

Evaluation de l'impact de l'activité de croisière sur l'habitat et les peuplements de poissons de la Baie d'Easo-Xepenehe, Lifou

Campagne de stations vidéo rotatives STAVIRO 2014

Dominique Pelletier, Thomas Bockel, Liliane Carpentier, Thomas Schohn, Benoit Raillard, William Roman, Abigail Powell



1 Remerciements

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

Cette campagne a bénéficié du soutien du Service de l'Environnement de la Province des îles. Des remerciements particuliers à Georges KAKUE et Luen IOPUE pour le soutien apporté au projet.

Un grand merci aux pêcheurs de Lifou, Christophe Ita et Louis, pour leur disponibilité et leur bonne humeur qui ont permis le bon déroulement de cette mission sur le terrain.

Ont participé à la campagne de terrain : Dominique Pelletier, William Roman, Thomas Bockel et Abigail Powell de l'Unité de Recherche Lagons, Ecosystèmes et Aquaculture Durable de la Délégation IFREMER de Nouvelle-Calédonie, et Johanna Herfaut de l'Agence des Aires Marines Protégées (Parc Naturel Marin de Mayotte).

Les auteurs remercient Johanna Herfaut pour l'aide apportée à la préparation et au déroulement de la campagne.

Ce document doit être cité comme suit :

Dominique Pelletier, Thomas Bockel, Liliane Carpentier, Thomas Schohn, Benoit Raillard, William Roman, Abigail Powell. 2016. Evaluation de l'impact de l'activité de croisière sur l'habitat et les peuplements de poissons de la Baie d'Easo-Xepenehe, Lifou. Campagne de stations vidéo rotatives STAVIRO 2014. Rapport AMBIO/A/30. Projet AMBIO, IFREMER Nouméa. 130 p. Version du 22/09/2016.

Dominique Pelletier, Thomas Bockel, Liliane Carpentier, Thomas Schohn, Benoit Raillard, William Roman, Abigail Powell. 2016. Assesment .of the impact of cruising activity on the habitat and fish communities of the Bay of Easo-Xepenehe Lifou. 2014 STAVIRO survey. Report AMBIO/A/30. AMBIO project, IFREMER Nouméa. . 130 p. Version du 22/09/2016.

Table des matières

1	Remerciements	- 2 -
2	Synthèse	- 6 -
2.1	Impact du mouillage sur les habitats	- 7 -
2.2	Impact de la fréquentation sur les habitats littoraux.....	- 9 -
2.3	Impact du mouillage sur les poissons.....	- 10 -
2.4	Impact de la fréquentation sur les poissons des zones littorales.....	- 13 -
2.5	Description de la biodiversité de la zone d'étude	- 15 -
2.6	Conclusion générale et recommandations	- 16 -
3	Introduction.....	- 17 -
3.1	Contexte	- 17 -
3.2	Objectifs de la mission.....	- 20 -
3.3	Moyens techniques et humains	- 20 -
4	Matériel et méthodes.....	- 21 -
4.1	Le STAVIRO.....	- 21 -
4.2	Analyse des images : habitat.....	- 22 -
4.3	Analyse des images : les poissons et espèces emblématiques	- 22 -
4.4	Calcul des indicateurs : l'outil de calcul PAMPA.....	- 22 -
4.5	Analyse des indicateurs.....	- 23 -
4.5.1	Impact du mouillage des paquebots de croisière.....	- 25 -
4.5.2	Impact des activités anthropiques littorales	- 25 -
4.5.1	Analyse	- 26 -
4.6	Analyse de la structure de l'assemblage de poissons	- 28 -
4.7	Définition de l'état écologique : utilisation d'une grille de lecture « pays » pour les indicateurs.....	- 29 -
5	Distribution des stations vidéo.....	- 30 -
6	Description et typologie des habitats.....	- 31 -
6.1	Description des habitats	- 31 -
6.2	Typologie des stations.....	- 35 -
7	Description de la macrofaune et biodiversité sur la zone d'étude.....	38
7.1	Niveau d'identification.....	38

7.2	Taxons observés	38
7.3	Espèces remarquables ou emblématiques.....	45
7.4	Richesse spécifique et densité d'abondance toutes espèces.....	46
8	Impact du mouillage des paquebots dans la baie d'Easo-Xepenehe	49
8.1	Délimitation de la zone d'impact.....	49
8.2	Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats.....	50
8.3	Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème	57
8.4	Conservation de la biodiversité : Maintien des fonctions de l'écosystème ..	66
8.5	Exploitation durable des ressources : Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles	68
9	Impact des activités anthropiques littorales	70
9.1	Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats.....	70
9.2	Conservation de la biodiversité : Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème	71
9.3	Conservation de la biodiversité : Maintien des fonctions de l'écosystème ..	76
9.4	Exploitation durable des ressources : Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces cibles	77
9.5	Comparaison avec les stations du RORC	79
10	Annexe 1 : Fiches métriques	80
10.1	Densité d'abondance	80
10.2	Richesse spécifique	82
10.3	Densité par famille (principales familles).....	84
10.4	Richesse spécifique (RS) par famille (principales familles).....	93
10.5	Fréquence d'occurrence du poisson napoléon.....	102
10.6	Fréquence d'occurrence des tortues, des raies et des requins.....	103
10.7	Densité d'abondance des espèces commerciales	105
10.8	Densité d'abondance des espèces consommables	107
10.9	Densité d'abondance par groupe trophique	109
10.10	Densité d'abondance des espèces cible de la pêche à la ligne	114
10.11	Densité d'abondance espèces cible de la chasse.....	116

10.12	Pourcentage de recouvrement en corail vivant	118
10.13	Pourcentage de recouvrement en corail branchu.....	120
10.14	Complexité de l'habitat corallien.....	123
10.15	Pourcentage de recouvrement en débris	125
11	Annexe 2 : Bilan de l'analyse des images	127
12	Annexe 3 : Liste des indicateurs calculables avec l'outil de calcul PAMPA..	127
13	Annexe 4 : Caractérisation des habitats issus de la typologie	128
14	Annexe 5 : Références	129

2 Synthèse

Contexte
<p>L'activité de croisière s'est considérablement développée depuis 1995 en Nouvelle-Calédonie. A Lifou (baie d'Easo-Xepenehe), les « touchers » des paquebots de croisière sont passés de 4 bateaux en 1995, à 30 par an entre 2005 et 2008, puis 120 en 2016. A chaque toucher, les croisiéristes débarquent en masse sur la baie et le littoral de Jinek.</p> <p>Cette étude conduite sur le terrain en septembre 2014 vise à évaluer les impacts sur les habitats et la macrofaune côtiers du mouillage et de la fréquentation du littoral par les baigneurs, et plus généralement à caractériser l'état écologique de la baie d'Easo-Xepenehe et du littoral proche. En 2009, Léopold et al. (2009) ont réalisé une étude sur les habitats avec le système de vidéo remorqué de l'IFREMER. La présente étude repose sur l'utilisation du STAVIRO, une technique vidéo rotative mise au point en 2007 en collaboration avec l'ADECAL et l'IRD. Elle s'intéresse à la fois aux poissons et leurs habitats.</p>
Méthodologie
<p>Les stations ont été réparties en fonction de la pression de mouillage, et des habitats. 133 stations vidéo rotatives ont été déployées, dont 122 stations ont été exploitables. A chaque station, les espèces consommables, emblématiques ou présentant un intérêt écologique particulier, et facilement identifiables par STAVIRO ont été dénombrées, et l'habitat a été caractérisé en termes de recouvrement biotique et abiotique¹. Une typologie d'habitat a été établie sur l'ensemble des sites visités en Nouvelle-Calédonie². Chaque station appartient ainsi à un habitat-type utilisé comme facteur explicatif dans l'analyse des données sur la macrofaune (poissons principalement). Nous analysons ainsi l'influence sur des indicateurs relatifs à l'habitat, à la biodiversité et aux ressources, et sur le peuplement de poissons, de a) la proximité à la zone de mouillage, et b) des activités humaines sur le littoral. L'état écologique des zones est caractérisé grâce à une grille de lecture « pays », établie à partir de l'ensemble des données STAVIRO. L'état de zones frangeantes (comme la zone d'étude) dans l'habitat Corail vivant est également reporté. Les grilles de lecture basées sur la gamme de valeurs observées comprennent donc nécessairement un certain nombre de valeurs « rouges ».</p> <p>Surface et durée d'observation des STAVIRO : Chaque station est posée pour avoir une vision panoramique. La densité d'abondance est le nombre moyen d'individus dans un rayon de 5m autour de la caméra, soit une surface de 78.5 m². Les densités correspondent à une durée de 3 min (moyenne sur trois rotations de 3min). Les fréquences et nombres d'espèces sont additionnés sur les trois rotations, soit une durée de 9 min. En comparaison, les transects UVC pratiqués dans la majorité des suivis correspondent à une durée d'observation de 30 min à 1h, une surface de 250 m² (50 m X 5 m) et sont en général posés perpendiculairement à la pente sur le tombant récifal.</p>

¹ voir le guide méthodologique AMBIO/A/1 pour plus de détails

² voir le document sur la typologie des habitats AMBIO/A/3 pour plus de détails

2.1 Impact du mouillage sur les habitats³

Le mouillage principal des paquebots est situé à l'ouest de la baie d'Easo, à une profondeur minimale de 35 m. Les 3 navires observés ont respecté la zone de mouillage recommandée. Dans une zone de 0 à 200m autour du centre des points de mouillage observés, le corail vivant est remplacé par des débris très fins, résultant du broyage des blocs de corail mort observés en 2009. Le recouvrement en corail vivant est quasi-nul et la complexité de l'habitat est très faible.

Dans la zone située entre 200 et 400 m du point de mouillage, l'impact est intermédiaire et surtout hétérogène : on observe une différence entre le nord-ouest de la zone qui présente de forts recouvrements en débris comme en 2009, et l'est où les recouvrements en corail vivant, élevés en 2009 ont fortement diminué et le substrat est désormais dominé par du corail mort en 2014. Dans toute cette zone périphérique, les impacts du mouillage sont nettement plus marqués qu'en 2009 ; le nord-ouest en est impacté en raison des vents dominants qui font éviter le bateau et sa chaîne, tandis que l'est pourrait souffrir d'un impact indirect de la turbidité chronique engendrée par de fréquents touchers ; cette hypothèse reste toutefois à tester sur le terrain.

En revanche, l'habitat du point de mouillage secondaire, rarement utilisé, situé au sud de la pointe d'Easo n'apparaît pas impacté. Dans le reste de la Baie d'Easo-Xepenehe, à des profondeurs comparables, les recouvrements en corail vivant et en corail branchu augmentent avec la distance au mouillage principal situé devant le village d'Easo. Toujours, à des profondeurs comparables, la zone de Jinek présente des recouvrements en corail vivant en général moins élevés que les zones non impactées de la Baie et que la zone du second mouillage, mais plus élevés que ceux des zones impactées. Le corail branchu est surtout observé dans l'est de la Baie d'Easo-Xepenehe à plus de 15m. Il est très peu présent à Jinek à plus de 15m. Ces résultats s'expliquent en partie par des différences naturelles.

Sur l'ensemble de la zone, l'état de santé du corail est donc le plus satisfaisant à l'est de la Baie d'Easo-Xepenehe. En ce qui concerne les impacts indirects de l'ancrage, les vidéos ne révèlent pas de sédimentation sur les coraux qui pourrait s'expliquer par les perturbations dues au mouillage situé plus à l'ouest. Cependant, le corail mort observé à l'est de la zone 0-400m et la dégradation du corail sous le vent du point de mouillage laissent à penser à des perturbations indirectes provoquées par les ancrages répétés.

Grille de lecture pays : les recouvrements coralliens de l'habitat Corail Vivant varient d'un état mauvais (zone 0-200m) à un état moyen (zones non impactées) :

0-200m	200-400m	2 nd mouillage	Easo-Xepenehe	Jinek

Ce classement résume une réalité plus nuancée station par station (Figure S2). Cette évaluation pourra être éventuellement révisée si d'autres données sont collectées sur Lifou, notamment dans d'autres zones de l'île.

³ évalué à des profondeurs supérieures à 15 m

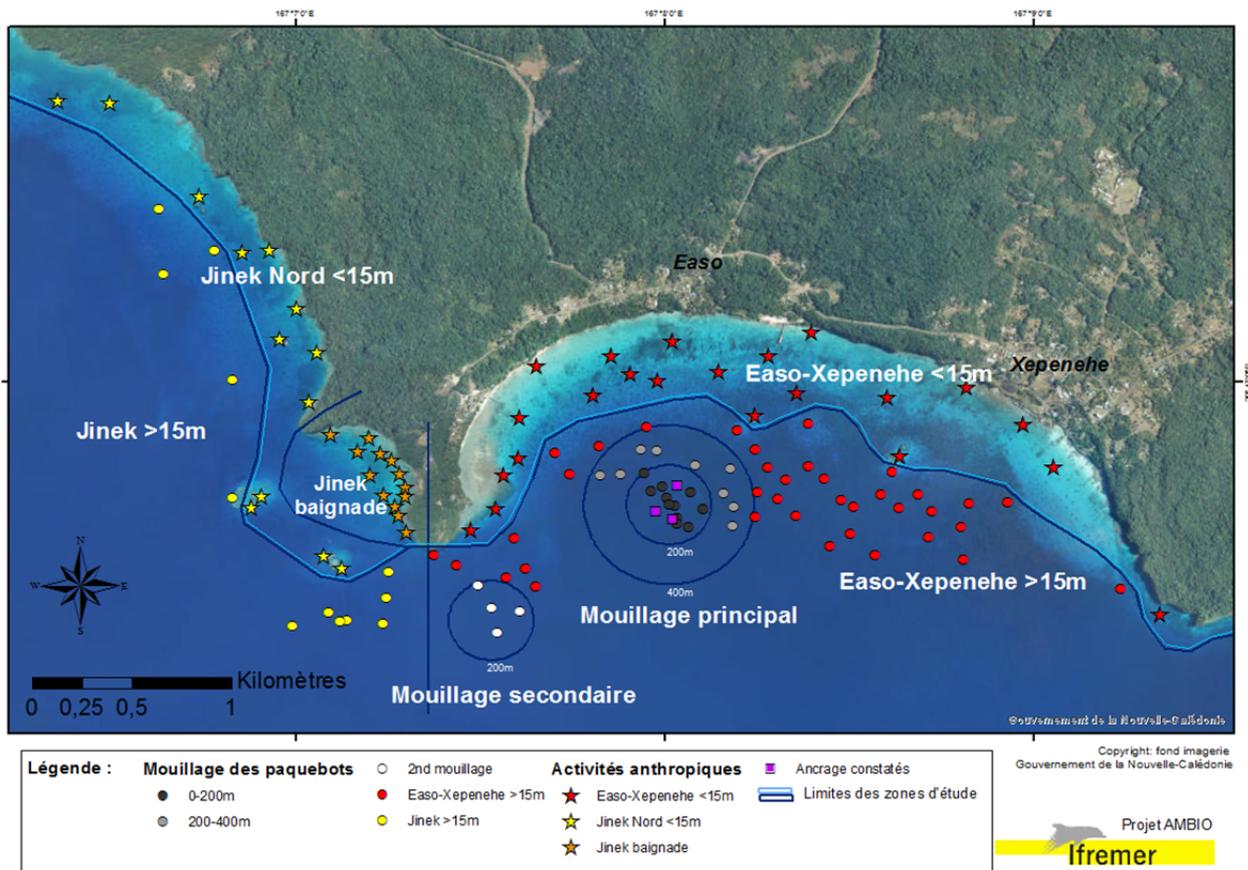


Figure S1. Zonation utilisée pour l'évaluation des impacts.

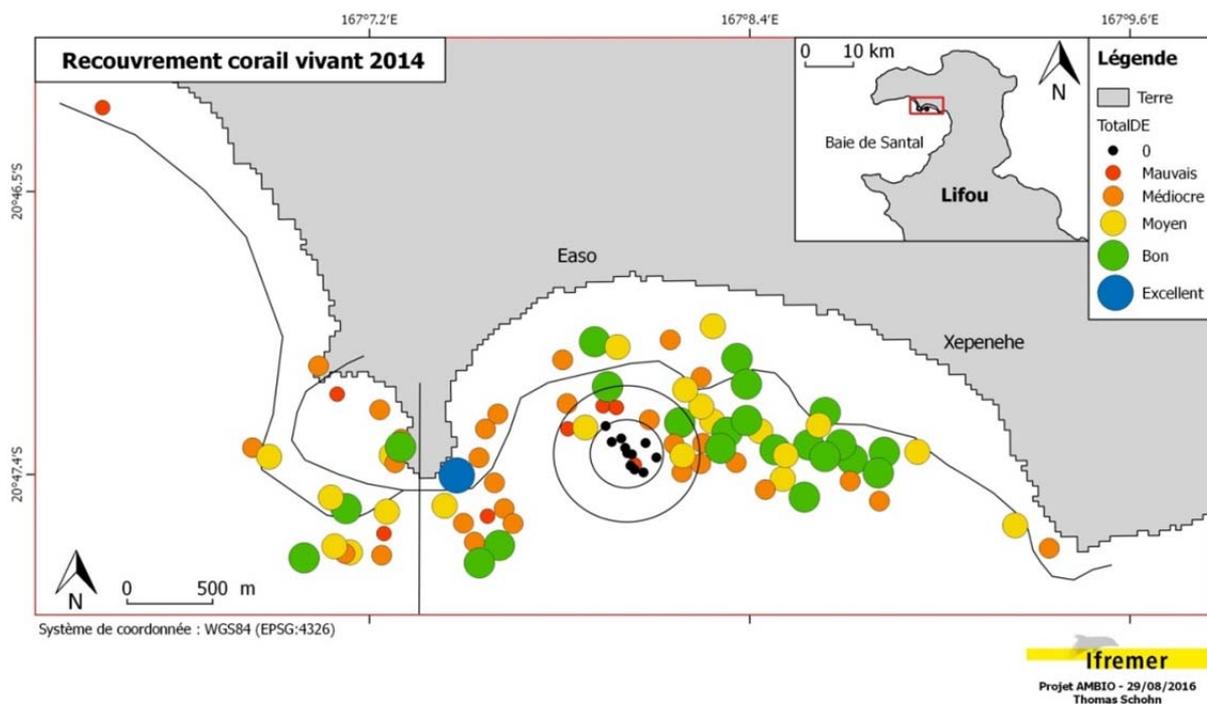


Figure S2. Etat du recouvrement en corail vivant à chaque station.

Evolution de l'activité et recommandations

Au regard de l'évolution attendue du nombre de touchers et de la taille des navires, nos résultats indiquent que si les points d'ancrage sont respectés, **l'impact direct du mouillage** sur les habitats dans la zone fortement impactée ne devrait pas augmenter si la fréquence des touchers augmente, ce pour des navires de taille équivalente. Pour des navires plus grands, **sous condition d'un positionnement dynamique et d'une longueur de chaîne inchangée, la zone très fortement impactée ne devrait pas s'agrandir**. En ce qui concerne les impacts indirects, si l'hypothèse de perturbations dans la zone environnante était confirmée, l'augmentation de la fréquence des touchers pourrait venir aggraver cette situation. **Il serait alors nécessaire de réfléchir à des alternatives aux ancrages répétés.**

Dans la seconde zone de mouillage, **le corail semble préservé à l'heure actuelle. Il est recommandé de ne plus utiliser cette zone** même si le nombre de touchers augmente. **De même, l'état préservé des habitats à l'est des zones impactées invite à interdire l'ancrage de tout navire dans ces zones.**

2.2 Impact de la fréquentation sur les habitats littoraux

(NB : Evalué à des profondeurs inférieures à 15m)

Baie d'Easo-Xepenehe : Malgré la proximité des villages et le débarquement des touristes, l'habitat corallien présente un état satisfaisant, avec des recouvrements en corail vivant élevés (Figure S2) et des recouvrements en corail branchu, tous deux similaires à ceux observés à des profondeurs supérieures en l'absence d'impact. Le littoral de cette zone n'apparaît pas impacté.

Zone de baignade de Jinek : Par rapport à la baie d'Easo-Xepenehe, le recouvrement en corail vivant et la complexité de l'habitat corallien sont moins élevés (33% versus 46%) et le recouvrement en débris est un peu plus élevé. Pour le corail vivant, la différence avec la zone au nord de Jinek est nette (33% versus 44%). On peut évoquer un impact mécanique (bris de corail) modéré, sans présager d'autres atteintes potentielles à la santé du corail (par ex. pollutions organiques ou par des produits solaires). En l'absence de données sur le nombre de baigneurs et le possible « nettoyage » des coraux cassés, **il semble prudent de canaliser la fréquentation de ces zones, et de s'assurer de bonnes pratiques de baignade** (nombre maximal de baigneurs à un temps t, utilisation de produits non nocifs pour l'environnement, règles d'hygiène strictes sur site), surtout si la fréquentation devait augmenter dans le proche futur, et ce afin d'éviter des atteintes irréversibles aux habitats.

Grille de lecture pays (Cette évaluation pourra être éventuellement révisée si d'autres données sont collectées sur Lifou, notamment dans d'autres zones de l'île).

	Baignade	Easo-Xepenehe	Jinek Nord
Corail vivant			

2.3 Impact du mouillage sur les poissons

(NB : Evalué à des profondeurs supérieures à 15m)

Maintien d'un peuplement et d'espèces représentatifs de l'écosystème				
<p>Différences entre zones :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jinek : poissons plus abondants et plus diversifiés que dans les autres zones. • Zone d'impact principal (« 0-200m »): poissons significativement moins abondants (sauf pour les balistes) et moins diversifiés. • Zones d'impact intermédiaire (« 200-400m ») et de mouillage occasionnel: poissons moins abondants et moins diversifiés que dans les zones non impactées mais différences moins marquées que pour la zone « 0-200m ». • Est de la Baie d'Easo-Xepenehe: poissons plus abondants que dans les zones impactées, mais abondances assez faibles. • Dans ces 3 zones, la densité d'abondance des poissons est de 65% à 70% inférieure à celle de la zone de Jinek. La différence entre l'ouest et l'est de la Baie d'Easo-Xepenehe est seulement de l'ordre de 5%, en conséquence de probables pressions anthropiques sur l'est de cette baie. <p>Etat écologique : Abondance des poissons (Fig. S3, haut) : état mauvais sur 4 des zones, dont l'est de la Baie d'Easo-Xepenehe, et médiocre à Jinek. Diversité (Fig. S3, bas) : état mauvais dans la zone 0-200m, moyen à Jinek, et médiocre ailleurs.</p>				
Etat d'autres zones frangeantes	Densité d'abondance	Corne sud	Hienghene	Pouebo
	Richesse spécifique	Corne sud	Hienghene	Pouebo
<p>Les peuplements de poissons diffèrent nettement depuis un peuplement pauvre dans la zone « 0-200m », vers un peuplement caractérisé par des espèces communément observées dans des habitats dégradés (zones 200-400m et Est de Easo-Xepenehe), jusqu'à un peuplement typique d'un récif corallien en bonne santé dans la zone de Jinek, (caractérisé par de nombreuses espèces (papillons, perroquets, fusiliers, saumonée gros points,...). La zone de mouillage occasionnel est caractérisée par le baliste à bride et la perche de minuit dorée.</p>				
Maintien des fonctions de l'écosystème				
<p>Les piscivores (principalement des loches et carangues) sont peu abondants sur toutes les zones. Espèces carnivores, herbivores, et planctonophages sont moins abondantes sur les zones de mouillage, et plus abondants à Jinek.</p>				
Exploitation durable des ressources				
<p>Des espèces-cibles importantes sont très peu ou pas observées (saumonée, bec de cane, dawa, picots kanak) (du moins pas au niveau de l'espèce ou du complexe). Les densités sont également faibles par famille (loches, becs et bossus, lutjans, rougets-barbets et carangues. Seuls chirurgiens pêchés et perroquets sont fréquents, notamment à Jinek où ils sont aussi plus abondants. Carangues et saumonées sont observées dans l'est de la Baie d'Easo-Xepenehe, mais sont peu abondantes.</p>				

Etat des ressources de la pêche : mauvais sur toute la zone (Figure S4).

Autres zones frangeantes	Densité esp. Commerciales, Densité esp. pêchées	Corne sud	Hienghene	Pouebo
--------------------------	---	-----------	-----------	--------

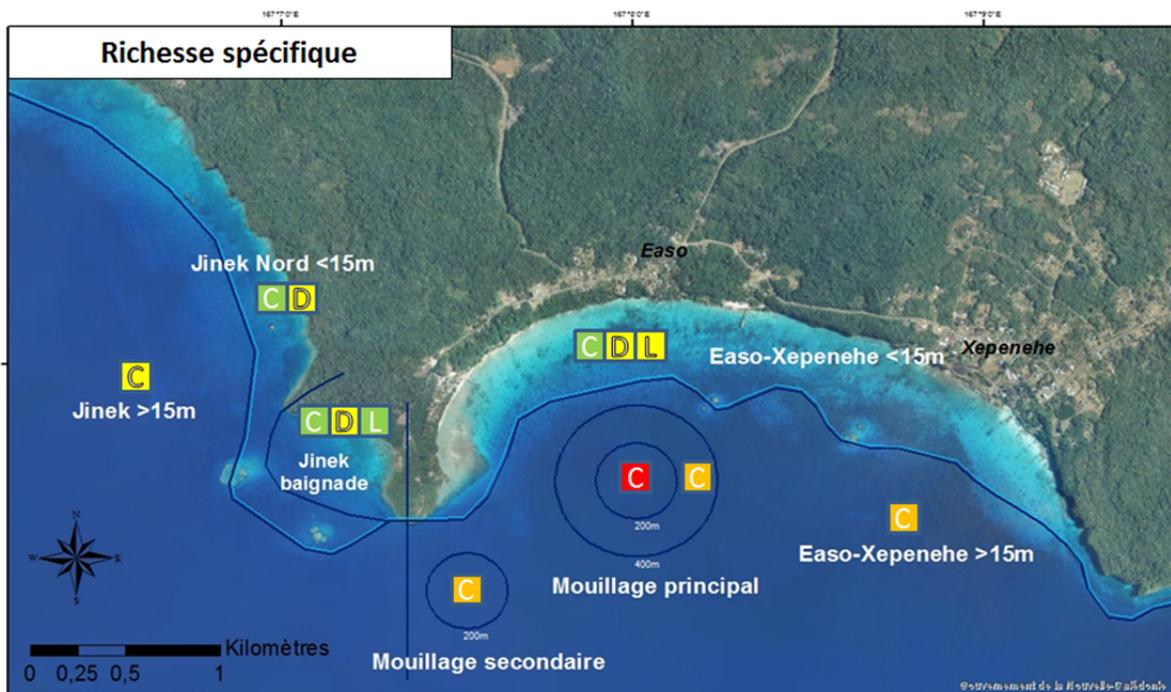
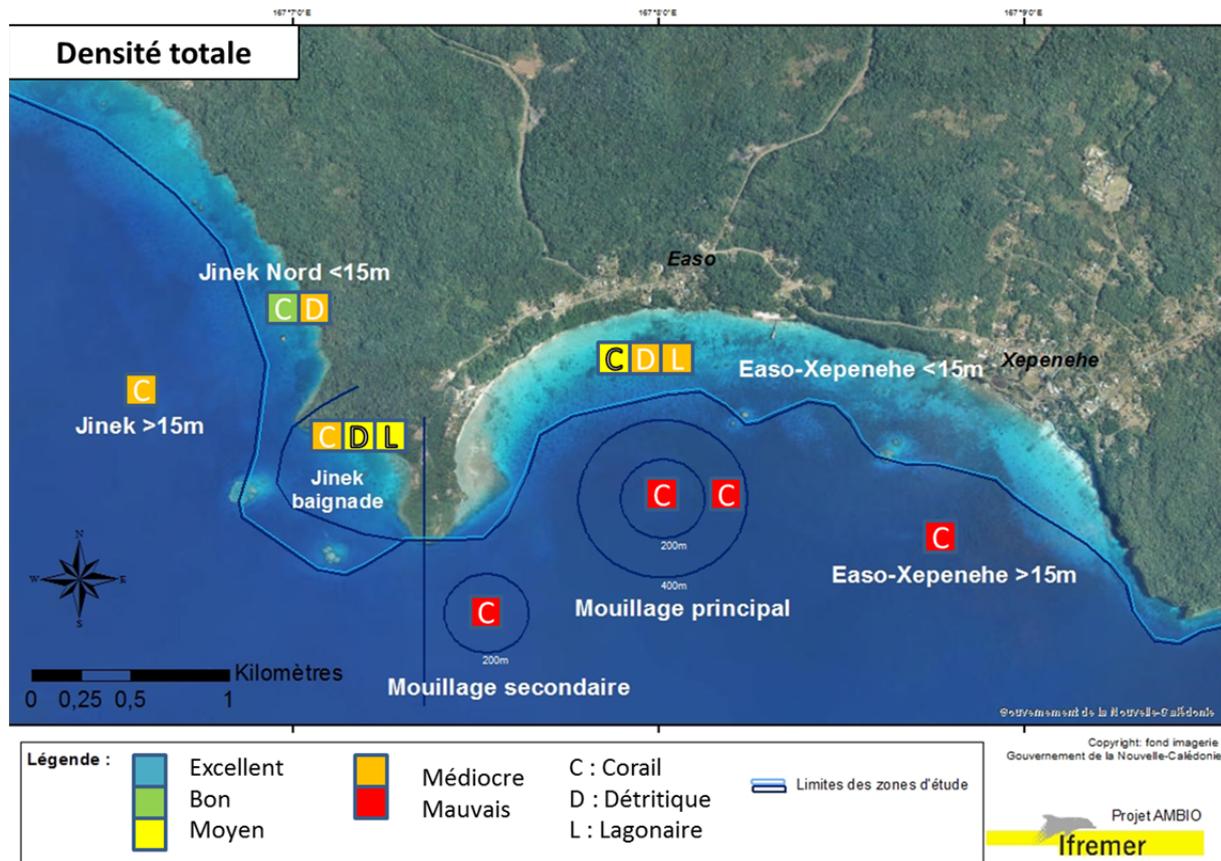


Figure S3. Densité d'abondance totale (haut) et de la richesse spécifique (bas) par zone et par habitat (C=Corail vivant ; D=Détritique ; L=Fond lagonaire).

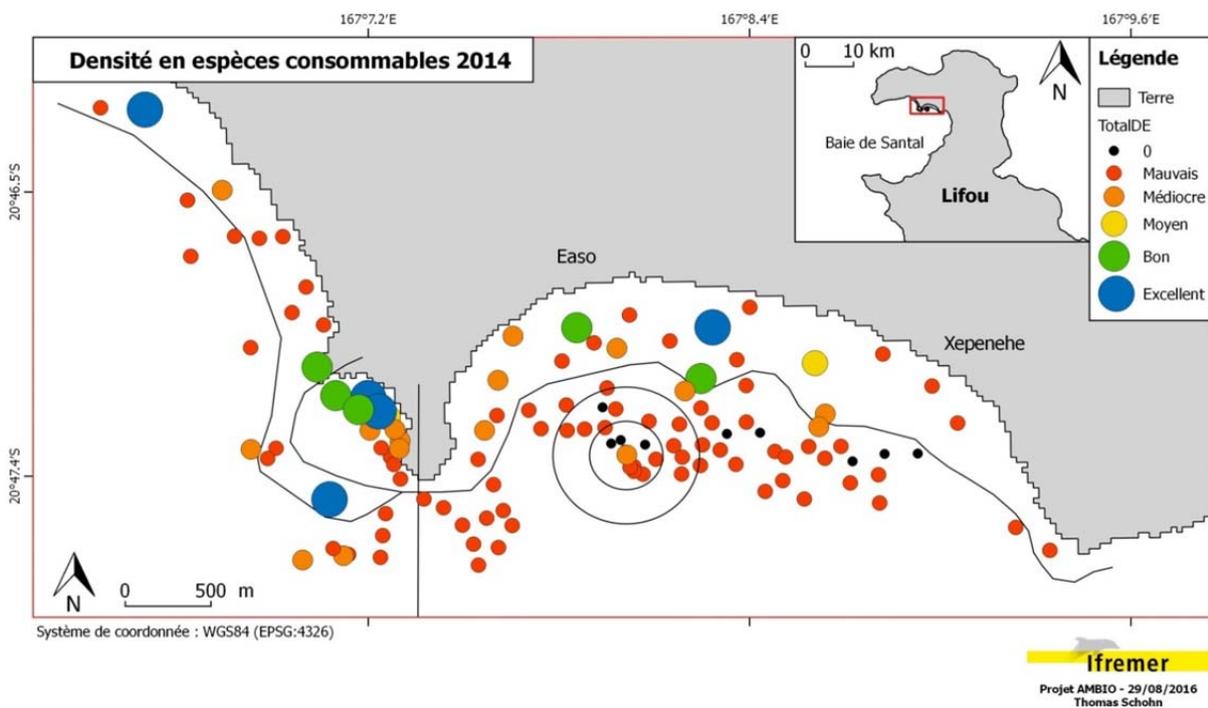
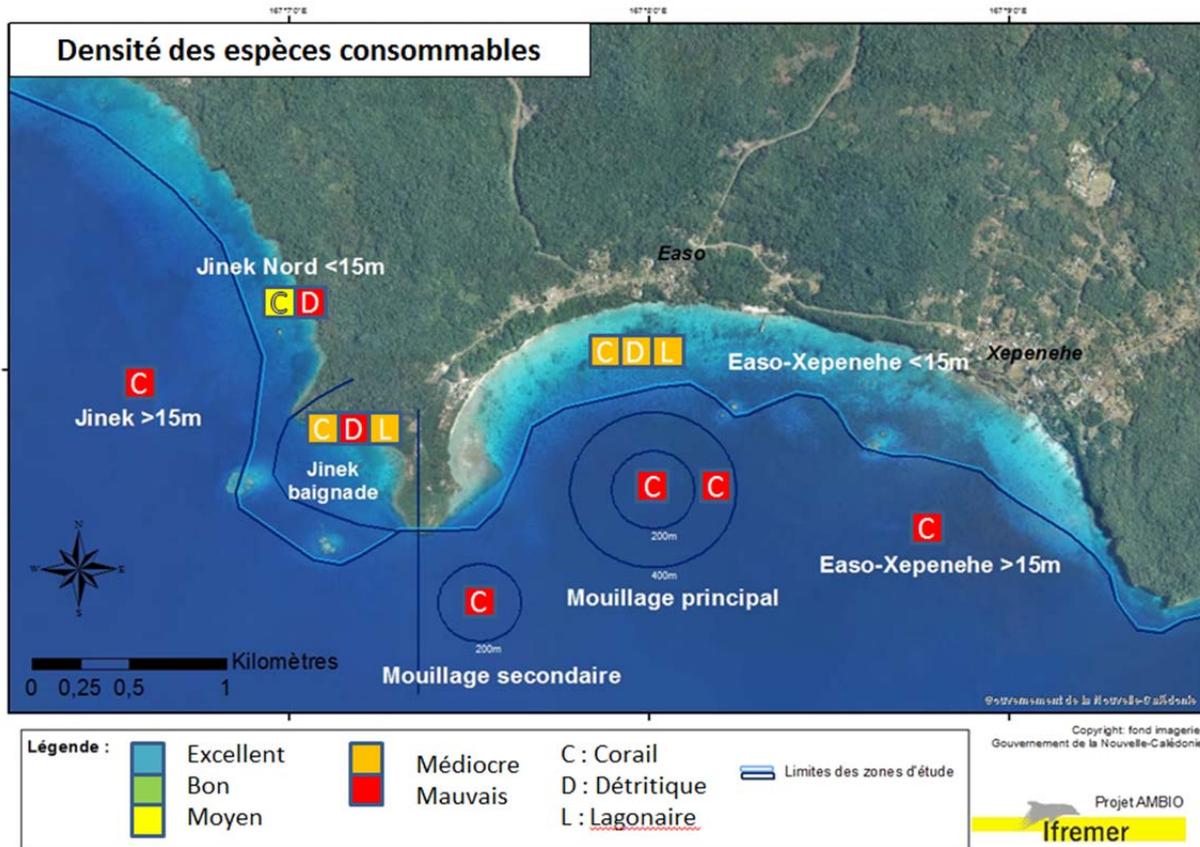


Figure S4. Densité d'abondance des espèces pêchées par zone et par habitat (C=Corail vivant ; D=Détritique ; L=Fond lagonaire)(haut) et état des ressources par station.

