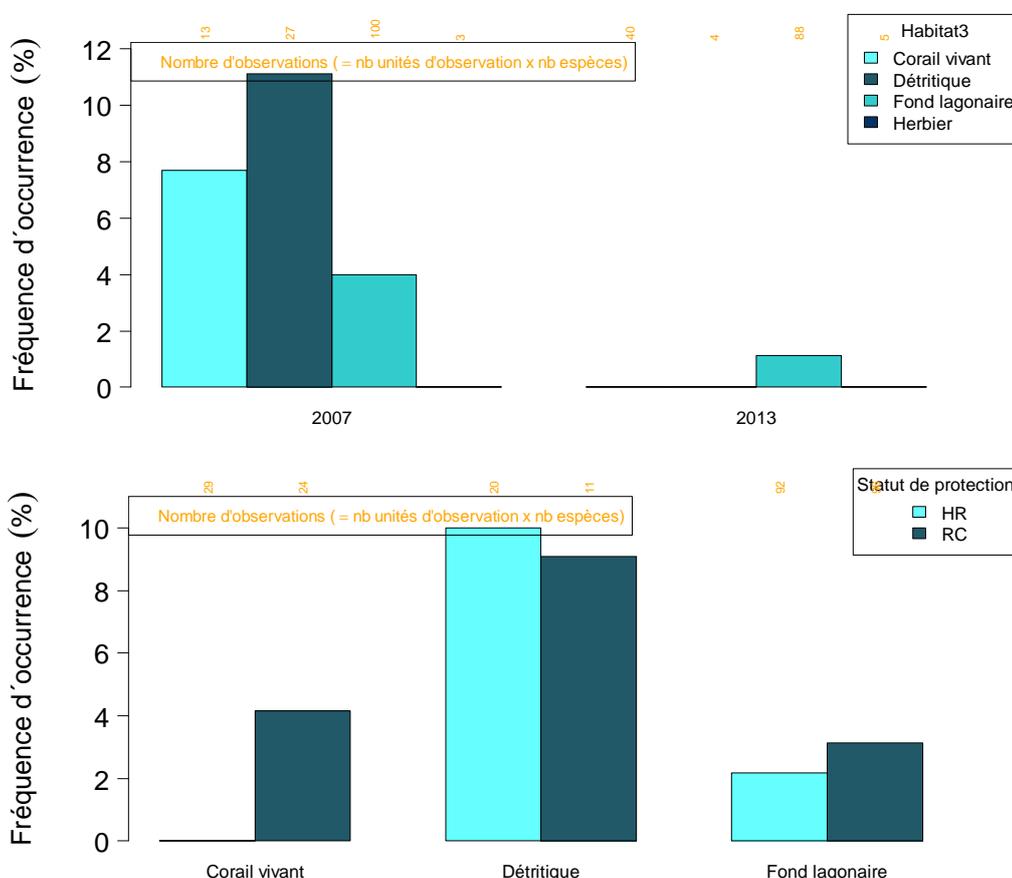
Famille	Etat Tendance	Commentaires
Carnivores et Macro- carnivores		<ul style="list-style-type: none"> • Rougets-barbets, becs, communards et bossus, poissons-papillons, castex et grosses lèvres, lutjans, balistes, labres • Abondants sur les 3 principaux habitats, abondance moyenne sur habitat Herbier • Sur chaque habitat, pas de différences nettes ou significatives entre statuts de protection ou entre années
Herbivores		<ul style="list-style-type: none"> • Chirurgiens, perroquets, picots (Siganidae) • Densités assez élevées des herbivores sur les 3 principaux habitats ; absents de l'habitat Herbier (abondants sur cet habitat à Bourail) • Densités moins élevées qu'à Bourail et Borendy en 2012, similaires à celles de Hyehen et plus élevées qu'à Pweevo • Habitat Corail vivant : diminution significative entre 2007 et 2013 ($p < 0.08$) ; densité plus élevée en RC (NS, $p < 0.15$) • Habitat Détritique : diminution significative entre 2007 et 2013 HR; stabilité en RC ($p < 0.009$) • Habitat Fond Lagonaire : signes de diminution entre 2007 et 2013 en RC et HR (NS)
Piscivores		<ul style="list-style-type: none"> • Mekoua, carangues, loches, lutjans, tazards • Présents dans 3 habitats, densités plus élevées sur habitat Corail vivant • Densités faibles, similaires à celles de Bourail en 2012 • Habitat Corail vivant : signe de densité plus élevée en RC en 2007 et 2013 (NS) • Groupe en général peu abondant sur la zone ; pas de signe d'évolution
Planctono- phages	<i>Non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Quelques chirurgiens et les fusiliers • Densités faibles • Présence de bancs

11.6. Fréquence d'occurrence du poisson napoléon

Lien avec les objectifs et actions de gestion

But de gestion	2. Restauration et conservation de la biodiversité
Objectif	2.3. Conservation des espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques
Pertinence	La fréquence d'occurrence de l'espèce devrait être plus élevée dans les zones où les pressions anthropiques sont faibles

Calcul de la métrique : Proportion des stations où l'espèce *Cheilinus undulatus* est observée dans un rayon de 10 m autour de la station.



- Les poissons napoléons ont surtout été observés en 2007 (8 en 2007, 1 en 2013) et sur habitat Détritique (3) ou Fond Lagonaire (5) : fréquence relativement élevée en 2007 en comparaison d'autres campagnes, mais faible en 2013
- Fréquence est similaire HR (5 stations sur 143) ou dans la RC (4 stations sur 137) (test non validé)

Diagnostic

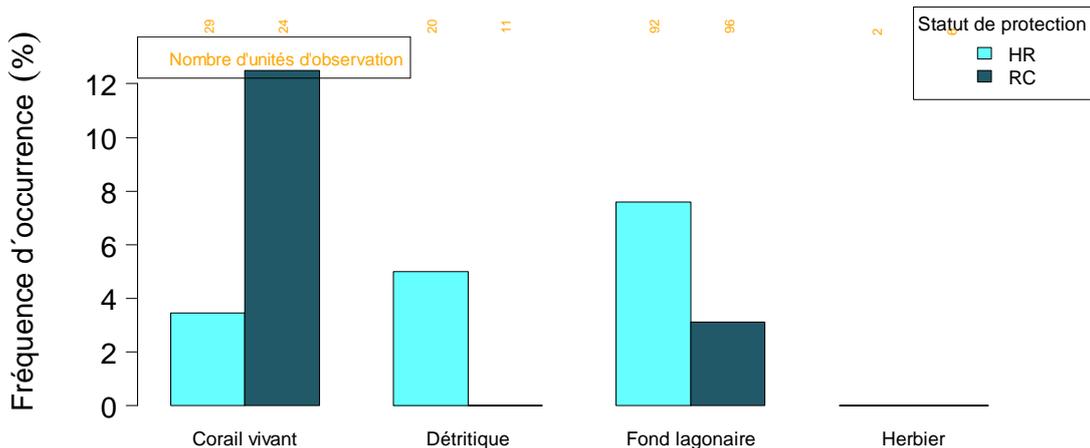
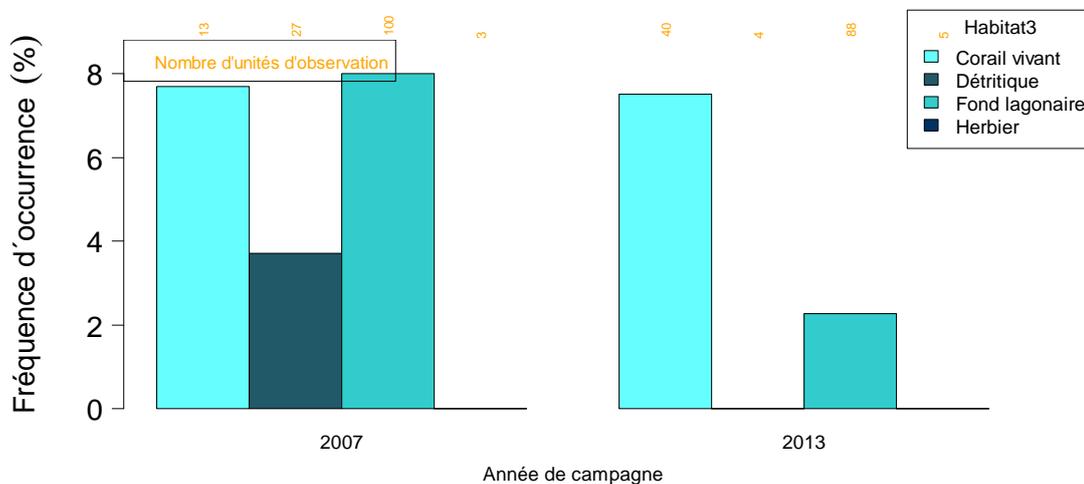
Etat	Tendance	Commentaires
	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquence assez élevée en 2007, mais faible en 2013 • Neuf individus observés dont 5 en RC

11.7. Fréquence d'occurrence des requins (Carcharhinidae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	2. Restauration et conservation de la biodiversité
Objectif	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 où les pressions anthropiques sont faibles

Calcul de la métrique : Pourcentage des stations où des requins sont observés dans un rayon de 10 m autour de la station.



- 2 ou 3 espèces observées: onze requins à ailerons blancs du lagon (*Triaenodon obesus*), deux requins à pointes noires (*Carcharhinus melanopterus*) et un requin de genre non identifié
- Les requins sont observés dans trois habitats
- Les requins sont deux fois plus fréquents en 2007 (10 sur 143 stations) qu'en 2013 (5 sur 137 stations) ; diminution marginalement significative dans l'habitat Fond Lagonaire (GLM Binomial, $p < 0.1$)

- Différences entre RC et HR de sens opposés dans les habitats Fond lagonaire et Corail vivant (GLM Binomial, interactions marginalement significatives, $p < 0.07$)

Diagnostic

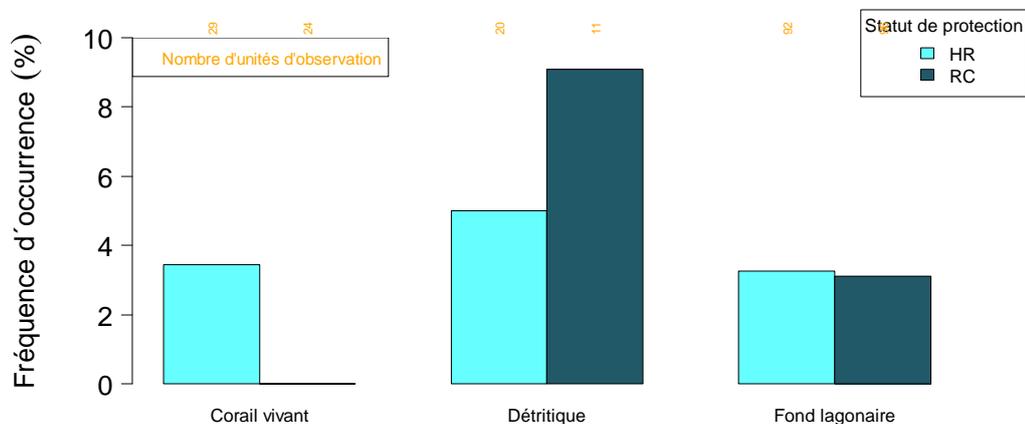
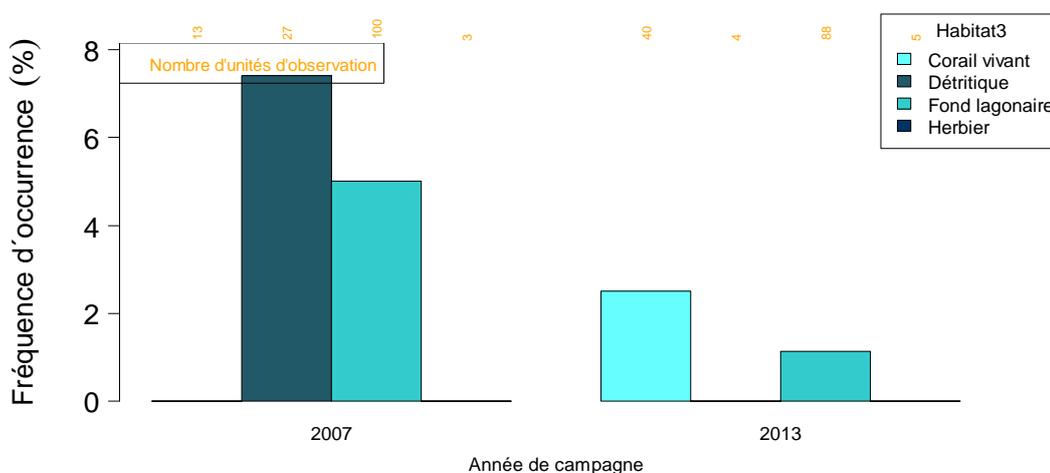
Etat	Tendance	Commentaires
		<ul style="list-style-type: none"> • 2 à 3 espèces lagunaires observées (dont requin à pointes blanches du lagon et requin à pointes noires) • Fréquence d'occurrence relativement élevée : quinze requins ont été observés sur 280 stations • Requins deux fois plus fréquents en 2007 qu'en 2013 • Différence entre RC et HR variable selon l'habitat

11.8. Fréquence d'occurrence des raies

Lien avec les objectifs et actions de gestion

But de gestion	2. Restauration et conservation de la biodiversité
Objectif	2.3. Conservation des espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques
Pertinence	La fréquence d'occurrence des raies pourrait être plus élevée dans les zones où les pressions anthropiques sont faibles

Calcul de la métrique : Proportion des stations où des raies (ici, Dasyatidae et Myliobatidae) sont observées dans un rayon de 10 m autour de la station.



- Cinq espèces observées dans trois habitats: trois raies à pointes noires et bleues (*Neotrygon kuhlii*), deux raies éventail (*Pastinachus sephen*), une raie à taches noires (*Taeniura meyeri*) ; deux *Himantura sp.* et une raie léopard (*Aetobatus narinari*).
- Les raies sont plus fréquentes en 2007 (7 sur 143 stations) qu'en 2013 (2 sur 137 stations)
- Fréquence supérieure en RC sur Habitat Détritique ; situation variable selon habitat

Diagnostic

Etat	Tendance	Commentaires
	↓	<ul style="list-style-type: none"> • 5 espèces observées dans trois habitats • Fréquence d'observation non négligeable mais nettement plus élevée en 2007 qu'en 2013

11.9. Fréquence d'occurrence des tortues (Cheloniidae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	2. Restauration et conservation de la biodiversité
Objectif	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 des tortues doit être plus élevée dans les zones où les pressions anthropiques sont faibles. Espèce assez mobile

Calcul de la métrique : Pourcentage des stations où des tortues sont observées dans un rayon de 10 m autour de la station.

Malgré le grand nombre de stations, une seule observation de tortue verte (*Chelonia mydas*), dans la Réserve Coutumière en 2013 sur l'habitat Fond lagonaire.