2.4 Impact de la fréquentation sur les poissons des zones littorales

(NB : Evalué à des profondeurs inférieures à 15m)

Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
<p>Les densités d'abondance totale et par famille ne diffèrent pas clairement entre les trois zones littorales, excepté pour les poissons chirurgiens, significativement plus abondants dans la zone de baignade de Jinek. Les richesses spécifiques ne diffèrent pas non plus nettement entre zones. Perroquets et papillons sont nettement plus abondants et plus diversifiés sur l'habitat Corail vivant.</p> <p>Etat écologique: La densité d'abondance toutes espèces indique un état médiocre sur les trois habitats des zones littorales (Figure S3, haut). Seules les stations de la zone Jinek nord présentent un état moyen sur l'habitat Corail vivant ; ces stations sont presque toutes au large de la zone de baignade. La richesse spécifique indique un état satisfaisant sur l'habitat Corail vivant dans les trois zones (Figure S3, bas).</p> <p>Les assemblages de poissons diffèrent plus entre zones qu'entre habitats ; la zone d'Easo-Xepenehe se démarque des zones de Jinek qui ne diffèrent pas nettement. La zone d'Easo-Xepenehe est caractérisée par le poisson papillon <i>Chaetodon lunulatus</i> et le rouget barbet bicolore (<i>Parupeneus barberinoides</i>), tandis que la zone de baignade de Jinek est caractérisée par des poissons papillons (<i>C. flavirostris</i> et <i>C. vagabundus</i>), par le poisson perroquet <i>Scarus rivulatus</i>, les poissons chirurgiens (<i>Acanthurus nigricauda</i>) et le barbillon blanc (<i>Mulloidichtys flavolineatus</i>).</p> <p>Ces résultats n'indiquent pas d'impact sur le peuplement de poissons dans la zone de baignade où le peuplement est celui d'un récif corallien en bonne santé. Dans la zone de Jinek, les poissons sont plus diversifiés et abondants que dans les autres zones littorales; il est donc important de préserver cette biodiversité par une gestion précautionneuse de la fréquentation.</p>
Maintien des fonctions de l'écosystème
<p>Dans la zone de baignade, les carnivores sont moins abondants et les herbivores plus abondants. Les piscivores sont peu abondants sur toutes les zones. Ces résultats n'indiquent pas d'impact net dans la zone de baignade de Jinek.</p>



Bancs de poissons chirurgiens dans la zone de baignade de Jinek

Exploitation durable des ressources

Les ressources sont significativement plus abondantes sur l'habitat principal, Corail vivant (62% des stations). Les chirurgiens pêchés ainsi que les espèces-cibles de la chasse sont plus abondants dans la zone de baignade de Jinek, et les saumonées y sont peu abondantes mais plus fréquentes. Cette zone se caractérise aussi par une proportion de grands poissons nettement plus importante qu'à Easo (40% versus 23%). Pour les autres indicateurs, les différences entre zones sont peu marquées voire inexistantes. Des ressources importantes ne sont pas observées (picots kanak, becs de cane) (du moins pas au niveau de l'espèce ou du complexe), ou en abondances très faibles (dawa, lutjans, loches, carangues).

Etat des ressources : Sur l'habitat principal (Corail vivant) : le diagnostic est mauvais sur les trois zones littorales pour les espèces commerciales (niveau des ressources comparable à la zone frangeante de Pouebo) ainsi que pour les espèces-cibles de la ligne qui sont particulièrement peu abondantes sur la zone (niveau similaire aux frangeants de Pouebo et Hienghene). Les espèces-cibles de la chasse sont dans un état médiocre dans les deux zones de Jinek et mauvais sur le littoral d'Easo-Xepenehe. Par contre, les espèces consommables sont dans un état moyen au nord de Jinek, médiocre dans la zone de baignade et mauvais à Easo-Xepenehe, comme la densité totale des poissons. Ces résultats indiquent une pression de pêche sur les espèces commerciales, sur toute la zone, y compris dans la zone de Jinek et au nord. L'impact de la zone de baignade sur les ressources de la pêche n'est pas plus apparent que sur l'ensemble du peuplement de poissons.

Etat des ressources sur l'habitat corail vivant :

	Easo-Xepenehe	Jinek baignade	Jinek Nord	Autres zones Frangeantes		
Espèces commerciales				CS	HI	PO
Espèces consommables				CS	HI	PO
Cibles de la chasse				CS	HI	PO
Cibles de la ligne				CS	HI	PO

2.5 Description de la biodiversité de la zone d'étude

Description des habitats

- Trois des cinq habitats identifiés dans la typologie de Nouvelle-Calédonie sont observés sur la zone d'étude : Corail vivant (62% des stations), Détritique (25% des stations) et Fond lagonaire (12% des stations). Aucune station n'a été classée en herbier ni en algueraie.
- Le recouvrement en corail vivant est en moyenne élevé (35%) sur l'habitat « Corail vivant » et présente des valeurs très élevées à certaines stations. Le corail vivant est rencontré sur 91% des stations.
- Les plus forts recouvrements en corail vivant ont été en règle générale relevés dans la zone non impactée de la baie de Easo-Xepenehe, à plus de 400 m de distance de la zone de mouillage, à des profondeurs intermédiaires.

Poissons et espèces remarquables

Statistiques sur les espèces observées

- 123 espèces de poissons, serpents et tortues, appartenant à 54 genres et 23 familles (dont les tortues (Chelonidae) et les serpents (Elapidae)) ont été observées.
- 62% des poissons ont été identifiés au niveau de l'espèce, 10% au niveau du genre et 28% au niveau de la famille (souvent des petits perroquets).
- Balistes et poissons papillons sont les familles les plus fréquentes (présents sur respectivement 90% et 77% des stations), suivis par les chirurgiens (73%), les rougets-barbets (72%), les perroquets (63%) et les labres (52%).
- Les familles les plus diversifiées sont les poissons-papillons (27 espèces), puis les labres (16 espèces). La diversité des poissons-papillons est signe d'un bon état de santé des récifs observés; elle est à rapporter au nombre de stations (122) validées sur cette zone.
- Les familles les plus abondantes sont les poissons chirurgiens, les fusiliers, les poissons-papillons et les poissons perroquets.
- Les tortues, raies et requins ont rarement été observés (tortues : 1 station sur Fond lagonaire de faible profondeur ; raies : 2 stations sur l'habitat Corail vivant et Corail impacté ; requins : 1 station sur Fond lagonaire).
- Les napoléons ont été observés fréquemment (sur 10 stations de Corail vivant).
- Tous habitats confondus, la densité moyenne par station, est de 14.7 ind/100m²/3min (maximum 171.8 ind/100m²/3min). Le nombre d'espèces moyen (Richesse Spécifique – RS) vu par station est de 7.8 espèces dans un rayon de 5 m (soit sur une surface de 78.5 m²/9min) avec un maximum de 25 espèces.
- Les RS et densités d'abondance totale ne diffèrent pas significativement entre habitats.

2.6 Conclusion générale et recommandations

Impact	Diagnostic	Recommandation
Mouillage	<ul style="list-style-type: none"> • Impact avéré sur l'habitat corallien dans un rayon de 400m autour du point de mouillage principal • Impact sur les poissons directement lié à l'impact sur les habitats dans cette zone • Zone de mouillage occasionnel relativement préservée • Impact indirect sur les habitats et sur les poissons dans les zones avoisinantes à confirmer 	<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer du positionnement dynamique des paquebots et que le nombre de maillons n'augmente pas • Interdire définitivement l'usage du second point de mouillage • Etudier les perturbations indirectes dans les zones avoisinantes de la Baie • Etudier les solutions alternatives aux ancrages répétés dans la Baie
Baignade	<ul style="list-style-type: none"> • Impact modéré sur l'habitat corallien à Jinek • Pas d'impact avéré sur les poissons à Jinek • Dans la zone de Jinek, les espèces sont caractéristiques d'un peuplement en bonne santé • Risque indiscutable de dégradation mécanique ou de pollution organique 	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter la fréquentation de la zone de baignade pour le moment relativement préservée • Surveiller la fréquentation de la zone • Mettre en place un code de bonne conduite sur la zone • Limiter le nombre de baigneurs à l'année
Pêche	Etat mauvais ou médiocre des ressources de pêche sur toute la zone, <i>mais similaire à d'autres zones de frangeant de la Grande Terre</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place un suivi de la pêche • Evaluer les ressources sur d'autres zones de l'île pour relativiser le diagnostic par rapport à d'éventuelles particularités des peuplements de poissons de Lifou

Malgré les impacts observés sur les densités d'abondance, le peuplement de poissons apparaît diversifié sur toutes les zones littorales, et ce sur un périmètre d'ensemble qui reste géographiquement restreint. Il serait utile de disposer de points de comparaison avec d'autres zones de l'île, non impactées.

3 Introduction

3.1 Contexte

L'île de Lifou, d'une superficie d'environ 1200km² pour une population de 9300 habitants en 2014, fait partie de l'archipel corallien des îles Loyautés, situé à une centaine de kilomètres à l'Est de la Nouvelle-Calédonie (Figure 1).

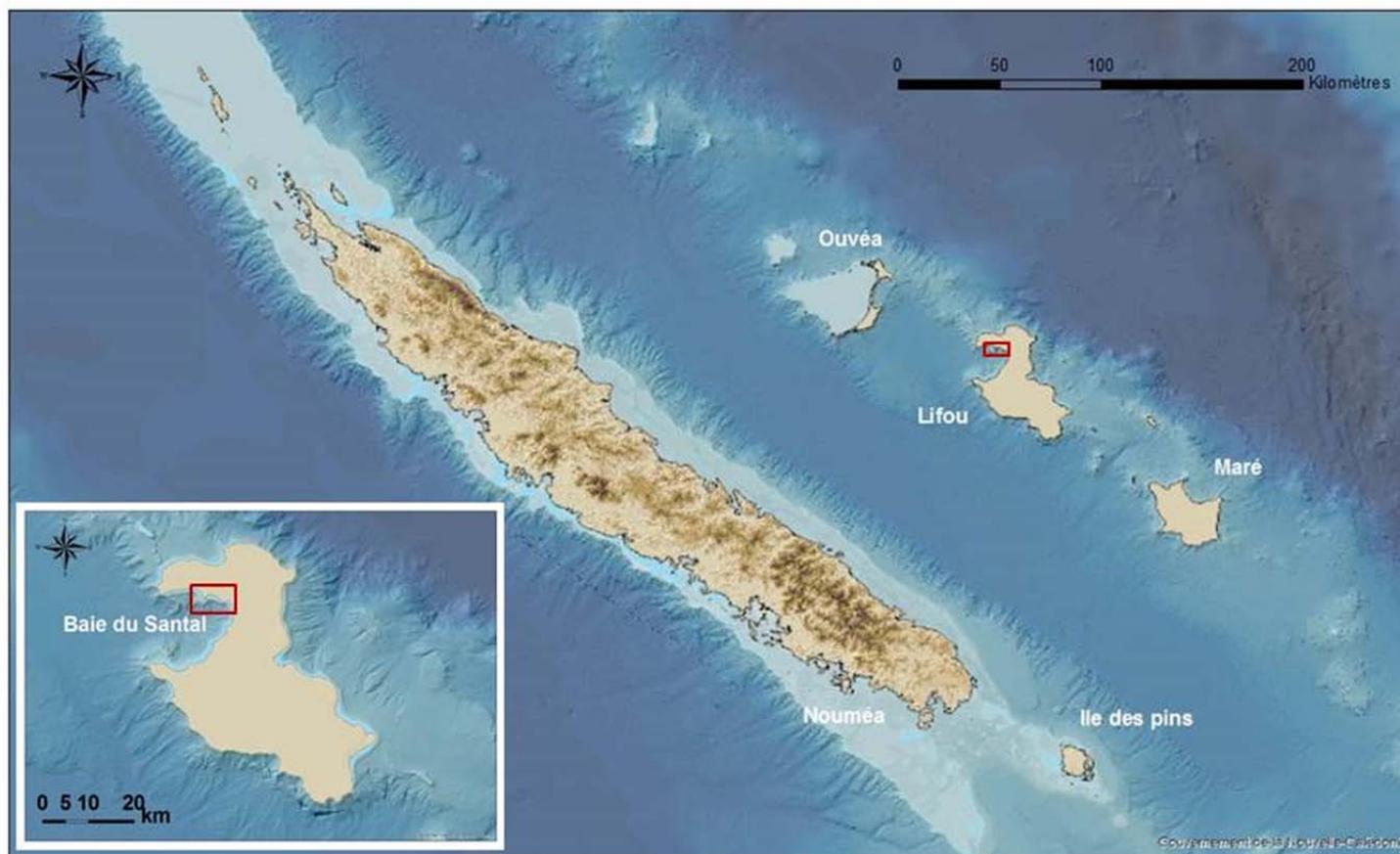
L'île de Lifou fait depuis 1995 l'objet d'un tourisme intense, avec le mouillage dans la baie d'Easo-Xepenehe (Figure 1) de paquebots de croisière. De 4 bateaux en 1995 (HG/NC, internet) et de 30 bateaux en moyenne entre 2005 et 2008 (IRD, 2009), la fréquentation annuelle des paquebots a atteint en 2014 une moyenne d'une centaine de bateaux (communication Pilotage Maritime Nouvelle-Calédonie, 2015). Outre la pression d'ancrage sur les récifs, c'est également un débarquement massif de touristes qui s'effectue sur les plages de la baie à chaque arrivée d'un navire, augmentant de manière chronique la fréquentation des récifs proche du littoral de Jinek.

Cette étude vise d'abord à caractériser l'impact du mouillage des paquebots touristiques sur l'état des habitats et l'état des populations de poissons de la baie d'Easo-Xepenehe. L'impact potentiel d'un débarquement massif de touristes sur les plages de Jinek a été analysé dans un second temps.

Cette approche repose sur le déploiement et l'analyse de stations vidéo rotatives STAVIRO (Pelletier *et al.*, 2012) réparties sur l'ensemble de la zone, selon un protocole stratifié couvrant l'ensemble de la zone impactée sur tous les habitats possibles.

Nous en présentons les travaux de terrain et d'analyse, ainsi que les résultats à travers les caractéristiques et l'état des communautés de poissons et de leurs habitats.

Les variations spatiales des indicateurs ont été analysées en fonction de l'habitat issu de la typologie à l'échelle de l'ensemble des sites étudiés (par AMBIO), et en fonction de la distance à la zone d'impact.



Copyright: fond relief - Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie
Projet AMBIO

Légende

 Zone d'étude



Figure 1. Zone d'étude (cadre rouge).

3.2 Objectifs de la mission

La campagne AMBIO s'est déroulée entre le 26 septembre et le 1 octobre 2014, avec pour objectifs de :

- décrire et évaluer les peuplements de poissons et habitats associés
- décrire et évaluer les impacts associés au mouillage des paquebots et à la fréquentation anthropique sur les habitats récifaux-lagonaires et les peuplements de poissons de la baie du Santal.

Les données collectées durant cette campagne doivent permettre de caractériser précisément les impacts anthropiques sur les habitats impactés ainsi que sur les peuplements de poissons associés.

3.3 Moyens techniques et humains

La mission a été réalisée avec les pêcheurs Christophe et Louis, à bord de deux embarcations de type Stabicraft et plate.



Figure 2. Gauche: Christophe avec l'équipe AMBIO sur le Stabicraft. Droite : Louis en approche d'une station à la pointe d'Easo.

Outre les pêcheurs, la mission comprenait 4 agents IFREMER : Dominique Pelletier, William Roman, Thomas Bockel et Abigail Powell de l'Unité de Recherche Lagons, Ecosystèmes et Aquaculture Durable de la Délégation IFREMER de Nouvelle-Calédonie, ainsi que Johanna Herfaut de l'Agence des Aires Marines Protégées (Parc Naturel Marin de Mayotte).

4 Matériel et méthodes

La campagne s'appuie sur la technique d'échantillonnage de vidéo rotative panoramique et non appâtée (STAVIRO) (Figure 3).

4.1 Le STAVIRO

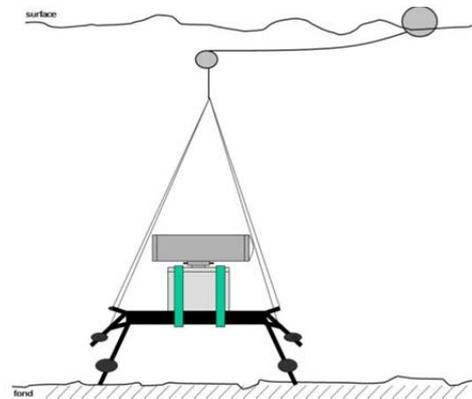


Figure 3. A gauche : STAVIRO en situation ; à droite : schéma du STAVIRO.

Le STAVIRO est un système vidéo haute définition. Il est programmé pour effectuer une rotation de 60° toutes les 30 secondes. Le système est déployé directement depuis un bateau sans immersion de plongeurs. Une fois au fond, le système doit effectuer trois rotations complètes (9 min). En pratique les systèmes sont déployés pendant 12 minutes minimum afin d'éviter toutes perturbations liées aux manœuvres du bateau. Les détails de sa mise en œuvre sont décrits dans le guide méthodologique AMBIO/A/1.

4.2 Analyse des images : habitat

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 utilisées pour la construction de cartes du recouvrement biotique, et pour établir une typologie des stations (méthodologie détaillée dans AMBIO/A/3). Une typologie des habitats a ainsi été réalisée sur l'ensemble des données collectées autour de la Grande Terre, soit environ 2000 stations (AMBIO/A/3).

Chaque classe résultant de la typologie rassemble les stations qui sont similaires du point de vue du recouvrement biotique et abiotique et de caractéristiques telles que la profondeur, la topographie et la complexité. Les facteurs qui caractérisent chaque classe permettent de décrire chacun de ces habitats (recouvrement biotique et abiotique, profondeur, topographie et complexité). Cette définition de l'habitat se base uniquement sur l'environnement immédiat de la station. Les habitats rencontrés dans la baie d'Easo-Xepenehe à Lifou sont : Corail vivant, Détritique et Fond lagunaire.

Le temps moyen d'analyse d'une vidéo pour l'habitat sur cette zone a été de 13 minutes (voir Annexe 2 « Bilan de l'analyse des images »).

4.3 Analyse des images : les poissons et espèces emblématiques

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

La méthodologie d'identification et le dénombrement des espèces à partir des images sont décrits dans AMBIO/A/1. Après plusieurs années d'expérience en analyse des données vidéos, des critères ont été retenus et ont permis d'établir une liste des espèces de poissons, tortues et serpents, identifiables en routine par les techniques STAVIRO et MICADO.

Le temps moyen d'analyse d'une vidéo pour l'ichtyofaune sur cette zone a été de 40 minutes (voir Annexe 2 « Bilan de l'analyse des images »).

4.4 Calcul des indicateurs : l'outil de calcul PAMPA

Les indicateurs pour la macrofaune 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. 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.* 2011), tandis que les métriques/indicateurs issus de la vidéo STAVIRO ont fait l’objet de fiches (Pelletier *et al.* 2011). Les indicateurs retenus sont dans le Tableau 1.

Tableau 1. Métriques utilisées dans cette évaluation.

Objectif de gestion	Métrique
Conservation de la biodiversité : maintien d’un ensemble de peuplements et d’espèces représentatif de l’écosystème	Richesse spécifique totale Densité d’abondance toutes espèces Densité d’abondance par famille Richesse spécifique par famille (principales familles)
Conservation de la biodiversité : espèces emblématiques, menacées ou endémiques	Fréquence d’occurrence du poisson napoléon Fréquence d’occurrence des tortues, raies et requins
Conservation de la biodiversité : maintien d’un ensemble d’habitats représentatifs	Recouvrement en corail vivant Recouvrement en corail branchu Complexité de l’habitat corallien Recouvrement en débris
Exploitation durable des ressources	Densité d’abondance des espèces commerciales Densité d’abondance des espèces consommables Densité d’abondance des espèces-cibles de la chasse sous-marine Densité d’abondance des espèces-cibles de la pêche à la ligne
	Becs et bossus pêchés*, chirurgiens pêchés*, perroquets*, dawa, saumonées,

*Densité d’abondance ou fréquence : La fréquence d’occurrence de l’espèce ou du groupe d’espèces est utilisée à la place de la densité quand cette dernière est trop faible pour les analyses statistiques.

4.5 Analyse des indicateurs

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

Les métriques listées ci-dessus sont analysées afin d'étudier deux problématiques liées : l'impact du mouillage des paquebots sur les fonds moyens, et l'impact de l'activité anthropique touristique ou résidente sur les petits fonds.

4.5.1 Impact du mouillage des paquebots de croisière

Lors de la campagne, les coordonnées des points de mouillages de trois paquebots touristiques, le « Pacific Dawn », le « Dawn Princess » et le « Carnival Legend » ont pu être relevées sur le terrain (Figure 4).

Le centre de ces trois points constitue donc le centre des mouillages observés. Il est situé à une cinquantaine de mètres du point de mouillage conseillé de la baie d'Easo-Xepenehe. Compte tenu de l'imprécision potentielle de la manœuvre de mouillage en fonction des conditions météorologiques, la zone pouvant être directement impactée par les touchers de l'ancre est donc délimitée par une zone de 200 mètres de rayon, autour du centre des mouillages observés.

La longueur de chaîne déployée par les paquebots varie entre 4 et 7 maillons de 30m (communication Pilotage Maritime Nouvelle-Calédonie, 2015) soit une longueur totale de chaîne pouvant aller jusqu'à environ 200 mètres. La zone potentiellement impactée par la chaîne s'étend donc jusqu'à 400 mètres de distance du centre des mouillages observés.

Le mouillage du village d'Easo est le plus utilisé de la baie avec une centaine de touchers par an contre quelques-uns pour le 2nd mouillage de la pointe d'Easo (communication Pilotage Maritime Nouvelle-Calédonie, 2015). Cette zone est délimitée dans cette étude par une zone de 200 mètres de rayon, autour du point de mouillage conseillé situé à la pointe (Figure 4).

Au regard de ces informations, l'analyse de l'impact du paquebot sera réalisée en distinguant 5 zones (Figure 4) :

- « 0-200m » (impactée directement).
- « 200-400m » (impactée directement).
- 2nd mouillage (impactée directement).
- « Easo-Xepenehe > 15m » (zone Est, non impactée directement).
- « Jinek > 15m » (zone Ouest, à l'extérieur de la baie, non impactée directement).

4.5.2 Impact des activités anthropiques littorales

L'impact principal des paquebots se situe au niveau des mouillages ; cependant le débarquement en masse des croisiéristes est aussi susceptible de perturber les habitats et peuplements à proximité de la côte.

Ces perturbations peuvent se produire dans la Baie (baignade, débarquements), et dans la zone de Jinek où les touristes vont aussi se baigner sur une zone restreinte et aménagée pour l'occasion. Enfin, les activités liées à la présence des villages littoraux de Xepenehe et Easo pour la partie Est de la zone peuvent également

exercer des pressions sur l'écosystème. La zone située au nord de Jinek, peu accessible et non pêchée, est supposée être la moins exposée à ces pressions. Le littoral du site d'étude est ainsi divisé en 3 zones (Figure 4) :

- « Jinek baignade » : zone potentiellement directement impactée par la baignade des touristes ;
- « Easo-Xepenehe <15m » : 2^e zone potentiellement impactée par les touristes, avec également des activités littorales ;
- « Jinek Nord <15m » : a priori non impactée par les touristes.

L'évaluation est limitée à la frange littorale, soit des profondeurs inférieures à 15m.

4.5.1 Analyse

Les variations des indicateurs de biodiversité potentiellement impactés par les problématiques de l'étude sont explorées graphiquement (graphiques et cartes) en fonction de la distance à la zone d'impact (pour l'impact du mouillage), et en fonction de la zone et de l'habitat (pour l'impact anthropique côtier) (Tableau 2).

Tableau 2. Zonation des pressions anthropiques.

Profondeur	Zone d'étude	Pressions anthropiques	Problématique étudiée
0-15m	Easo-Xepenehe < 15m	Villages de Easo et Xepenehe, pêche	Impact des activités anthropiques côtières
	Jinek baignade	Zone touristique de baignade très fréquentée	
	Jinek Nord < 15m	Pêche	
15-41m	0-200m	Destruction de l'habitat fréquente par l'ancre et la chaîne	Impact du mouillage des paquebots de croisière
	200-400m	Destruction de l'habitat fréquente par la chaîne	
	2 nd mouillage	Destruction de l'habitat occasionnelle par l'ancre et la chaîne	
	Easo-Xepenehe > 15m	Pêche, villages de Easo et Xepenehe	
	Jinek > 15m	Pêche	

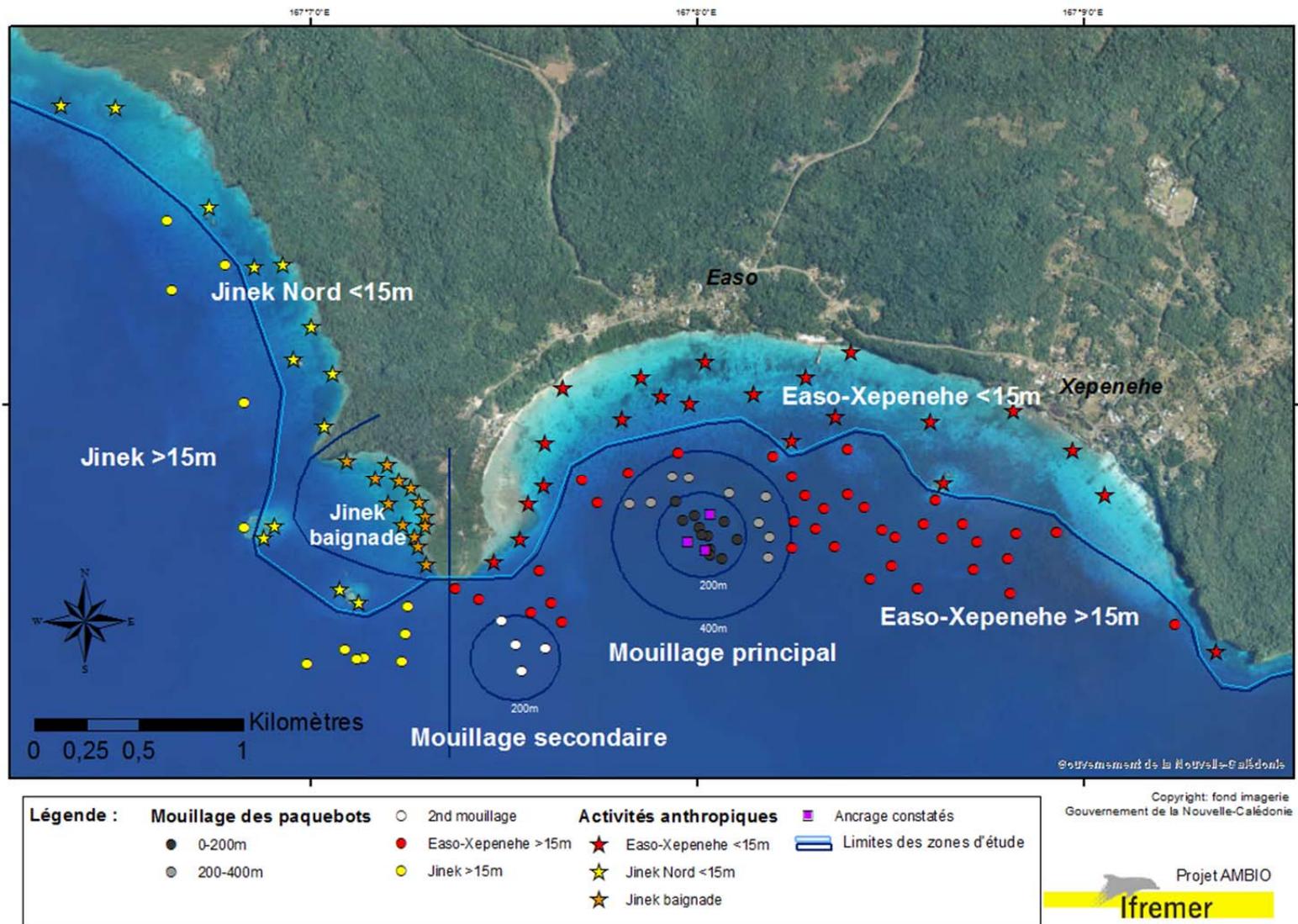


Figure 4. Localisation des stations d'étude en fonction des zones de pressions dans la zone d'étude.

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, la plateforme PAMPA propose le modèle qui s'ajuste le mieux aux données selon un critère statistique (Akaike), puis elle permet d'ajuster un modèle à plusieurs facteurs croisés. L'analyse de la variance indique d'abord si les effets des facteurs sont significatifs, puis ces effets sont estimés pour chaque combinaison de niveau des facteurs. Enfin, des tests de comparaisons multiples sont réalisés sur les différences spatiales. Les modèles sont ici ajustés pour un habitat donné. Les résultats du modèle peuvent ne pas être significatifs alors que les graphiques indiquent des différences non ambiguës. Les tests statistiques sur les métriques de fréquence d'occurrence sont réalisés à partir des données de présence/absence.

Prise en compte de l'habitat des stations impactées. La classification des habitats par la typologie AMBIO ne classe quasiment aucune station dans la classe Corail vivant dans la zone 0-400m, zone pourtant entourée par cet habitat. Ceci s'explique par l'importante dégradation physique de cette zone. Les stations de cette zone classifiées dans la classe Détritique par la typologie AMBIO sont donc incluses dans les analyses en tant que Corail vivant, en faisant ainsi l'hypothèse que ces stations font parties d'une zone de Corail vivant impactée.

4.6 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.

Ces analyses ont servi à tester l'effet sur l'assemblage de poissons de:

- L'impact du mouillage, testé à travers l'influence de la zone d'impact (« 0-200m », « 200-400m », « 2nd mouillage », « Easo-Xepenehe > 15m », non impactée « Jinek > 15m ») sur l'habitat Corail vivant uniquement :
- L'impact de l'activité anthropique côtière, testé à travers l'influence de deux facteurs, la zone (« Easo-Xepenehe < 15m », « Jinek baignade », « Jinek Nord < 15m »), et l'habitat (Corail vivant, Détritique, Fond lagonaire).

A la suite des PERMANOVA, des tests post hoc par paires ont permis d'identifier les différences significatives entre zones et habitats. Les analyses CAP permettent ensuite d'identifier les espèces caractéristiques des différentes zones d'influence et habitats. Des tests de validation croisée ont été réalisés pour estimer la fiabilité des modèles et le degré de différence entre les différents niveaux des facteurs.

4.7 Définition de l'état écologique : utilisation d'une grille de lecture « pays » pour les indicateurs

En plus des analyses graphiques et statistiques sur les différences entre les sous-zones (§ 4.5.1), nous avons interprété les principaux indicateurs grâce des grilles de lecture attribuant un code couleur par métrique dans chaque sous-zone de l'étude.

Définition des valeurs-seuils des grilles de lecture. Ces valeurs sont calculées à partir de l'étendue des métriques sélectionnées. A cet effet, nous avons utilisé le jeu de données complet AMBIO qui comprend des stations dans une variété de sites soumis à des pressions très diverses. Les seuils d'une métrique sont calculés **par habitat** issu de la typologie AMBIO (Corail vivant, Détritique, Herbier, Algueraie et Fond lagonaire). Nous faisons l'hypothèse que dans chaque habitat, le jeu de données AMBIO fournit une distribution représentative des valeurs potentiellement prises par la métrique en Nouvelle-Calédonie. Pour éviter la sensibilité aux valeurs extrêmes des métriques, l'étendue est restreinte à l'intervalle [0, quantile à 90%⁵] pour chaque métrique et chaque habitat. Dans cet intervalle, les seuils sont choisis pour fournir des intervalles de même largeur. **Cette grille de lecture basée sur la gamme de valeurs comprend donc nécessairement un certain nombre de valeurs « rouges ».**

Codages en couleurs. Pour chaque métrique et chaque habitat, la position de la moyenne par sous-zone par rapport aux seuils permet d'attribuer une couleur à chaque zone. Cette grille de lecture a été appliquée à des métriques dont la valeur doit être plus élevée lorsque l'état du système est meilleur (Tableau 3) ; elle ne prend pas en compte de considérations de statut de protection, ni d'unité géomorphologique. Dans cette étude, nous appliquons cette grille de lecture qui sera peut-être révisée par la suite, afin de donner un point de comparaison simple avec d'autres sites. La zone d'étude se situe dans l'unité géomorphologique « Frangeant océanique ». L'état écologique de zones possédant des récifs frangeants sera également reporté, pour relativiser l'évaluation.

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

Référence	Etat de référence – non impacté
Bon	Etat satisfaisant
Moyen	Etat moyen, impact modéré
Médiocre	Etat médiocre, impact net
Mauvais	Etat mauvais, impact très sévère

⁵ c-a-d que 90% des valeurs concernées sont inférieures à cette valeur.

	Les données ne permettent pas de conclure
--	---

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

Les grilles de lecture « pays » sont ici appliquées à quatre métriques : densité d'abondance toutes espèces, richesse spécifique, densité d'abondance des espèces consommables, et densité d'abondance des espèces commerciales.

5 Distribution des stations vidéo

133 stations ont été validées sur la zone d'étude (Figure 4). 122 (92%) ont pu être analysées pour la macrofaune et l'habitat. L'échantillonnage a été stratifié en fonction des différentes pressions anthropiques présentes sur la zone (Tableau 4 et Figure 4).

Tableau 4. Distribution des stations analysées pour la macrofaune et l'habitat en fonction de la zone d'étude et de la profondeur.

Profondeur	Zone d'étude	Nombre de stations
0-15m	Easo-Xepenehe < 15m	22
	Jinek baignade	13
	Jinek Nord < 15m	13
15-41m	0-200m	12
	200-400m	9
	2 nd mouillage	4
	Easo-Xepenehe > 15m	37
	Jinek > 15m	12

6 Description et typologie des habitats

6.1 Description des habitats

Le recouvrement en corail vivant varie entre 0 et 84% (et Figure 5). Il est présent sur 91% des stations analysées et 85% d'entre elles ont plus de 5% de recouvrement en corail vivant. Peu de recouvrements en macroalgues et en herbiers ont été observés lors de l'analyse des vidéos.

Recouvrement (%)	Moyenne	Médiane	Maximum
Corail vivant	35	31	84

Les plus forts recouvrements en corail vivant ont été en règle générale relevés dans la zone Est de la baie de Easo et Xepenehe (« Easo-Xepenehe >15m » distante de plus de 400m à la zone de mouillage), à des profondeurs intermédiaires (Figure 7 et voir Annexe 1 pour plus de détails). Un taux de recouvrement en débris important est observé dans les zones de mouillage « 0-200m » et « 200-400m » (Figure 8).

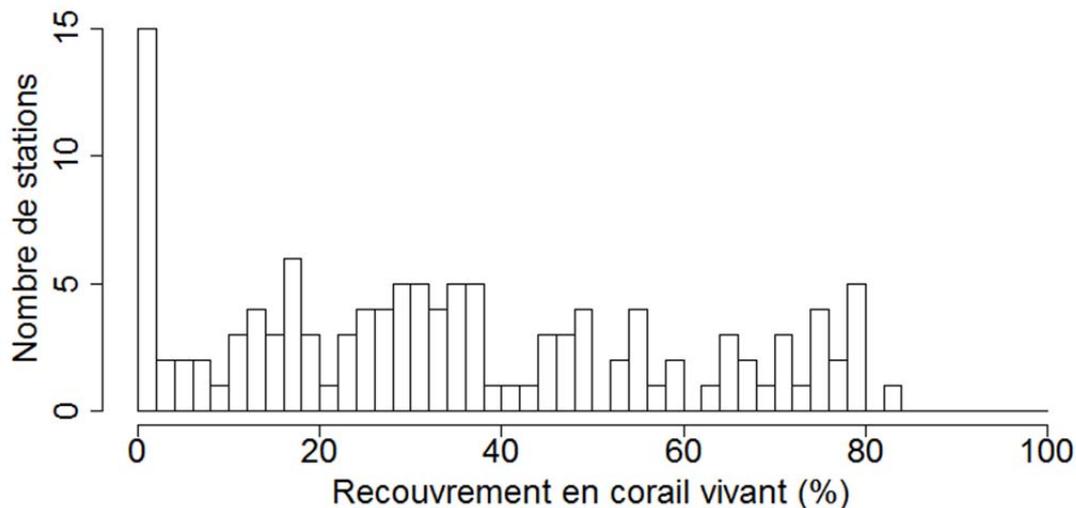


Figure 5. Histogramme du recouvrement en corail vivant.

Le recouvrement en corail vivant diffère en fonction des zones, et révèle que le mouillage des paquebots impacte physiquement les fonds (§. 8.1), de plus l'habitat et la pression anthropique structure les communautés de poissons (§ 9.1),

Les différences de recouvrement entre zones sont illustrées par des prises de vue tirées des images STAVIRO (Figure 6).

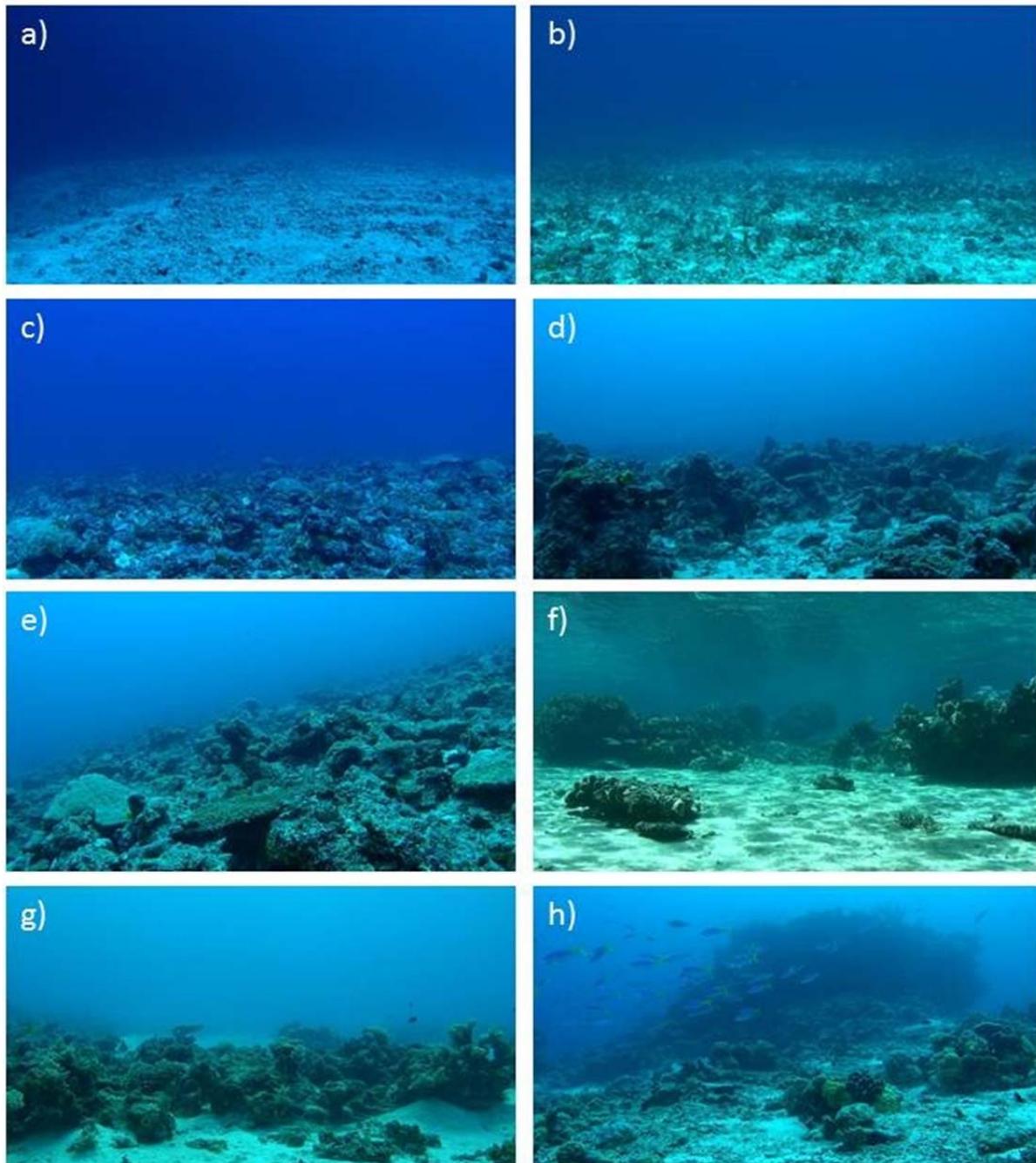


Figure 6. Illustration de chaque zone d'influence :

- a) « 0-200m » (+15m),**
- b) « 200-400m » (+15m),**
- c) « 2nd mouillage » (+15m),**
- d) « Easo-Xepenehe > 15m » (+15m),**
- e) « Jinek > 15m » (+15m),**
- f) « Jinek baignade » (-15m),**
- g) « Easo-Xepenehe < 15m » (-15m),**
- h) « Jinek Nord < 15m » (-15m).**

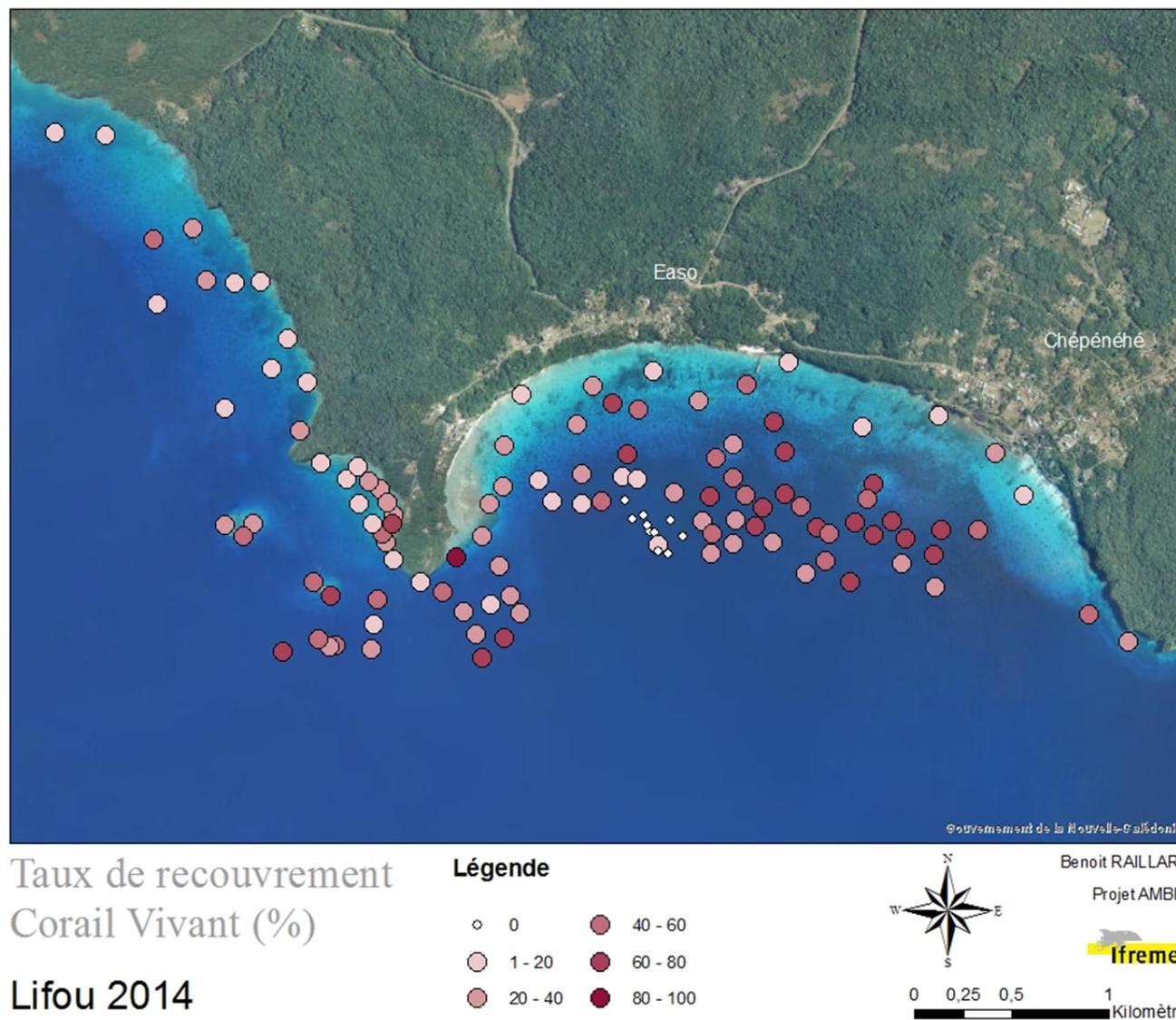


Figure 7. Recouvrement en corail vivant.

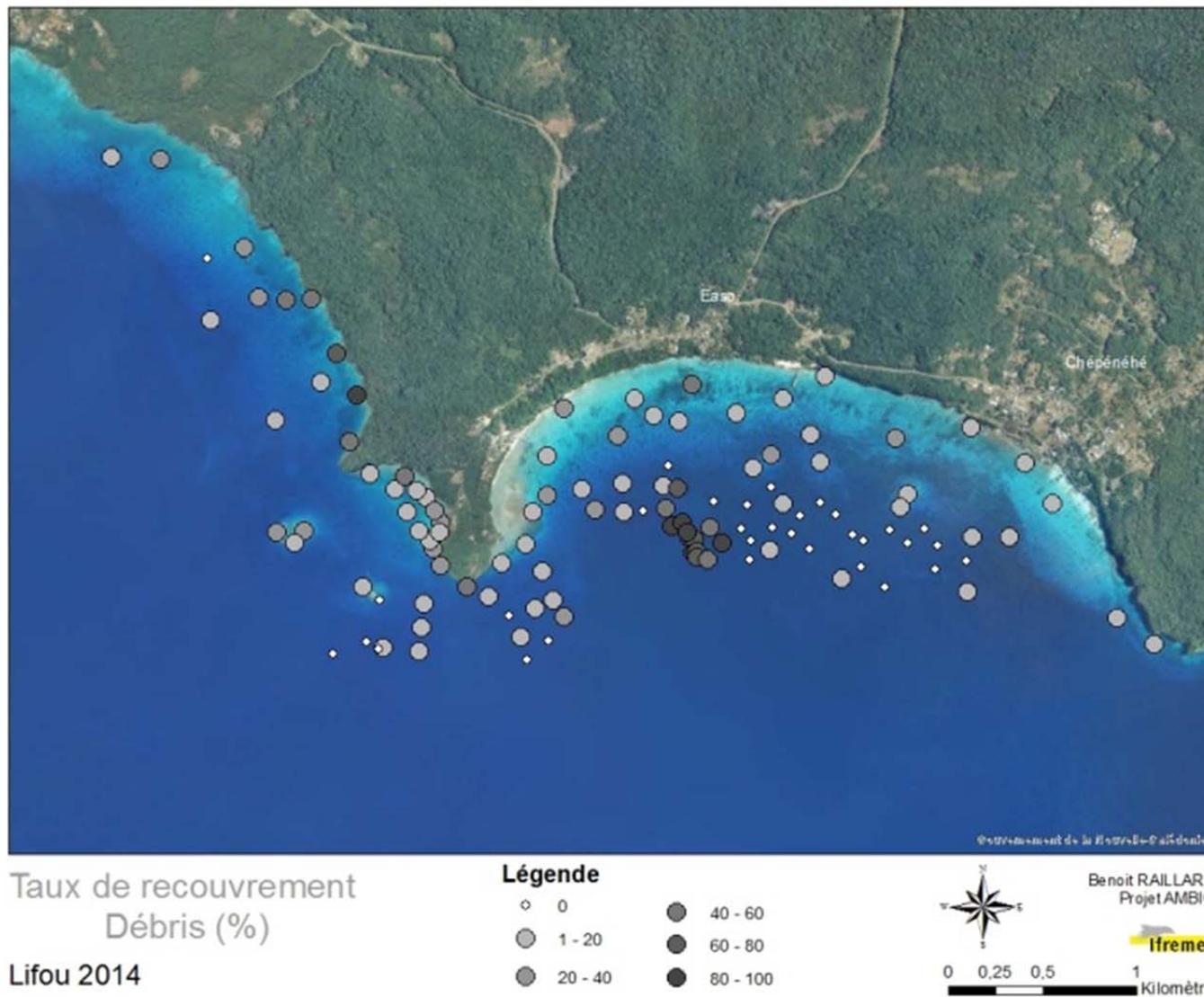


Figure 8. Recouvrements en débris (<30cm).

6.2 Typologie des stations

Les résultats de la typologie « pays », c-a-d tous sites confondus sont détaillés dans le rapport AMBIO/A/3. La représentation des stations de Lifou montre que tous les habitats y sont représentés sauf l'Herbier et l'Algueraie, avec une dominante de stations dans l'habitat Corail vivant (Tableau 5, Tableau 6, Figure 9). La caractérisation de chaque habitat se trouve dans le Tableau 7 (voir aussi annexe 4).

Tableau 5. Répartition des stations par classes d'habitat.

	Nombre de stations	Proportion (%) des stations
Herbier	0	0
Algueraie	0	0
Fond lagonaire	15	12.3
Détritique	31	25.4
Corail vivant	76	62.3

La zone côtière est définie par un mélange d'habitat « Corail vivant », « Détritique » et « Fond lagonaire » alors que la zone un peu plus au large et plus profonde (>15m) est plutôt définie par des fonds de type « Corail vivant » et « Détritique ».

Tableau 6. Répartition des stations par zones et classes d'habitat.

	Corail vivant	Détritique	Fond lagonaire	Total général
0-200m		12		12
200-400m	6	3		9
2nd mouillage	4			4
Easo-Xepenehe <15m	13	3	6	22
Easo-Xepenehe >15m	34	3		37
Jinek >15m	8		4	12
Jinek baignade	6	3	4	13
Jinek Nord <15m	5	7	1	13
Total général	76	31	15	122

Tableau 7. Description des classes de la typologie pays (détails en annexe 4).

Habitat	Variables caractéristiques de la classe
Herbier (254)	<ul style="list-style-type: none"> - Recouvrement en herbier important (60% en moyenne) - Fond sableux (95% en moyenne) - Absence de substrats durs (recouvrements inférieurs à 4%) - Profondeur plus élevée que la moyenne (8,0 m en moyenne)
Algueraie (179)	<ul style="list-style-type: none"> - Recouvrement en macroalgues important (50% en moyenne) - Fond sableux (92% en moyenne) - Absence de substrats durs (recouvrements inférieurs à 7%) - Profondeur plus élevée que la moyenne (9,6 m en moyenne)
Fond lagonaire (832)	<ul style="list-style-type: none"> - Recouvrement en sable dominant (78% en moyenne) - Complexité faible (1,6 en moyenne) - Recouvrements en macroalgues et en herbier plus bas que la moyenne - Recouvrement en substrats durs faible mais non nul (patates)
Corail vivant (332)	<ul style="list-style-type: none"> - Recouvrement en corail vivant important (40% en moyenne) - Recouvrement en corail mort important (29% en moyenne) - Topographie et complexité plus élevées que la moyenne - Recouvrement en sable faible (20% en moyenne) - Herbier et macroalgues quasi-absentes
Détritique (518)	<ul style="list-style-type: none"> - Recouvrement en gravier plus élevé que la moyenne (33%) - Recouvrement en sable moins élevé que la moyenne (25% en moyenne) - Recouvrement en dalle plus élevé que la moyenne (16%) - Herbier et macroalgues quasi-absents - Profondeur moindre qu'en moyenne (5,4 m)

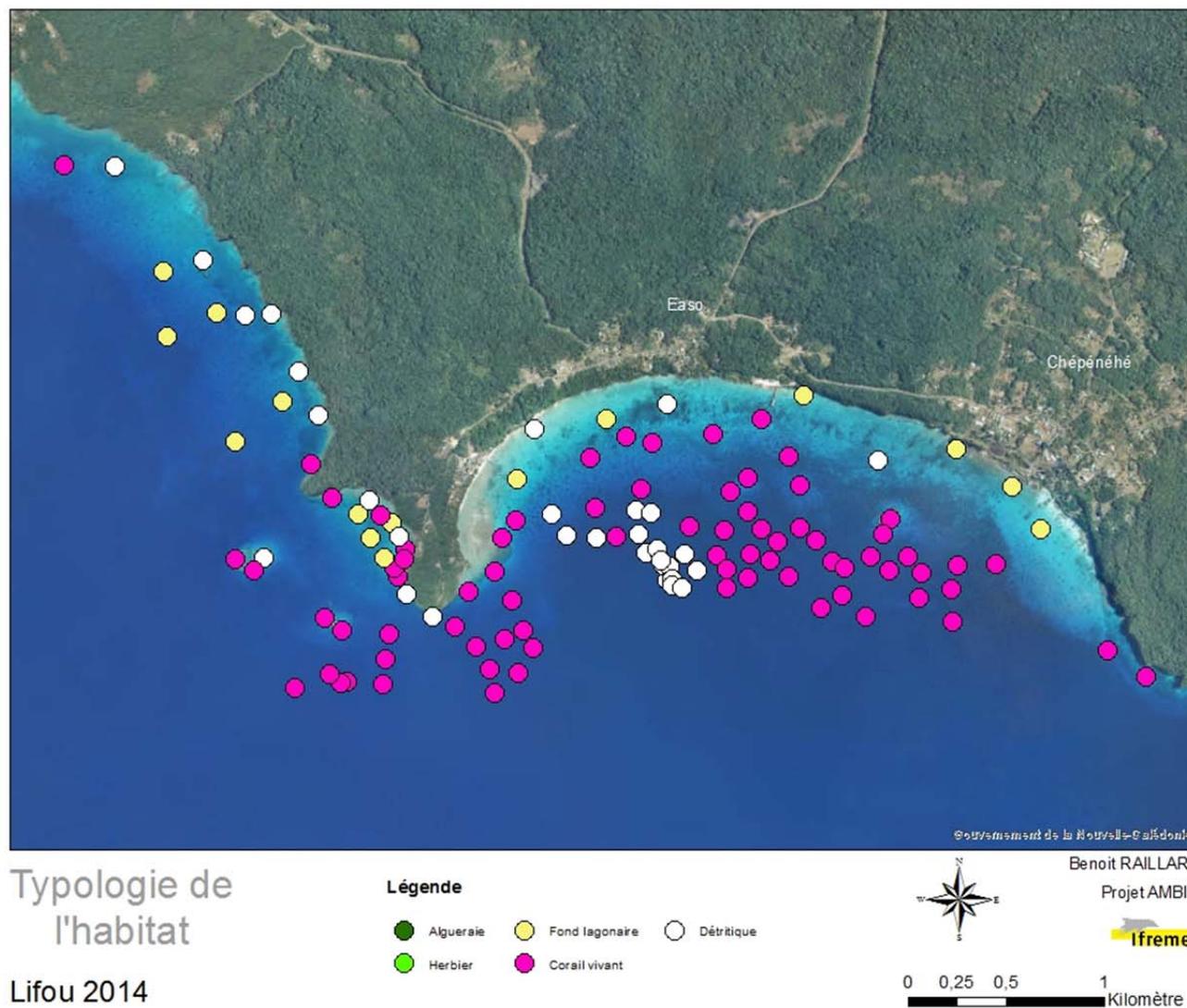


Figure 9. Typologie des habitats (toutes stations exploitables pour l'habitat).

7 Description de la macrofaune et biodiversité sur la zone d'étude

7.1 Niveau d'identification

6327 individus ont été dénombrés. 1765 individus (28%) ont été identifiés uniquement au niveau de la famille. Les principales familles concernées sont les chirurgiens (Acanthuridae), perroquets (Scaridae), et balistes (Balistidae).

10% des individus (616) ont été identifiés au niveau du genre ; les principaux genres concernés sont les *Forcipiger*, les *Naso* et les *Variola*.

62% des individus (3947) ont été identifiés au niveau de l'espèce.

Rappelons que la liste d'espèces utilisée pour l'identification est la liste IEHE (§ 4.3).

7.2 Taxons observés

23 familles (Figure 10), 54 genres et 123 espèces ont été observés sur les stations, en prenant en compte les tortues et les serpents (Tableau 8 et Tableau 9). 6 familles sont observées sur plus de 50% des stations, par ordre de fréquence décroissante :

Balistidae (présents sur plus de 90% des stations), Chaetodontidae (avec un nombre de 27 espèces sur la zone), Acanthuridae, Mullidae, Scaridae et Labridae.

3 autres familles sont observées sur 20% à 50% des stations : Serranidae, Lethrinidae et Lutjanidae.

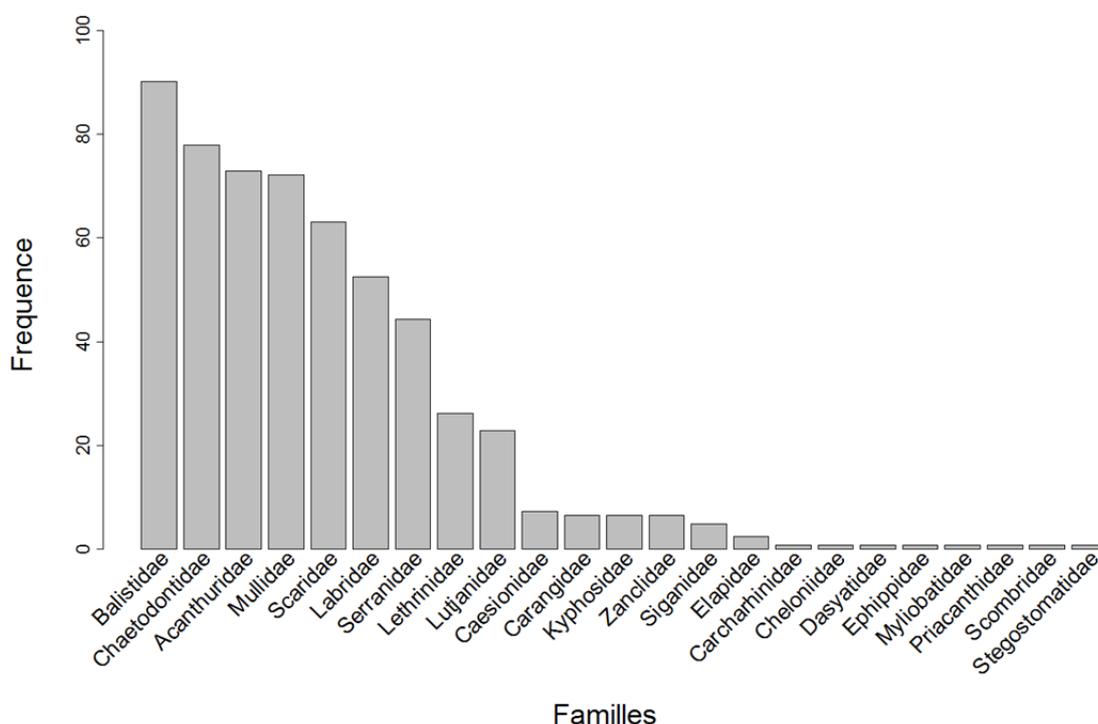


Figure 10. Fréquence d'occurrence des familles observées.

Tableau 8. Richesse spécifique par famille (sur la zone).

Famille	Richesse spécifique
Acanthuridae	12
Balistidae	9
Caesionidae	4
Carangidae	5
Carcharhinidae	1
Chaetodontidae	27
Cheloniidae	1
Dasyatidae	1
Elapidae	1
Ephippidae	1
Kyphosidae	1
Labridae	16
Lethrinidae	4
Lutjanidae	5
Mullidae	9
Myliobatidae	1
Priacanthidae	1
Scaridae	11
Scombridae	1
Serranidae	14
Siganidae	1
Stegostomatidae	1
Zanclidae	1

Tableau 9. Liste des espèces de poissons observées par famille : pages suivantes

Famille	Genre	Espèce	Famille	Genre	Espèce	
Acanthuridae (12 espèces)	<i>Acanthurus</i>	<i>albipectoralis</i>	Chaetodontidae (27 espèces)	<i>Chaetodon</i>	<i>auriga</i>	
	<i>Acanthurus</i>	<i>lineatus</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>baronessa</i>	
	<i>Acanthurus</i>	<i>nigricauda</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>bennetti</i>	
	<i>Acanthurus</i>	<i>olivaceus</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>citrinellus</i>	
	<i>Acanthurus</i>	<i>pyroferus</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>ephippium</i>	
	<i>Acanthurus</i>	<i>thompsoni</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>flavirostris</i>	
	<i>Acanthurus</i>	<i>triestegus</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>kleinii</i>	
	<i>Naso</i>	<i>brevirostris</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>lineolatus</i>	
	<i>Naso</i>	<i>lituratus</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>lunula</i>	
	<i>Naso</i>	<i>unicornis</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>	
	<i>Zebrasoma</i>	<i>scopas</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>melannotus</i>	
	<i>Zebrasoma</i>	<i>velifer</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>mertensii</i>	
Balistidae (9 espèces)	<i>Balistoides</i>	<i>conspicillum</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>meyeri</i>	
	<i>Balistoides</i>	<i>viridescens</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>ornatissimus</i>	
	<i>Odonus</i>	<i>niger</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>pelewensis</i>	
	<i>Pseudobalistes</i>	<i>flavimarginatus</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	
	<i>Pseudobalistes</i>	<i>fuscus</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>trifascialis</i>	
	<i>Rhinecanthus</i>	<i>aculeatus</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>	
	<i>Sufflamen</i>	<i>bursa</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>unimaculatus</i>	
	<i>Sufflamen</i>	<i>chrysopterum</i>		<i>Chaetodon</i>	<i>vagabundus</i>	
	<i>Sufflamen</i>	<i>fraenatum</i>		<i>Forcipiger</i>	<i>flavissimus</i>	
Caesionidae (4 espèces)	<i>Caesio</i>	<i>cuning</i>		<i>Forcipiger</i>	<i>longirostris</i>	
	<i>Pterocaesio</i>	<i>digramma</i>		<i>Heniochus</i>	<i>acuminatus</i>	
	<i>Pterocaesio</i>	<i>tile</i>		<i>Heniochus</i>	<i>chrysostomus</i>	
	<i>Pterocaesio</i>	<i>trilineata</i>		<i>Heniochus</i>	<i>monoceros</i>	
Carangidae (5 espèces)	<i>Carangoides</i>	<i>ferdau</i>		Dasyatidae	<i>Heniochus</i>	<i>varius</i>
	<i>Carangoides</i>	<i>fulvoguttatus</i>			<i>Neotrygon</i>	<i>kuhlii</i>
	<i>Carangoides</i>	<i>plagiotaenia</i>	Kyphosidae	<i>Kyphosus</i>	<i>sydneyanus</i>	
	<i>Caranx</i>	<i>ignobilis</i>		<i>Bodianus</i>	<i>axillaris</i>	
Carcharhinidae	<i>Triaenodon</i>	<i>obesus</i>	Labridae	<i>Bodianus</i>	<i>loxozonus</i>	
				<i>Bodianus</i>	<i>mesothorax</i>	

Famille	Genre	Espèce	Famille	Genre	Espèce	
Labridae (16 espèces)	<i>Bodianus</i>	<i>perditio</i>	Priacanthidae	<i>Priacanthus</i>	<i>hamrur</i>	
	<i>Cheilinus</i>	<i>chlorourus</i>		<i>Cetoscarus</i>	<i>ocellatus</i>	
	<i>Cheilinus</i>	<i>trilobatus</i>		<i>Chlorurus</i>	<i>microrhinos</i>	
	<i>Cheilinus</i>	<i>undulatus</i>		<i>Chlorurus</i>	<i>sordidus</i>	
	<i>Choerodon</i>	<i>graphicus</i>		<i>Hipposcarus</i>	<i>longiceps</i>	
	<i>Coris</i>	<i>aygula</i>		Scaridae (11 espèces)	<i>Scarus</i>	<i>chameleon</i>
	<i>Coris</i>	<i>dorsomacula</i>			<i>Scarus</i>	<i>forsteni</i>
	<i>Coris</i>	<i>gaimard</i>			<i>Scarus</i>	<i>frenatus</i>
	<i>Hemigymnus</i>	<i>fasciatus</i>			<i>Scarus</i>	<i>oviceps</i>
	<i>Hemigymnus</i>	<i>melapterus</i>			<i>Scarus</i>	<i>psittacus</i>
	<i>Oxycheilinus</i>	<i>digramma</i>			<i>Scarus</i>	<i>rivulatus</i>
	<i>Oxycheilinus</i>	<i>unifasciatus</i>			<i>Scarus</i>	<i>schlegeli</i>
Lethrinidae (4 espèces)	<i>Gnathodentex</i>	<i>aureolineatus</i>	Scombridae		<i>Scomberomorus</i>	<i>commerson</i>
	<i>Lethrinus</i>	<i>harak</i>			<i>Anyperodon</i>	<i>leucogrammicus</i>
	<i>Lethrinus</i>	<i>miniatus</i>			<i>Cephalopholis</i>	<i>boenak</i>
	<i>Monotaxis</i>	<i>grandoculis</i>			<i>Cephalopholis</i>	<i>microprion</i>
Lutjanidae (5 espèces)	<i>Aprion</i>	<i>virescens</i>	Serranidae (14 espèces)	<i>Cephalopholis</i>	<i>spiloparaea</i>	
	<i>Lutjanus</i>	<i>bohar</i>		<i>Cephalopholis</i>	<i>urodeta</i>	
	<i>Lutjanus</i>	<i>kasmira</i>		<i>Diploprion</i>	<i>bifasciatum</i>	
	<i>Macolor</i>	<i>macularis</i>		<i>Epinephelus</i>	<i>cyanopodus</i>	
	<i>Macolor</i>	<i>niger</i>		<i>Epinephelus</i>	<i>fasciatus</i>	
Mullidae (9 espèces)	<i>Mulloidichthys</i>	<i>flavolineatus</i>		<i>Epinephelus</i>	<i>howlandi</i>	
	<i>Parupeneus</i>	<i>barberinoides</i>		<i>Epinephelus</i>	<i>maculatus</i>	
	<i>Parupeneus</i>	<i>barberinus</i>		<i>Epinephelus</i>	<i>merra</i>	
	<i>Parupeneus</i>	<i>crassilabris</i>		<i>Gracila</i>	<i>albomarginata</i>	
	<i>Parupeneus</i>	<i>cyclostomus</i>		<i>Plectropomus</i>	<i>laevis</i>	
	<i>Parupeneus</i>	<i>multifasciatus</i>		<i>Variola</i>	<i>louti</i>	
	<i>Parupeneus</i>	<i>pleurostigma</i>		Siganidae	<i>Siganus</i>	<i>argenteus</i>
	<i>Parupeneus</i>	<i>spilurus</i>		Stegostomatidae	<i>Stegostoma</i>	<i>fasciatum</i>
	<i>Upeneus</i>	<i>tragula</i>		Zanclidae	<i>Zanclus</i>	<i>cornutus</i>
Myliobatidae	<i>Aetobatus</i>	<i>narinari</i>				

Parmi les **balistes (Balistidae)**, ce sont *Sufflamen chrysopterum* et *Sufflamen bursa*. De nombreux balistes ne sont identifiés qu'au niveau de la famille (Figure 11).