Diagnostic

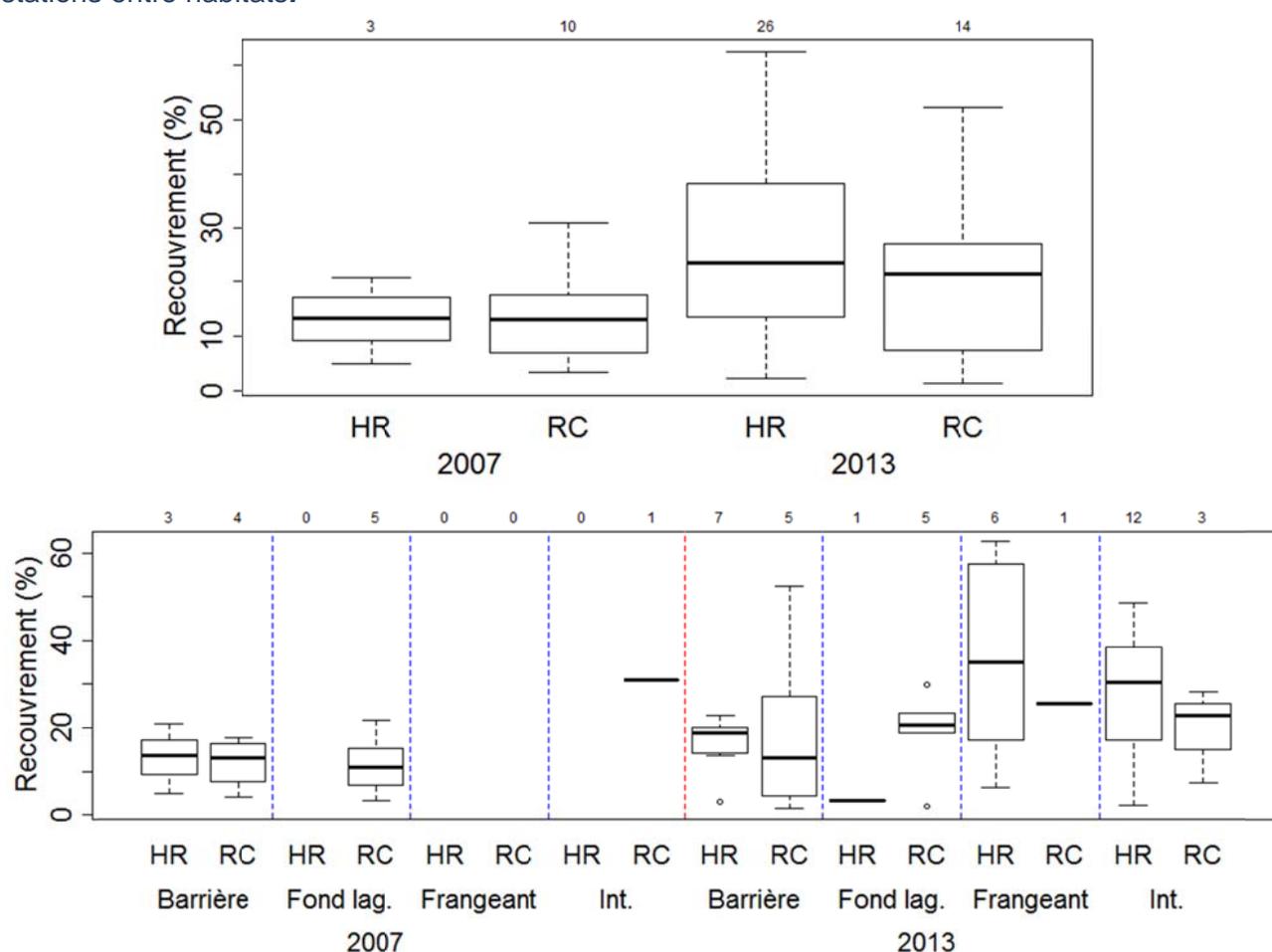
Etat	Tendance	Commentaires
	<i>Non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 1 seule tortue observée, malgré le grand nombre de stations • Famille régulièrement observée en vidéo sur d'autres zones : probablement peu fréquente sur la zone d'étude • Observations insuffisantes pour conclure sur l'évolution et les différences entre zones

11.10. Pourcentage de recouvrement en corail vivant

Lien avec les buts et objectifs de gestion

But	Conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	Le recouvrement en corail vivant est d'autant plus élevé que l'état de santé du récif est satisfaisant.

Calcul de la métrique. Pourcentage de corail vivant dans un rayon de 5 m autour du STAVIRO. *Ce recouvrement est calculé sur les stations assignées à l'habitat Corail vivant de la typologie* (à la différence du §6.2), afin que l'analyse ne dépende pas de la distribution des stations entre habitats.



- Proportion faible de stations affectées à l'habitat Corail vivant sur l'ensemble des deux campagnes (19%). En 2007, seul 9% des stations affectées à l'habitat Corail vivant et 29% en 2013. Cette différence s'explique aussi par la répartition géographique différente des stations HR entre 2007 et 2013 (zone d'emprise différente)

Rappel : les résultats ci-dessous ne concernent que l'habitat Corail vivant.

- Recouvrement moyen plus faible qu'à Bourail et Borendy, et similaire à ceux de Hyeihen et Pweevo
- Des signes d'augmentation des recouvrements entre 2007 et 2013, en RC et HR (NS)

- Recouvrements les plus élevés sur les récifs frangeants et intermédiaires (données 2013 essentiellement sur ces deux unités géomorphologiques)
- Parmi les trois facteurs testés (statut de protection, unité géomorphologique et année de campagne), seul le facteur unité géomorphologique explique significativement les variations du recouvrement en corail vivant ($p < 0.05$, modèle linéaire): **le recouvrement est significativement plus élevé sur les récifs frangeants** que sur le récif barrière ($p < 0.05$) ou la zone de fonds lagonaires ($p < 0.05$, modèle linéaire).
- Au sein de cet habitat, pas de différence significative selon le statut de protection ni selon l'année. La différence observée au 6.2 tient au fait que les récifs frangeants au nord de la zone ont un recouvrement significativement plus élevé que dans le reste de la zone et que ces stations sont HR.

Diagnostic

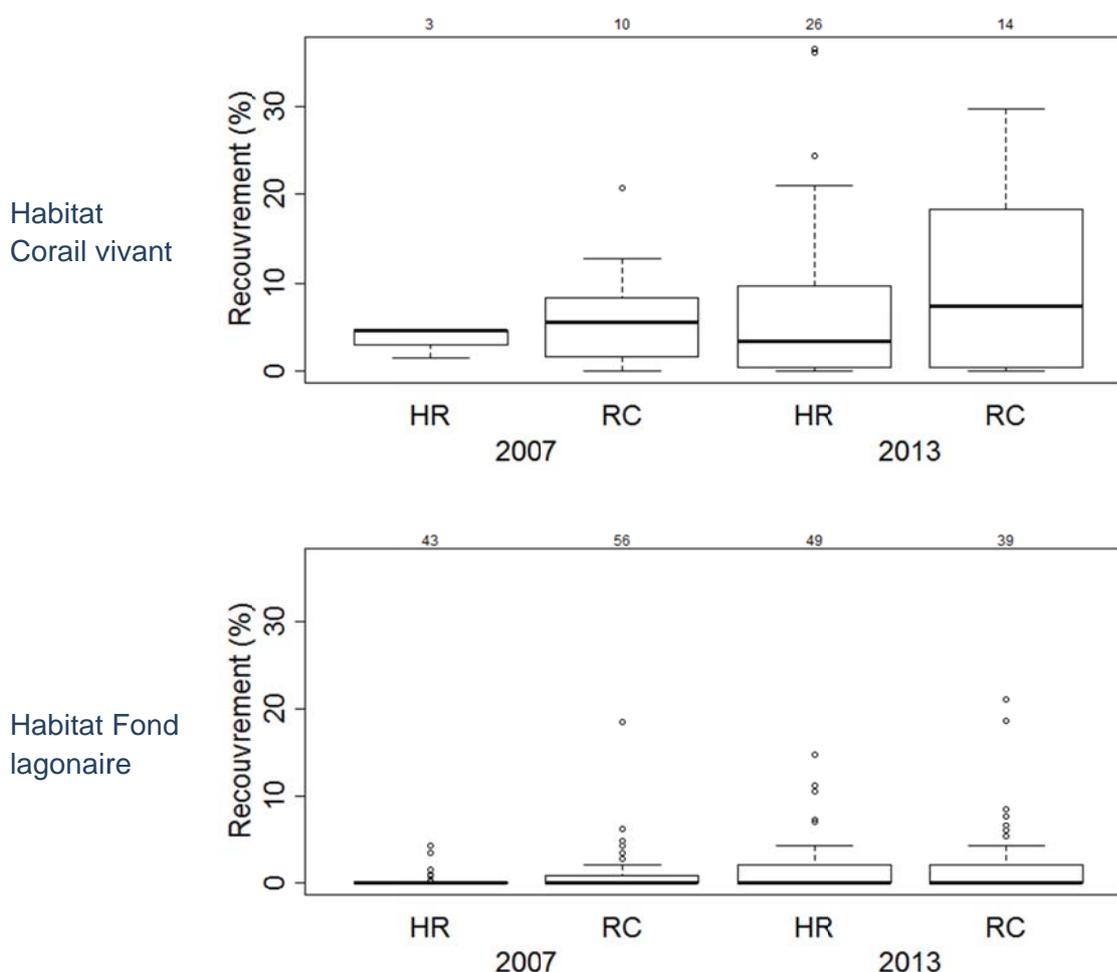
Etat	Tendance	Commentaire
	➔	<ul style="list-style-type: none"> • Proportion faible de stations affectées à l'habitat Corail vivant sur l'ensemble des deux campagnes (19%) , 9% en 2007 et 29% en 2013, résultat en partie dû à la différence de répartition géographique des stations HR <p><u>Résultats de l'analyse au sein de l'habitat Corail vivant :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Recouvrement moyen plus faible qu'à Bourail et Borendy, et similaire à ceux observés à Hyehen et Pweevo • Recouvrement significativement plus élevé sur les récifs frangeants et intermédiaires que sur la barrière interne ou sur les fonds lagonaires ($p < 0.05$) • Pas de différence significative selon le statut de protection ni selon l'année • Les récifs frangeants au nord de la zone ont un recouvrement significativement plus élevé que dans le reste de la zone et que ces stations sont HR. • Une partie de ces stations se situe dans la nouvelle AGDR de Kan-Gunu. Sur les 8 stations inscrites dans le périmètre de cette AGDR, plusieurs stations montrent un recouvrement corallien élevé (§ 6.2, Figure 6B)

11.11. Pourcentage de recouvrement en corail branchu

Lien avec les buts et objectifs de gestion

But	Conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	Le recouvrement en corail branchu est d'autant plus élevé que l'état de santé du récif est satisfaisant. Cette forme corallienne est particulièrement vulnérable aux impacts mécaniques, environnementaux et anthropiques. Le corail branchu est plus souvent rencontré dans les zones abritées du récif.

Calcul de la métrique. Pourcentage de corail branchu dans un rayon de 5 m autour du STAVIRO. Ce recouvrement est calculé sur les stations assignées aux habitats Corail vivant et Fond lagonaire de la typologie et l'analyse est effectuée par habitat afin qu'elle ne dépende pas de la distribution des stations entre habitats..



Habitat Corail vivant :

- NB : 9% des stations en 2007, contre 29% en 2013
- Pas de différence significative selon le statut de protection ou l'unité géomorphologique (modèle linéaire avec transformation racine carrée des données).

- Signes de recouvrement plus élevé en RC que HR, en 2007 et en 2013 (NS).
- Signe d'augmentation des recouvrements entre 2007 et 2013, en RC et HR (NS)
- Résultats HR à relativiser compte tenu de la différence de répartition géographique des stations entre 2007 et 2013

Habitat Fond lagonaire :

- *NB : Proportion élevée de stations affectées à l'habitat Fond lagonaire sur l'ensemble des deux campagnes (67%). Proportions similaires les deux années : 69% en 2007 et 64% en 2013*
- Recouvrements très faibles sur la plupart des stations affectées à l'habitat Fond lagonaire.
- Quelques stations, notamment en RC avec plus de 15% de recouvrement en corail vivant.
- Signes de recouvrement plus élevé en RC (NS)
- Signe d'augmentation des recouvrements entre 2007 et 2013, en RC et HR (NS)
- Résultats HR à relativiser compte tenu de la différence de répartition géographique des stations entre 2007 et 2013

Diagnostic

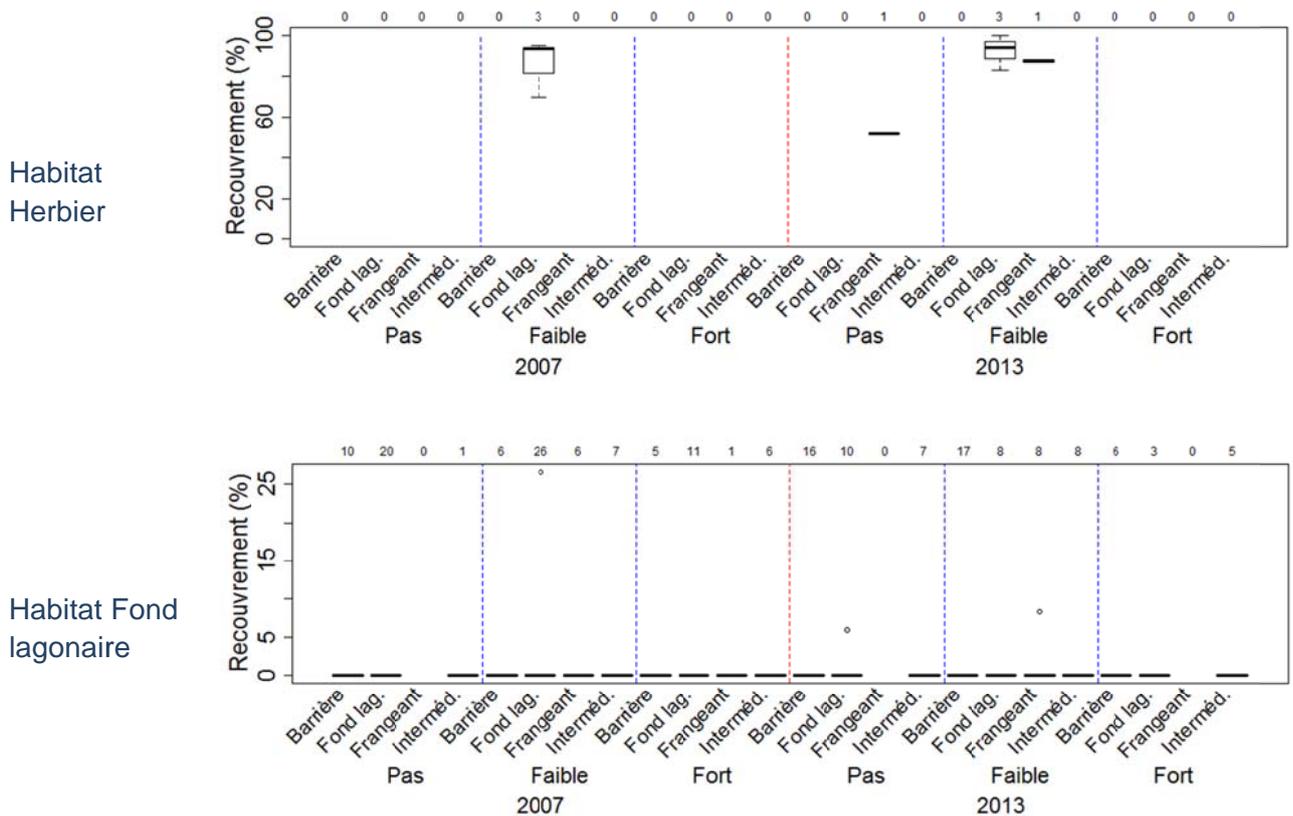
Etat	Tendance	Commentaire
		<p>Sur les 2 habitats Corail vivant et Fond lagonaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recouvrements assez faibles en corail branchu • Signes de recouvrement plus élevé en RC (NS) • Signe d'augmentation des recouvrements entre 2007 et 2013, en RC et HR (NS) • Résultats HR à relativiser compte tenu de la différence de répartition géographique des stations entre 2007 et 2013

11.12. Pourcentage de recouvrement en herbier

Lien avec les buts et objectifs de gestion

But	Conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	Principalement rencontré sur les fonds meubles, le recouvrement en herbier est d'autant plus élevé que l'état de santé du récif est satisfaisant. Les zones d'herbier sont fréquemment rencontrées sur le récif frangeant ou dans les zones abritées du récif.

Calcul de la métrique. Pourcentage de recouvrement en herbier dans un rayon de 5 m autour du STAVIRO. Ce recouvrement est calculé pour les stations de l'habitat Herbier et Fond lagunaire de la typologie.



Habitat Herbier :

- Seules 8 stations sont classées dans cet habitat (3 en 2007 et 5 en 2013)
- Ces stations se situent principalement dans la zone de faible impact attendu (7 stations) et une station se situe en zone sans impact attendu. Aucune ne se trouve à proximité du chenal et de l'usine KNS.