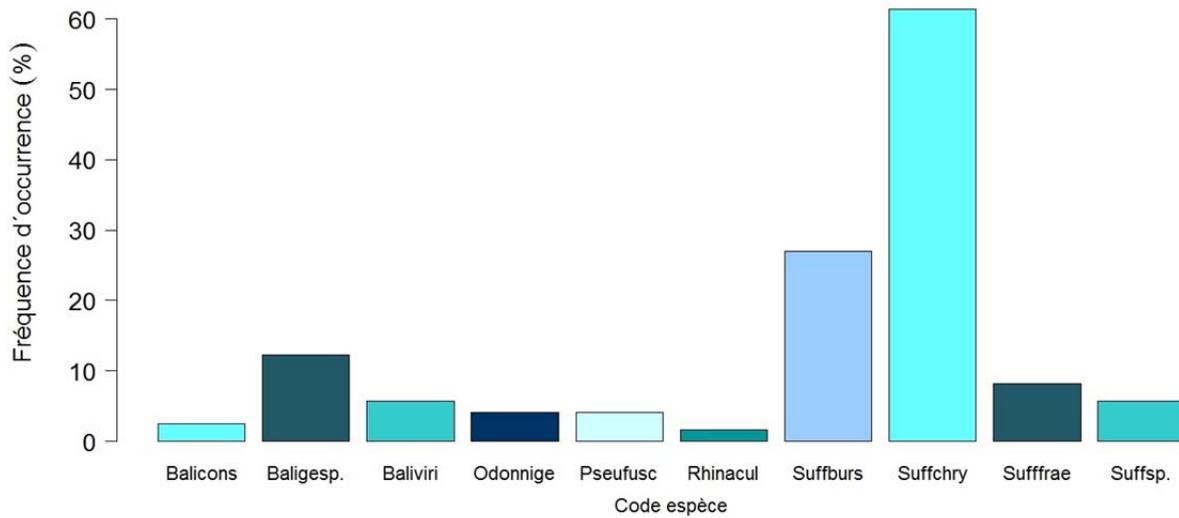


Figure 11. Fréquence d'occurrence des 10 espèces les plus fréquentes parmi les balistes (Balistidae). De gauche à droite : Balicons = *Balistoides conspicillum*, Baligesp. = Baliste de genre non identifié, Baliviri = *B. viridescens*, Odonnige = *Odonus niger*, Pseufusc = *Pseudobalistes fuscus*, Rhinacul = *Rhinecanthus aculeatus*, Suffburs = *Sufflamen bursa*, Suffchry = *S. chrysopterum*, Suffrae = *S. fraenatus*, Suffsp. = *Sufflamen* non identifié.

Parmi les poissons papillons (Chaetodontidae), les espèces les plus fréquemment observées sont *Chaetodon mertensii*, *Chaetodon pelewensis* et le genre *Forcipiger* (Figure 12).

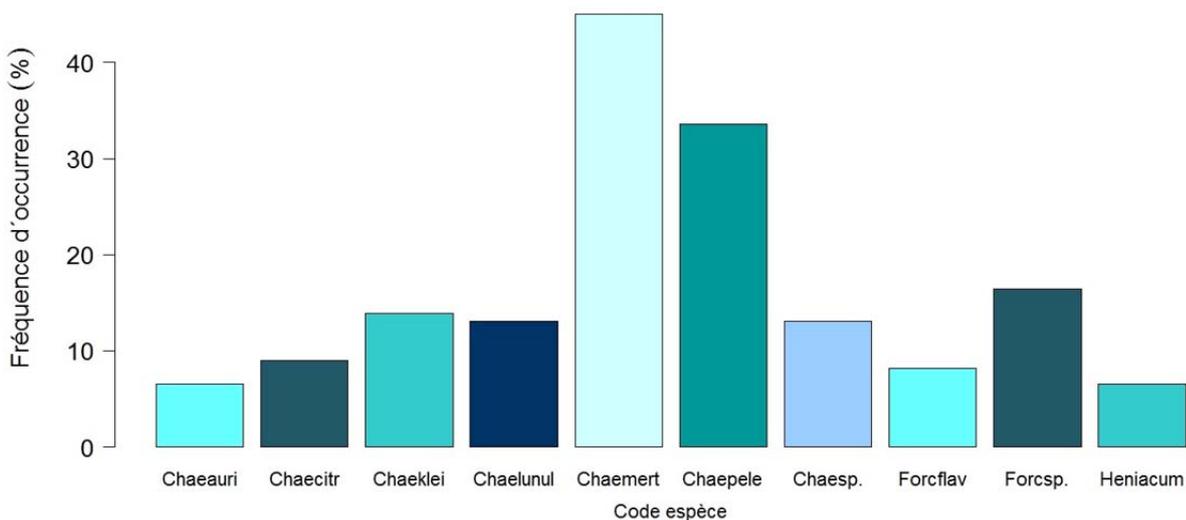


Figure 12. Fréquence d'occurrence des 10 espèces les plus fréquentes parmi les papillons (Chaetodontidae). De gauche à droite : Chaeauri = *Chaetodon auriga*, Chaecitr = *C. citrinellus*, Chaeklei = *C. kleini*, Chaelunul = *C. lunulatus*, Chaemert = *C. mertensii*, Chaepele = *C. pelewensis*, Chaesp. = *Chaetodon* d'espèce non identifiée, Forcflav = *Forcipiger flavissimus*, Forcsp. = *Forcipiger* d'espèce non identifiée, Heniacum = *Heniochus acuminatus*.

Les **Chirurgiens (Acanthuridae)** les plus fréquemment observés sont *Zebrasoma scopas*, *Acanthurus pyroferus* et *Naso lituratus*. De nombreux chirurgiens ont été identifiés au niveau de la famille ou du genre (Figure 13). Aucun picot kanak n'a été observé au niveau spécifique ou du complexe d'espèces (*A. blochii*, *dussumieri*, *mata*).

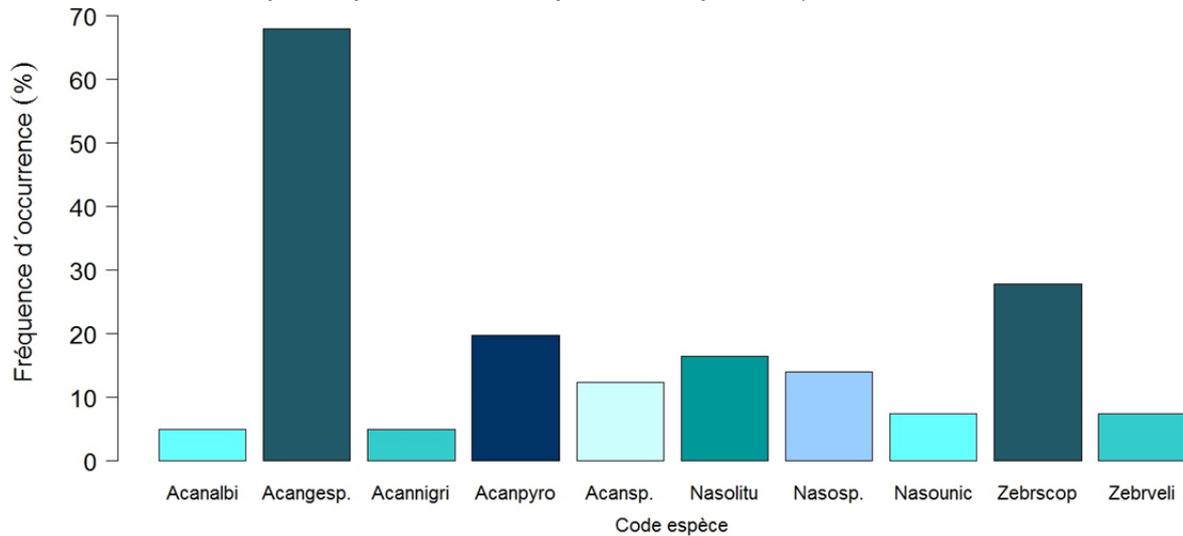


Figure 13. Fréquence d'occurrence des 10 espèces les plus fréquentes parmi les poissons chirurgiens (Acanthuridae). De gauche à droite : Acanalbi = *Acanthurus albipectoralis*, Acangesp.= *Acanthuridae* de genre non identifié, Acannigri = *A. nigricauda*, Acanpyro = *A. pyroferus*, Acansp.= *Acanthurus* d'espèce non identifiée, Nasolitu = *Naso lituratus*, Nasosp.= *Naso* d'espèce non identifiée, Nasounic= *N. unicornis*, Zebrscop= *Zebrasoma scopas*, Zebrveli= *Z. velifer*.

Parmi les rougets-barbets (Mullidae), les espèces les plus observées sont *Parupeneus multifasciatus*, *P. pleurostigma* et *P. barberinoides* (Figure 14).

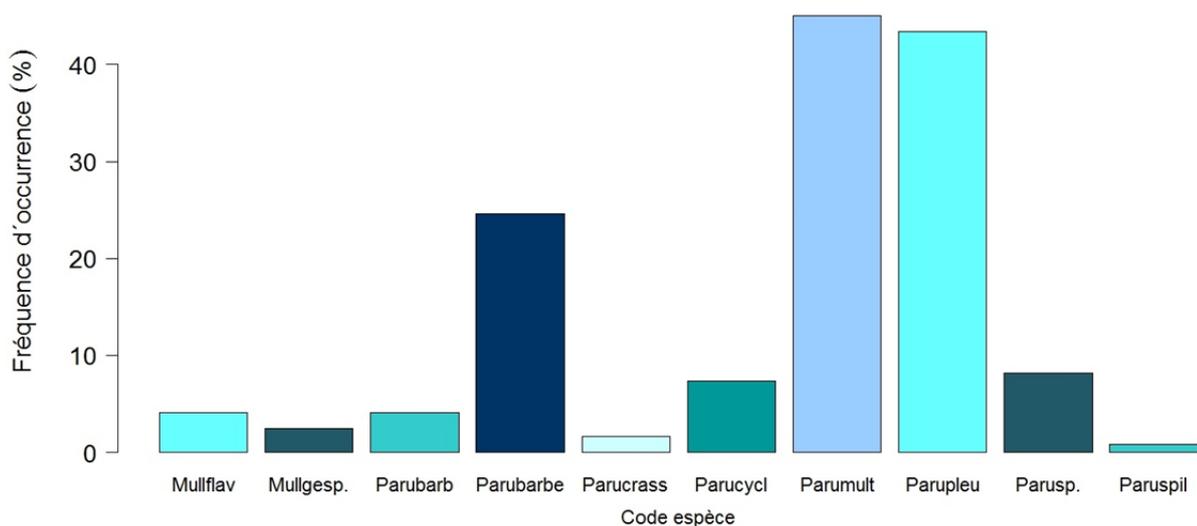


Figure 14. Fréquence d'occurrence des espèces les plus fréquentes parmi les Rougets-barbets (Mullidae). De gauche en droite : Mullflav = *Mulloidichthys flavolineatus*, Mullgesp. = *Mullidae* de genre non identifié, Parubarb = *Parupeneus barberinus*, Parubarbe = *P. barberinoides*, Parucrass = *P. crassilabris*, Parucycl = *P. cyclostomus*, Parumult = *P. multifasciatus*, Parupleu = *P. pleurostigma*, Parusp. = *Parupeneus* dont l'espèce n'a pas été identifiée, Paruspil = *P. spilurus*.

Pour les **Perroquets (Scaridae)**, les espèces les plus observées sont *Chlorurus sordidus*, *Scarus schlegeli* et *S. psittacus*. De nombreux perroquets sont identifiés au niveau de la famille (Figure 15).

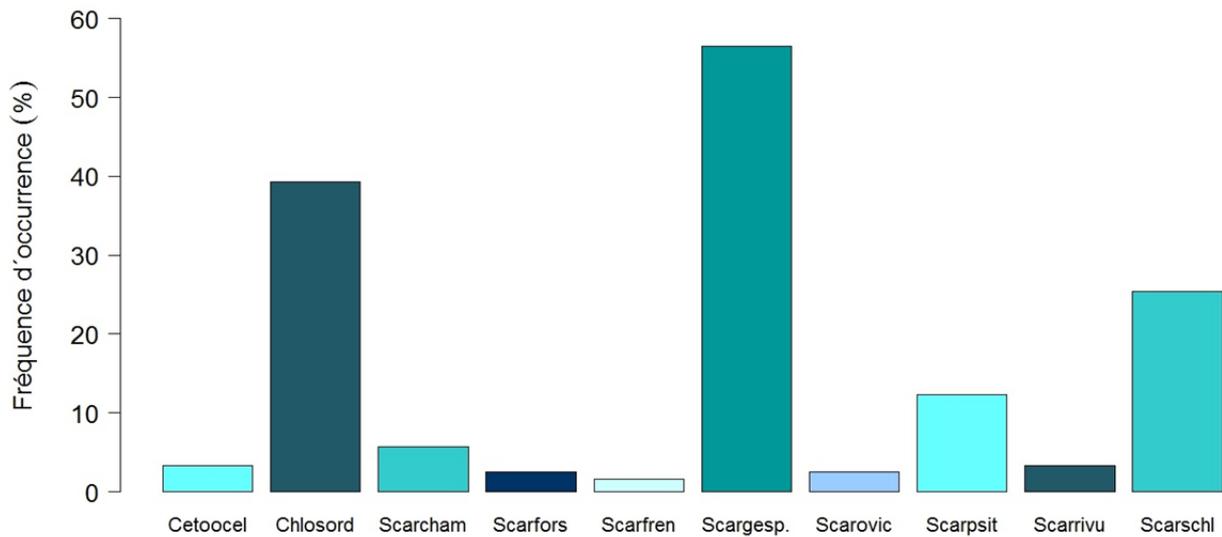


Figure 15. Fréquence d'occurrence des 10 espèces les plus fréquentes parmi les perroquets (Scaridae). De gauche à droite : Cetoocel= *Cetoscarus ocellatus*, Chlosord= *Chlorurus sordidus*, Scarcham= *Scarus chameleon*, Scarfors = *S. forsteni*, Scarfren = *S. frenatus*, Scargesp.= *Scaridae* de genre non identifié, Scarovic = *S. oviceps*, Scarpsit = *S. psittacus*, Scarrivu = *S. rivulatus*, Scarschl= *S. schlegeli*

Parmi les Labres (Labridae), les espèces *Bodianus loxozonus*, *Coris dorsomacula* et *Cheilinus undulatus* sont les plus observées (Figure 16).

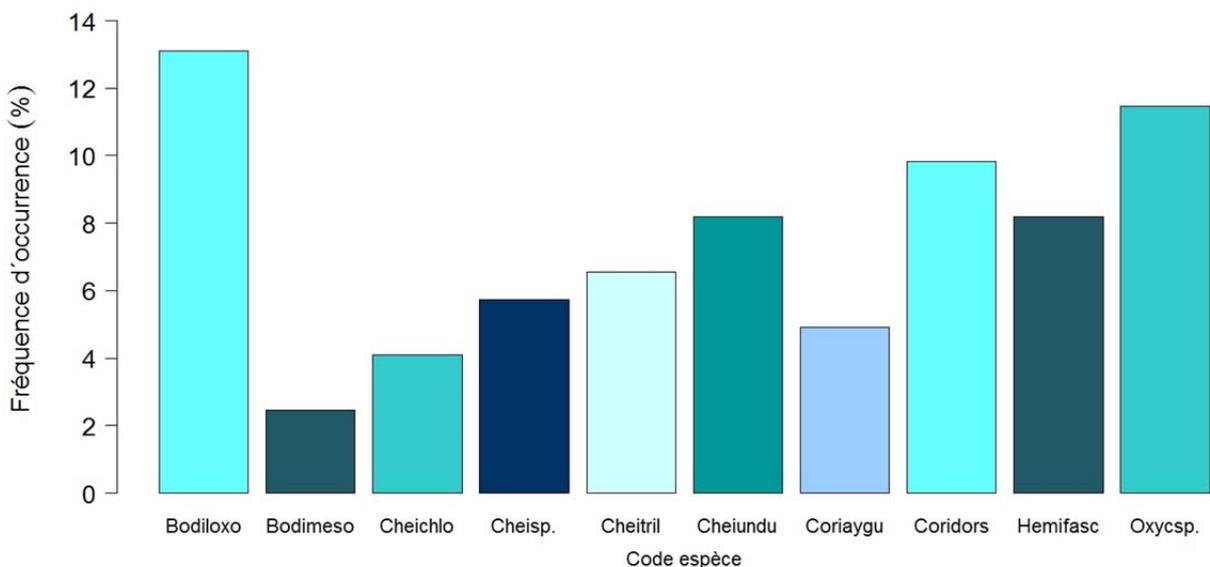


Figure 16. Fréquence d'occurrence des 10 espèces les plus fréquentes parmi les labres (Labridae). De gauche à droite : Bodiloxo = *Bodianus loxozonus*, Bodimeso = *B. mesothorax*, Cheichlo = *Cheilinus chlorourus*, Cheisp.= *Cheilinus* d'espèce non identifiée, Cheitril = *C. trilobatus*, Cheiundu = *C. undulatus*, Coriaygu = *Coris aygula*, Coridors = *Coris dorsomacula*, Hemifasc = *Hemigymnus fasciatus*, Oxycsp. = *Oxycheilinus* d'espèce non identifiée.

7.3 Espèces remarquables ou emblématiques

Plusieurs espèces emblématiques ont été observées au cours de la campagne:

- 2 espèces de requins appartenant aux familles Carcharhinidae et Stegostomatidae (*Triaenodon obesus* et *Stegostoma fasciatum* (Figure 17.a), sur une seule station, sur l'habitat fond lagunaire.
- 2 espèces de raies, une raie à points noirs et bleus (Dasyatidae, *Neotrygon kuhlii*) et une raie léopard (Myliobatidae, *Aetobatus narinari*), sur deux stations, dont une à l'intérieure de la zone d'impact de 200 mètres autour du centre des mouillages.
- 1 tortue verte (*Chelonia mydas*)(Figure 17.b), sur une station, sur l'habitat Fond lagunaire, à faible profondeur dans la baie de Easo-Xepenehe.
- Des serpents de la famille Elapidae sur 3 stations, principalement sur l'habitat Corail vivant, à plus de 15m, dans la baie de Easo-Xepenehe.
- le Napoléon (*Cheilinus undulatus*) sur 10 stations principalement sur l'habitat Corail vivant.

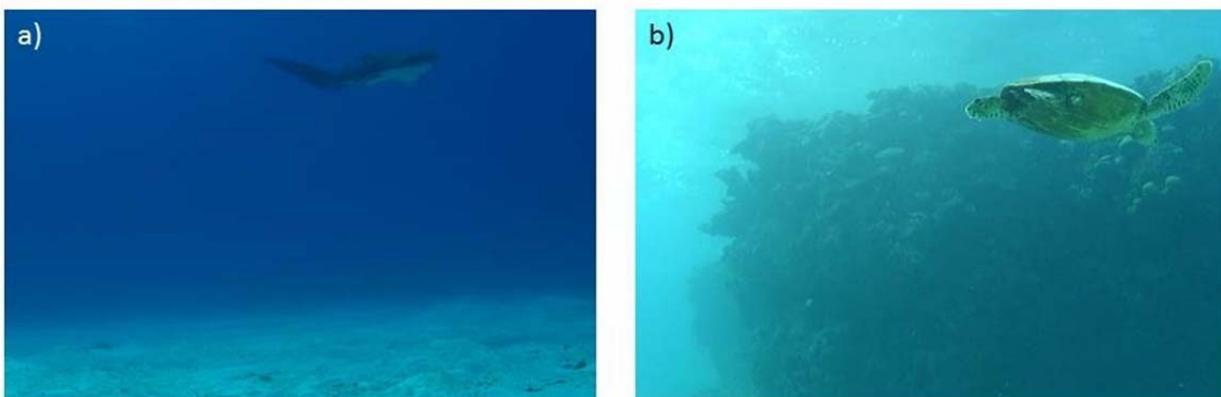


Figure 17. a) Requin léopard (*Stegostoma fasciatum*) et b) Tortue verte (*Chelonia mydas*).

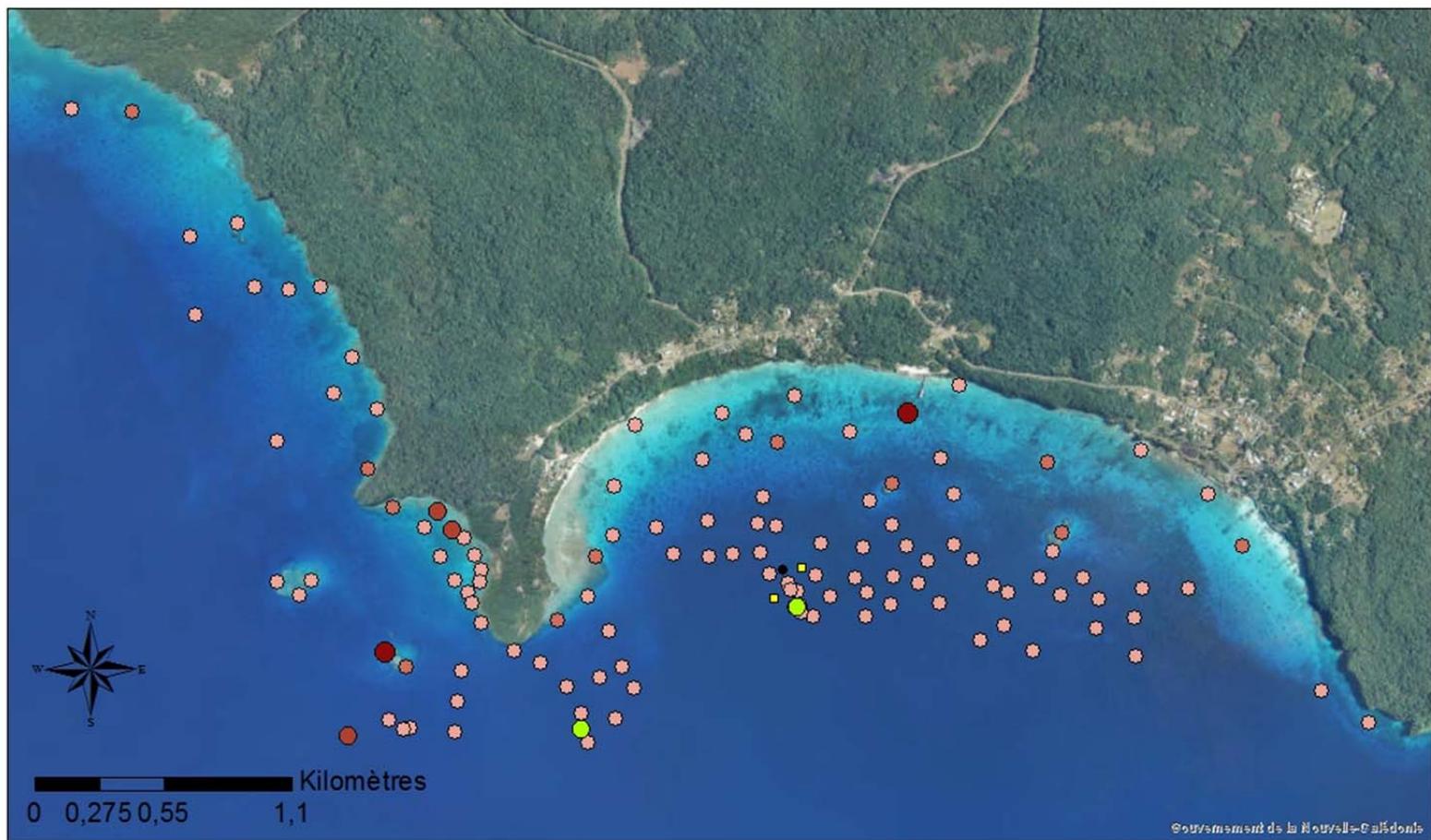
7.4 Richesse spécifique et densité d'abondance toutes espèces

La densité moyenne sur les stations est de 14.7 individus par 100 m² (Tableau 10). Les valeurs maximales sont dues à des bancs de Caesionidae, principalement composés de l'espèce *Pterocaesio tile* (>110 ind/100m²) mais aussi *Pterocaesio trilineata* et pour des bancs de moindre importance par l'espèce *Caesio cuning*. La densité d'abondance varie entre 5.04 ind/100m² sur la zone des 0-200m autour du mouillage des paquebots et 30.02 ind/100m² sur la zone de « Jinek nord » (voir la carte Figure 18).

La richesse spécifique moyenne sur les stations est égale à 7.8 ind/100m² (Tableau 10). La richesse spécifique maximale est dans la zone « Easo-Xepenehe<15m » où 25 espèces différentes ont été observées sur la même station (voir carte Figure 19).

Tableau 10. Métriques d'ensemble.

	Densité d'abondance [ind/100m ²]	Richesse spécifique
Minimum	0	1
Médiane	8,1	6
Moyenne	14,7	7,8
Maximum	171,8	25
Ecart-type	23,7	5,11



Copyright: fond imagerie - Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie

Densité totale [ind/100m²]

LIFOU 2014

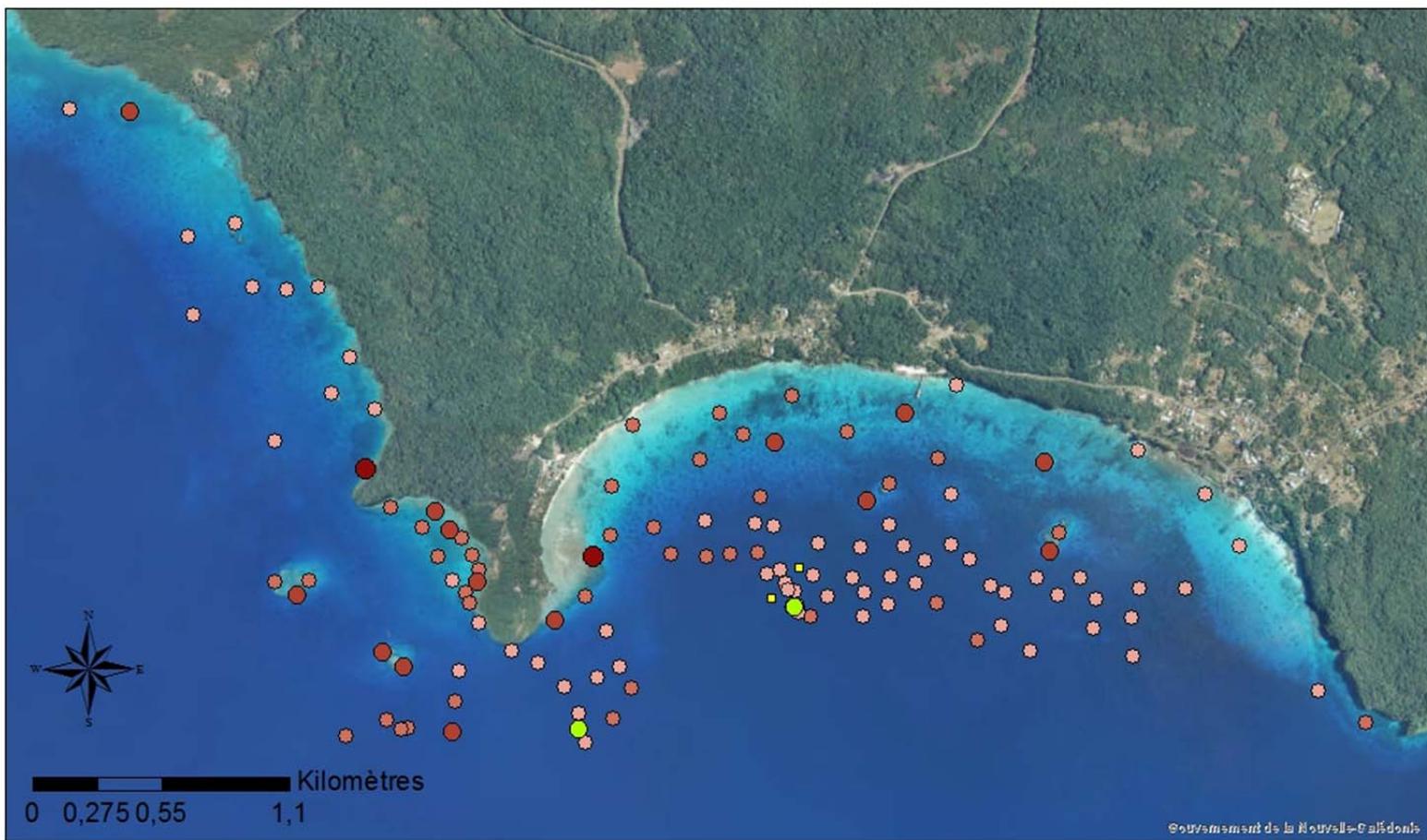
Légende

- 0 - 25
- 25 - 50
- 50 - 75
- 165 - 172
- Mouillages constatés des paquebots
- Mouillages conseillés

Projet AMBIO



Figure 18. Répartition de la densité d'abondance (individus/100m²).



Copyright: fond imagerie - Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie

Richesse spécifique totale

LIFOU 2014

- Légende**
- 0
 - 0 - 7
 - 7 - 14
 - 14 - 21
 - 21 - 28
 - Mouillages constatés des paquebots
 - Mouillages conseillés (paquebots)

Projet AMBIO



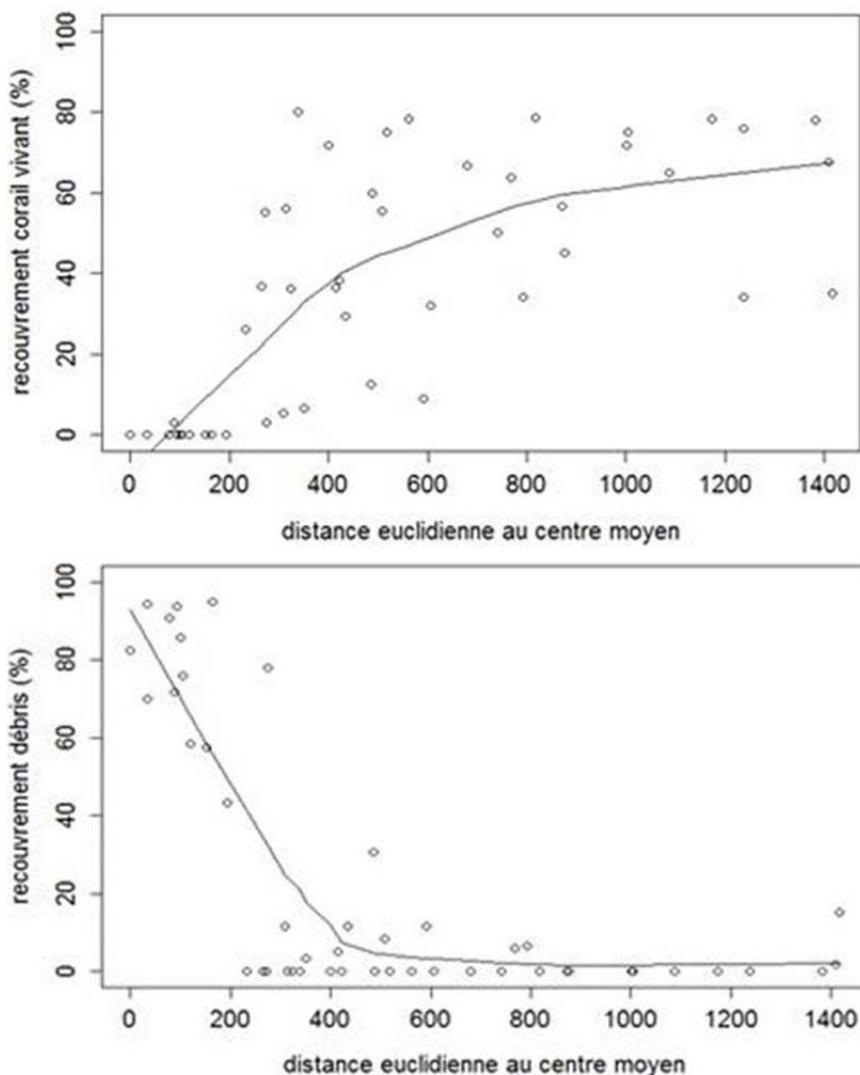
Figure 19. Répartition de la Richesse spécifique (nombre d'espèces).

8 Impact du mouillage des paquebots dans la baie d'Easo-Xepenehe

L'estimation d'un potentiel impact du mouillage des paquebots de croisière repose sur l'évaluation de l'état des habitats et de la conservation des populations de poisson en fonction de la distance aux points de mouillage des navires.

8.1 Délimitation de la zone d'impact

L'étude de l'impact du mouillage des paquebots est limitée aux profondeurs supérieures à 15m. Seules les stations d'habitat Corail vivant, et les stations d'habitat Détritique de la Baie d'Easo-Xepenehe, ont été conservées dans cette analyse.



Le recouvrement en corail vivant est quasi nul jusqu'à environ 200 mètres du centre moyen (Figure 20). Une première rupture de pente apparaît à environ 400m du centre moyen des mouillages. A l'inverse, le recouvrement en débris montre des valeurs très élevées à proximité du centre moyen et qui décroissent avec la distance ; une première rupture de pente est observée à environ 400m du centre moyen des mouillages.

Ces résultats confirment les zones d'impact définies au § 4.5.1.

Figure 20. Recouvrement en corail vivant (haut) et débris (bas) en fonction de la distance au centre moyen des mouillages. Courbes = lissage des données (régression locale).

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

Quatre indicateurs de qualité de l'habitat corallien ont été considérés et analysés sur les stations comparables à la zone de mouillage, c-a-d situées à plus de 15m de profondeur (Tableau 11).

Tableau 11. Tableau de bord pour l'objectif de conservation des habitats. NB : Evalué à des profondeurs supérieures à 15m.

Métrique	Commentaire										
Recouvrement en corail vivant (%) (0)	<ul style="list-style-type: none"> Recouvrement d'autant plus élevé que la zone est éloignée du point d'ancrage (« 0-200m » versus « 200-400m » versus « Est de la Baie d'Easo-Xepenehe », c-a-d côté non impacté) Le recouvrement est significativement moins élevé dans la zone « 0-200m » que sur l'ensemble des zones ($p < 0.05$), et particulièrement par rapport à l'Est d'Easo-Xepenehe ($p < 0.0001$) Sur le second mouillage, occasionnel, recouvrement en moyenne similaire aux recouvrements observés à l'Est de la Baie d'Easo-Xepenehe, et supérieur (NS) à ceux de la zone de Jinek. Etat écologique (Habitat Corail vivant, impacté et non impacté) <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>0-200m (12 stations)</th> <th>200-400m (9 stations)</th> <th>2nd mouillage (4 stations)</th> <th>Easo-Xepenehe (34 stations)</th> <th>Jinek (8 stations)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> </tr> </tbody> </table>	0-200m (12 stations)	200-400m (9 stations)	2 nd mouillage (4 stations)	Easo-Xepenehe (34 stations)	Jinek (8 stations)					
0-200m (12 stations)	200-400m (9 stations)	2 nd mouillage (4 stations)	Easo-Xepenehe (34 stations)	Jinek (8 stations)							
Recouvrement en corail branchu (%) (0)	<ul style="list-style-type: none"> Le recouvrement en corail branchu augmente en fonction de la distance au point de mouillage principal, sauf pour la zone de Jinek où les recouvrements sont faibles (peut-être dû à l'exposition naturelle du site). Pas de corail branchu sur le 2e mouillage, indépendamment de la question du mouillage. Etat écologique (Habitat Corail vivant, impacté et non impacté) <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>0-200m</th> <th>200-400m</th> <th>2nd mouillage</th> <th>Easo-Xepenehe</th> <th>Jinek</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: red;"></td> </tr> </tbody> </table>	0-200m	200-400m	2 nd mouillage	Easo-Xepenehe	Jinek					
0-200m	200-400m	2 nd mouillage	Easo-Xepenehe	Jinek							
Richesse spécifique des poissons-papillons (10.4)	<ul style="list-style-type: none"> Valeurs faibles à moyennes dans les zones de mouillage (de 0 à 3 espèces par station, rarement 5 espèces) Plus élevée sur l'habitat Corail vivant (surtout à Jinek) que dans l'habitat détritique ($p < 0.09$) Différence nette entre les zones « 0-200m » et Jinek ($p < 0.008$) ainsi que Easo-Xepenehe ($p < 0.02$) 										
Densité d'abondance des poissons-papillons (10.3)	<ul style="list-style-type: none"> Différences significatives entre la zone « 0-200m » et :a) Jinek ($p < 0.01$), ainsi que b) Est d'Easo-Xepenehe ($p < 0.02$) 										

Comparaison avec l'étude de 2009

En 2009, les recouvrements en corail ont été estimés par interpolation des données de vidéo tractée (Léopold *et al.* 2009). Ces estimations montrent que la pression d'ancrage des navires de croisière avait déjà largement impacté le corail vivant à cette époque (zone 1, Figure 21). En parallèle, le pourcentage de débris fins observé dans cette zone 0-200m autour du point recommandé a nettement augmenté entre 2009 et 2014 (zone 1, Figure 22). En effet, le recouvrement maximal en débris fin estimé en 2009 ne dépasse pas les 70% dans la zone 1, alors qu'en 2014, une dizaine de stations AMBIO réparties sur l'ensemble de la zone « 0-200m » affichent un recouvrement en débris compris entre 70% et 95%. En 2009, cette zone était majoritairement composée de gros blocs de corail cassé (zone 1, Figure 23). Il est fort probable que les ancrages répétés aient réduit ces gros blocs en débris plus fins sous l'action des ancres et du ragage des chaînes des navires.

La zone de 200 à 400m autour du point moyen de mouillage apparaît hétérogène avec d'une part, un large espace au nord-ouest où les recouvrements en corail vivant sont quasi-nuls en 2009 comme en 2014 (zone 3, Figure 21), et d'autre part, une zone à l'est qui était en très bon état en 2009 avec des recouvrements en corail vivant entre 80% et 100% (zone 2, Figure 21). Cette zone 2 s'est dégradée en 2014, avec des recouvrements en corail vivant ne dépassant pas 56% et en moyenne de l'ordre de 36% (zone 2, Figure 21). A l'inverse de la zone 1, le corail vivant n'a pas été broyé en débris fins ou en gros blocs, mais il est mort (zone 2, Figure 24). Cette mortalité pourrait s'expliquer par la mise en suspension des sédiments lors des mouillages, provoquant une augmentation importante de la turbidité et donc une diminution de la luminosité dans la zone. Avec 120 mouillages par an, les perturbations sont en effet présentes 1 jour sur 3. Cette hypothèse reste toutefois à tester sur le terrain.

La zone 3 située au nord-ouest est également très impactée bien qu'à distance du point de mouillage recommandé. Cette dégradation déjà observée en 2009 peut être due à un non-respect de la zone de mouillage par les navires qui auraient tendance à se rapprocher de la côte, ou être expliquée par l'influence des vents dominants d'est-sud-est (zone 3, Figure 21) qui peuvent entraîner des débris fins vers le nord-est et orientent les bateaux ancrés dans cette direction. La chaîne pourrait donc avoir une action mécanique chronique sur le corail dans la zone 3, ce qui se traduirait par un recouvrement accru en débris fins.

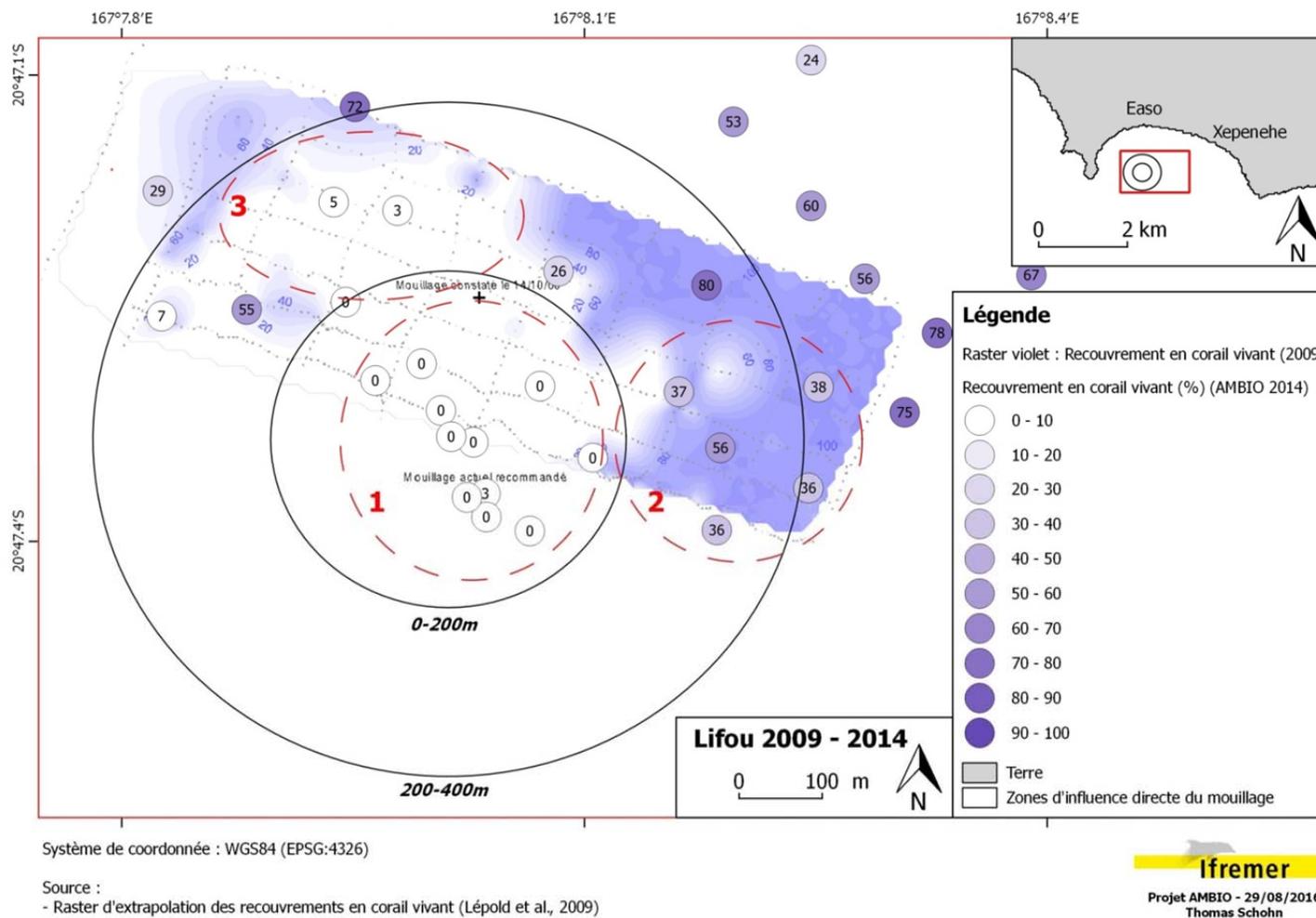
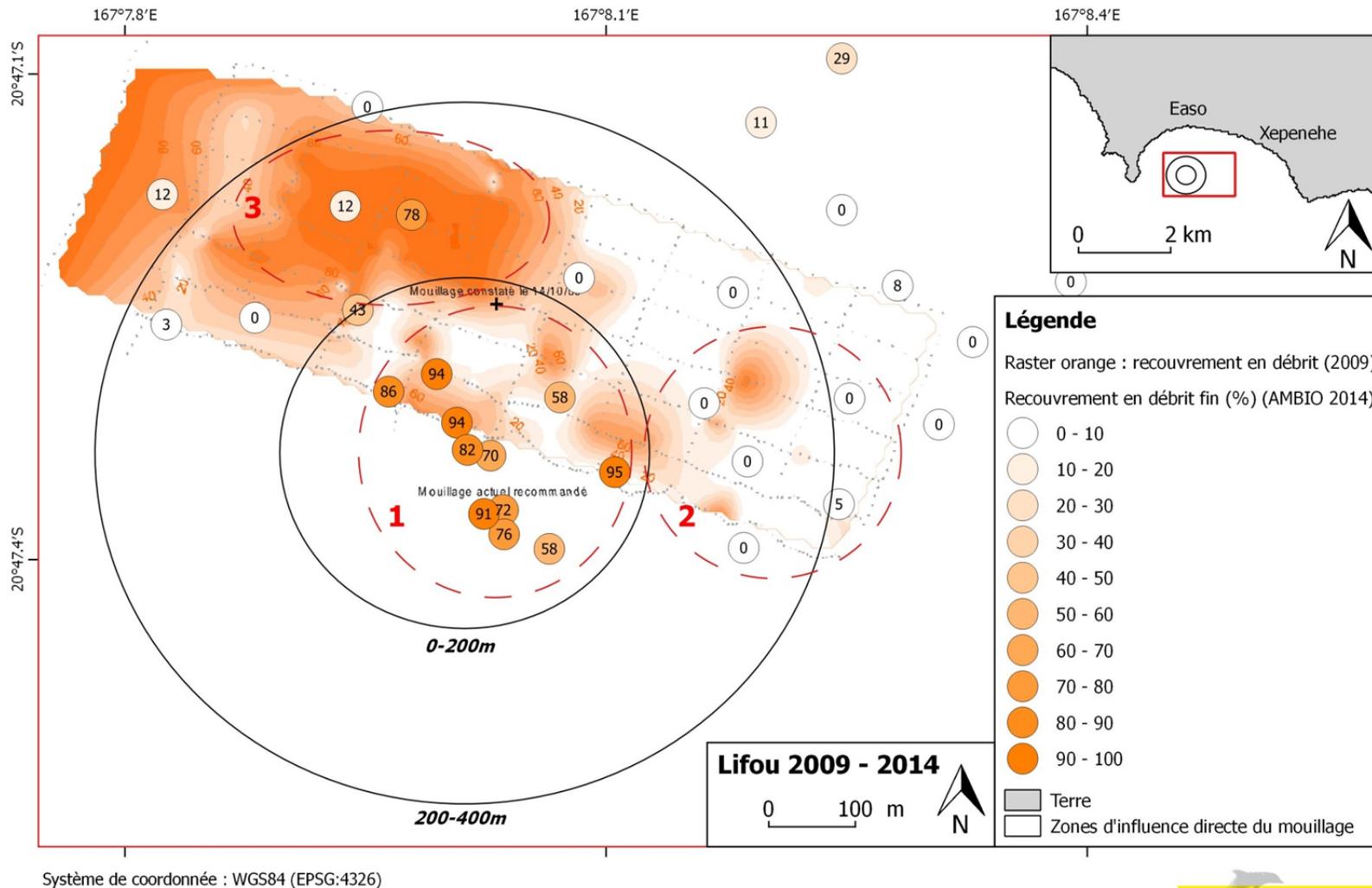


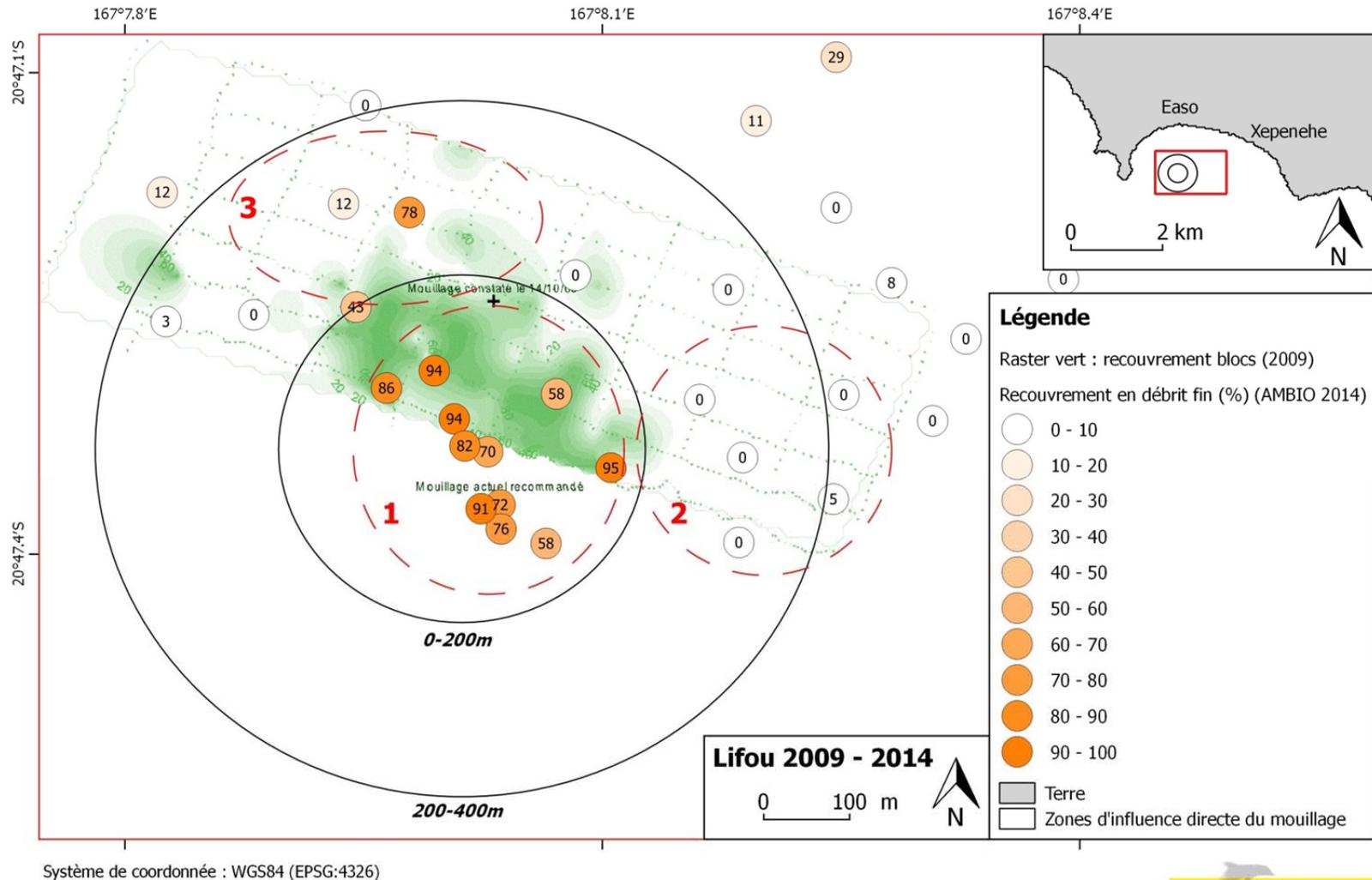
Figure 21. Recouvrements : a) de l'étude de 2009 (corail vivant en violet) et b) des résultats AMBIO : chiffres encadrés : valeurs de recouvrements en corail vivant aux stations AMBIO dans la zone commune aux deux études.



Source :
- Raster d'extrapolation des recouvrements en débris fin (Lépol et al., 2009)

Ifremer
Projet AMBIO - 29/08/2016
Thomas Schohn

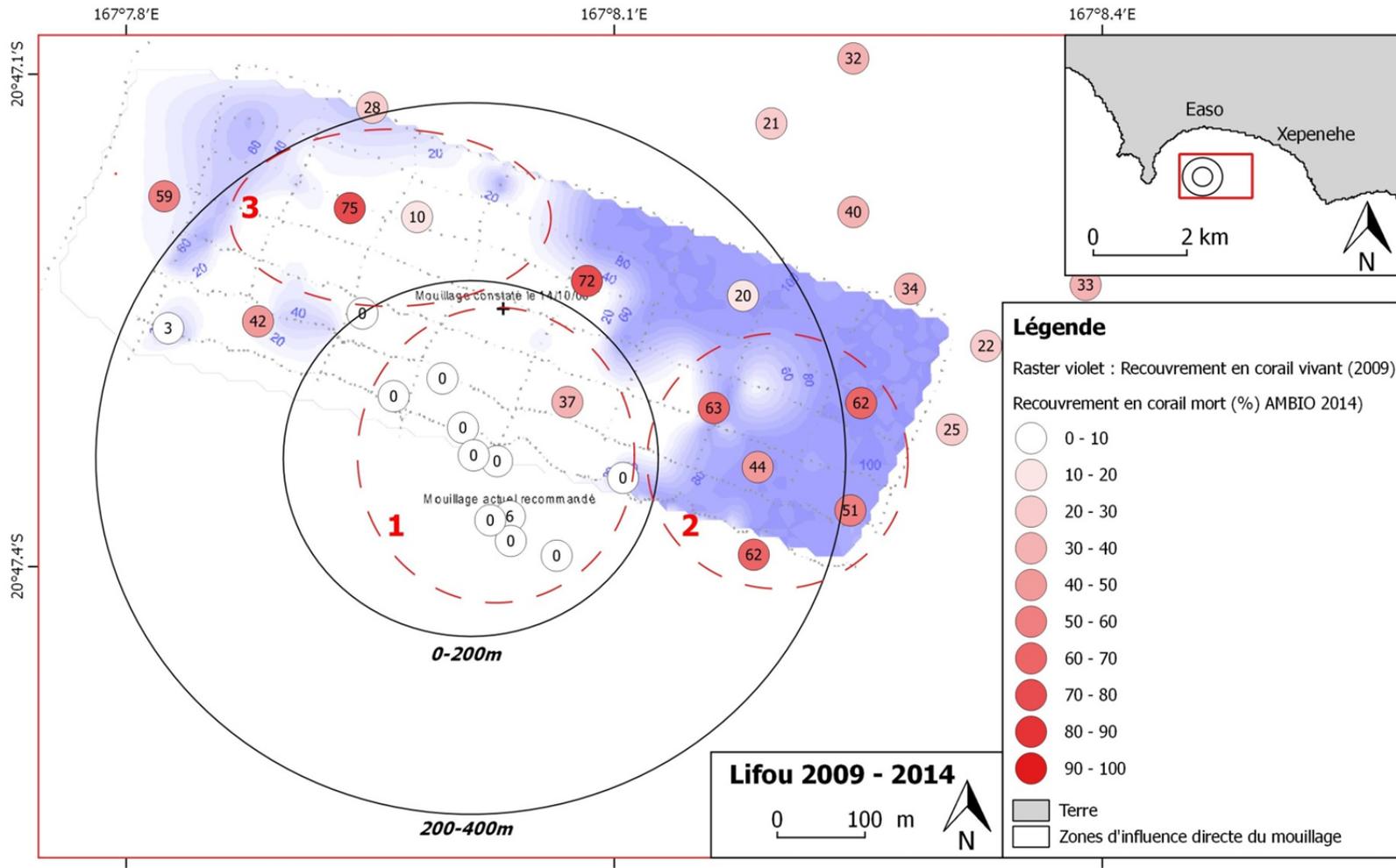
Figure 22. Recouvrements : a) de l'étude de 2009 (débris en orange) et b) des résultats AMBIO : chiffres encadrés : valeurs de recouvrements en débris (fins) aux stations AMBIO dans la zone commune aux deux études.



Source :
- Raster d'extrapolation des recouvrements en blocs (en vert) (Léopold et al., 2009)

Ifremer
Projet AMBIO - 29/08/2016
Thomas Schohn

Figure 23. Recouvrements : a) de l'étude de 2009 (recouvrement blocs) et b) des résultats AMBIO : chiffres encadrés : valeurs de recouvrements en corail mort (blocs) aux stations AMBIO dans la zone commune aux deux études.



Système de coordonnées : WGS84 (EPSG:4326)

Source :
- Raster d'extrapolation des recouvrements en corail vivant (Lépolid et al., 2009)

Ifremer
Projet AMBIO - 29/08/2016
Thomas Schohn

Figure 24. Recouvrements : a) de l'étude de 2009 (corail vivant en violet) et b) des résultats AMBIO : chiffres encadrés : valeurs de recouvrements en corail mort (blocs) aux stations AMBIO dans la zone commune aux deux études.

Dans une zone de 0 à 200m autour du centre des points de mouillage observés, le corail vivant est remplacé par des débris de granulométrie très fine, résultant du broyage des blocs de corail mort observés en 2009. Dans la zone de 200 à 400m, on observe une différence entre le nord-ouest de la zone qui présente de forts recouvrements en débris comme en 2009, et l'est où les recouvrements en corail vivant, élevés en 2009 ont fortement diminué et le substrat est désormais dominé par du corail mort en 2014. Dans toute cette zone périphérique, les impacts du mouillage sont nettement plus marqués qu'en 2009.



Zones impactée (gauche) et non impactée (ci-dessus)

Scénarios d'évolution futurs

Le tourisme de croisière s'est développé très rapidement en Nouvelle-Calédonie : 222 touchers en 2010, 433 en 2015 à Nouméa, l'île des Pins, Lifou et Maré et 530 programmés en 2016. D'ici à 2020, un développement supplémentaire cette activité est envisagé, avec l'accueil de navires plus grands (la capacité des paquebots devant passer de quelque 2 000 passagers aujourd'hui à plus du double à l'horizon 2020) et un objectif de un million de touristes en 2020 contre 400 000 actuellement⁶.

Au regard de ce développement prévisible, l'impact attendu sur les habitats pourrait être amplifié d'une part du fait de la taille plus grande des paquebots qui ancreront, et d'autre part du fait du plus grand nombre de touchers par an.

Nos résultats indiquent que si les points d'ancrage sont respectés, l'impact direct du mouillage sur les habitats ne devrait pas augmenter si la fréquence des touchers augmente, ce pour des navires de taille équivalente.

D'après le service des Pilotes Maritimes⁷, la longueur de chaîne déployée par les navires restera inchangée si la taille des navires évolue, car il est prévu un positionnement dynamique à l'aide du moteur. Selon nos résultats, le rayon de la zone impactée correspond à la longueur de chaîne déployée, 7 maillons, c'est-à-dire 200 m.

⁶ <http://lemagdugouv.nc/2016/06/14/croisiere-a-grande-vitesse/>

⁷ Communication téléphonique du 07/09/06

Sous condition d'un positionnement dynamique, la zone très fortement impactée ne devrait donc pas s'agrandir sous l'effet de navires plus grands.

Par contre, il est déconseillé de recourir plus fréquemment à l'utilisation de la seconde zone de mouillage, **dont le corail semble préservé à l'heure actuelle. // est recommandé de ne plus utiliser cette zone.**

Le diagnostic est plus incertain en ce qui concerne les impacts indirects de l'ancrage. Les mortalités de corail observées spécifiquement à l'est de la zone 0-400m et la dégradation du corail sous le vent du point de mouillage dans cette même zone laissent à penser à des perturbations provoquées par les ancrages répétés. Si cette hypothèse était confirmée, par ex. par une étude des modifications de la turbidité sur ces zones précisément lors de touchers et/ou par une nouvelle campagne de terrain, l'augmentation de la fréquence des touchers pourrait à l'avenir aggraver cette situation. **Il serait alors nécessaire de réfléchir à des alternatives aux ancrages répétés.**

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

Huit métriques de densité et richesse spécifique⁸ ont été considérées pour évaluer l'état des peuplements en fonction des zones d'impact du mouillage (Tableau 12, Figure 25 et Figure 26). Puis nous avons étudié la structure du peuplement dans chaque zone (voir § 4.6).

Page suivante :

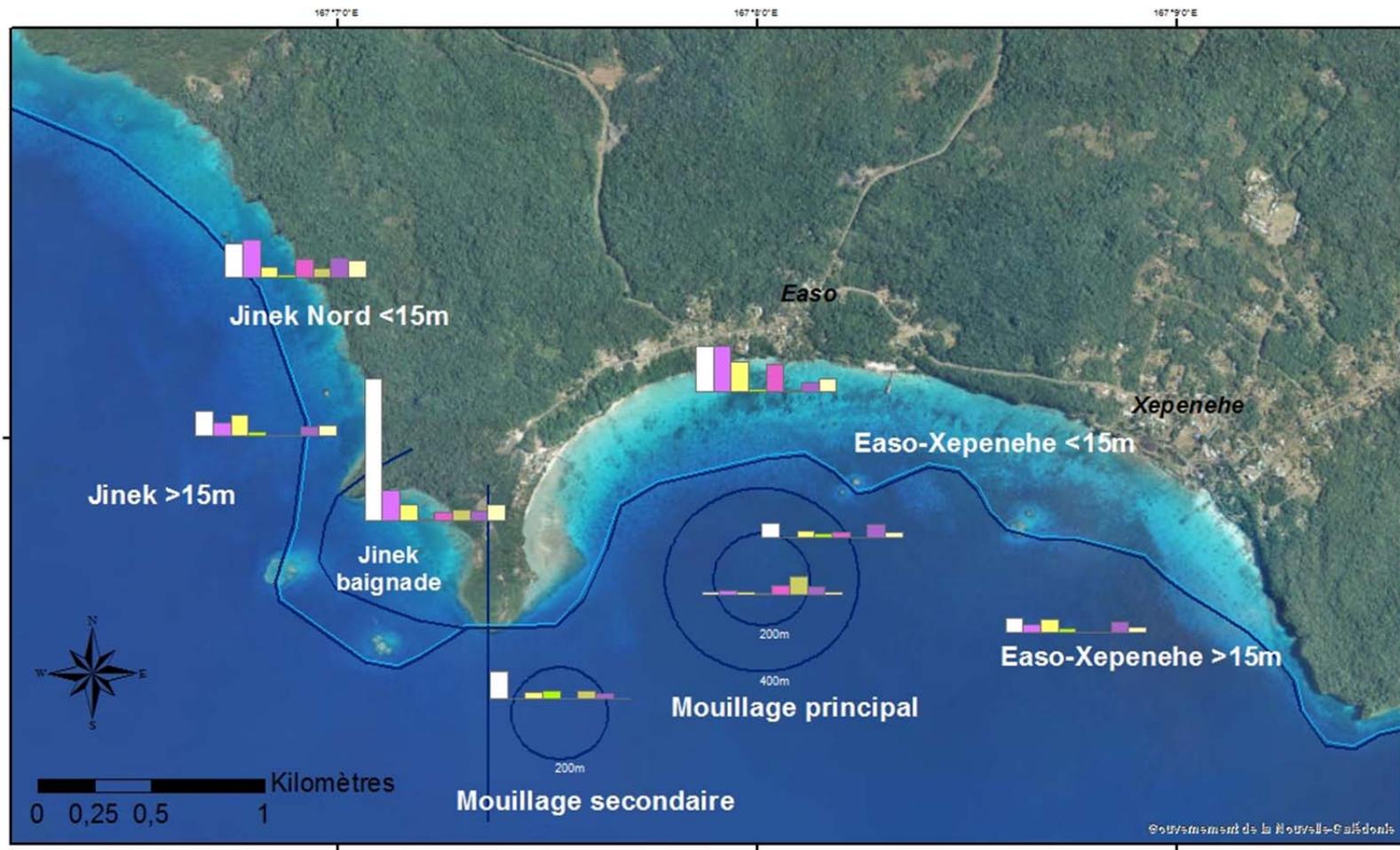
Tableau 12. Diagnostic de l'impact du mouillage des paquebots de croisière sur le maintien de la biodiversité dans les zones situées à une profondeur supérieure à 15m.

⁸ calculées à partir de la liste des espèces d'Intérêt Ecologique, Halieutique et Emblématique (IEHE)

Métrique	Diagnostic (NB : Profondeurs supérieures à 15m)													
<p>Densité d'abondance toutes espèces (10.1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Significativement moins élevée sur les zones proches de la zone de mouillage des paquebots ($p < 0.008$) • Significativement plus élevée à Jinek qu'à Easo-Xepenehe ($p < 0.008$) et dans la zone « 0-200m » ($p < 0.08$) : la densité est 70% plus élevée à Jinek que sur les autres zones (Figure 26) • Pas d'influence significative de l'habitat • Etat écologique : <table border="1" data-bbox="357 600 1305 797"> <thead> <tr> <th data-bbox="357 600 547 719">0-200m (12 stations)</th> <th data-bbox="547 600 737 719">200-400m (9 stations)</th> <th data-bbox="737 600 927 719">2nd mouillage (4 stations)</th> <th data-bbox="927 600 1117 719">Easo-Xepenehe (34 stations)</th> <th data-bbox="1117 600 1305 719">Jinek (8 stations)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>Etat d'autres zones frangeantes:</p> <table border="1" data-bbox="644 853 1235 898"> <tr> <td style="background-color: orange;">Corne sud</td> <td style="background-color: orange;">Hienghene</td> <td style="background-color: orange;">Pouebo</td> </tr> </table>	0-200m (12 stations)	200-400m (9 stations)	2 nd mouillage (4 stations)	Easo-Xepenehe (34 stations)	Jinek (8 stations)						Corne sud	Hienghene	Pouebo
0-200m (12 stations)	200-400m (9 stations)	2 nd mouillage (4 stations)	Easo-Xepenehe (34 stations)	Jinek (8 stations)										
Corne sud	Hienghene	Pouebo												
<p>Poissons-chirurgiens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Quel que soit l'habitat, augmente avec la distance de la zone de mouillage principal • Plus faible sur les zones de mouillage ($p < 0.02$) 													
<p>Perroquets</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Quasi-absents des zones de mouillage, y compris second mouillage • Plus faible sur la zone « 0-200m » que sur les autres zones ($p < 0.0009$) • Plus élevée à Jinek sur l'habitat corail vivant et dans la zone Easo-Xepenehe sur les fonds détritiques (NS) 													
<p>Poissons papillons</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Famille surtout rencontrée sur l'habitat Corail vivant avec une densité significativement supérieure sur cet habitat ($p < 0.025$) • Significativement différente selon la zone ($p < 0.0004$) • Plus faible sur la zone de mouillage qu'à Jinek ($p < 0.011$) et qu'à Easo-Xepenehe ($p < 0.02$) 													
<p>Balistes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Famille la plus fréquente mais densités assez faibles • Pas de différence significative entre zones ni entre habitats 													
<p>Rougets barbets</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densité faible sur la zone « 0-200m » (0.21 ind/100m²) • Différence très significative entre zones ($p < 0.00003$), avec densité plus élevée à Jinek que sur la zone « 0-200m » ($p < 0.08$) • Densité plus élevée sur les 4 stations de fonds lagunaires de Jinek 													
<p>Loches</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Moins abondants sur la zone « 0-200m » et densités très faibles sur toutes les zones • Faible nombre d'individus observés : aucune différence entre zones ne peut être mise en évidence 													

Labres	<ul style="list-style-type: none"> • Très faible sur la zone 0-200m et du mouillage secondaire, • Différence très significative entre zones ($p < 2.10^{-5}$) • Plus élevée à Jinek et significativement plus que sur la zone « 0-200m » ($p < 0.001$)
---------------	---

Richesses spécifiques (RS) (NB : Profondeurs supérieures à 15 m)																		
<i>Métrique</i>	Diagnostic (NB : Profondeurs supérieures à 15m)																	
Richesse spécifique (10.2)	<p>Augmente significativement avec la distance au point moyen de mouillage ($p < 10^{-5}$)</p> <p>Plus élevée à Jinek que sur l'ensemble des zones ($p < 0.1$), et particulièrement pour la zone « 0-200m » ($p < 0.001$)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etat écologique: <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">0-200m (12 stations)</th> <th style="width: 20%;">200-400m (9 stations)</th> <th style="width: 20%;">2nd mouillage (4 stations)</th> <th style="width: 20%;">Easo-Xepenehe (34 stations)</th> <th style="width: 20%;">Jinek (8 stations)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: red; color: black;"> </td> <td style="background-color: orange;"> </td> <td style="background-color: orange;"> </td> <td style="background-color: orange;"> </td> <td style="background-color: yellow;"> </td> </tr> </tbody> </table> <p>Etat d'autres zones frangeantes :</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; text-align: center;"> <tr> <td style="background-color: yellow;">Corne sud</td> <td style="background-color: yellow;">Hienghene</td> <td style="background-color: green;">Pouebo</td> </tr> </table>					0-200m (12 stations)	200-400m (9 stations)	2 nd mouillage (4 stations)	Easo-Xepenehe (34 stations)	Jinek (8 stations)						Corne sud	Hienghene	Pouebo
0-200m (12 stations)	200-400m (9 stations)	2 nd mouillage (4 stations)	Easo-Xepenehe (34 stations)	Jinek (8 stations)														
Corne sud	Hienghene	Pouebo																
Poissons-chirurgiens (10.4)	<p>Entre 0 et 4 espèces par station</p> <p>RS assez faibles, mais un peu plus élevées à Jinek dans l'habitat Corail vivant (NS)</p>																	
Perroquets	<p>RS assez faibles, sauf à Jinek dans l'habitat Corail vivant avec en moyenne 3 espèces</p> <p>Pas de différence significative entre les zones</p>																	
Poissons-Papillons	<p>Valeurs faibles à moyennes dans les zones de mouillage (de 0 à 3 espèces par station, rarement 5 espèces)</p> <p>Plus élevée sur l'habitat Corail vivant (surtout à Jinek) que dans l'habitat détritique ($p < 0.09$)</p> <p>Différence nette entre les zones « 0-200m » et Jinek ($p < 0.008$) ainsi que Easo-Xepenehe ($p < 0,02$)</p>																	
Rougets barbets	<p>Entre 0 et 2, parfois 3 espèces par station</p> <p>Plus élevée sur l'habitat détritique pour la zone Easo Xenephe (NS)</p>																	
Balistes	<p>Entre 0 et 4 espèces par station, mais RS en moyenne assez faible</p>																	
Labres	<p>Assez faible, elle varie entre 1 et 2 à Jinek pour l'habitat corail vivant</p>																	
Loches	<p>Très faible, elle atteint rarement 3 espèces par station</p>																	



Densité moyenne [nb ind/100m²]

Copyright: fond imagerie
Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie

LIFOU 2014

Légende

- | | | |
|---|--|---|
|  chirurgiens |  loches |  Balistes |
|  perroquets |  bossus et becs |  rougets barbets |
|  p.papillons |  lutjans |  Limites des zones d'étude |



Figure 25. Densité d'abondance des principales familles dans chaque zone, pour l'habitat Corail vivant.