Habitat Fond lagunaire :

- Seules 3 stations classées en habitat Fond lagunaire possèdent des herbiers

Résumé

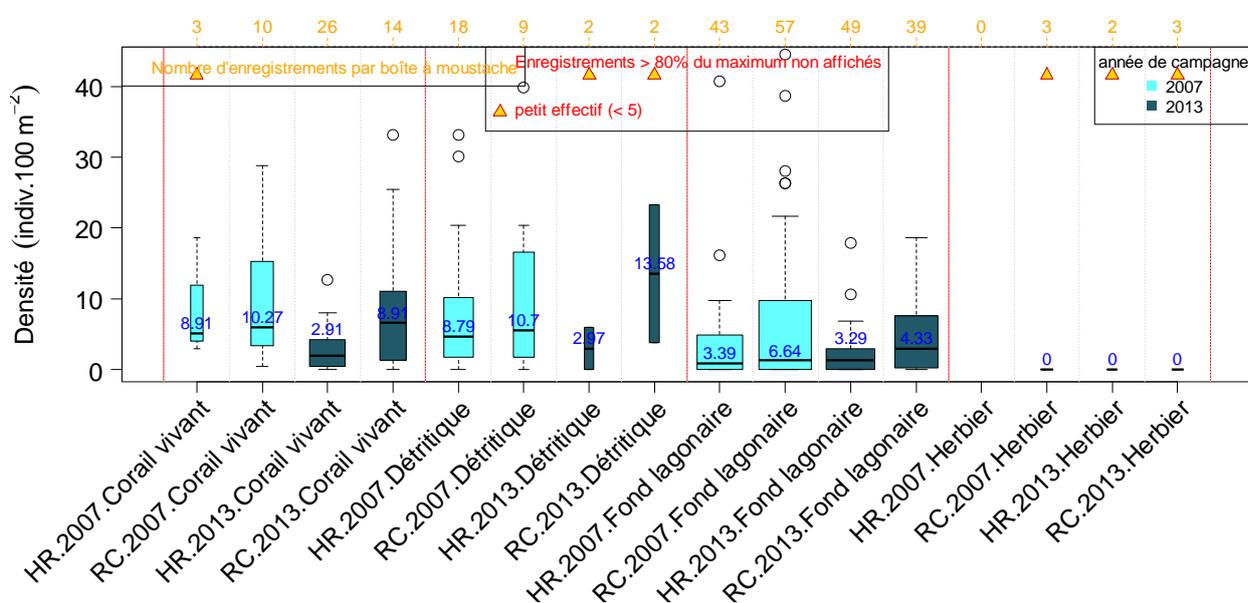
Etat	Tendance	Commentaire
	<i>Non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none">• Peu d'herbiers observés lors des deux campagnes.• Les stations classées dans l'habitat Herbier sont observées dans les zone de faible impact attendu et dans la zone sans impact attendu

11.13. Densité d'abondance des espèces commerciales

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	Espèces vendues/commercialisées en Nouvelle-Calédonie. L'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elles comprennent les principales espèces cibles et sont visées par tous les types de pêche. Leur densité d'abondance devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone. Cette métrique ne prend pas en compte la taille des individus.

Calcul de la métrique : Densité d'abondance des espèces commerciales dans un rayon de 5 m autour de la STAVIRO (rapportée à 100m²).



- Présentes dans les trois principaux habitats; absentes de l'habitat Herbier
- Sur les trois habitats, chaque année, signe de densité plus élevée en RC que HR
- Habitat Détritique : signe de diminution HR entre 2007 et 2013 (NS)
- Habitat Corail vivant : différences significatives entre HR et RC (GLM Gamma, $p < 0.005$) et entre 2007 et 2013 ($p < 0.03$) ; densité RC > HR; diminution marginalement significative HR entre 2007 et 2013 (GLM Gamma, $p < 0.06$) ; stabilité en RC
- Habitat Fond lagonaire : différences significatives entre HR et RC (GLM Gamma, marginalement $p < 0.07$)

Diagnostic

Etat	Tendance	Commentaires
		<ul style="list-style-type: none"> • Densités plus élevées en RC que HR, significatif sur les deux principaux habitats (Corail vivant ; $p < 0.005$ et Fond lagonaire $p < 0.07$) • Diminutions HR entre 2007 et 2013, sur l'habitat Corail vivant ($p < 0.06$) et Détritique (NS) : pas d'évolution marquée en RC

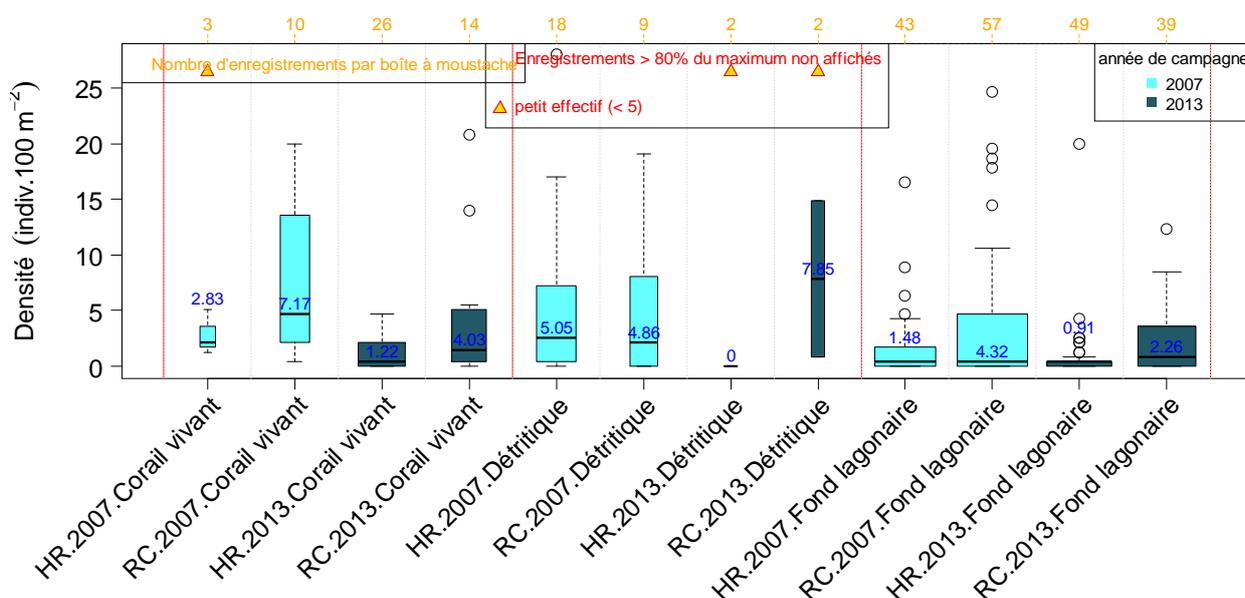
11.14. Densité d'abondance des moyens et grands poissons des espèces commerciales

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	Espèces vendues/commercialisées en Nouvelle-Calédonie. L'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elles comprennent les principales espèces cibles et sont visées par tous les types de pêche. Leur densité d'abondance devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone. Le premier effet de la protection est une augmentation de la taille individuelle des poissons. Ces effets combinés entraînent une abondance accrue des moyens et grands poissons de chaque espèce.

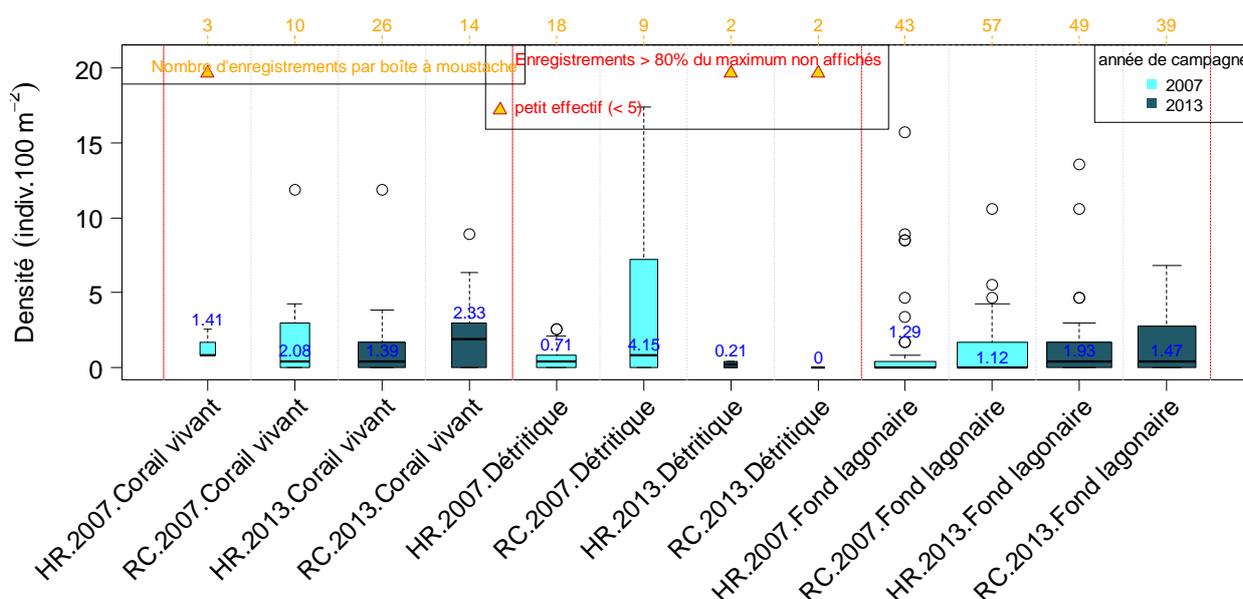
Calcul de la métrique : Densité des grands et des moyens individus d'espèces dites commerciales dans un rayon de 5 m autour de la STAVIRO (densité rapportée à 100m²).

Poissons de taille moyenne



- Sur les trois principaux habitats, densités assez élevées en RC (absents de l'Herbier)
- Pour les habitats Coraill vivant et Fond lagonaire, densités plus élevées en RC que HR (GLM Gamma, p<0.0002) ; et diminution des densités entre 2007 et 2013 (p<0.02)
- Pour l'habitat Détritique : pas de différence entre statuts en 2007, grande différence en 2013 mais faible nombre de stations en 2013 sur cet habitat.

Poissons de grande taille



- Sur les trois principaux habitats, densités assez élevées, et signes de densités plus élevées en RC en 2007 et 2013 (NS)
- Habitat Fond lagonaire : diminution significative entre 2007 et 2013 en RC et HR (LM loglinéaire, $p < 0.006$)
- Habitats Corail vivant : signe de diminution HR entre 2007 et 2013 (NS)
- Habitat Détritique : densité significativement plus élevée en RC en 2007 (GLM Gamma, $p < 0.02$) ; en 2013, faible nombre de stations en 2013 sur cet habitat

Diagnostic

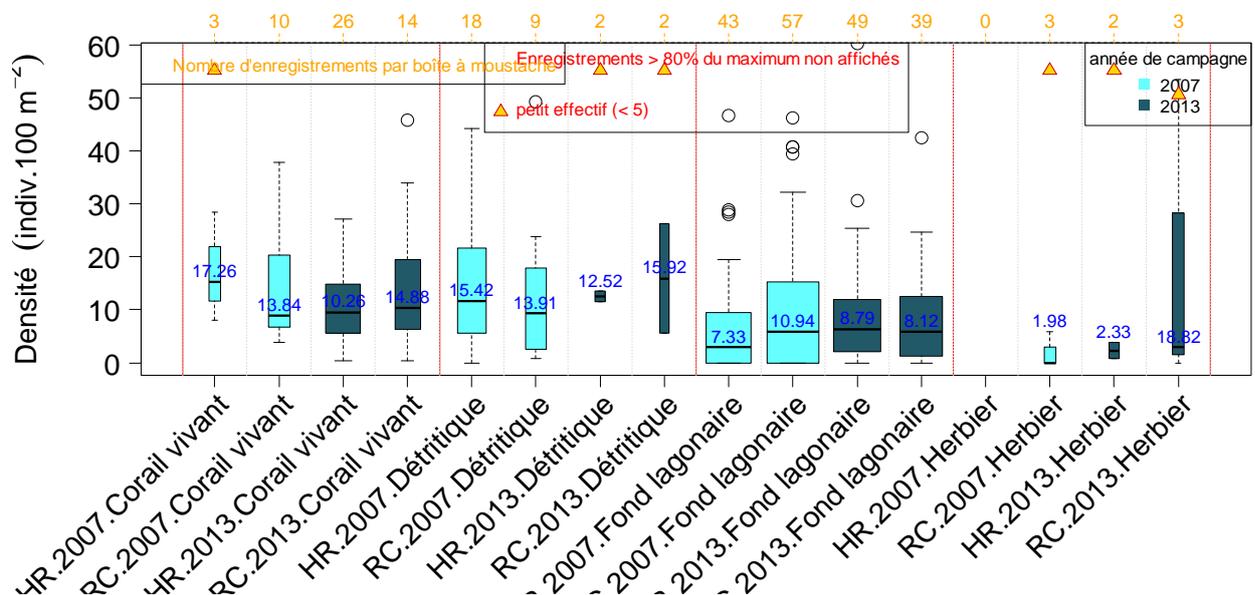
Etat	Tendance	Commentaires
Moyens	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Sur les trois principaux habitats, densités assez élevées en RC • Dans les deux principaux habitats (Corail vivant et Fond lagonaire), densités plus élevées en RC que HR ($p < 0.0002$) et diminution entre 2007 et 2013 ($p < 0.02$) • Habitat Détritique : pas de différence entre statuts en 2007, grande différence en 2013 mais faible nombre de stations
Grands	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Sur les trois principaux habitats, densités assez élevées, et signes de densités plus élevées en RC, en 2007 et 2013 (NS) • Habitat Fond lagonaire (2/3 des stations) : diminution entre 2007 et 2013 ($p < 0.006$) • Habitat Détritique : densité significativement plus élevée en RC en 2007 ($p < 0.02$) ; peu de stations en 2013 dans cet habitat

11.15. Densité d'abondance des espèces consommables

Lien avec les objectifs et actions de gestion

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	Les espèces consommables regroupent, plus largement que les espèces commerciales, les espèces dont la chair est consommable. Ces espèces sont particulièrement ciblées par la pêche récréative et informelle. La densité d'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elle devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone.

Calcul de la métrique : Densité des individus d'espèces consommables dans un rayon de 5 m autour de la STAVIRO (densité rapportée à 100m²).



- Densités assez élevées sur tous les habitats, plus variables sur l'habitat Herbier
- Habitats Fond lagonaire et Détritique : peu de différences entre RC et HR et entre 2007 et 2013
- Habitat Corail vivant : diminution HR entre 2007 et 2013 (GLM Gamma, marginalement significative p<0.1) ; stabilité en RC

Diagnostic

Etat	Tendance	Commentaires
	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez élevées, plus variables sur l'habitat Herbier • Habitats Fond lagonaire et Détritique : peu de différences entre RC et HR et entre 2007 et 2013 • Habitat Corail vivant : diminution HR entre 2007 et 2013 (marginalement significative p<0.1) ; stabilité en RC

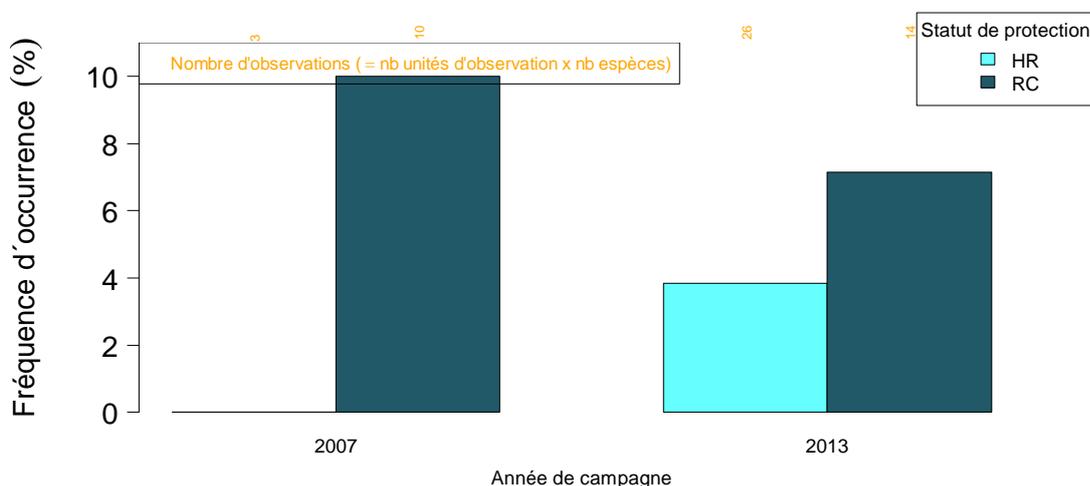
11.16. Fréquence d'occurrence de la saumonée petits points (*Plectropomus leopardus*)

Lien avec les objectifs de gestion

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	La saumonée petits points est une espèce ciblée principalement par la chasse sous-marine et secondairement par la ligne à main. La fréquence est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. La métrique de fréquence est privilégiée lorsque l'espèce n'est pas observée en abondance.