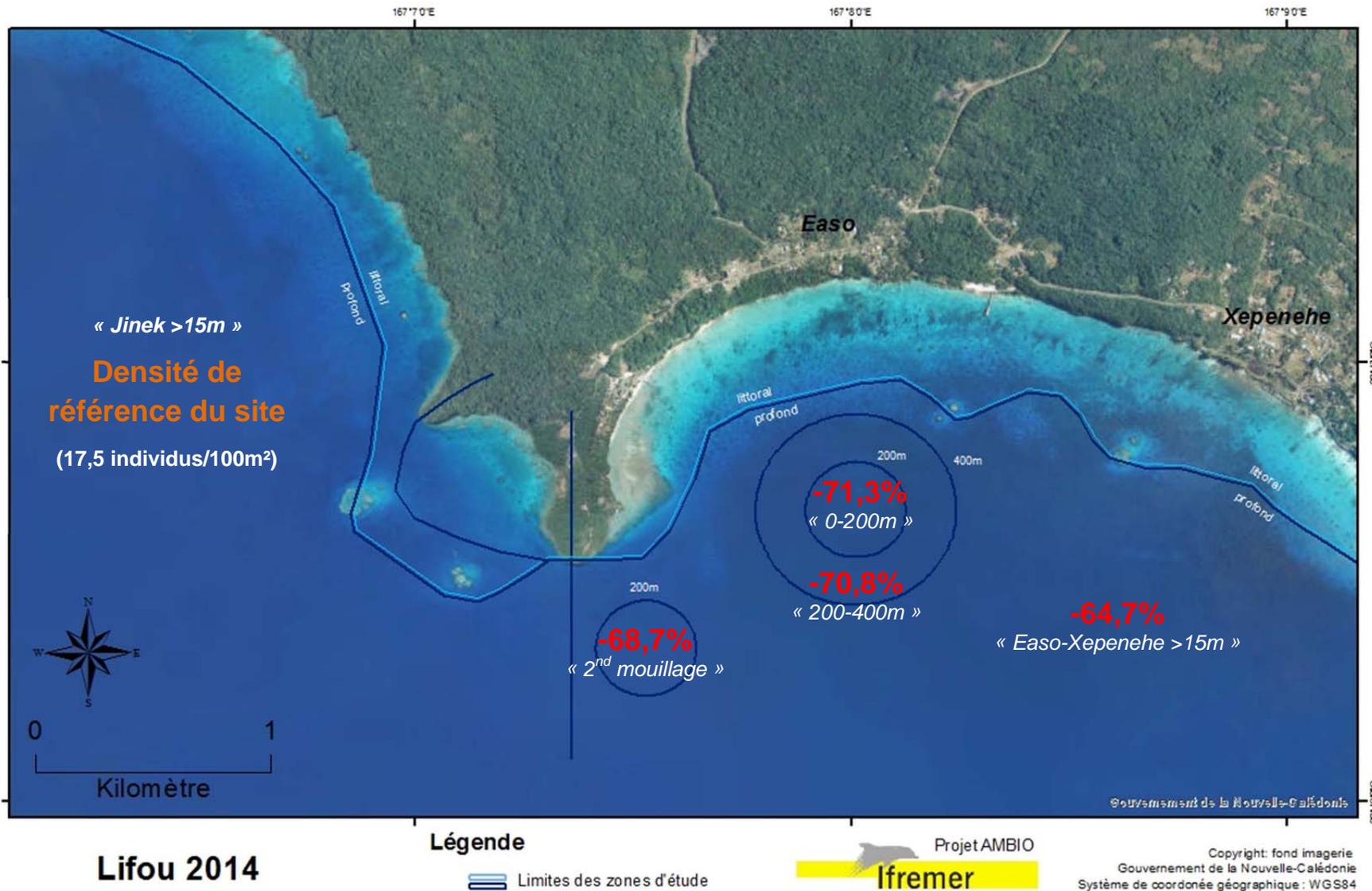


Figure 26. Comparaison des densités de poissons entre zones pour l'habitat Corail vivant (zone de référence pour la comparaison = « Jinek >15m »).

Structure des peuplements de poissons en fonction de la zone de mouillage et de l'habitat

L'analyse de l'impact du mouillage des paquebots sur la structure du peuplement est réalisée pour les stations dont les profondeurs sont supérieures à 15m et situées dans les habitats « Corail vivant » et « Corail impacté ».

La structure de l'assemblage ne diffère pas significativement entre les deux habitats. Par contre, elle diffère significativement en fonction des zones de mouillage (Pseudo-F=2.4, $p < 0.001$).

Les assemblages de poissons sont significativement distincts entre les zones, à l'exception des paires « Easo-Xepenehe > 15m et 200-400m », « 0-200m et 200-400m » et « 0-200m et 2nd mouillage » (Tableau 13). Ceci montre un gradient de différence depuis la zone 0-200m vers la zone de Jinek, les zones 200-400m et 2nd mouillage, ainsi que l'Est de Easo-Xepenehe étant intermédiaires en terme de structure. Les résultats de la CAP confirment ces différences entre zones (Figure 29), avec toutefois la zone du second mouillage dont la position géographique intermédiaire entre Jinek et la zone 0-200m apparaît clairement.

Tableau 13. Résultats du test PERMANOVA. Comparaison par paires pour le facteur Zones. Différences significatives en gras.

Paire	T	P
Easo-Xepenehe > 15m, 200-400m	0,89	0,62
Easo-Xepenehe > 15m, 0-200m	1,61	0,01
Easo-Xepenehe >15m, 2nd mouillage	1,39	0,046
Easo-Xepenehe > 15m, Jinek > 15m	2,0	0,001
200-400m, 0-200m	1,3	0,10
200-400m, 2nd mouillage	1,5	0,044
200-400m, Jinek > 15m	1,8	0,0069
0-200m, 2nd mouillage	1,3	0,085
0-200m, Jinek > 15m	2,1	0,0002
2nd mouillage, Jinek > 15m	1,4	0,021

En termes d'espèces caractéristiques (Tableau 14), les zones « Easo-Xepenehe > 15m » et « 200-400m » sont caractérisées par les mêmes espèces : un baliste (*Sufflamen chrysopterum*), un rouget-barbet (*Parupeneus barberinoides*) et un chirurgien (*Zebbrasoma scopas*), des espèces assez communes et ubiquistes, qui peuvent donc être trouvées dans des zones dégradées.

La zone de mouillage occasionnel (« 2nd mouillage ») est caractérisée par un autre baliste (*Sufflamen fraenatum*) et la perche de minuit dorée (*Macolor macularis*) familière des pentes externes sous influence océanique.

La zone profonde de Jinek est caractérisée par les poissons papillons *Chaetodon pelewensis*, *C. kleinii*, *C. mertensii* et *C. plebeius*, les poissons perroquets *Scarus psittacus*, *Chlorurus sordidus*, *S. oviceps* et *S. schlegeli*, les loches *Plectropomus laevis* et *Gracila albomarginata*, les fusiliers *Pterocaesio digramma* et *P. tile*, la vieille barrée *Bodianus loxozonus*, le chirurgien *Acanthurus thompsoni*, le baliste *Pseudobalistes flavimarginatus* et le *Diploprion bifasciatum*. Cette variété d'espèces indique l'état relativement bon des peuplements dans cette zone, en comparaison des autres.

Cette caractérisation apparaît assez robuste car la procédure de validation croisée montre un pourcentage global de « bien classés » correct (52%) avec des valeurs par zone élevées pour « Jinek >15m » (75%) et la zone « 0-200m » (67%), et satisfaisants pour l'Est (« Easo-Xepenehe >15m » : 53%). Les zones « 200-400m » et « 2nd mouillage » présentent elles des pourcentages de bien classés faibles (<25%), principalement en raison d'un plus faible nombre de stations.

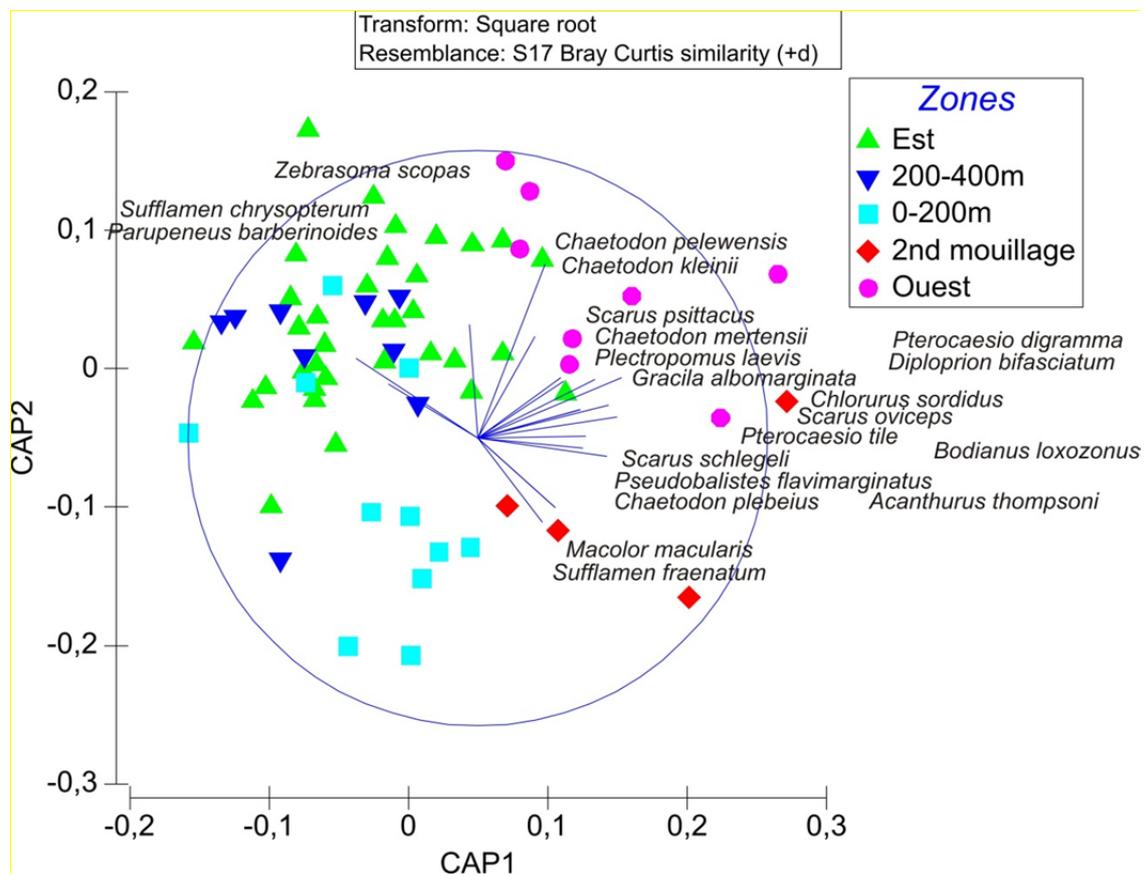
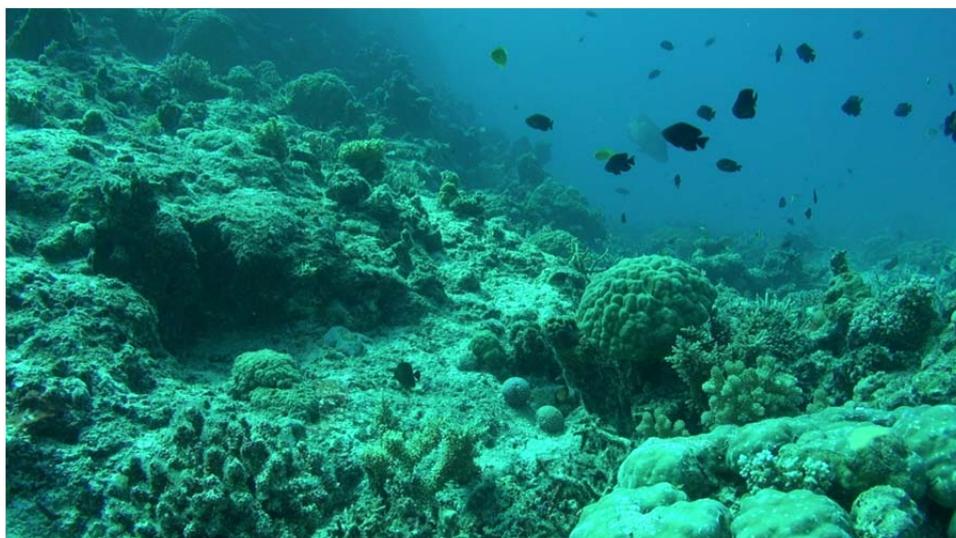


Figure 27. Axes factoriels 1 et 2 de l'analyse CAP, avec projection des stations représentées par leurs assemblages de poissons, en fonction de la zone d'impact. Seules les espèces présentant des corrélations aux axes factoriels supérieures à 0,35 sont représentées (Est pour la zone Easo-Xepenehe>15m et Ouest pour la zone Jinek >15m).

Tableau 14. Principales espèces caractéristiques des zones d'impact du mouillage. Seules les espèces présentant des corrélations suffisantes avec les axes CAP (corrélation Pearson, $r > 0.35$) sont reportées.

Habitat	Famille	Espèce	Nom commun
« 0-200m »	-	-	-
« 200-400m » et « Easo-Xepenehe > 15m »	Balistidae, Mullidae, Acanthuridae	<i>Sufflamen chrysopteron</i> , <i>Parupeneus barberinoides</i> , <i>Zembrasoma scopas</i>	baliste à queue bordée de blanc, rouget-barbet bicolore, chirurgien queue en balai
« 2 nd mouillage »	Balistidae, Lutjanidae	<i>Sufflamen fraenatum</i> , <i>Macolor macularis</i>	baliste à brides, perche de minuit dorée
« Jinek > 15m »		<i>Chaetodon pelewensis</i> , <i>C. kleinii</i> , <i>C. mertensii</i> , <i>C. plebeius</i> , <i>Scarus psittacus</i> , <i>Chlorurus sordidus</i> , <i>S. oviceps</i> , <i>S. schlegeli</i> , <i>Plectropomus laevis</i> , <i>Gracila albomarginata</i> , <i>Pterocaesio digramma</i> , <i>P. tile</i> , <i>Bodianus loxozonus</i> , <i>Acanthurus thompsoni</i> , <i>Pseudobalistes flavimarginatus</i> , <i>Diploprion bifasciatum</i>	poissons papillons, poissons perroquets, saumonée gros points, loche à queue blanche, fusiliers, vieille barrée, chirurgien à queue blanche, baliste, poisson savon



Bilan pour cet objectif

Les chirurgiens, labres, poissons-papillons sont plus abondants sur l'habitat Corail vivant.

Dans la zone principalement impactée (« 0-200m »), les poissons sont significativement moins abondants que dans les autres zones, et ce pour toutes les familles sauf les balistes. De plus, le peuplement est significativement moins diversifié.

Dans la zone d'impact intermédiaire (« 200-400m ») autour de cette première zone, les poissons sont moins abondants et moins diversifiés que dans les zones non impactées mais les différences sont moins marquées que pour la zone « 0-200m ».

Dans la zone de mouillage occasionnel, où les stations font partie de l'habitat Corail vivant, les métriques présentent des valeurs peu élevées.

A l'est de la Baie d'Easo-Xepenehe, à des profondeurs supérieures à 15 m, les densités d'abondance sont plus élevées que dans les zones impactées, mais restent assez faibles.

Dans la zone de Jinek située à l'Ouest, les poissons sont plus abondants et plus diversifiés que dans les autres zones et les différences avec la zone « 0-200m » sont marquées et significatives pour une majorité de métriques, dont densité d'abondance toutes espèces et richesse spécifique.

Etat écologique. Dans l'habitat Corail vivant, les densités d'abondance et richesse spécifique toutes espèces témoignent d'un mauvais état dans la zone « 0-200m », tandis que la zone de Jinek comparable (profondeur de plus de 15m) est dans un état médiocre en terme de densité d'abondance et moyen en terme de RS. La densité d'abondance des poissons indique un état mauvais sur 4 des zones, dont l'est de la Baie d'Easo-Xepenehe. A contrario, la richesse spécifique d'ensemble varie d'un état mauvais dans la seule zone 0-200m à un état moyen à Jinek, en passant par un état médiocre dans les autres zones.

La densité totale de poissons observés par la vidéo varie d'environ 70 % entre « Jinek>15m » et les autres zones, ce qui laisse à penser à des impacts anthropiques dans l'est de la Baie d'Easo-Xepenehe, incluant probablement un impact de la pêche. En effet, certaines espèces cibles de la pêche n'ont pas été observées, ou sont très peu abondantes. Une différence naturelle entre la Baie et la zone de Jinek n'est toutefois pas à exclure.

Les peuplements de poissons diffèrent nettement selon un gradient depuis la zone 0-200m vers la zone de Jinek, les zones 200-400m et 2nd mouillage, ainsi que l'Est de Easo-Xepenehe étant intermédiaires en terme de structure. Ce gradient part de peuplements pauvres dans la zone « 0-200m », vers des peuplements caractérisés par des espèces ubiquistes communément observées dans des habitats dégradés, pour aboutir à un peuplement plus typique d'un récif corallien en bonne santé dans la zone de Jinek.

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

La répartition et l'importance des groupes trophiques sont des indicateurs simples du maintien des fonctions de l'écosystème (Tableau 15, Figure 28).

Tableau 15. Diagnostic de l'impact du mouillage des paquebots de croisière sur le maintien de la biodiversité dans les zones situées à une profondeur supérieure à 15m, par groupe trophique.

Densité d'abondance par groupe trophique (profondeurs supérieures à 15m)	
Carnivores	<ul style="list-style-type: none"> • Groupe rencontré sur tous les habitats, essentiellement constitué des rougets-barbets, les becs, les bossus, les poissons-papillons, les castex, les grosses lèvres, les balistes et les labres • La densité d'abondance varie en fonction du site ($p < 0.08$) • Plus faible sur les zones « 0-200m » et « 2nd mouillage » • Plus élevée à Jinek et dans l'est de la baie d'Easo-Xepenehe
Herbivores	<ul style="list-style-type: none"> • Groupe essentiellement constitué par les chirurgiens, perroquets et picots (Siganidae) • Densité plus faible sur les zones « 0-200m » et du « 2nd mouillage » (NS) • Un peu plus élevée à Jinek (NS) • Non observés sur l'habitat Fond lagonaire
Piscivores	<ul style="list-style-type: none"> • Groupe présent de façon homogène sur les 3 habitats, essentiellement constitué par les mekouas, les carangues, les loches et les lutjans • Densité faible, groupe peu abondant sur la zone
Planctono-phages	<ul style="list-style-type: none"> • Groupe essentiellement constitué par des fusiliers et quelques chirurgiens • Essentiellement rencontrés sur « Jinek >15m » ($p < 0.0001$)

Bilan par groupe trophique

Carnivores (rougets-barbets, becs et bossus, papillons, grosses lèvres, balistes et labres) et herbivores (picots, perroquets et chirurgiens) sont moins abondants sur la zone « 0-200m » et sur la zone de mouillage secondaire, et plus abondants à Jinek. Les piscivores de la zone (principalement loches et carangues) sont peu abondants sur toutes les zones. Les planctonophages sont principalement rencontrés à Jinek.

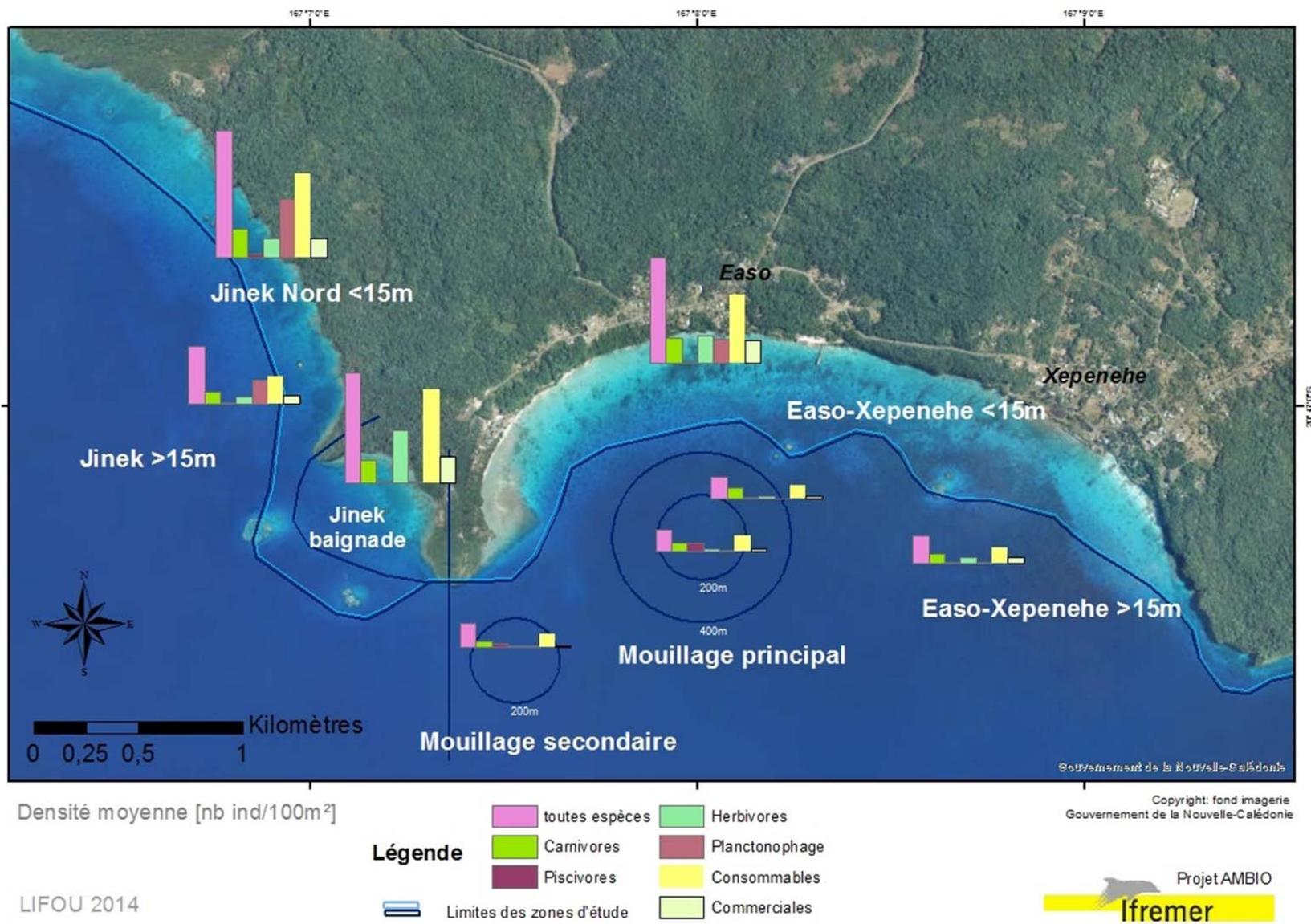


Figure 28. Répartition de la densité d'abondance des principaux groupes trophiques

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

Pour cet objectif, quatre métriques générales sont considérées et huit métriques spécifiques de certaines espèces (Tableau 16).

Tableau 16. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif de gestion durable des ressources. Valeurs entre parenthèses : fiche métrique correspondante.

<i>Indicateur</i>	<i>Diagnostic (NB : Profondeurs supérieures à 15m)</i>													
Densité des espèces commerciales (10.7)	<ul style="list-style-type: none"> Densités plus élevées à Jinek et à l'est de Easo-Xepenehe (NS) Grille de lecture pays (habitat Corail vivant) : <table border="1"> <thead> <tr> <th>0-200m</th> <th>200-400m</th> <th>2nd mouillage</th> <th>Easo-Xepenehe</th> <th>Jinek</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: red; color: white;">~nulle</td> <td style="background-color: red; color: white;">~nulle</td> <td style="background-color: red; color: white;">~nulle</td> <td style="background-color: red; color: white;"></td> <td style="background-color: red; color: white;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>Etat d'autres zones frangeantes:</p> <table border="1"> <tr> <td style="background-color: orange;">Corne sud</td> <td style="background-color: orange;">Hienghene</td> <td style="background-color: red;">Pouebo</td> </tr> </table>	0-200m	200-400m	2 nd mouillage	Easo-Xepenehe	Jinek	~nulle	~nulle	~nulle			Corne sud	Hienghene	Pouebo
0-200m	200-400m	2 nd mouillage	Easo-Xepenehe	Jinek										
~nulle	~nulle	~nulle												
Corne sud	Hienghene	Pouebo												
Densité des espèces consommables (=pêchées) (10.8)	<ul style="list-style-type: none"> Les densités sont supérieures sur les zones éloignées des mouillages mais les différences ne sont pas significatives. Grille de lecture pays (habitat Corail vivant) : <table border="1"> <thead> <tr> <th>0-200m</th> <th>200-400m</th> <th>2nd mouillage</th> <th>Easo-Xepenehe</th> <th>Jinek</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: red; color: white;">~nulle</td> <td style="background-color: red; color: white;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>Etat d'autres zones frangeantes:</p> <table border="1"> <tr> <td style="background-color: orange;">Corne sud</td> <td style="background-color: orange;">Hienghene</td> <td style="background-color: red;">Pouebo</td> </tr> </table>	0-200m	200-400m	2 nd mouillage	Easo-Xepenehe	Jinek	~nulle					Corne sud	Hienghene	Pouebo
0-200m	200-400m	2 nd mouillage	Easo-Xepenehe	Jinek										
~nulle														
Corne sud	Hienghene	Pouebo												
Densité des espèces-cibles de la chasse (10.11)	<ul style="list-style-type: none"> Augmente avec la distance à la zone de mouillage ; plus élevée à Jinek (NS) Légèrement supérieure sur l'habitat Corail vivant (NS) 													
Densité des espèces-cibles de la pêche à la ligne (10.10)	<ul style="list-style-type: none"> Moins abondantes que les espèces-cibles de la chasse Surtout des becs, bossus, lutjans, loches et carangues Densités faibles mais significativement différentes entre zones : plus élevée à l'est de Easo-Xepenehe que dans la zone 0-200m Habitat détritique de la zone 0-200m : bancs de lutjans à cinq bandes bleues 													
Densité des chirurgiens pêchés	<ul style="list-style-type: none"> Plus abondants (et présents sur 80% des stations) à Jinek Différences significatives entre zones ($p < 0.04$) Plus abondants à Jinek que dans la zone 0-200m ($p < 0.04$) 													
Densité des perroquets	<ul style="list-style-type: none"> Plus abondants (présents sur plus de 80% des stations) à Jinek Pas de différences significatives entre zones 													

Fréquence des Siganidés	<ul style="list-style-type: none"> • Observés sur peu de stations, uniquement sur la zone 0-200m et l'est de Easo-Xepenehe
Fréquence des carangues	<ul style="list-style-type: none"> • Peu observées, uniquement sur l'est de Easo-Xepenehe
Densité et Fréquence des loches	<ul style="list-style-type: none"> • Peu abondantes sur toute la zone • Cependant observés sur plus de 40% des stations sur l'est de la baie d'Easo-Xepenehe
Densité et fréquence des becs et bossus	<ul style="list-style-type: none"> • Peu abondants • Observés ni à Jinek, ni sur la zone du second mouillage • Moins abondants sur la zone « 0-200 m » ($p < 0.03$) que sur les autres
Densité et fréquence des lutjanidés pêchés	<ul style="list-style-type: none"> • Non observés sur la zone du second mouillage. • La fréquence varie entre 8% sur la zone des 0-200m et 22% sur la zone des 200-400m
Densité et fréquence des rougets-barbets pêchés	<ul style="list-style-type: none"> • Peu abondants • La fréquence varie entre 20% sur la zone du second mouillage et presque 100% sur la zone des 200-400m
Densité des picots kanak	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun picot kanak n'a été observé (au niveau du complexe d'espèces)
Densité et fréquence des saumonées	<ul style="list-style-type: none"> • Très peu abondantes • Aucune saumonée petits points (<i>Plectropomus leopardus</i>) observée • Non observées sur la zone 0-200m et observées à une seule station dans les autres zones, sauf dans l'est de la Baie d'Easo-Xepenehe (présentes sur 7% des stations)
Fréquence du bec de cane	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun bec de cane n'a été observé malgré le nombre de stations
Fréquence du dawa	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun Dawa n'a été observé malgré le nombre de stations

Bilan pour cet objectif

Des espèces-cibles importantes sont très peu ou pas observées (saumonée, bec de cane, dawa, picots kanak)(du moins pas au niveau de l'espèce ou du complexe) sur la zone. Au niveau des groupes d'espèces pêchées par famille, les densités sont également faibles (loches, becs et bossus, lutjans, rougets-barbets et carangues. Seuls les chirurgiens pêchés et les perroquets sont fréquents, notamment à Jinek où leur abondance est aussi plus élevée. Carangues et saumonées sont observées dans l'est de la Baie d'Easo-Xepenehe. En comparaison des autres stations de la Grande Terre, l'état des ressources de la pêche est mauvais sur toute la zone. Cette évaluation pourra être éventuellement révisée si d'autres données sont collectées à l'avenir sur Lifou, notamment dans d'autres zones de l'île.

9 Impact des activités anthropiques littorales

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

A ces profondeurs, Easo-Xepenehe et Jinek Nord présentent des recouvrements en corail vivant similaires (moyennes 46% et 44%), supérieurs (mais non significativement) à ceux de la zone de baignade de Jinek (moyenne 33%) (Tableau 17, 10.12). Sur les deux zones ouest, le faible recouvrement en branchu (10.13) et le recouvrement plus élevé en débris (10.15) s'expliquent plutôt par une exposition naturelle différente de la Baie. La complexité de l'habitat, reflet de la diversité et de la quantité d'abris disponible, est moindre sur la zone de baignade (Annexe, 10.14). Cependant, pas de signe de dégradation sur les poissons-papillons.

L'impact sur les habitats de la zone de baignade apparait pour le moment limité, avec un recouvrement en corail vivant légèrement inférieur, sans présager d'autres atteintes potentielles à la santé du corail (par ex. pollutions organiques ou par des produits solaires). En l'absence de données chiffrées sur le nombre de baigneurs et le possible « nettoyage » des coraux cassés, il semble prudent de canaliser la fréquentation de ces zones, et de s'assurer de bonnes pratiques de baignade (nombre maximal de baigneurs à un temps t, utilisation de produits non nocifs pour l'environnement, règles d'hygiène strictes sur site), surtout si la fréquentation devait augmenter dans le proche futur, et ce afin d'éviter des atteintes irréversibles aux habitats.

Tableau 17. Tableau de bord pour l'objectif de conservation des habitats.

Indicateur	Diagnostic (NB : Profondeurs inférieures à 15m)			
Recouvrement en corail vivant (%) (0)	<ul style="list-style-type: none"> Habitat corail vivant: recouvrements inférieurs sur la zone de baignade de Jinek. Différences non significatives avec les deux autres zones : Pas d'impact apparent de la baignade 			
Recouvrement en corail branchu (%) (0)		Jinek baignade (6 stations)	Easo-Xepenehe (13 stations)	Jinek Nord (5 stations)
	Corail vivant			
	Corail Branchu			
Richesse spécifique des poissons-papillons (10.4)	<ul style="list-style-type: none"> Valeurs moyennes à élevées dans les zones littorales (de 0 à 4 espèces par station, parfois 10 espèces) Plus élevée sur l'habitat Corail vivant (surtout à Jinek baignade) que dans les autres habitats ($p < 0.09$) Pas de différences significatives entre zones 			
Densité d'abondance des poissons-papillons (10.3)	<ul style="list-style-type: none"> Densités significativement différentes entre zones ($p < 0.03$), plus élevées à Easo-Xepenehe qu'à Jinek nord ($p < 0.05$). Significativement plus abondants sur l'habitat corail vivant que le détritique ($p < 0.03$) 			

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

Huit métriques de densité et richesse spécifique ont été considérées pour évaluer l'état des peuplements sur les zones littorales (

Tableau 18). Dans ces zones, trois habitats sont rencontrés : « Corail vivant », « Détritique » et « Fond lagonaire » et la grille de lecture pays est appliquée grâce aux seuils calculés dans chaque habitat pour la densité d'abondance totale et la richesse spécifique.

Puis nous avons étudié la structure du peuplement dans chaque zone (voir § 4.7).

Tableau 18. Diagnostic de l'impact des activités anthropiques littorales sur le maintien de la biodiversité (zones de profondeur inférieure à 15m).