Calcul de la métrique : Proportion de stations où des saumonées (*Plectropomus leopardus*) sont observées dans un rayon de 10 m autour de la STAVIRO.

Résultats



NB : Fréquence calculée par rapport au nombre de stations par combinaison année X statut.

Malgré le nombre de stations et le fait que cette espèce est facilement observable avec la vidéo, l'espèce a été rarement observée (une station en 2007 et 2 en 2013), et uniquement dans l'habitat Corail vivant. Une station est HR (en 2013) et deux stations en RC (une en 2007 et une en 2013).

NB1 : 1 seule observation de *Plectropomus* sp. et 5 observations de *Plectropomus laevis* sur les 280 stations.

NB2 : Pas de stations sur la pente externe.

Diagnostic

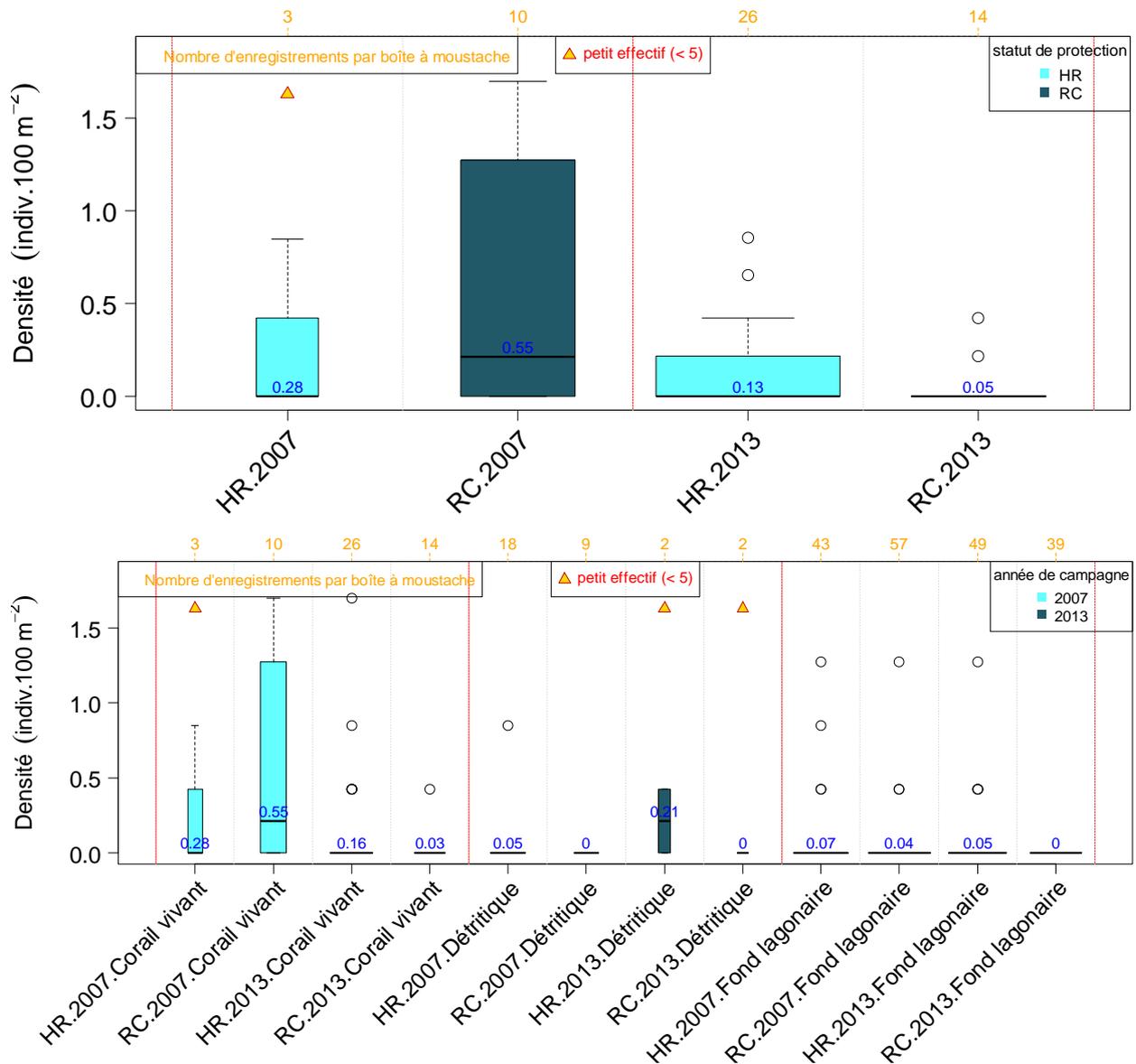
Etat	Tendance	Commentaires
	<i>Non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> Espèce très peu observée malgré le nombre de stations Espèce probablement peu abondante sur la zone (<i>NB :</i> pas d'observations sur pente externe)

11.17. Densité d'abondance des loches

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	La plupart des loches (Serranidae de la liste IEHE) sont ciblées par la chasse sous-marine. La densité d'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elle devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone. Cette métrique ne prend pas en compte la taille des individus.

Calcul de la métrique : Densité des loches dans un rayon de 5 m autour de la STAVIRO (densité rapportée à 100m²).



- Surtout observées dans l'habitat Corail vivant (absentes de l'habitat Herbier, densités quasi-nulles sur Détritique et Fond lagonaire) ; Au total, 48 loches observées, 24 en 2007 et 24 en 2013
- Habitat Corail vivant : diminution significative entre 2007 et 2013 (GLM lognormal, $p < 0.025$) en RC et HR

Diagnostic

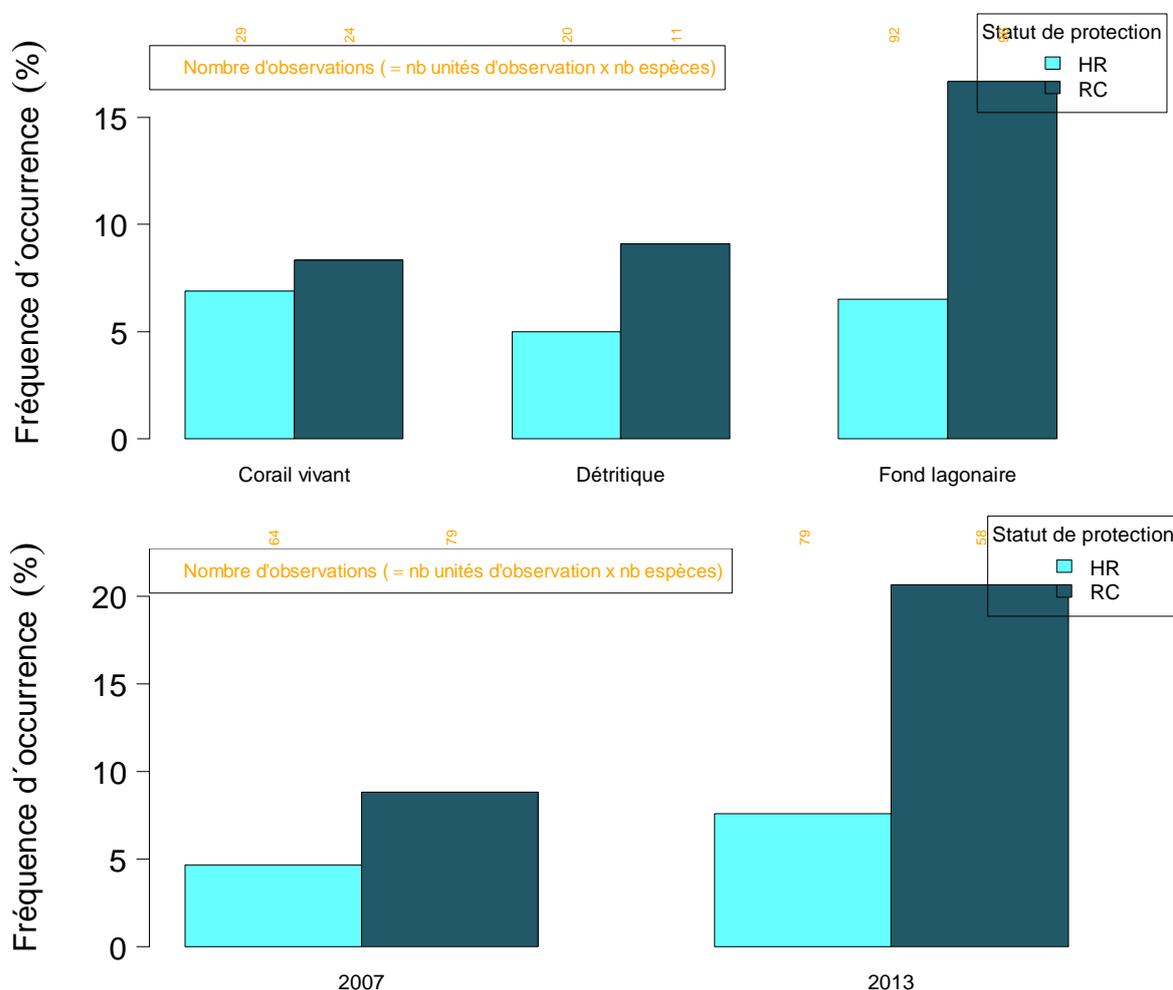
Etat	Tendance	Commentaires
		<ul style="list-style-type: none"> • Surtout observées dans l'habitat Corail vivant • Densités assez faibles et diminution significative entre 2007 et 2013 ($p < 0.025$) en RC et HR

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

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	En Nouvelle-Calédonie, le bec de cane est ciblé principalement par la ligne à main. La fréquence est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Cette métrique ne prend pas en compte la taille des individus. La métrique de fréquence est privilégiée lorsque l'espèce n'est pas observée en abondance.

Calcul de la métrique : Proportion des stations où des becs de cane sont observés, dans un rayon de 10 m autour de la STAVIRO.



- Les becs de cane sont observés dans trois habitats : ils sont absents de l'habitat Herbier
- Plus fréquents dans la RC, notamment dans l'habitat principal de cette espèce, l'habitat Fond lagonaire (test non validé)
- Sur les 3 habitats, fréquence en augmentation entre 2007 et 2013 en RC et HR (GLM binomial, $p < 0.0006$)

Diagnostic

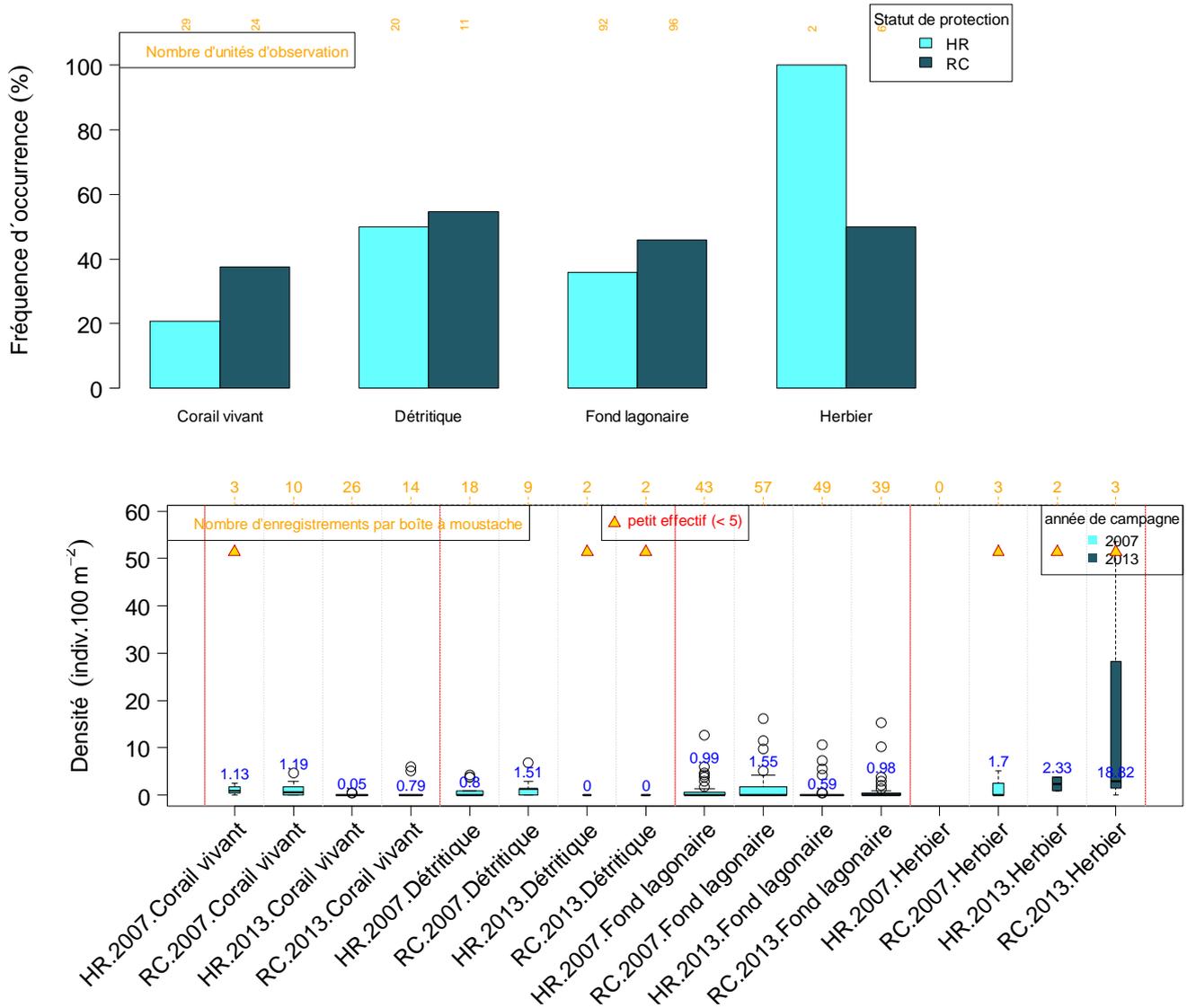
Etat	Tendance	Commentaires
		<ul style="list-style-type: none">• Observés dans trois habitats, mais absents de l'habitat Herbier• Plus fréquents dans la RC, notamment dans l'habitat principal de cette espèce, l'habitat Fond lagonaire (NS)• Sur les 3 habitats, fréquence en augmentation entre 2007 et 2013, en RC et HR ($p < 0.0006$)

11.19. Fréquence d'occurrence et densité d'abondance des Lethrinidae pêchés

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	Les becs et bossus sont ciblés par la pêche à la ligne et secondairement par d'autres engins. La densité d'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elle devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone. Ces métriques ne prennent pas en compte la taille des individus

Calcul de la métrique : Densité des Lethrinidae ciblés par la pêche à la ligne dans un rayon de 5 m autour de la STAVIRO (densité rapportée à 100m²). Proportion des stations où des Lethrinidae ciblés par la pêche à la ligne sont observés, dans un rayon de 10 m autour de la caméra rotative



- Observés dans tous les habitats. Sur habitat Herbier : uniquement communard long (*L. variegatus*)
- NB : Certains habitats prisés des Lethrinidae sont peu représentés dans les stations (Herbier et Algueraie)
- Fréquence : pas de différences marquées ou significatives entre statuts
- Densités similaires à celles de Bourail sur tous les habitats : pas de différences marquées ou significatives entre statuts
- Sur les trois principaux habitats : densités plus élevées en RC que HR (GLM lognormal, $p < 0.02$) et en nette diminution entre 2007 et 2013 ($p < 10^{-5}$)