<i>Indicateur</i>	<i>Diagnostic (NB : Profondeurs inférieures à 15m)</i>																
<p>Densité d'abondance toutes espèces (10.1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Pas de différences significatives entre zones ni entre habitats •Grille de lecture pays (avec le nombre de stations par habitat) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Jinek baignade</th> <th>Easo-Xepenehe</th> <th>Jinek Nord</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corail vivant</td> <td>6</td> <td>13</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Détritique</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Fond Lagonaire</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		Jinek baignade	Easo-Xepenehe	Jinek Nord	Corail vivant	6	13	5	Détritique	3	3	7	Fond Lagonaire	4	6	1
		Jinek baignade	Easo-Xepenehe	Jinek Nord													
	Corail vivant	6	13	5													
	Détritique	3	3	7													
Fond Lagonaire	4	6	1														
<p>Richesse spécifique toutes espèces (10.2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Pas de différences significatives entre zones ni entre habitats •Grille de lecture pays : <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Jinek baignade</th> <th>Easo-Xepenehe</th> <th>Jinek Nord</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corail vivant</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Détritique</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fond Lagonaire</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Jinek baignade	Easo-Xepenehe	Jinek Nord	Corail vivant				Détritique				Fond Lagonaire			
		Jinek baignade	Easo-Xepenehe	Jinek Nord													
	Corail vivant																
	Détritique																
Fond Lagonaire																	

<i>Indicateur</i>	Diagnostic (NB : Profondeurs inférieures à 15m)
Densité d'abondance par famille (10.3)	
Poissons chirurgiens	<ul style="list-style-type: none"> • Famille la plus abondante • Significativement plus abondants à « Jinek baignade » ($p < 0.0003$) • Pas de différences entre la Baie d'Easo-Xepenehe et nord de Jinek • Pas de différences entre habitats
Perroquets	<ul style="list-style-type: none"> • 2^{ème} famille la plus abondante, mais bien moins que les chirurgiens • Pas de différences significatives entre zones • Plus abondants sur l'habitat Corail vivant ($p < 0.07$)
Poissons papillons	<ul style="list-style-type: none"> • Plus abondants sur l'habitat Corail vivant ($p < 0.0025$) • Différences significatives entre zones ($p < 0.03$)
Balistes	<ul style="list-style-type: none"> • Densités assez faibles • Mais différences significatives entre zones ($p < 0.032$) : moins abondants à « Easo-Xepenehe » qu'à « Jinek Nord »
Rougets-barbets	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de différences significatives entre zones ni entre habitats
Loches et Labres	<ul style="list-style-type: none"> • Abondances faibles sur toutes les zones et habitats
Richesse spécifique par famille (10.4)	
Chirurgiens	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 5 espèces par station • RS faibles à moyennes, un peu plus élevées sur la zone de Jinek baignade, tous habitats confondus (NS) • RS plus élevée sur l'habitat Corail vivant (NS)
Perroquets	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 3, parfois 6 espèces par station • Un peu plus élevé sur l'habitat corail vivant (NS) • RS légèrement plus élevée au nord de Jinek, mais pas de différences significatives entre les zones
Poissons-Papillons	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 4, parfois jusqu'à 10 espèces par station • RS assez élevée sur l'habitat corail vivant (marginale, $p < 0.09$), surtout sur la zone de baignade de Jinek (NS) • Pas de différences significatives entre zones
Rougets-barbets	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 3, parfois jusqu'à 5 espèces par station • Pas de différences significatives entre zones ni entre habitats
Balistes	<ul style="list-style-type: none"> • RS faible : entre 0 et 2 espèces par station
Labres	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 3 espèces par station • RS un peu plus élevée sur habitat détritique à Easo-Xepenehe (NS) • Pas de différences significatives entre zones ni entre habitats
Loches	<ul style="list-style-type: none"> • RS faible, rarement 3 espèces par station • Pas de différence significative entre zones ni entre habitats

Structure des communautés de poissons dans la zone littorale en fonction de l'habitat

L'analyse de l'impact de la fréquentation des zones littorales sur la structure du peuplement est réalisée pour les stations dont les profondeurs sont inférieures à 15m et situées dans les trois habitats rencontrés sur ces zones.

La structure de l'assemblage diffère significativement en fonction des zones littorales (Pseudo-F=2.1, $p < 0.001$) et selon l'habitat (Pseudo-F=1.9, $p < 0.01$). L'interaction des deux facteurs n'est pas significative.

Les assemblages de poissons sont significativement différents uniquement sur l'habitat Fond lagonaire entre les zones « Jinek baignade » et « Easo-Xepenehe » et sur l'habitat Détritique entre les zones « Jinek Nord » et « Easo-Xepenehe » (Tableau 19).

Tableau 19. Résultats du test PERMANOVA. Comparaison par paires pour le facteur Zones, pour chaque habitat.

Habitat	Paire	t	P
Corail vivant	Jinek Nord<15m - Easo-Xepenehe <15m	1,1	0,21
	Jinek Nord<15m - Jinek baignade	0,91	0,78
	Easo-Xepenehe<15m - Jinek baignade	1,1	0,30
Fond lagonaire	Jinek Nord<15m - Easo-Xepenehe <15m	0,86	1,0
	Jinek Nord< 15m - Jinek baignade	1,1	0,39
	Easo-Xepenehe< 15m - Jinek baignade	1,3	0,027
Détritique	Jinek Nord<15m - Easo-Xepenehe < 15m	1,5	0,01
	Jinek Nord<15m - Jinek baignade	1,2	0,15
	Easo-Xepenehe<15m - Jinek baignade	1,0	0,51

En termes d'espèces caractéristiques (Tableau 20 et Figure 29), le littoral d'« Easo-Xepenehe » est caractérisé par le poisson papillon *Chaetodon lunulatus* et le rouget-barbet *Parupeneus barberinoides*. La zone située au nord de Jinek est caractérisée par le baliste *Sufflamen chrysopterum* et le labre *Coris dorsomacula*. La zone de baignade de Jinek est caractérisée par les poissons-papillons *Chaetodon flavirostris* et *C. vagabundus*, le poisson perroquet *Scarus rivulatus*, le poisson chirurgien *Acanthurus nigricauda* et le rouget-barbet *Mulloidichthys flavolineatus*. Ces espèces indiquent un peuplement en bonne santé dans la zone de baignade et dans la Baie d'Easo-Xepenehe. Les assemblages d'espèces des trois zones sont très distincts.

Cette caractérisation apparaît très robuste, la procédure de validation croisée montrant un pourcentage global de « bien classés » élevé (79%) avec des pourcentages élevés de classification correcte par zone pour « Jinek Nord » (85%) et « Easo-Xepenehe » (91%), et acceptable pour la zone de baignade de Jinek (54%).

Ces résultats mettent en évidence les espèces caractéristiques des différentes zones d'influence des activités anthropiques côtières.

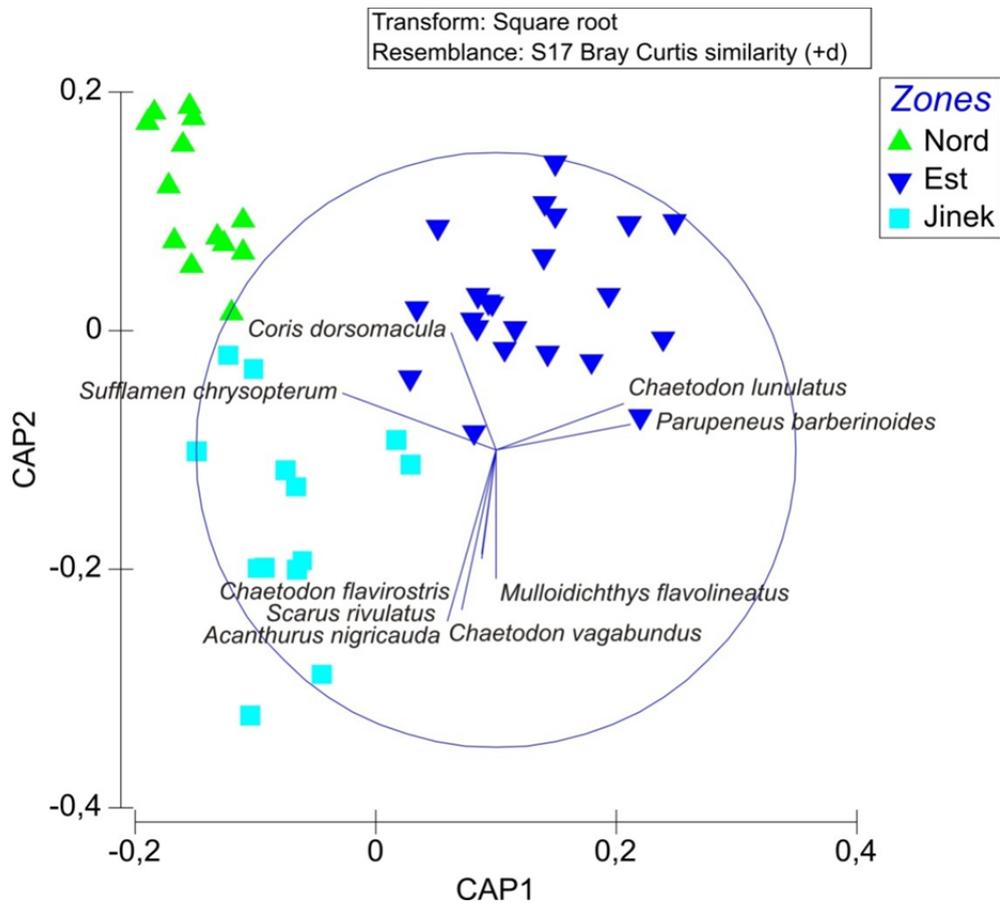


Figure 29. Axes factoriels 1 et 2 de l'analyse CAP, avec projection des stations représentées par leurs assemblages de poissons, en fonction de la zone littorale. Seules les espèces présentant des corrélations aux axes factoriels supérieures à 0.35 sont représentées.

Tableau 20. Principales espèces caractéristiques des zones littorales. Seules les espèces présentant des corrélations suffisantes avec les axes CAP (corrélation Pearson, $r > 0.35$) sont reportées

Habitat	Famille	Espèce	Nom commun
Easo-Xepenehe < 15m	Chaetodontidae, Mullidae	<i>Chaetodon lunulatus</i> , <i>Parupeneus barberinoides</i>	poissons papillons, rouget-barbet bicoloré
Jinek baignade	Chaetodontidae, Scaridae, Acanthuridae, Mullidae	<i>Chaetodon flavirostris</i> , <i>C. vagabundus</i> , <i>Scarus rivulatus</i> , <i>Acanthurus nigricauda</i> , <i>Mulloidichthys flavolineatus</i>	poissons papillons, poissons perroquets, poissons chirurgiens, barbillon blanc
Jinek Nord < 15m	Balistidae, Labridae	<i>Sufflamen chrysopterum</i> , <i>Coris dorsomacula</i>	baliste à queue bordée de blanc, coris

Bilan pour cet objectif

Les **densités d'abondance totale** et par famille ne diffèrent pas clairement entre les trois zones littorales, excepté pour les poissons chirurgiens, significativement plus abondants dans la zone de baignade de Jinek. Les richesses spécifiques ne diffèrent pas non plus nettement entre zones. Perroquets et papillons sont nettement plus abondants et plus diversifiés sur l'habitat Corail vivant.

Etat écologique. La densité d'abondance toutes espèces indique un état médiocre sur les trois habitats des zones littorales. Seules les stations de la zone Jinek nord présentent un état moyen sur l'habitat Corail vivant ; la plupart de ces stations sont en face de la zone de baignade, mais un peu plus au large (Figure 4). La richesse spécifique indique un état satisfaisant sur l'habitat Corail vivant dans les trois zones.

Les assemblages de poissons diffèrent plus entre zones qu'entre habitats ; la zone d'Easo-Xepenehe se démarque des zones de Jinek qui ne diffèrent pas nettement. La zone d'Easo-Xepenehe est caractérisée par le poisson papillon *Chaetodon lunulatus* et le rouget barbet bicolore (*Parupeneus barberinoides*), tandis que la zone de baignade de Jinek est caractérisée par des poissons papillons (*C. flavirostris* et *C. vagabundus*), par le poisson perroquet *Scarus rivulatus*, les poissons chirurgiens (*Acanthurus nigricauda*) et le barbillon blanc (*Mulloidichtys flavolineatus*).

Ces résultats n'indiquent pas d'impact sur le peuplement de poissons dans la zone de baignade où le peuplement est celui d'un récif corallien en bonne santé. Dans la zone de Jinek, les poissons sont plus diversifiés et abondants que dans les autres zones littorales; il est donc important de préserver cette biodiversité par une gestion précautionneuse de la fréquentation.

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

La répartition et l'importance des groupes trophiques sont des indicateurs simples du maintien des fonctions de l'écosystème (Tableau 21, Figure 28).

Tableau 21. Diagnostic de l'impact des activités anthropiques sur le maintien des fonctions de l'écosystème dans les zones littorales (profondeurs inférieures à 15m).

Densité d'abondance par groupe trophique (profondeurs supérieures à 15m)(10.9)	
Carnivores	<ul style="list-style-type: none"> • Plus abondants sur l'habitat Corail vivant • Abondances plus faibles sur la zone de baignade de Jinek que sur Easo-Xepenehe et au nord de Jinek (sur habitat Corail vivant) (NS)
Herbivores	<ul style="list-style-type: none"> • Abondances significativement plus élevées sur la zone de baignade de Jinek ($p < 0.004$) • Surtout observés sur les habitats Corail vivant et Détritique
Piscivores	<ul style="list-style-type: none"> • Peu fréquents et très peu abondants sur les trois zones, quel que soit l'habitat • Plus abondants sur l'habitat détritique ($p < 0.023$)
Planctonophages	<ul style="list-style-type: none"> • Essentiellement observés au nord de Jinek • Densités ponctuellement fortes dues à des bancs de fusiliers <i>Pterocaesio tile</i>

Dans la zone de baignade, les carnivores sont moins abondants et les herbivores plus abondants. Les piscivores sont peu abondants sur toutes les zones. Les planctonophages sont principalement rencontrés au nord de Jinek. Ces résultats n'indiquent pas d'impact net sur les groupes trophiques dans la zone de baignade de Jinek.

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

Pour cet objectif, quatre métriques générales sont considérées et huit métriques spécifiques de certaines espèces (Tableau 22).

Tableau 22. Synthèse des indicateurs pertinents pour l'objectif de gestion durable des ressources. Entre parenthèses : fiche métrique correspondante. CS=Corne Sud, HI=Hienghene, PO=Pouebo.

Indicateur	Diagnostic (NB : Profondeurs inférieures à 15m)																												
<p>Densité des espèces commerciales (10.7)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de différences significatives entre zones • Abondance plus élevée sur l'habitat Corail vivant ($p < 0.013$) • Etat des ressources : <table border="1" data-bbox="448 779 1374 1093"> <thead> <tr> <th></th> <th>Easo-Xepenehe</th> <th>Jinek baignade</th> <th>Jinek Nord</th> <th colspan="3">Frangeants comparables</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corail vivant</td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: orange;">CS</td> <td style="background-color: orange;">HI</td> <td style="background-color: red;">PO</td> </tr> <tr> <td>Détritique</td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td colspan="3">Non calculé</td> </tr> <tr> <td>Fond Lagonaire</td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: gray;"></td> <td colspan="3">Non calculé</td> </tr> </tbody> </table>		Easo-Xepenehe	Jinek baignade	Jinek Nord	Frangeants comparables			Corail vivant				CS	HI	PO	Détritique				Non calculé			Fond Lagonaire				Non calculé		
	Easo-Xepenehe	Jinek baignade	Jinek Nord	Frangeants comparables																									
Corail vivant				CS	HI	PO																							
Détritique				Non calculé																									
Fond Lagonaire				Non calculé																									
<p>Densité des espèces consommables (=pêchées)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plus élevée dans la zone de baignade de Jinek (NS) • Plus élevée sur l'habitat Corail vivant ($p < 0.007$) • Sur l'habitat Corail vivant, proportion de petits poissons consommables en moyenne 40% sur chaque zone. Proportion de grands poissons plus élevée dans la zone de baignade de Jinek (40% en moyenne) qu'au nord de cette dernière (31%) ou à Easo-Xepenehe (23%) • Etat des ressources : <table border="1" data-bbox="448 1440 1374 1753"> <thead> <tr> <th></th> <th>Easo-Xepenehe</th> <th>Jinek baignade</th> <th>Jinek Nord</th> <th colspan="3">Frangeants comparables</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corail vivant</td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: orange;">CS</td> <td style="background-color: orange;">HI</td> <td style="background-color: red;">PO</td> </tr> <tr> <td>Détritique</td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td colspan="3">Non calculé</td> </tr> <tr> <td>Fond Lagonaire</td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: gray;"></td> <td colspan="3">Non calculé</td> </tr> </tbody> </table>		Easo-Xepenehe	Jinek baignade	Jinek Nord	Frangeants comparables			Corail vivant				CS	HI	PO	Détritique				Non calculé			Fond Lagonaire				Non calculé		
	Easo-Xepenehe	Jinek baignade	Jinek Nord	Frangeants comparables																									
Corail vivant				CS	HI	PO																							
Détritique				Non calculé																									
Fond Lagonaire				Non calculé																									
<p>Densité des espèces-cibles de la chasse (10.11)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espèces plus abondantes sur la zone de baignade de Jinek (NS) • Etat des ressources : <table border="1" data-bbox="448 1865 1374 2018"> <thead> <tr> <th></th> <th>Easo-Xepenehe</th> <th>Jinek baignade</th> <th>Jinek Nord</th> <th colspan="3">Frangeants comparables</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corail vivant</td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: orange;">CS</td> <td style="background-color: orange;">HI</td> <td style="background-color: red;">PO</td> </tr> </tbody> </table>		Easo-Xepenehe	Jinek baignade	Jinek Nord	Frangeants comparables			Corail vivant				CS	HI	PO														
	Easo-Xepenehe	Jinek baignade	Jinek Nord	Frangeants comparables																									
Corail vivant				CS	HI	PO																							

<p>Densité des espèces-cibles de la pêche à la ligne (10.10)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densités très faibles • Pas de différences significatives entre zones • Etat des ressources : <table border="1" data-bbox="453 293 1377 450"> <thead> <tr> <th></th> <th>Easo-Xepenehe</th> <th>Jinek baignade</th> <th>Jinek Nord</th> <th colspan="3">Frangeants comparables</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corail vivant</td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: red; color: white;">CS</td> <td style="background-color: red; color: white;">HI</td> <td style="background-color: red; color: white;">PO</td> </tr> </tbody> </table>		Easo-Xepenehe	Jinek baignade	Jinek Nord	Frangeants comparables			Corail vivant				CS	HI	PO
	Easo-Xepenehe	Jinek baignade	Jinek Nord	Frangeants comparables											
Corail vivant				CS	HI	PO									
<p>Densité des chirurgiens pêchés</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Significativement plus abondants dans la zone de baignade de Jinek ($p < 0.03$) • Pas de différences entre habitats 														
<p>Densité des perroquets</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Légèrement plus abondants à Easo-Xepenehe et Jinek nord (NS), surtout les moyens et grands poissons • Abondance plus élevée sur l'habitat Corail vivant ($p < 0.07$) 														
<p>Fréquence d'occurrence des siganidés</p>	<p>Observés respectivement sur 15% et 20% des stations sur les stations « Easo-Xepenehe » et « Jinek Nord, mais non observés sur la zone de baignade de Jinek</p>														
<p>Fréquence d'occurrence des carangues</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Non observées dans la zone « Easo-Xepenehe » • Pas de différence significative entre les deux zones de Jinek • NB : Abondances très faibles 														
<p>Fréquence d'occurrence des loches</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de différences significatives entre zones et entre habitats • Fréquences assez élevées (comprises entre 20 et 60%) • NB : Abondances faibles 														
<p>Densité ou fréquence des saumonées</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abondances très faibles • Observées sur 25% des observations, sauf dans la zone de baignade de Jinek (aucune observation) 														
<p>Fréquence des lethrinidés pêchés</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un peu plus fréquents sur l'habitat corail vivant et au nord de Jinek Nord (NS) • NB : Abondances faibles 														
<p>Fréquence des becs de cane</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun bec de cane n'a été observé sur les zones littorales 														
<p>Fréquence d'occurrence des lutjanidés pêchés</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de différences significatives entre zones et entre habitats • Fréquences non négligeables (comprises entre 20 et 30%) selon les zones et les types d'habitats), • NB : Abondances très faibles 														
<p>Densité des rougets-barbets pêchés</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de différences significatives entre zones et entre habitats 														
<p>Densité des picots kanak</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun picot kanak n'a été observé sur les zones littorales 														
<p>Densité et fréquence d'occurrence du dawa</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abondances très faibles • Pas d'observation au nord de Jinek • Pas de différences significatives entre les autres zones (fréquences par zone comprises entre 20 et 40%) 														

Bilan pour cet objectif

Les ressources sont significativement plus abondantes sur l'habitat Corail vivant. Les chirurgiens pêchés et les espèces-cibles de la chasse sont plus abondants dans la zone de baignade de Jinek, et les saumonées y sont peu abondantes mais plus fréquentes. Cette zone se caractérise aussi par une proportion de grands poissons nettement plus importante qu'à Easo (40% versus 23%). Pour les autres indicateurs, les différences entre zones sont soit peu marquées soit inexistantes. Des ressources importantes ne sont pas observées (picots kanak, becs de cane) (du moins pas au niveau de l'espèce ou du complexe), ou en abondances très faibles (dawa, lutjans, loches, carangues).

Etat des ressources : Sur l'habitat principal (Corail vivant) : le diagnostic est mauvais sur les trois zones littorales pour les espèces commerciales (niveau des ressources comparable à la zone frangeante de Pouebo) et pour les espèces-cibles de la ligne qui sont particulièrement peu abondantes sur la zone (niveau similaire aux frangeants de Pouebo et Hienghene). Les espèces-cibles de la chasse sont dans un état médiocre dans les deux zones de Jinek, et mauvais sur le littoral d'Easo-Xepenehe. Par contre, les espèces consommables sont dans un état moyen au nord de Jinek, médiocre dans la zone de baignade et mauvais à Easo-Xepenehe, comme la densité totale des poissons.

Ces résultats indiquent une pression de pêche sur les espèces commerciales, sur toute la zone, y compris dans la zone de Jinek et au nord. L'impact de la zone de baignade sur les ressources de la pêche n'est pas plus apparent que sur l'ensemble du peuplement de poissons.

9.5 Comparaison avec les stations du RORC

Trois stations sont réalisées dans la Baie du Santal :

- Jinek (profondeurs 1 à 3m), située dans la zone de baignade, au sud de cette dernière
- Xajaxa (5 à 7m), située au nord immédiat de la zone de baignade (zone Jinek nord)
- Xepenehe (5 à 8m), située à l'est complet de la Baie d'Easo-Xepenehe.

En 2013-2014, le recouvrement corallien a été jugé satisfaisant (38%) à Jinek, et moyen et stable aux deux autres stations (18%), tandis que la diversité et l'abondance des poissons-cibles du RORC étaient jugées moyennes sur ces trois stations, en diminution à Jinek et Xajaxa, mais stables à Xepenehe (Job 2014).

Rappelons que le protocole RORC inclus dans le GCRMN est conçu pour fournir un état de santé annuel des récifs à un ensemble de stations sentinelles, mais qu'il n'a pas vocation à établir des diagnostics à l'échelle de zones.

10 Annexe 1 : Fiches métriques

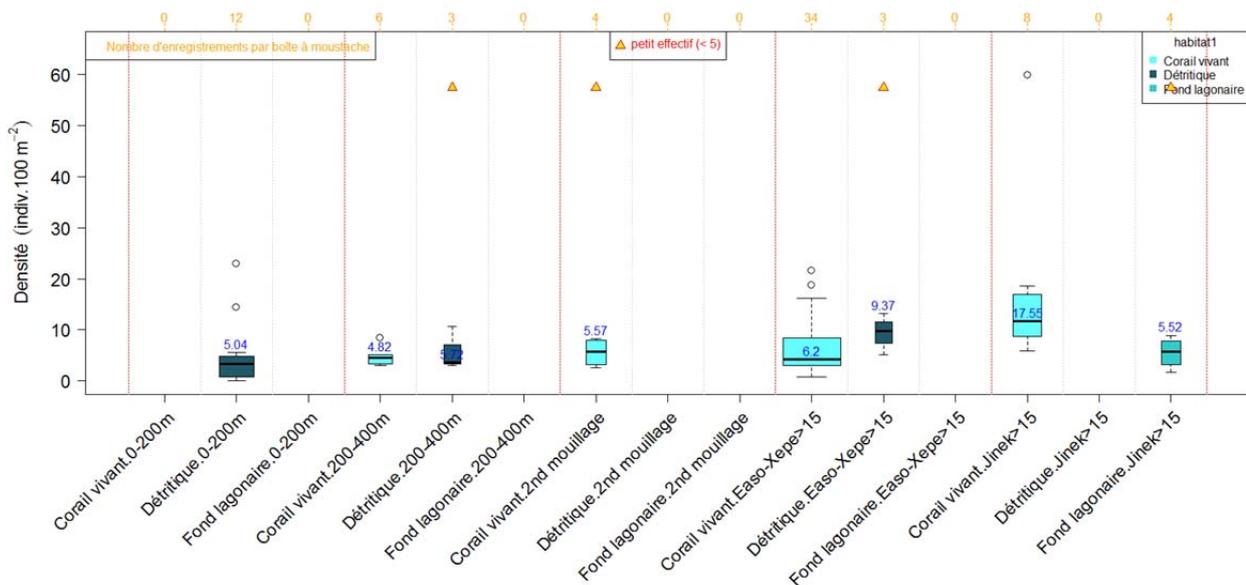
10.1 Densité d'abondance

Lien avec les objectifs et actions

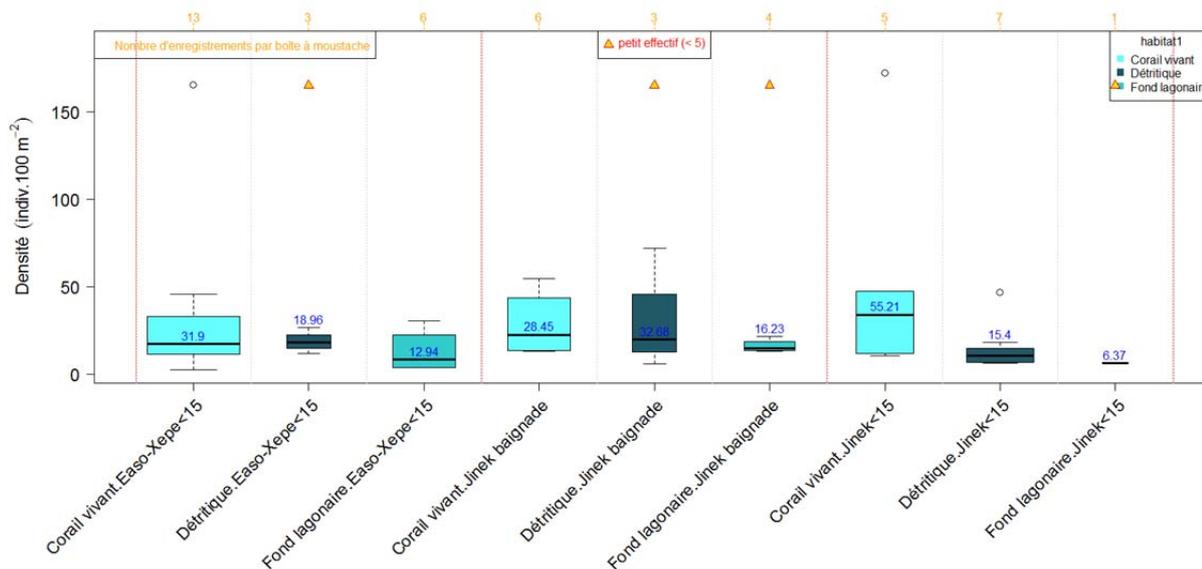
But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème.
Pertinence	La densité d'abondance quantifie le nombre d'individus par unité de surface. Elle devrait être plus élevée dans des zones où la pression anthropique est faible. Cette métrique est sensible aux espèces formant des bancs.

Calcul de la métrique : Nombre de poissons par unité d'observation dans un rayon de 5 m autour du STAVIRO, et rapportés à une surface de 100 m².

Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m:



Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



Résumé

Métrique	Commentaires
Densité d'abondance	<p>Impact mouillages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Easo-Xepenehe > 15m" < "Jinek > 15m" (p<0,008) et 0-200m < "Jinek > 15m" (p<0,08) • "Jinek > 15m" > (autres zones (NS)) <p>La densité d'abondance est relativement faible proche du point de mouillage principale. La densité est plus élevée à l'Ouest : Jinek > 15m qu'à l'Est de la pointe : EasoEaso-Xepenehe > 15m (p<0,008).</p> <p>Impact activités côtières :</p> <p>Fonds durs > Fond lagonaire (NS)</p> <p>La zone de baignade de Jinek n'a pas d'influence sur la densité d'abondance de l'ichtyofaune.</p>

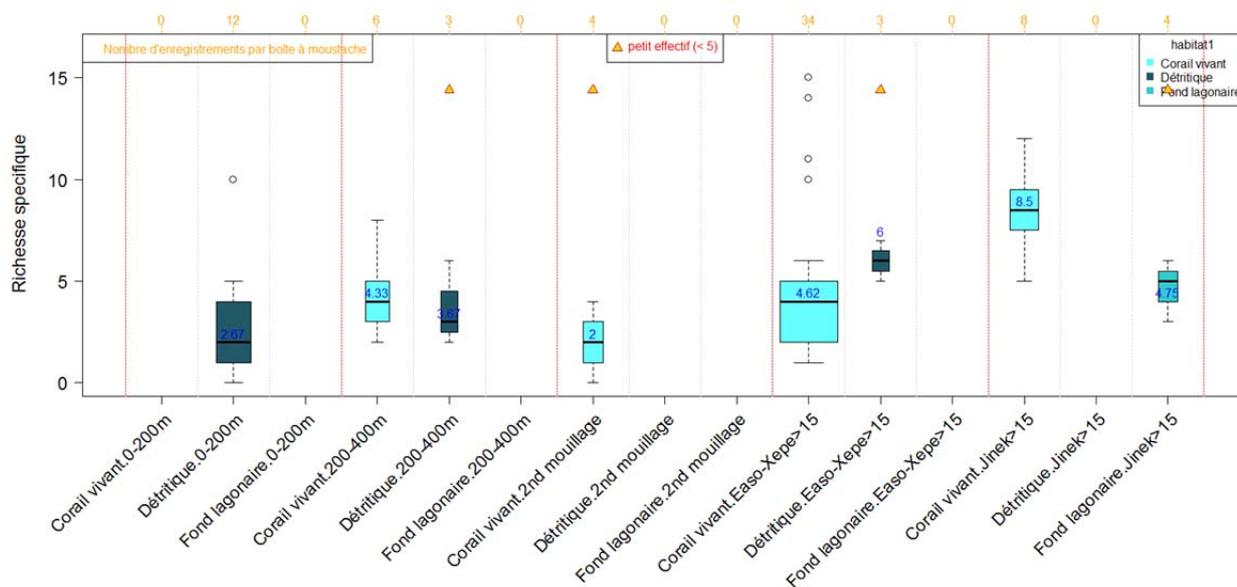
10.2 Richesse spécifique

Lien avec les objectifs et actions

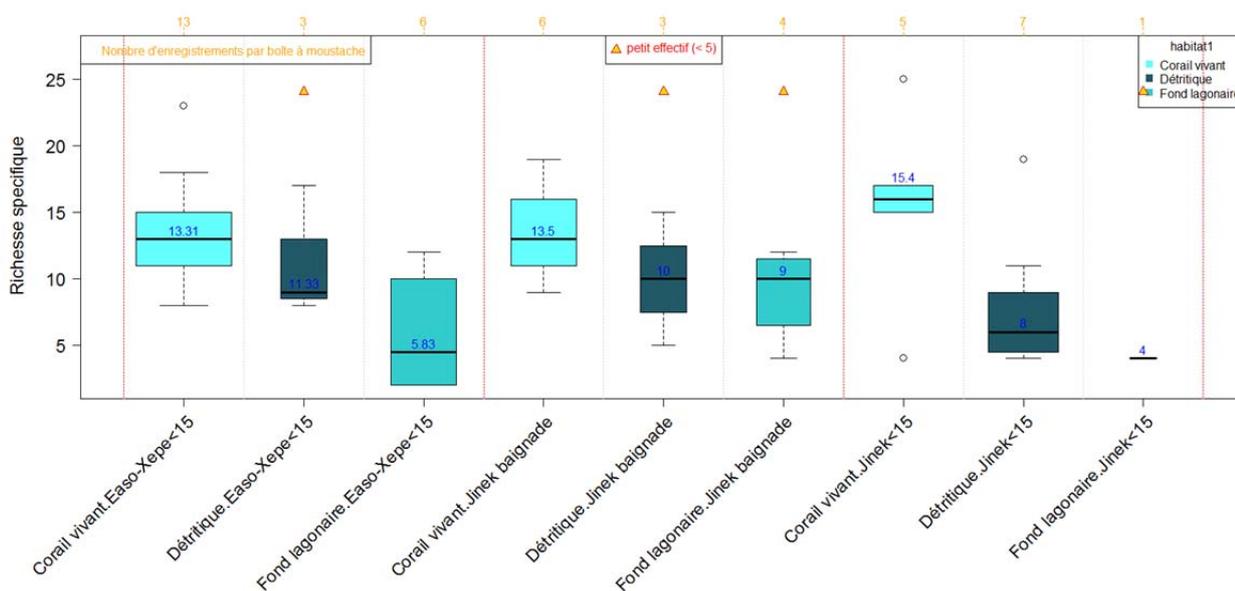
But de gestion	Restauration et Conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	La richesse spécifique par station quantifie la diversité des espèces observées. Elle est plus élevée dans les zones non ou faiblement impactées par les activités humaines

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

Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m



Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



Métrique	Commentaires
Richesse spécifique	<p>Impact mouillages : Jinek (> 15m) > 0-200m (p<0,001) Jinek (> 15m) > Easo-Xepenehe > 15m et 2nd mouillage (p<0,05)</p> <p>Le mouillage des paquebots impacte significativement la richesse spécifique jusqu'à 200m du point d'ancrage moyen. La richesse spécifique à Jinek > 15m est supérieure au reste de la zone (p<0,1).</p> <p>Impact activités côtières : Corail vivant > Détritique > Fond lagonaire (NS)</p> <p>La richesse spécifique ne présente pas de différences significatives entre la zone de baignade de Jinek et les autres zones.</p>

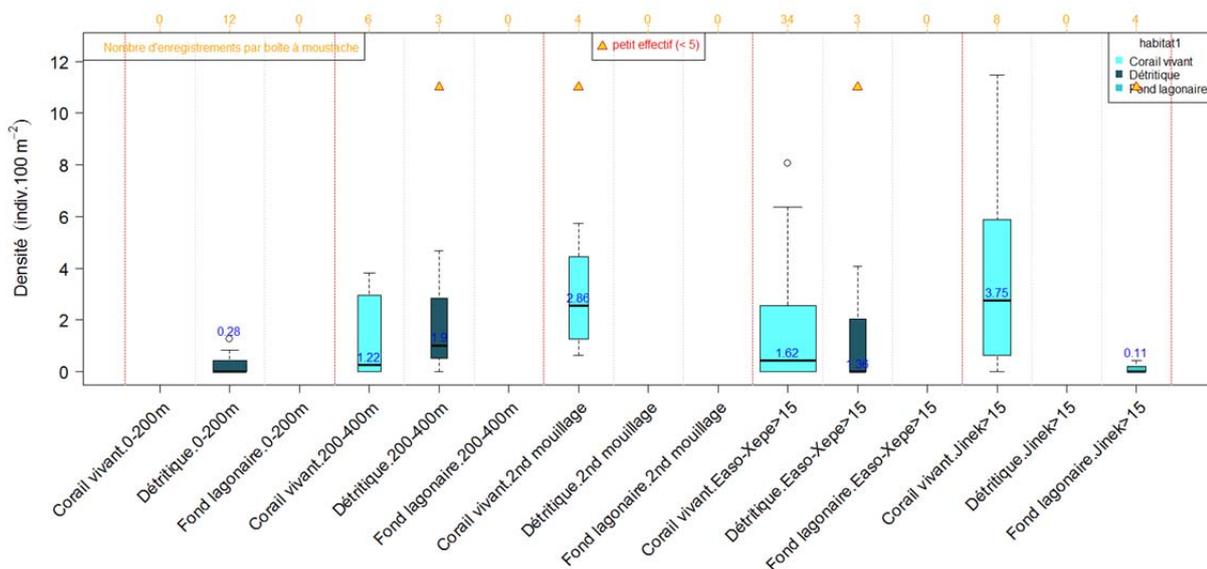
10.3 Densité par famille (principales familles)

Lien avec les objectifs et actions

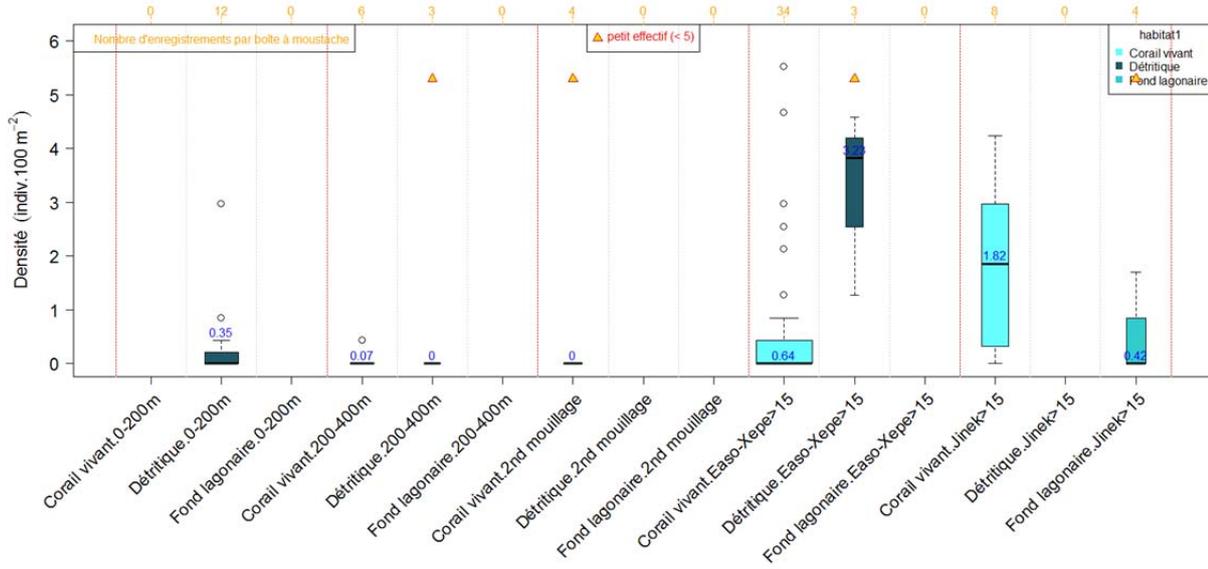
But de gestion	2. Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	2.1. Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème
Pertinence	Cette métrique devrait être plus élevée dans des zones où la pression anthropique est faible. Elle dépend fortement de l'habitat et est sensible aux espèces formant des bancs

Calcul de la métrique : Nombre de poissons par unité d'observation dans un rayon de 5 m autour du STAVIRO, et rapportés à une surface de 100 m².