Diagnostic

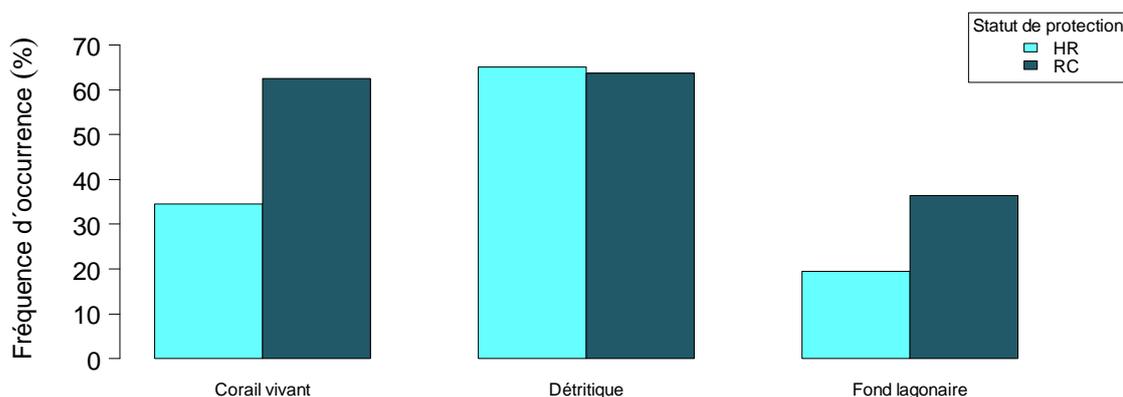
Etat	Tendance	Commentaires
Fréquence		<ul style="list-style-type: none"> • Assez fréquents sur trois habitats : très fréquents sur Herbier • Fréquence : pas de différences marquées ou significatives entre statuts, sauf sur Herbier mais peu de stations en 2007
Densité		<ul style="list-style-type: none"> • Sur les trois principaux habitats, densités plus élevées en RC que HR ($p < 0.02$) et nette diminution entre 2007 et 2013 ($p < 10^{-5}$)

11.20. Fréquence d'occurrence et densité d'abondance du Dawa (*Naso unicornis*)

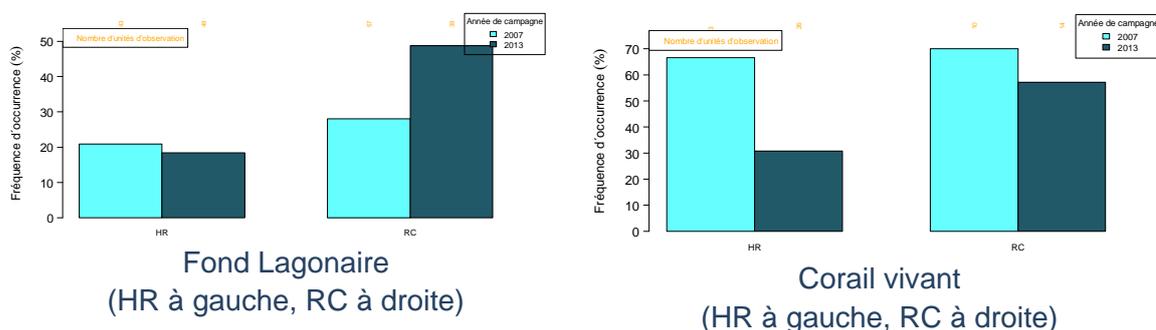
Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	En Nouvelle-Calédonie, le dawa est ciblé par la chasse sous-marine et par la pêche au filet. La fréquence et l'abondance sont d'autant plus élevées que l'effort de pêche est moins élevé. Cette métrique ne prend pas en compte la taille des individus. La métrique de fréquence est privilégiée lorsque l'espèce n'est pas observée en abondance.

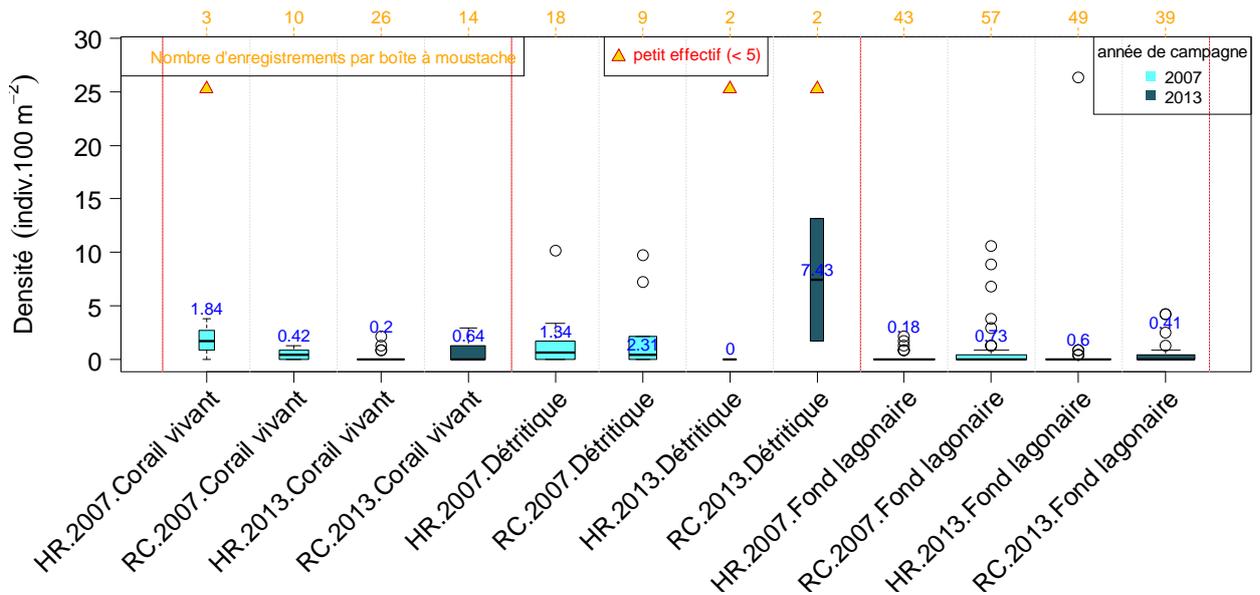
Calcul de la métrique : Pourcentage de stations où des Dawa (*Naso unicornis*) sont observés dans un rayon de 10 m autour de la STAVIRO et densité en nombre moyen d'individus par rotation rapportés à une surface de 100 m².



- Fréquent sur trois habitats, absent de l'habitat Herbier, quel que soit le statut de protection
- Fréquence d'occurrence plus élevée en RC sur l'habitat Corail vivant (non significatif) et Fond lagonaire ($p < 0.01$)



- Fond lagonaire : augmentation en RC (NS) et stabilité HR
- Corail vivant : diminution en RC et HR (marginale, $p < 0.06$)



- Sur les 3 habitats, différences significatives entre RC et HR (GLM lognormal, $p < 0.01$) et entre années par statut de protection ($p < 0.03$)
- Habitat Corail vivant : diminution significative entre 2007 et 2013 HR (GLM lognormal, $p < 0.01$) ; stabilité en RC
- Habitat Fond Lagonaire : densité significativement plus élevée en RC (GLM lognormal, $p < 0.02$) ; pas d'évolution significative entre 2007 et 2013, en RC comme HR
- Habitat Détritique : densité plus élevée en RC (NS) ; signes d'augmentation entre 2007 et 2013 en RC et de diminution HR (NS du au faible nombre de données en 2013 dans cet habitat)

Diagnostic

Etat	Tendance	Commentaires
Fréquence	➡	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquent sur trois habitats, quel que soit le statut de protection et absent de l'Herbier • Plus fréquent en RC sur les habitats Corail vivant (NS) et Fond lagonaire ($p < 0.01$) • Fond lagonaire : augmentation en RC (NS) et stabilité HR • Corail vivant : diminution en RC et HR (marginale, $p < 0.06$)
Densité	⬇	<ul style="list-style-type: none"> • Sur les 3 habitats, différences entre RC et HR ($p < 0.01$) et entre années par statut de protection ($p < 0.03$) • Habitat Corail vivant : diminution entre 2007 et 2013 HR ($p < 0.01$) ; stabilité en RC • Habitat Fond Lagonaire : densité plus élevée en RC ($p < 0.02$) ; pas d'évolution significative entre 2007 et 2013, en RC comme HR • Habitat Détritique : densité plus élevée en RC (NS); signes d'augmentation en RC entre 2007 et 2013 et de diminution HR (NS du au faible nombre de données en 2013 dans cet habitat)

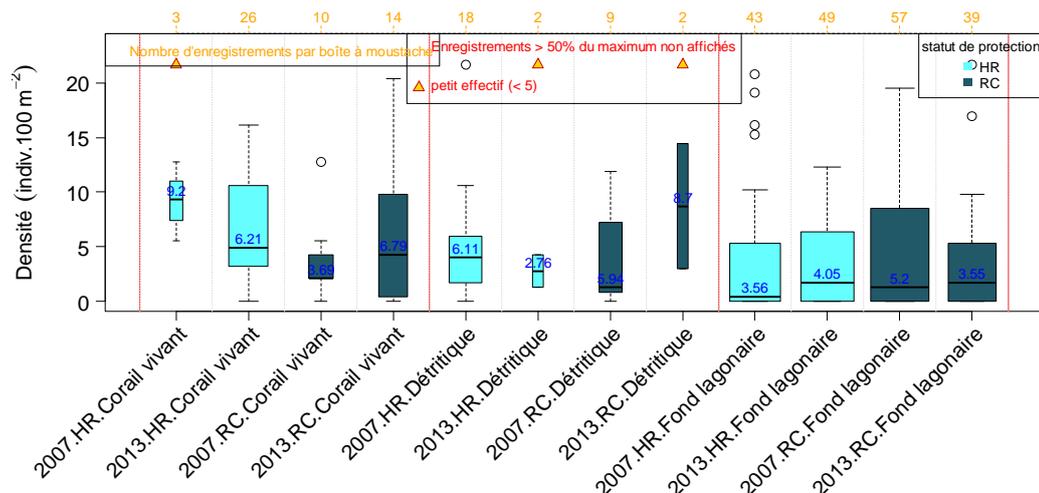
11.21. Densité d'abondance des chirurgiens (Acanthuridae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources 2. Conservation de la biodiversité
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles 2.1. Maintenir les fonctions de l'écosystème
Pertinence	Les chirurgiens sont des acteurs majeurs de la régulation des algues qui prolifèrent sur le récif (objectif conservation de la biodiversité) ; et la plupart des espèces sont consommables (objectif exploitation durable des ressources). La densité d'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elle devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone.

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

Résultats



NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique

- Abondants sur l'ensemble des habitats et statuts de protection
- Habitat Corail vivant : densités plus élevées et diminution HR entre 2007 et 2013 (NS)
- Autres différences entre statuts de protection ou année de campagne peu marquées

Diagnostic

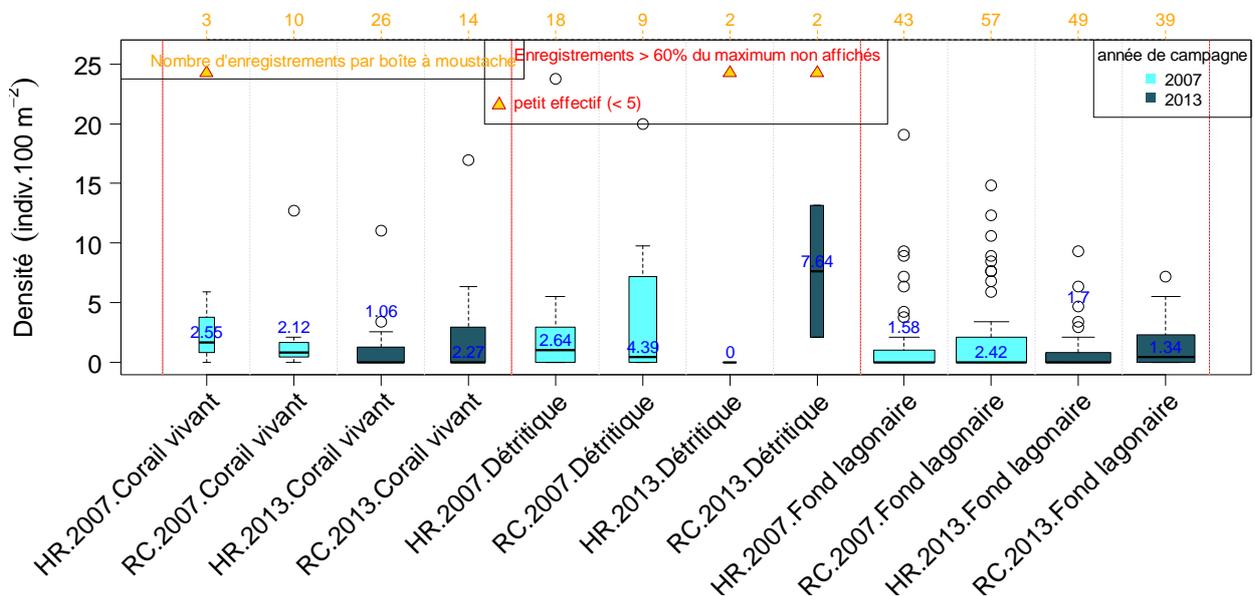
Etat (Tendance)	Commentaires
↓	<ul style="list-style-type: none"> • Abondants sur l'ensemble des habitats et statuts de protection • Habitat Corail vivant : densités plus élevées et diminution HR entre 2007 et 2013 (NS) • Autres habitats : Différences peu marquées ou NS entre statuts de protection et années • Habitat Corail Vivant : densités supérieures à Ouano, similaires à Hyeheh et inférieures aux autres sites, dont Pweevo

11.22. Densité d'abondance des chirurgiens des espèces commerciales

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	Les chirurgiens des espèces commerciales sont capturés soit par la chasse sous-marine, soit dans les filets. La densité d'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elle devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone. Cette métrique ne prend pas en compte la taille des individus.

Calcul de la métrique : Densité des chirurgiens des espèces commerciales (*Acanthuridae* sans *Ctenochaetus* ni *Zebrasoma*), dans la zone de 5 m autour de la caméra (rapportée à 100m²).



NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique : 2 bancs sur habitat Fond lagonaire non représentés sur graphique : 32 dawas (HR en 2013) et 45 *Acanthurus xanthopterus* (RC en 2007)

- Habitat Corail vivant: différence NS entre RC et HR Diminution HR entre 2007 et 2013 ;
- Habitat Fond lagonaire : différence NS entre années et marginalement significative entre RC et HR (GLM Gamma, p<0.1)
- Habitat Détritique : augmentation en RC et diminution HR (GLM Gamma, p<0.005)

Diagnostic

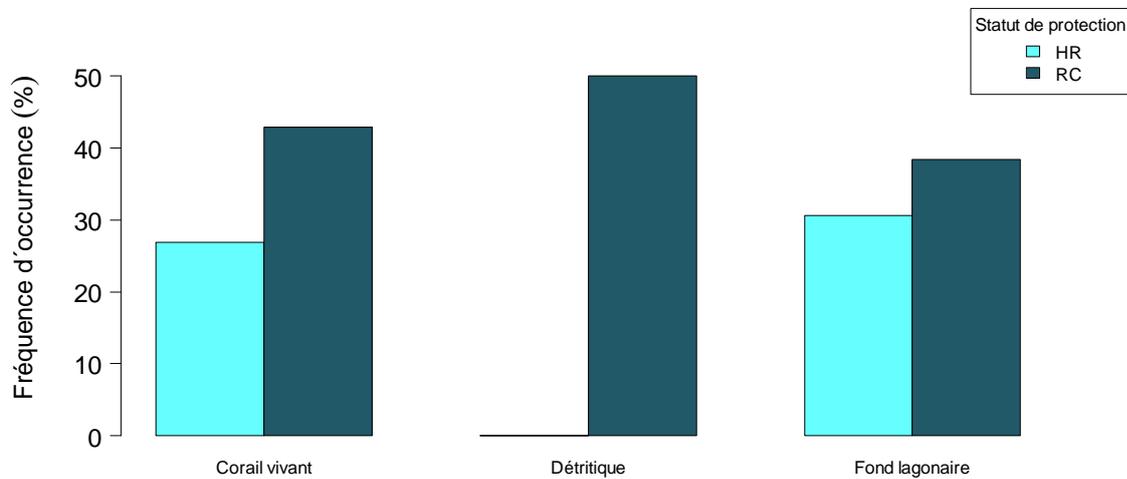
Etat (Tendance)	Commentaires
↓	<ul style="list-style-type: none"> • Picots kanak, dawas, <i>Acanthurus xanthopterus</i>, <i>nigricauda</i>, <i>olivaceus</i>, <i>Naso tonganus</i> • Diminution HR dans les habitats Corail vivant (NS) et Détritique (p<0.005) • Signes de densité plus élevée en RC que HR (sauf en 2007 sur habitat Corail vivant)

11.23. Fréquence d'occurrence et densité d'abondance des picots kanak (*Acanthurus blochii* et *A. dussumieri*)

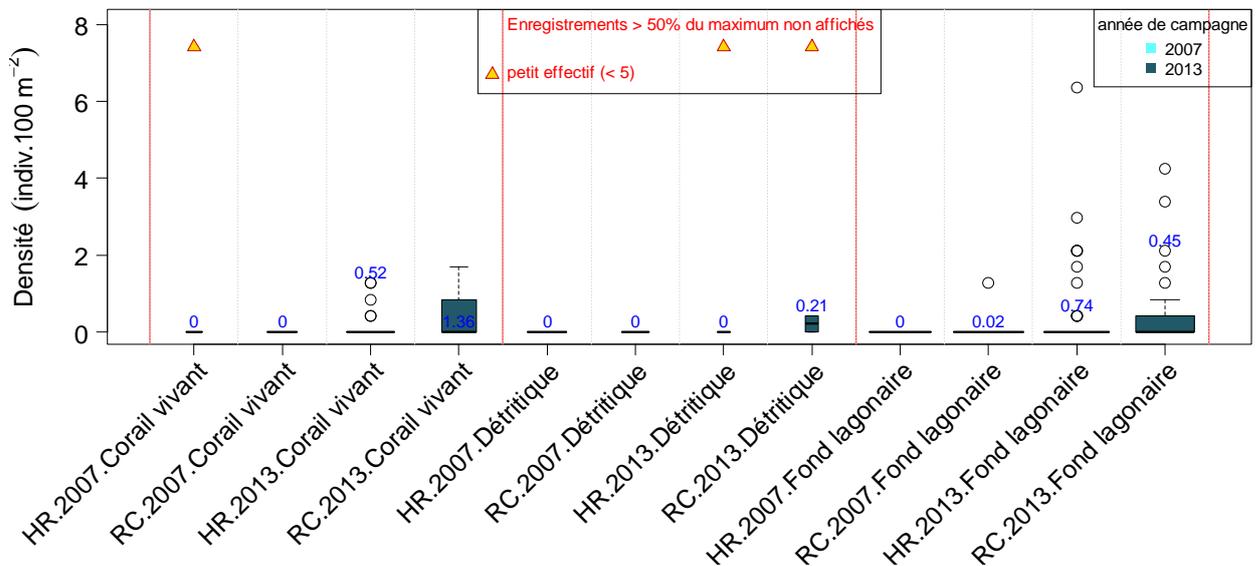
Lien avec les buts et objectifs de gestion

But	Exploitation durable des ressources
Objectif	Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	En Nouvelle-Calédonie, les picots kanak sont une cible traditionnelle de la pêche ; ils se capturent par la chasse sous-marine et les filets. La fréquence est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Cette métrique ne prend pas en compte la taille des individus. La métrique de fréquence est privilégiée lorsque l'espèce n'est pas observée en abondance.

Calcul de la métrique : Proportion des stations où les espèces ont été observées (dans un rayon de 10 m autour de la station), calculée par site et par habitat.



*NB : Fréquence représentée seulement pour l'année 2013, du fait du classement probable de ces espèces en *Acanthurus* sp. en 2007 (visibilité inférieure)*



- Assez fréquents sur trois habitats (absents de l'Herbier)
- Identifiés seulement en 2013 au niveau de l'espèce
- Plus fréquents en RC que HR sur les trois habitats (pas de test)
- Densité : signe de densité plus élevée en RC dans les 3 habitats en 2013 (NS)
- *NB : Pas de comparaisons entre années*

Résumé

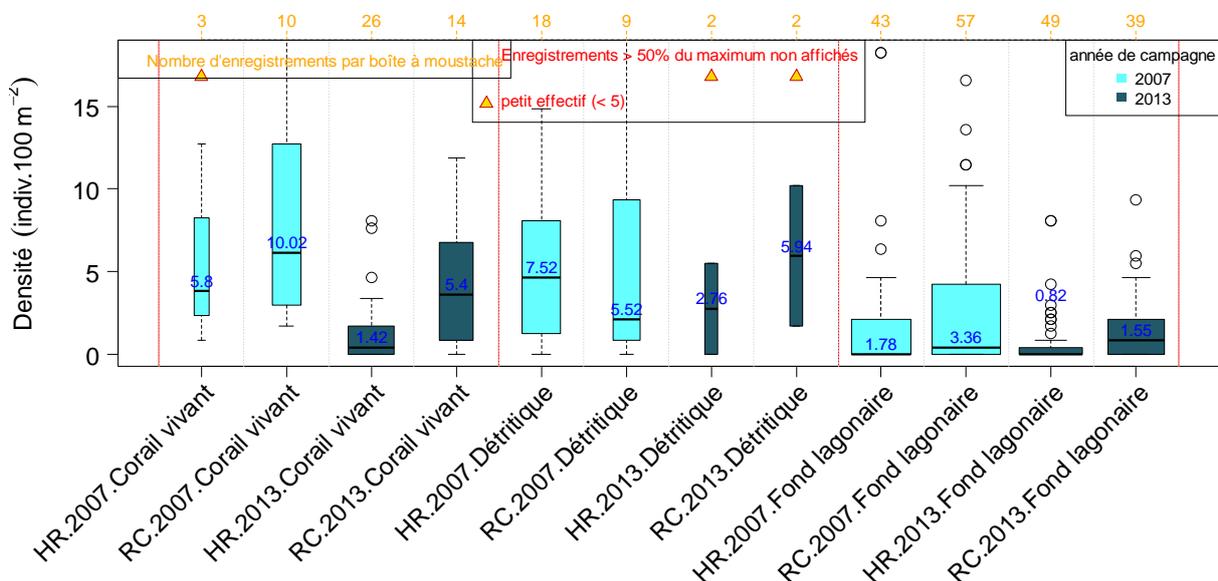
Fréquence d'occurrence des picots kanak	<i>Tendance non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Assez fréquents sur trois habitats (absents de l'Herbier) • Identifiés seulement en 2013 au niveau de l'espèce • Plus fréquents en RC que HR sur les trois habitats (pas de test) • Fréquences plus élevées que celles observées par ex. à Merlet et Corne Sud
Densité d'abondance des picots kanak	<i>Tendance non évaluable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Identifiés seulement en 2013 au niveau de l'espèce • Densités assez faibles • Signe de densité plus élevée en RC dans les 3 habitats en 2013 (NS)

11.24. Densité d'abondance des perroquets (Scaridae)

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	La plupart de ces espèces sont commercialisées en Nouvelle-Calédonie. Les perroquets sont capturés soit par la chasse sous-marine, soit dans les filets. La densité d'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elle devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone. Cette métrique ne prend pas en compte la taille des individus.

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



NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique

- Densité assez élevée dans trois habitats, plus élevée sur les habitats Corail vivant et Détritique que sur Fond lagonaire ; pas de perroquets observés dans l'habitat Herbier
- Sur les 2 principaux habitats (Corail vivant et Fond lagonaire) : diminution d'ensemble significative entre 2007 et 2013 (GLM lognormal, p<0.05) ; diminution visible pour chaque statut et chaque habitat, et très nette HR sur habitat Corail vivant. Sur ces deux habitats, densités toujours plus élevées dans la RC (NS)

Diagnostic

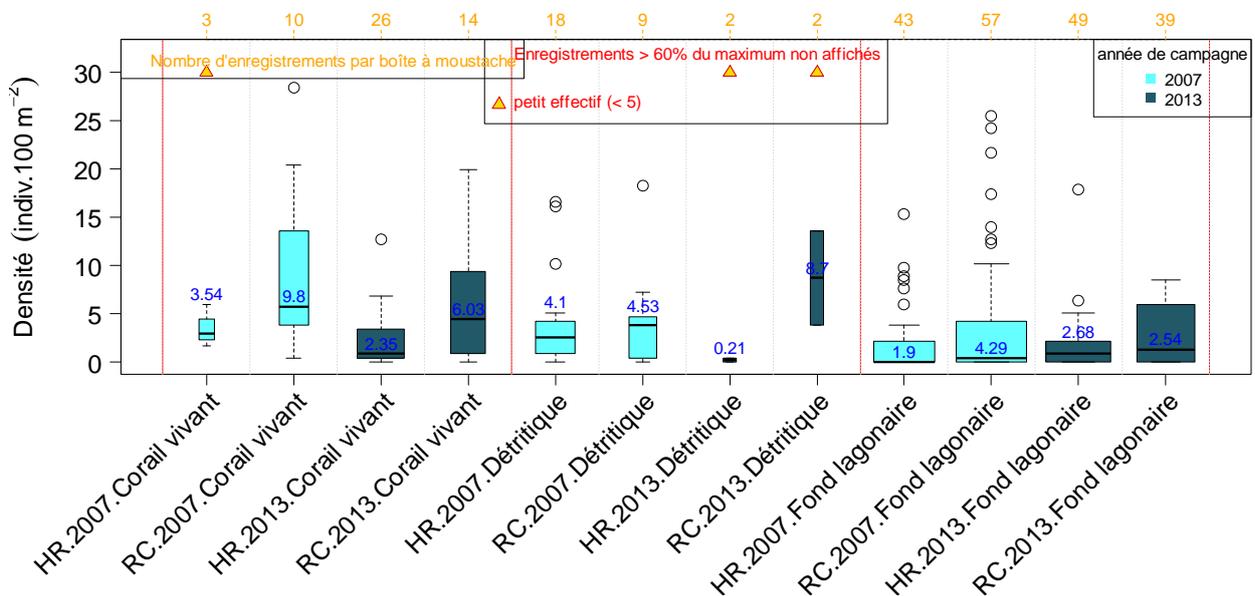
Etat Tendance	Commentaires
↓	<ul style="list-style-type: none"> • Assez abondants dans trois habitats, surtout habitats Corail vivant et Détritique; absents de l'habitat Herbier • Sur les 2 principaux habitats, diminution d'ensemble significative entre 2007 et 2013 (p<0.05) ; diminution visible pour chaque statut et chaque habitat, et très nette HR sur habitat Corail vivant • Sur ces deux habitats, densités toujours plus élevées dans la RC (NS) • Habitat Corail Vivant : densités supérieures à Hyeheh, Bellona, similaires à Pweevo, Chester et Petrie et inférieures aux autres sites

11.25. Densité d'abondance des espèces-cibles de la chasse

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	En Nouvelle-Calédonie, la chasse sous-marine est une activité de pêche importante toute l'année. Ces espèces regroupent essentiellement des chirurgiens, perroquets, et loches. La densité d'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elle devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone. Cette métrique ne prend pas en compte la taille des individus.

Calcul de la métrique : Densité des poissons d'espèces-cibles de la chasse par unité d'observation, dans la zone de 5 m autour de la caméra rotative (rapportée à 100 m²).



- Présentes dans les trois principaux habitats ; absentes de l'Herbier
- Dans les trois principaux habitats: densités plus élevées en RC que HR
- Habitat Corail vivant : Densités plus élevées en RC (GLM Gamma, $p < 0.004$) et diminution entre 2007 et 2013 ($p < 0.02$)
- Habitat Fond lagonaire : Différences NS, malgré les signes de densité plus élevée en RC
- Habitat Détritique : Densité plus élevée en RC en 2013 (GLM Gamma, interaction significative, $p < 0.02$)

Diagnostic

Etat (tendance)	Commentaires
↓	<ul style="list-style-type: none"> • Dans les 3 principaux habitats: signes de densité plus élevées en RC • Habitat Corail vivant : densité plus élevée en RC ($p < 0.004$) et diminution entre 2007 et 2013 ($p < 0.02$) • Habitat Détritique : densité plus élevée en RC en 2013, diminution HR et augmentation en RC ($p < 0.02$) • Habitat Fond lagonaire : différences NS

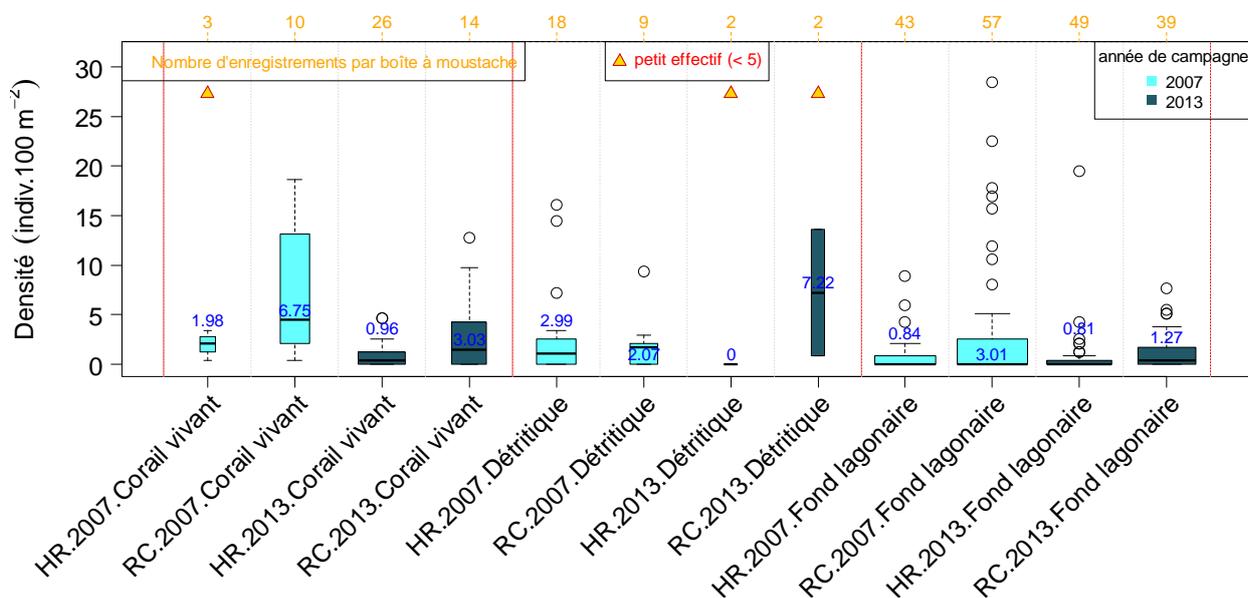
11.26. Densité d'abondance des moyens et grands poissons d'espèces-cibles de la chasse

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	<p>En Nouvelle-Calédonie, la chasse sous-marine est une activité de pêche importante toute l'année. Cette métrique concerne les individus grands et moyens des espèces ciblées qui sont capturés en priorité. Ces espèces regroupent essentiellement des chirurgiens, perroquets, et loches.</p> <p>La densité d'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elle devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone. Ne comprenant pas les petits individus, cette métrique est de plus non sensible aux bancs de juvéniles.</p>

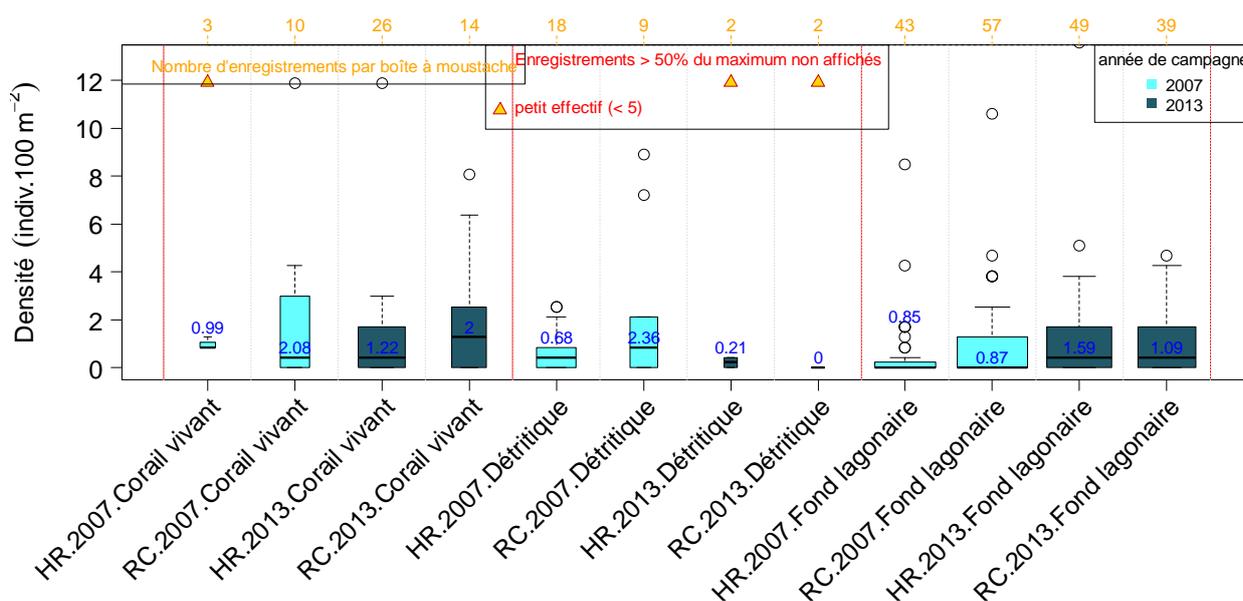
Calcul de la métrique : Densité et proportion de grands poissons d'espèces-cibles de la chasse par unité d'observation, dans la zone de 5 m autour de la caméra rotative (rapportée à 100 m²). Ces métriques complètent la métrique précédente.

Poissons de taille moyenne



- Poissons de taille moyenne plus abondants en RC sur les trois principaux habitats
- Habitat Corail vivant : densité plus élevée en RC (GLM Gamma, $p < 0.003$) et diminution HR et en RC entre 2007 et 2013 ($p < 0.002$)
- Habitat Fond lagonaire : densité plus élevée en RC (LM lognormal, marginalement, $p < 0.08$) et pas d'évolution marquée entre années
- Habitat Détritique : augmentation en RC et diminution HR (NS)

Poissons de grande taille



- Grands poissons moins abondants que les poissons de taille moyenne (c'est normal)
- Habitat Corail vivant : signes de densités plus élevée en RC (NS)
- Habitat Fond lagonaire : différences peu marquées entre RC et HR et entre années
- Habitat Détritique : diminution en RC et HR entre 2007 et 2013 (GLM Gamma, $p < 0.01$) et densité plus élevée en RC en 2007 ($p < 0.03$)

Diagnostic

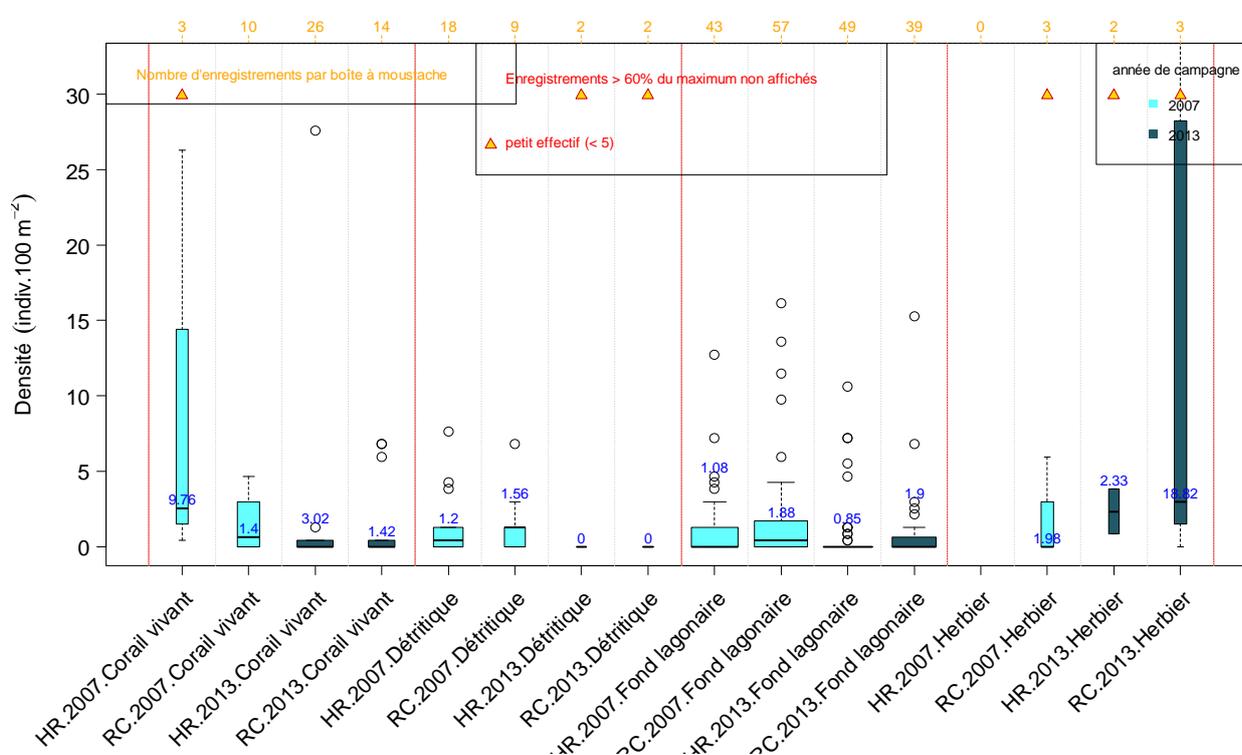
Etat	Tendance	Commentaires
Moyens	↓	<ul style="list-style-type: none"> • Sur les trois principaux habitats : densités plus élevées en RC • Habitat Corail vivant : densité plus élevée en RC ($p < 0.003$) et diminution HR et en RC entre 2007 et 2013 ($p < 0.002$) • Habitats Fond lagonaire : densité plus élevée en RC (marginale, $p < 0.08$) et pas d'évolution marquée entre années • Habitat Détritique : augmentation en RC et diminution HR (NS)
Grands	→	<ul style="list-style-type: none"> • Habitats Corail vivant : signe de densités plus élevée en RC (NS) • Habitat Fond lagonaire : différences peu marquées entre RC et HR et entre années • Habitat Détritique : diminution en RC et HR entre 2007 et 2013 ($p < 0.01$) et densité plus élevée en RC en 2007 ($p < 0.03$)

11.27. Densité d'abondance des espèces-cibles de la pêche à la ligne

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	En Nouvelle-Calédonie, la ligne est une activité de pêche importante toute l'année. La densité d'abondance est d'autant plus élevée que l'effort de pêche est moins élevé. Elle devrait augmenter dans une zone où l'accès pour la pêche est limité, mais dépend des pressions de pêche dans et autour de la zone.

Calcul de la métrique : Densité (5 m autour de la STAVIRO) où des poissons d'espèces-cibles de la pêche à la ligne sont observés.



NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique

Bancs (y compris ceux non représentés sur le graphique)			
Statut	Année	Habitat	Espèces
HR	2007 et 2013	Corail vivant	lutjans à cinq bandes bleues (<i>L. quinquelineatus</i>)
RC	2013	Herbier	communard long (<i>Lethrinus variegatus</i>)
RC	2013	Fond lagonaire	Bec de cane, anglais (<i>L. bohar</i>), dorade à taches noires (<i>L. fulvus</i>)
HR	2013	Corail vivant	lutjans à tache noire (<i>Lutjanus monostigma</i>)

- Sur les zones concernées, cette métrique concerne surtout les becs, bossus et communards (*Lethrinidae*), des *Lutjanidae*, certaines loches et les carangues.

- Espèces moins abondantes que les espèces-cibles de la chasse ; avec présence de bancs
- Présentes sur tous les habitats quel que soit le statut de protection, plus abondantes sur les habitats Corail vivant et Herbier
- Habitats Corail vivant : diminution des densités en RC et HR entre 2007 et 2013 (GLM Log-normal, $p < 0.003$); densité plus élevée HR (NS)
- Habitat Fond Lagonaire : Carangues et surtout Lethrinidae ; stabilité en RC et augmentation marginale HR (GLM Gamma, $p < 0.1$)
- Pas de différences statistiquement significatives sur les 2 autres habitats

Diagnostic

Etat	Tendance	Commentaires
		<ul style="list-style-type: none"> • Présentes sur tous les habitats, plus abondantes sur habitats Corail vivant et Herbier • Espèces moins abondantes que les espèces-cibles de la chasse, mais présence de bancs de lutjans, de Lethrinidae et de carangues • Habitats Corail vivant diminution des densités en RC et HR entre 2007 et 2013 ($p < 0.003$) • Habitat Fond Lagonaire : Carangues et surtout Lethrinidae ; stabilité en RC et augmentation marginale HR ($p < 0.1$) • Pas de différences significatives sur les 2 autres habitats

12. Annexe 2 : Aire Marine Protégée de Kan-Gunu

Cinq des stations validées en 2013 se trouvent dans le périmètre de l'AGDR de Kan-Gunu (Figure 34) et cinq autres sont situées en lisière de l'ADGR.

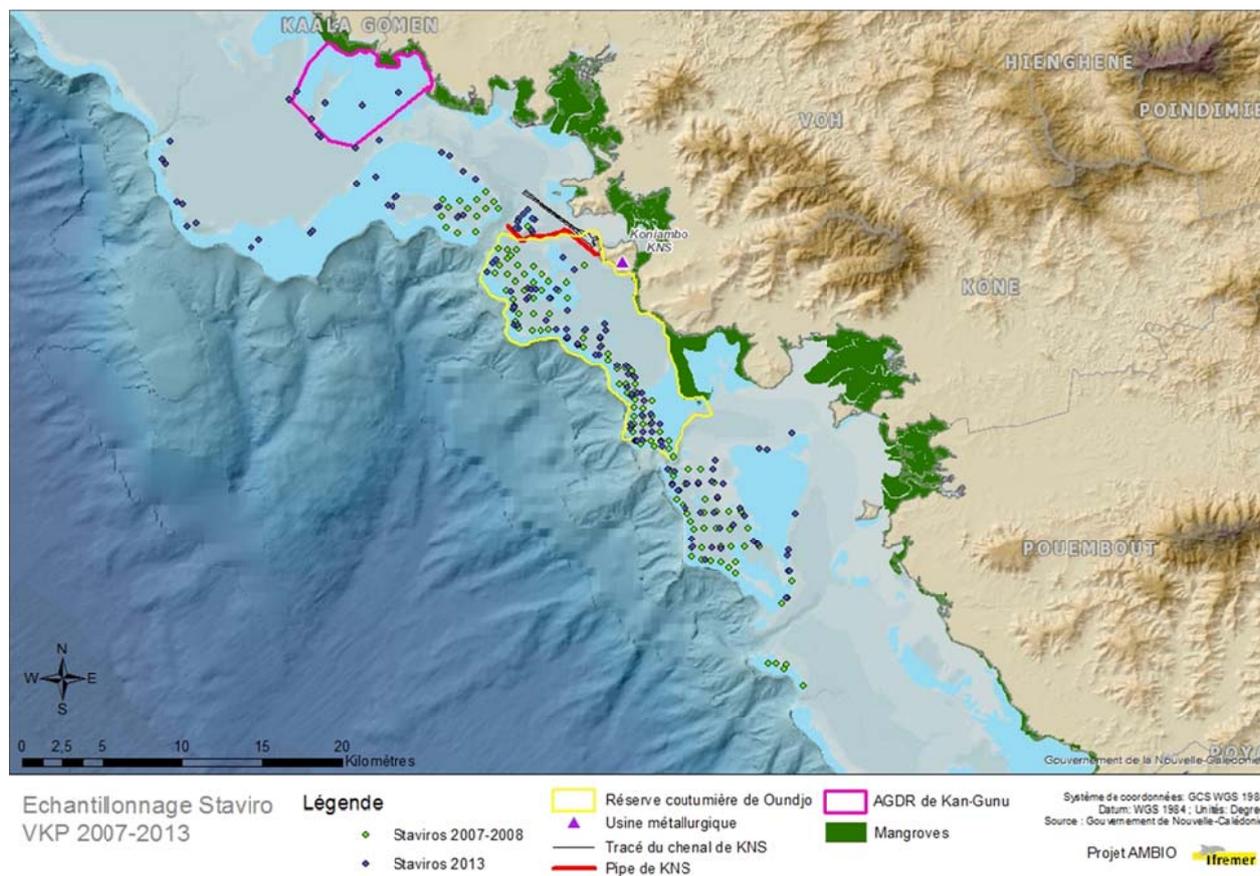


Figure 49. Distribution des stations réalisées avec le périmètre de l'AGDR.

13. Annexe 3 : Coordonnées des stations recommandées pour un suivi vidéo

Le protocole recommandé inclut 150 stations pour une zone d'environ 50 km de long :

- 52 stations sont issues de l'état initial vidéo de 2007, réparties entre les différents types de récifs et statuts de protection.
- 73 stations sont issues de la campagne de 2013, réparties entre les différents types de récifs et de statuts de protection.
- 25 stations ont été rajoutées afin d'échantillonner la pente externe, des herbiers et des passes, de tenir compte d'une répartition selon un gradient côte-large, et enfin d'échantillonner une zone non impactée par la création du chenal, ni par les bassins versants miniers avoisinants.
- Parmi ces 25 stations, 10 stations ont été placées dans le périmètre de l'AGDR de Kan-Gunu

Figure 50. Plan d'échantillonnage recommandé pour un suivi STAVIRO.

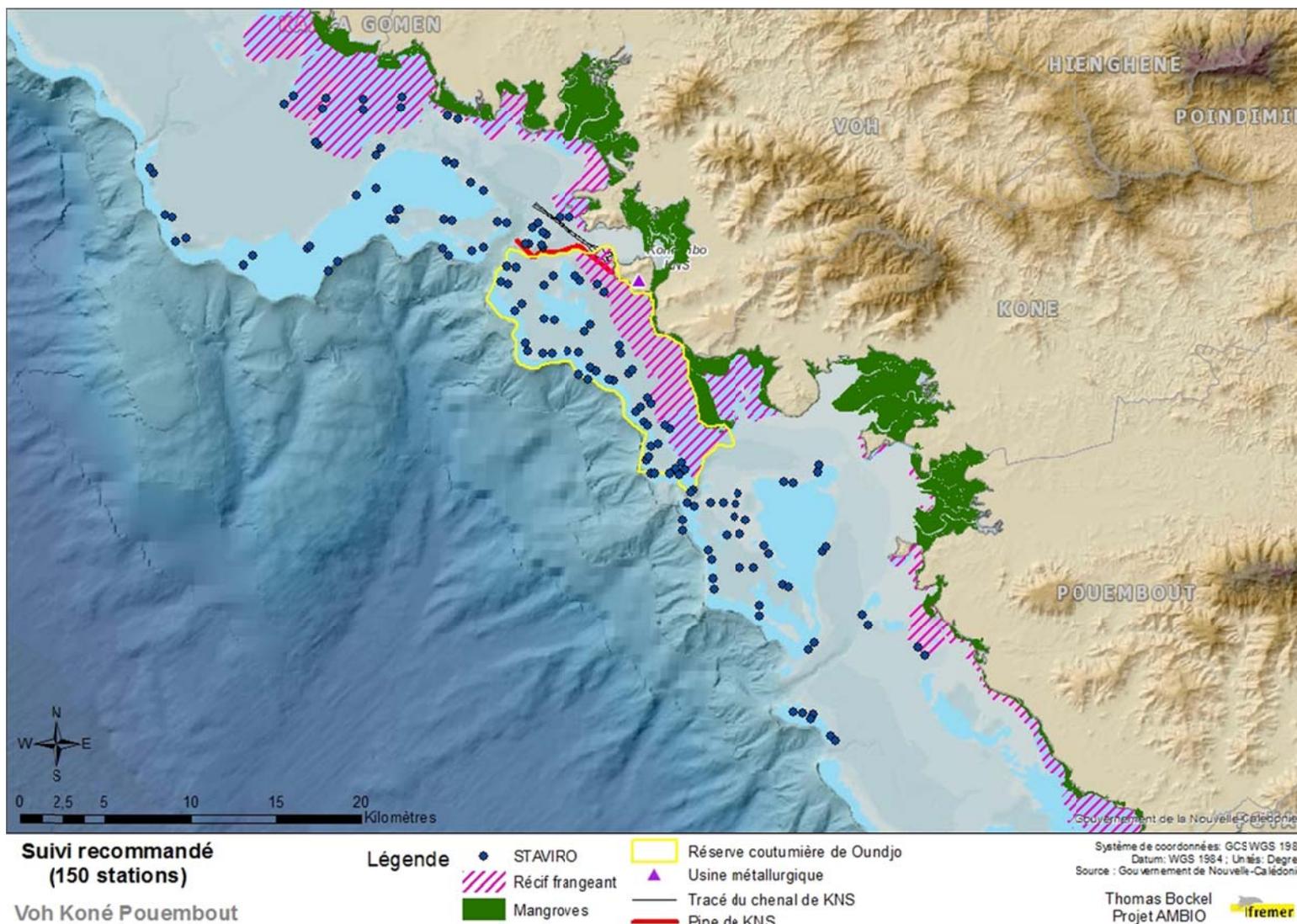


Tableau 33. Liste des stations recommandées pour un suivi vidéo de la zone VKP.

Station	Année	Latitude	Longitude	Protection	Type de récif
KO070051	2007	-21,06257	164,67768	RC	fond lagonaire
KO070068	2007	-21,07558	164,68788	RC	frangeant
KO070073	2007	-21,07845	164,68956	RC	frangeant
KO070083	2007	-21,08005	164,68382	RC	fond lagonaire
KO070084	2007	-21,08278	164,68121	RC	pente interne
KO070085	2007	-21,08815	164,68559	RC	pente interne
KO070093	2007	-21,09220	164,69925	RC	fond lagonaire
KO070101	2007	-21,10102	164,68941	RC	pente interne
KO070102	2007	-21,09985	164,69317	RC	fond lagonaire
KO070114	2007	-21,10993	164,70559	RC	fond lagonaire
KO070118	2007	-21,11492	164,69902	RC	fond lagonaire
KO070120	2007	-21,11494	164,68973	RC	pente externe
KO070127	2007	-21,12383	164,71164	HR	passee
KO070136	2007	-21,15579	164,71967	HR	pente interne
KO070138	2007	-21,16028	164,72147	HR	pente interne
KO070141	2007	-21,17542	164,72240	HR	pente interne
KO070147	2007	-21,18979	164,74684	HR	pente interne
KO070148	2007	-21,18392	164,74693	HR	fond lagonaire
KO070153	2007	-21,16482	164,74382	HR	intermediaire
KO070154	2007	-21,16441	164,73622	HR	fond lagonaire
KO070162	2007	-21,14780	164,72945	HR	fond lagonaire
KO070169	2007	-21,13063	164,72707	HR	fond lagonaire
KO070170	2007	-21,13065	164,72044	HR	fond lagonaire
KO080001	2008	-21,04689	164,62271	RC	pente interne
KO080004	2008	-21,01986	164,66519	RC	intermediaire
KO080005	2008	-21,03722	164,65792	RC	fond lagonaire
KO080013	2008	-21,03365	164,63284	RC	intermediaire
KO080018	2008	-21,02942	164,61761	RC	pente interne
KO080024	2008	-21,02592	164,62125	RC	fond lagonaire
KO080026	2008	-21,01150	164,63736	RC	fond lagonaire

KO080031	2008	-21,01537	164,66148	RC	frangeant
KO080033	2008	-21,01595	164,63275	RC	fond lagonaire
KO080035	2008	-21,01561	164,61386	RC	fond lagonaire
KO080043	2008	-21,00639	164,61336	RC	pente interne
KO080055	2008	-20,98370	164,61330	HR	fond lagonaire
KO080057	2008	-21,00674	164,61812	RC	fond lagonaire
KO080181	2008	-21,06055	164,67970	RC	fond lagonaire
KO080183	2008	-21,06152	164,66086	RC	pente interne
KO080194	2008	-21,05133	164,65166	RC	intermediaire
KO080197	2008	-21,05198	164,63693	RC	pente interne
KO080199	2008	-21,05229	164,63226	RC	pente interne
KO080201	2008	-21,05078	164,62422	RC	pente interne
KO08go05	2008	-21,20723	164,77248	HR	fond lagonaire
KO08go13	2008	-21,24102	164,77524	HR	fond lagonaire
KO08go14	2008	-21,24012	164,76489	HR	pente interne
KO08go15	2008	-21,24049	164,76944	HR	pente interne
KO08go16	2008	-21,24368	164,77383	HR	pente interne
KO08go19	2008	-21,25277	164,78437	HR	pente interne
KO08Pm04	2008	-20,98328	164,60832	HR	fond lagonaire
KO08Pm05	2008	-20,99693	164,60088	HR	fond lagonaire
KO08Pm11	2008	-20,99856	164,59468	HR	pente interne
KO08Pm17	2008	-20,98263	164,58443	HR	fond lagonaire
KO130004	2013	-21,17043	164,72189	HR	pente interne
KO130007	2013	-21,20366	164,77530	HR	fond lagonaire
KO130016	2013	-21,17345	164,75920	HR	intermediaire
KO130019	2013	-21,15708	164,75159	HR	intermediaire
KO130020	2013	-21,15312	164,74908	HR	intermediaire
KO130021	2013	-21,12569	164,73509	HR	intermediaire
KO130027	2013	-21,14665	164,73633	HR	fond lagonaire
KO130031	2013	-21,13789	164,73332	HR	intermediaire
KO130032	2013	-21,13932	164,73965	HR	intermediaire
KO130035	2013	-21,13213	164,71230	HR	pente interne

KO130036	2013	-21,13073	164,70839	HR	pente interne
KO130038	2013	-21,11602	164,70427	RC	fond lagonaire
KO130041	2013	-21,15632	164,78006	HR	intermediaire
KO130045	2013	-21,11988	164,76456	HR	intermediaire
KO130046	2013	-21,11924	164,75986	HR	intermediaire
KO130048	2013	-21,11096	164,77802	HR	intermediaire
KO130054	2013	-21,10826	164,68730	RC	fond lagonaire
KO130055	2013	-21,10654	164,68837	RC	pente interne
KO130056	2013	-21,09016	164,68781	RC	pente interne
KO130073	2013	-21,03444	164,63818	RC	intermediaire
KO130079	2013	-21,09040	164,69697	RC	fond lagonaire
KO130084	2013	-21,11249	164,70251	RC	fond lagonaire
KO130092	2013	-21,06615	164,66991	RC	pente interne
KO130093	2013	-21,05987	164,65759	RC	pente interne
KO130099	2013	-21,05128	164,64568	RC	pente interne
KO130103	2013	-21,04044	164,65434	RC	intermediaire
KO130107	2013	-21,05204	164,67339	RC	fond lagonaire
KO130108	2013	-21,04808	164,67313	RC	intermediaire
KO130110	2013	-21,01360	164,65238	RC	frangeant
KO130120	2013	-21,01125	164,64987	RC	intermediaire
KO130129	2013	-20,98993	164,63356	HR	intermediaire
KO130130	2013	-20,98892	164,63225	HR	intermediaire
KO130132	2013	-20,96662	164,60080	HR	intermediaire
KO130133	2013	-20,96213	164,59384	HR	intermediaire
KO130135	2013	-20,95295	164,58583	HR	intermediaire
KO130138	2013	-20,98396	164,62950	HR	intermediaire
KO130139	2013	-20,99661	164,63202	HR	intermediaire
KO130140	2013	-20,99509	164,62466	HR	intermediaire
KO130146	2013	-20,98215	164,58014	HR	intermediaire
KO130152	2013	-20,95738	164,42683	HR	pente interne
KO130153	2013	-20,95505	164,42503	HR	pente interne
KO130154	2013	-20,98067	164,43643	HR	pente interne

KO130155	2013	-20,97971	164,43291	HR	pente interne
KO130156	2013	-20,99378	164,43863	HR	pente interne
KO130157	2013	-20,99170	164,44365	HR	pente interne
KO130160	2013	-21,00572	164,47458	HR	pente interne
KO130161	2013	-21,00112	164,47902	HR	pente interne
KO130165	2013	-20,99740	164,50786	HR	pente interne
KO130166	2013	-20,99624	164,50923	HR	pente interne
KO130170	2013	-20,98180	164,55157	HR	pente interne
KO130171	2013	-20,98222	164,55421	HR	pente interne
KO130173	2013	-20,94856	164,54403	HR	frangeant
KO130174	2013	-20,94263	164,51360	HR	frangeant
KO130175	2013	-20,94156	164,51256	HR	frangeant
KO130176	2013	-20,92160	164,49597	HR	frangeant
KO130177	2013	-20,91743	164,50061	HR	frangeant
KO130180	2013	-20,92383	164,51601	HR	frangeant
KO130182	2013	-20,92467	164,53712	HR	frangeant
KO130185	2013	-20,91797	164,55780	HR	frangeant
KO130194	2013	-20,94469	164,54646	HR	intermediaire
KO130202	2013	-21,11529	164,69138	RC	pente externe
KO130208	2013	-21,01426	164,60971	RC	pente interne
KO130209	2013	-20,95147	164,58160	HR	intermediaire
KO130210	2013	-20,96522	164,54430	HR	intermediaire
KO130211	2013	-20,96922	164,53388	HR	intermediaire
KO130212	2013	-20,97709	164,55511	HR	pente interne
KO130213	2013	-20,97674	164,55661	HR	pente interne
KO13022b	2013	-21,13094	164,73399	HR	intermediaire
KO130302	2013	-21,05133	164,65179	RC	intermediaire
KO130304	2013	-20,98656	164,62675	HR	intermediaire
KO130306	2013	-20,99482	164,62286	HR	intermediaire
KO130307	2013	-20,99526	164,63136	HR	intermediaire
KO13059b	2013	-21,06567	164,66766	RC	pente interne
-	-	-20,91909	164,53715	HR	frangeant

-	-	-20,91856	164,51802	HR	frangeant
-	-	-20,92307	164,55734	HR	frangeant
-	-	-20,92751	164,58218	HR	frangeant
-	-	-20,92942	164,58737	HR	frangeant
-	-	-20,98106	164,64668	HR	frangeant
-	-	-20,98051	164,64120	HR	frangeant
-	-	-21,11318	164,70732	RC	fond lagonaire
-	-	-21,12484	164,71047	RC	passee
-	-	-21,11437	164,77723	HR	intermediaire
-	-	-21,15395	164,78150	HR	intermediaire
-	-	-21,25534	164,78656	HR	pente interne
-	-	-21,17453	164,76211	HR	intermediaire
-	-	-21,20633	164,83027	HR	frangeant
-	-	-21,21067	164,83403	HR	frangeant
-	-	-21,19464	164,80399	HR	intermediaire
-	-	-21,18895	164,80081	HR	intermediaire
-	-	-21,00070	164,58226	HR	pente externe
-	-	-20,99717	164,57967	HR	pente externe
-	-	-21,00867	164,51873	HR	pente externe
-	-	-21,00407	164,52394	HR	pente externe
-	-	-21,06320	164,65139	RC	pente externe
-	-	-21,06565	164,65630	RC	pente externe
-	-	-21,14490	164,70581	HR	pente externe
-	-	-21,13947	164,70611	HR	pente externe

Résumé

- Cette étude conduite dans le cadre du projet AMBIO concerne les communautés de poissons et habitats associés aux récifs coralliens des lagons de Nouvelle-Calédonie. L'objectif est d'évaluer l'état de santé des habitats et de la macrofaune mobile de la zone de Voh-Koné-Pouembout, au regard du développement démographique et industriel et en tenant compte de l'existence de la Réserve coutumière d'Oundjo.
- L'étude s'appuie sur 280 stations video STAVIRO collectées lors de deux campagnes réalisées en 2007 et 2013. Leur analyse a permis de caractériser l'habitat environnant chaque station, ainsi que les communautés de poissons, tortues et serpents, sur la base d'une liste de 490 espèces (cf. AMBIO/A/1).
- 143 espèces de poissons, tortue et serpent, appartenant à 23 familles ont été observées. Les familles les plus fréquentes et les plus abondantes sont les chirurgiens et perroquets, suivis par les rougets-barbets, les poissons-papillons et les becs et bossus. Loches et picots sont assez peu observés.
- 27 indicateurs ont été calculés, représentés sous forme de carte disponible sur un serveur Sextant, et analysés grâce à l'outil de calcul PAMPA. Les résultats sont synthétisés sous forme de tableau de bord par objectif de gestion relatif à la conservation de la biodiversité et la gestion des ressources de la pêche et sous forme de cartes avec des tendances pour les principaux indicateurs relatifs à la pêche.
- L'état de santé du corail est satisfaisant et stable ; il ne semble pas avoir souffert du développement démographique et économique de la zone, même à proximité de l'usine et du chenal.
- La fréquence d'observation des requins, raies et poissons-napoléons a nettement diminué entre 2007 et 2013. Les tortues ont été peu observées les deux années.
- Le peuplement de poisson est moyennement diversifié et abondant, notamment sur l'habitat Corail vivant. Les herbivores dominent l'assemblage, mais sont en diminution. Les piscivores sont peu abondants.
- L'abondance de plusieurs espèces pêchées a nettement diminué entre 2007 et 2013, mais la tendance diffère en fonction des zones.

Biodiversité ; Ichtyofaune ; Habitat ; Vidéo sous-marine ; STAVIRO ; Evaluation ; Suivi ; Impact anthropique ; Aire Marine Protégée ; Réserve coutumière ; Ecosystème corallien ; Nouvelle-Calédonie ; Indicateur ; Tableau de bord ; Serveur de cartes ; Sextant ; PAMPA

Abstract

- Conducted within the AMBIO project, this work deals with coral reef fish communities and associated habitats, in the New Caledonian lagoons. It aims at assessing the status and trends of habitats and mobile macrofauna in the Voh-Kone-Pouembout lagoon, in the light of demographic and industrial developments and accounting for the existing customary reserve of Oundjo.
- It relies on 280 stations collected in 2007 and 2013 using the remote unbaited underwater video STAVIRO rotating technique, which were analysed to characterize habitat, fish assemblages, turtles and sea snakes, from a list of 490 species (AMBIO/A/1).
- 143 species (including one turtle species and one sea snake species), belonging to 23 families were observed. The most frequent and abundant families were surgeonfish and parrotfish, then goatfish, butterflyfish and emperors. Groupers and rabbitfish were rarely observed.
- 27 indicators were computed, mapped (maps available on a Sextant server), and analysed using the PAMPA computing tool. Outcomes were organized in a dashboard for each management objective (biodiversity conservation and fisheries management).
- Coral status is rather good and stable, and shows no impact from anthropogenic pressures, even close to the plant and shipping channel.
- Frequency of sharks, rays and humphead wrasses clearly dropped between 2007 and 2013. Turtles were rarely observed in both years.
- Fish community is moderately diversified, particularly in the Living Coral habitat. Herbivores dominate species assemblage and piscivores are not abundant.
- The abundance of several fished species distinctly declined between 2007 and 2013, but trends differed according to areas.

Biodiversity ; Fish assemblage ; Habitat ; Underwater video ; STAVIRO ; Monitoring and assessment ; Anthropogenic impact ; Marine Protected Area ; MPA ; Customary reserve ; Coral reefs ; New Caledonia ; Indicator ; Dashboard ; Map server ; Sextant ; PAMPA