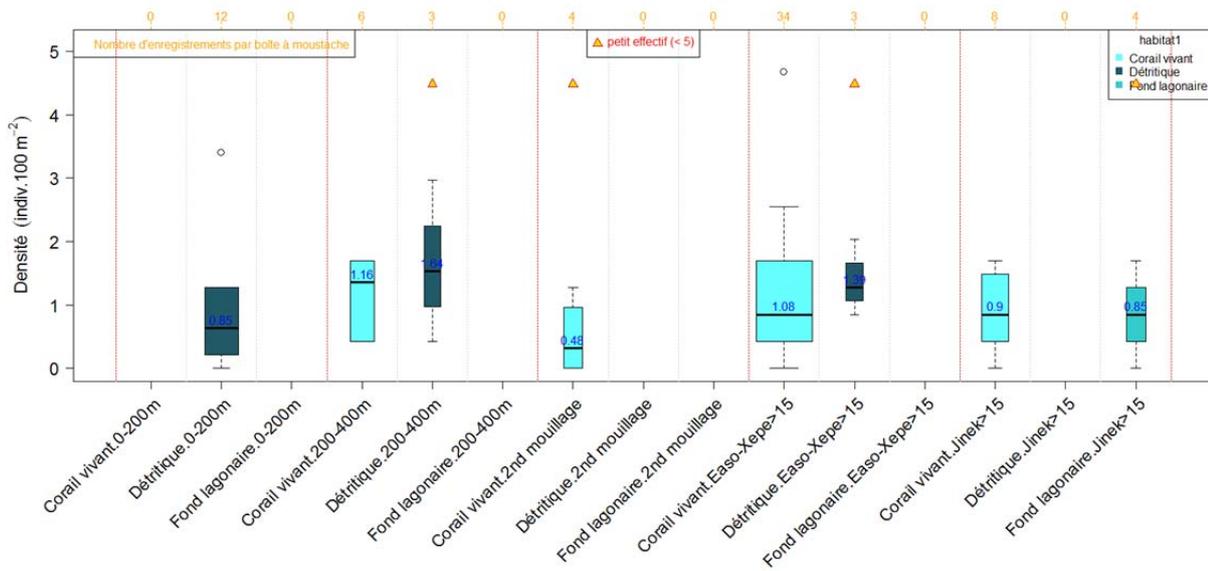
Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m :



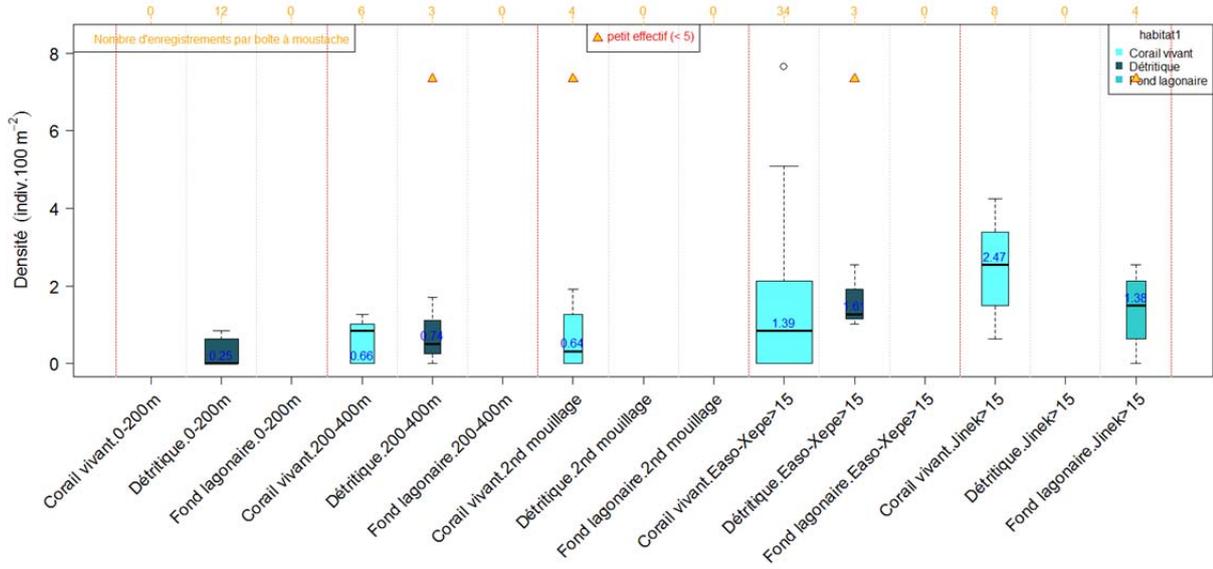
Densité d'abondance (ind/100m²) des Chirurgiens (famille : Acanthuridae).



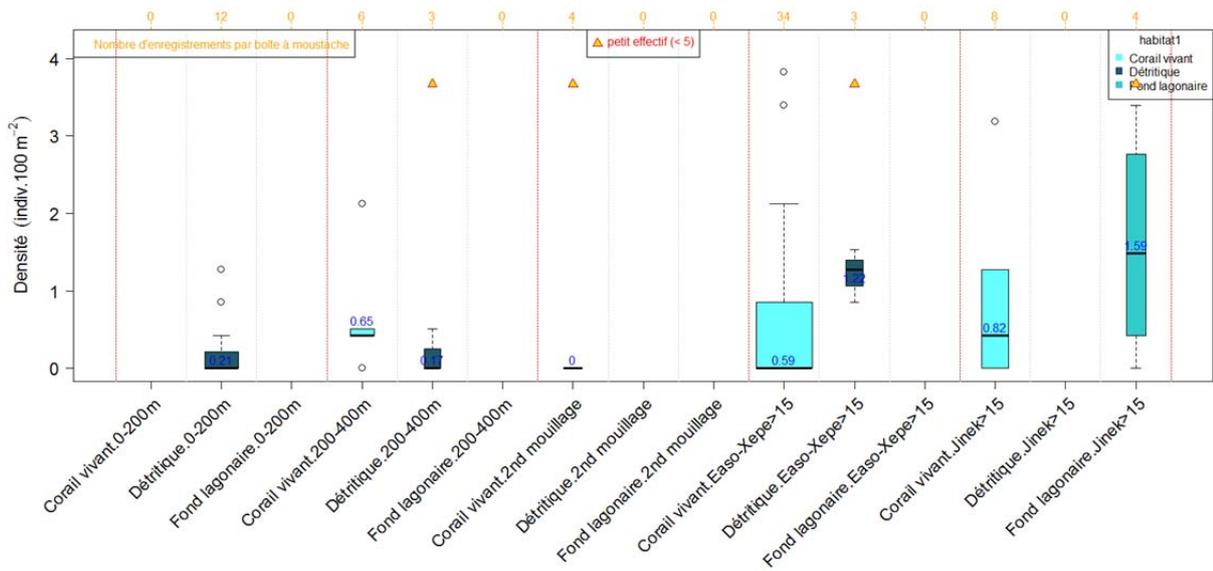
Densité d'abondance (ind/100m²) des Perroquets (famille : Scaridae).



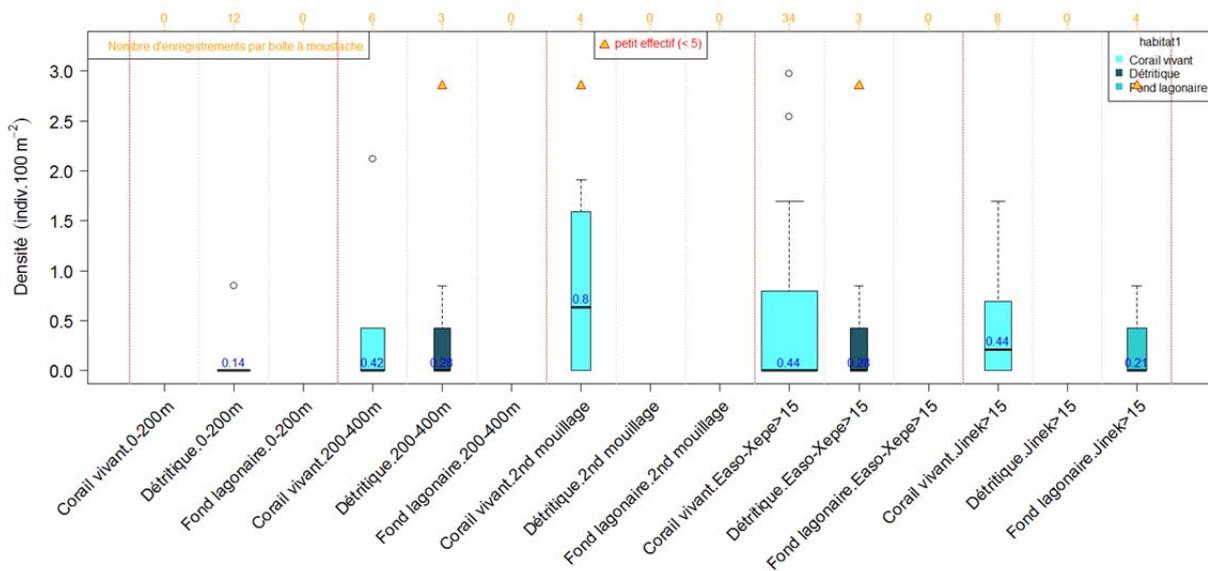
Densité d'abondance (ind/100m²) des Balistes (famille : Balistidae).



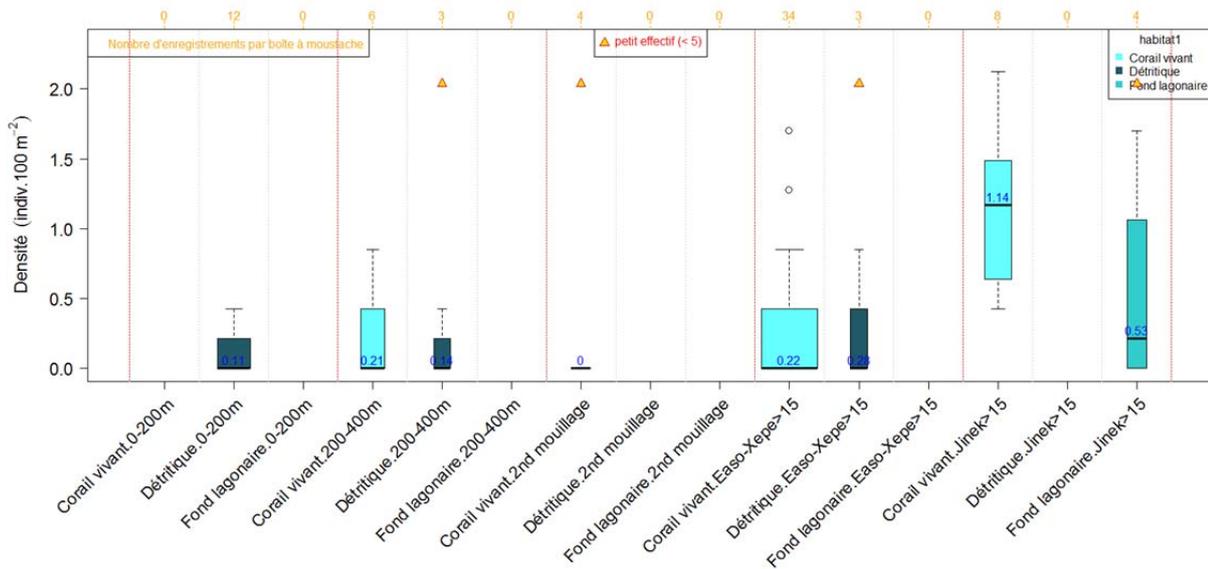
Densité d'abondance (ind/100m²) des Poissons papillons (famille : Chaetodontidae).



Densité d'abondance (ind/100m²) des Rougets barbets (famille : Mullidae).



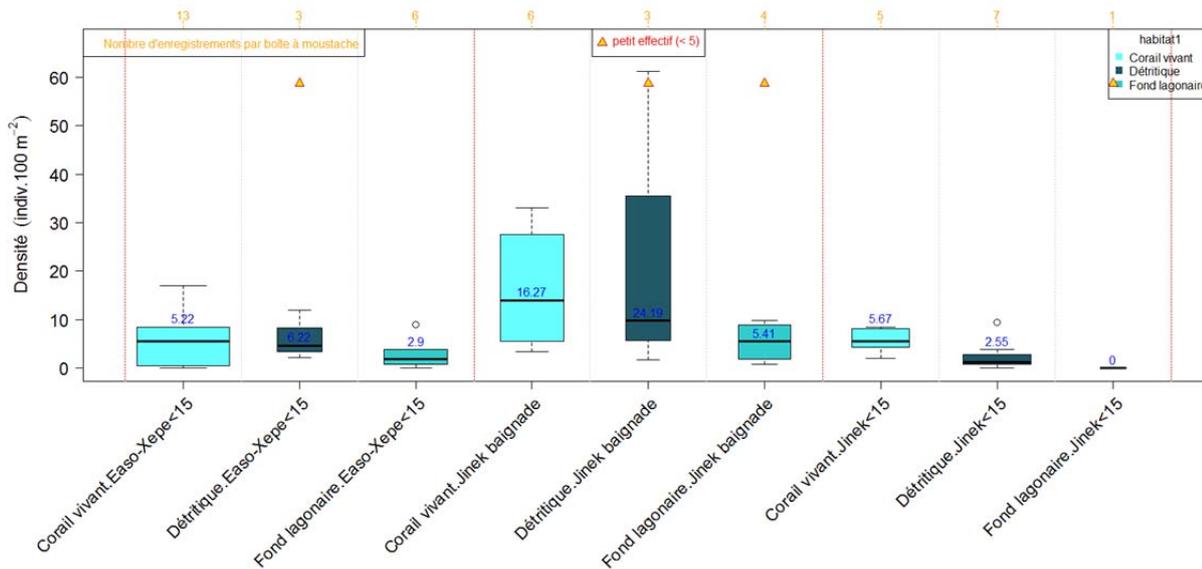
Densité d'abondance (ind/100m²) des Loches (famille : Serranidae).



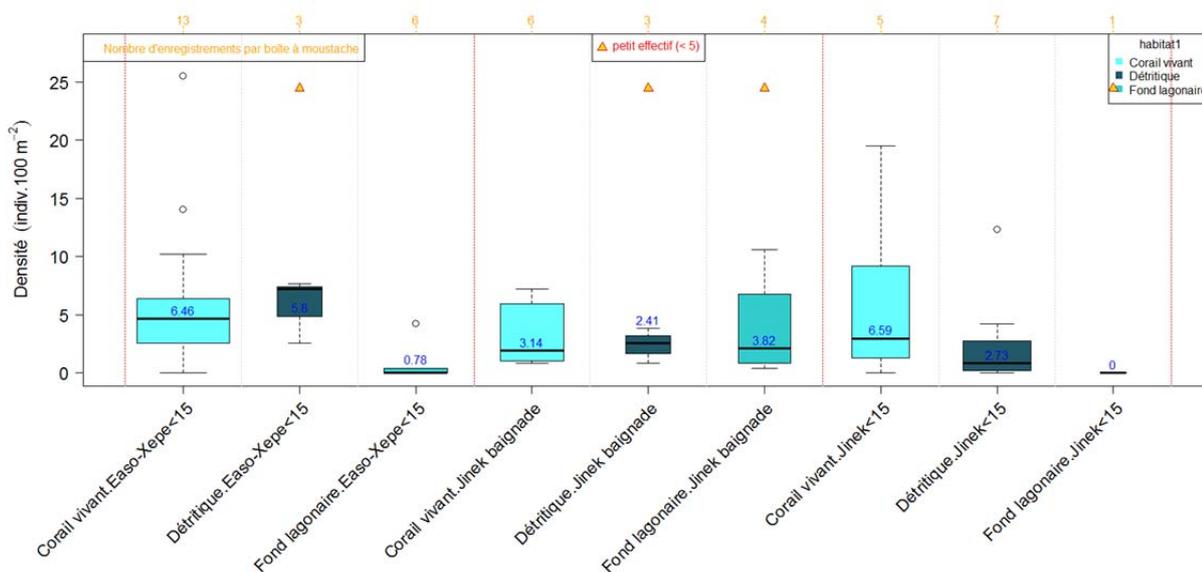
Densité d'abondance (ind/100m²) des Labres (famille : Labridae).

Bilan par famille, Impact mouillages zones >15m	
Chirurgiens (Acanthuridae)	<ul style="list-style-type: none"> • Effets significatifs de l'habitat ($p < 0,004$) (GLM Gamma) sur l'habitat corail vivant. • Différence significative en fonction de la distance au centre des mouillages zone 0-200m ($p < 0,016$) (GLM Gamma).
Perroquets (Scaridae)	<ul style="list-style-type: none"> • Effet de la zone significatif ($p < 0.0002$ GLM gamma). • Densité plus faible sur les zones de mouillage, significatif pour la zone des 0-200m ($p < 0,009$) (GLM Gamma). • Densité un peu plus élevée sur fonds détritiques de la zone Easo-Xene >15 m et sur le corail de Jinek > 15 m (NS). • pas d'effet significatif de l'habitat
Poissons-papillons Chaetodontidae	<ul style="list-style-type: none"> • Effet de l'habitat significatif $p < 0,025$ (GLM Gamma). • effet significatif du site $p < 0,0004$ (GLM Gamma). • Différence significative entre la zone 0-200m et Jinek >15 m ($p < 0,011$) ainsi que easo-Xepenehe >15m ($p < 0,017$) non significatif avec la zone du mouillage secondaire (GLM Gamma).
Balistes (Balistidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Densité d'abondance faible. • Effet non significatif de la zone. • Effet non significatif de l'habitat.
Rougets-barbets (Mullidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Densité assez faible mais plus élevée sur les 4 stations de fonds lagunaires de Jineck >15m. • Effet non significatif de l'habitat. (GLM Gamma). • Influence significative de la zone $p < 0,00003$ avec une différence entre la zone 0-200 m et Jinek > 15 m ($p < 0.08$ GLM Gamma).
Loches (Serranidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Densités d'abondance très faibles sur les 5 zones. • Aucun effet significatif entre zone (GLM Gamma, LM) • Pas d'effet significatif de l'habitat.
Labres (Labridae)	<ul style="list-style-type: none"> • Densité très faible sur la zone 0-200m et du mouillage secondaire, la différence est significative ($p < 0.000018$ GLM gamma). • La zone 0-200m est significativement différente de la zone de Jinek >15m ($p < 0,07$). • La densité est en moyenne plus élevée sur l'habitat corail vivant de Jinek >15m (NS).

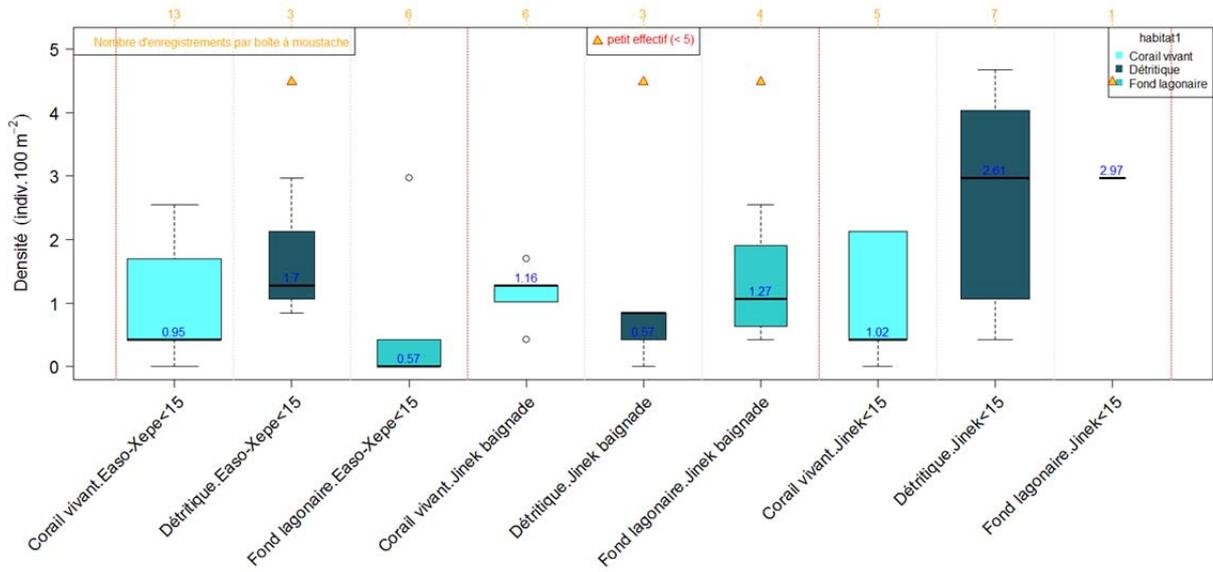
Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m (Jinek<15m= nord de Jinek)



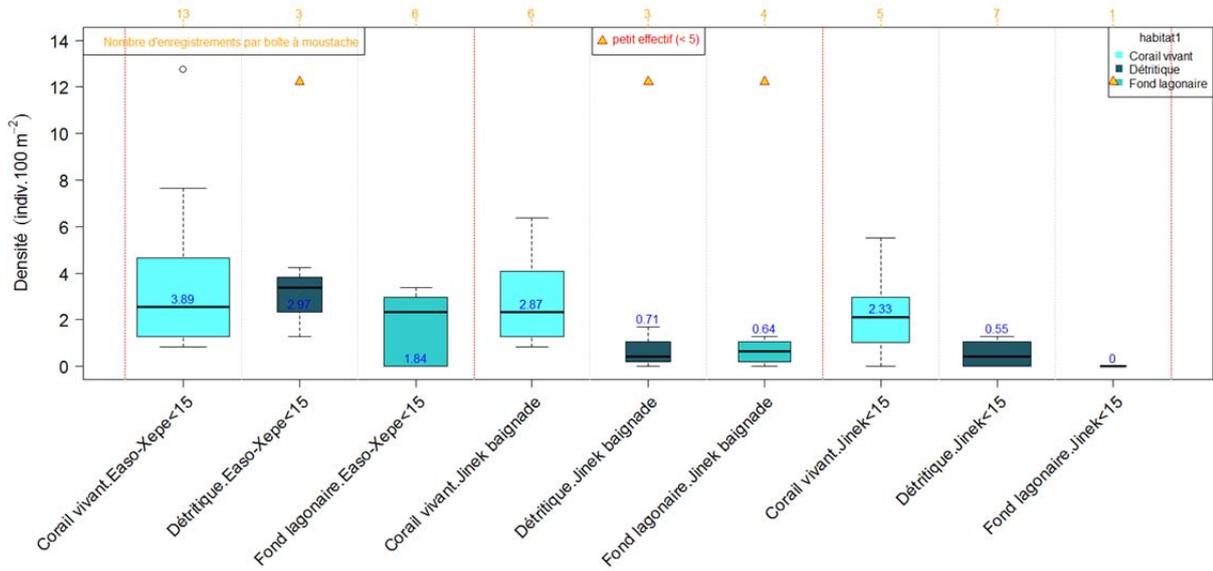
Densité d'abondance (ind/100m²) des Chirurgiens (famille : Acanthuridae).



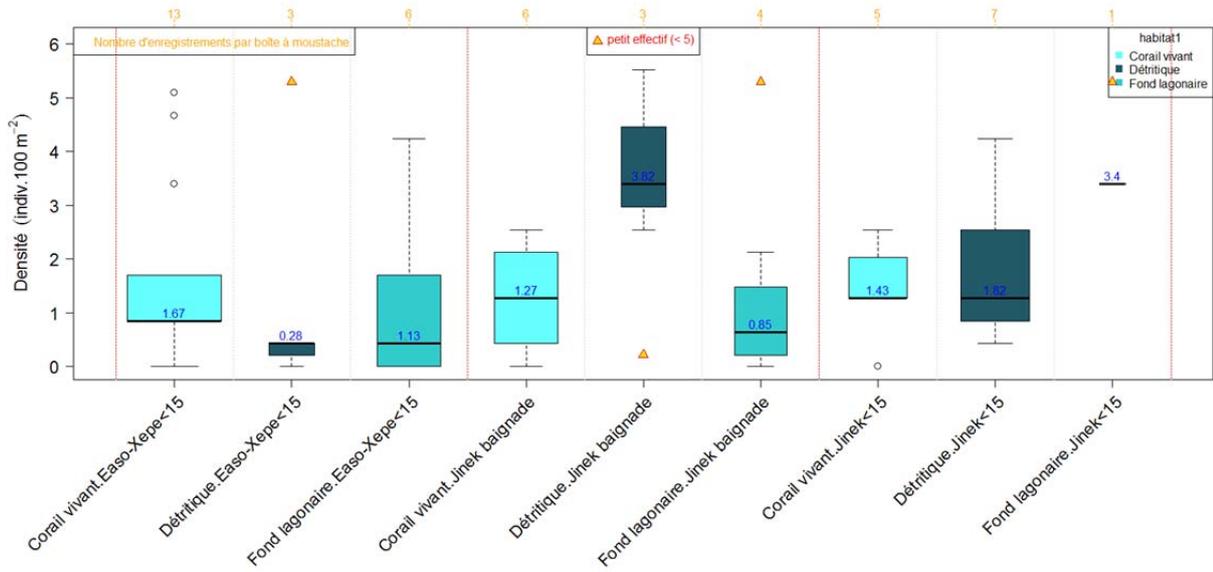
Densité d'abondance (ind/100m²) des Perroquets (famille : Scaridae).



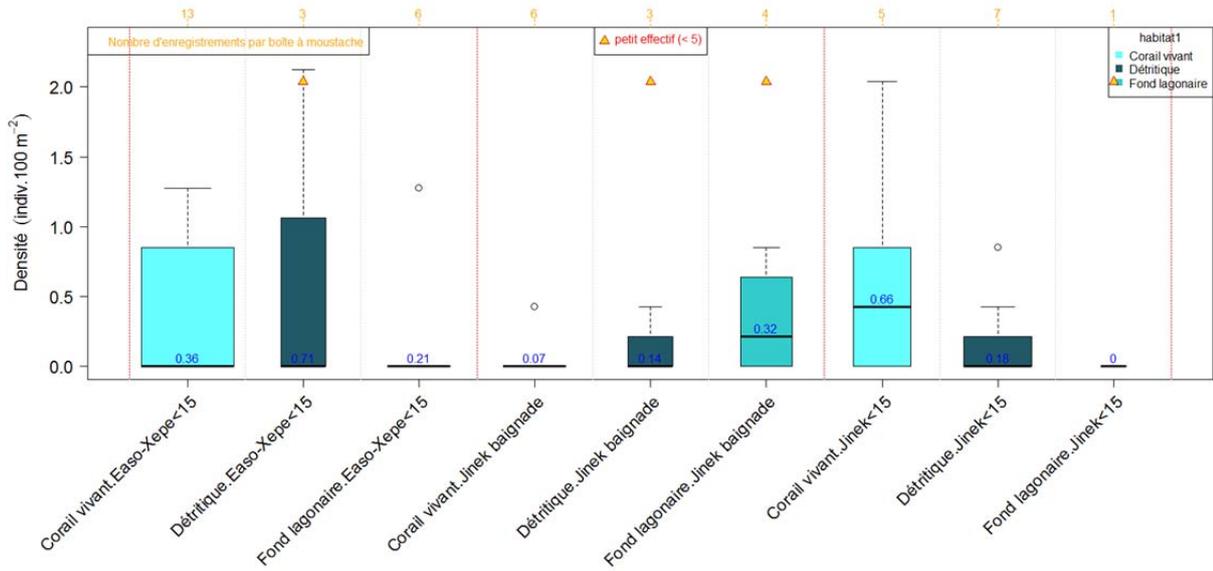
Densité d'abondance (ind/100m²) des Balistes (famille : Balistidae).



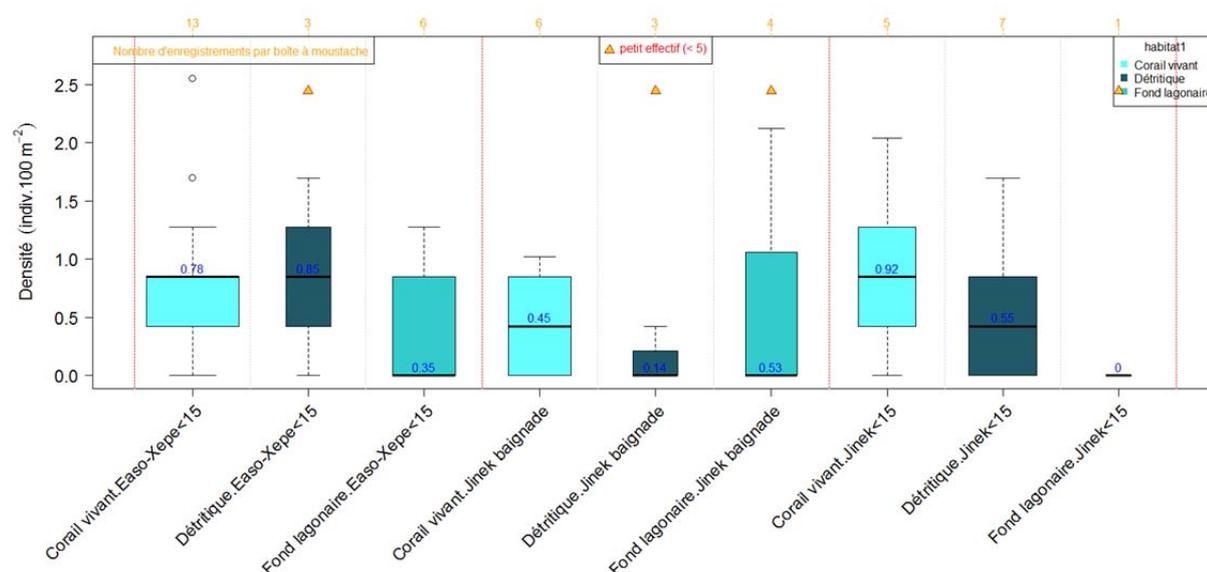
Densité d'abondance (ind/100m²) des Poissons papillons (famille : Chaetodontidae).



Densité d'abondance (ind/100m²) des Rougets barbets (famille : Mullidae).



Densité d'abondance (ind/100m²) des Loches (famille : Serranidae).



Densité d'abondance (ind/100m²) des Labres (famille : Labridae).

Bilan par famille : Impact mouillages zones <15m	
Densité des chirurgiens	<ul style="list-style-type: none"> • Plus élevée sur la zone de baignade (GLM Gamma, $p < 0,00023$) • Pas de différence significative entre Easo-Xepenehe et Jinek nord • Pas d'effet significatif de l'habitat.
Densité des perroquets	<ul style="list-style-type: none"> • Densité plus forte sur le corail vivant ($p < 0,07$, GLM Gamma). • Pas de différence significative entre les zones.
Densité des balistes	<ul style="list-style-type: none"> • Densité faible mais plus élevée à Jinek nord • Différence significative entre les zones ($p < 0,032$). • Les zones Easo-Xepenehe<15m et Jinek nord sont significativement différentes (GLM Gamma, $p < 0,043$) • Différence significative entre habitat ($p < 0,076$). Densité en moyenne plus élevée sur habitat « détritique »
Densité des poissons papillons	<ul style="list-style-type: none"> • différence significative entre zones ($p < 0,029$). • Différence de densité entre Easo-xenepehe<15m et Jinek nord ($p < 0,051$). • Cette famille est surtout rencontrée sur l'habitat « corail vivant », Différence significative entre habitat : ($p < 0,0025$; GLM Gamma) et différence significative entre corail vivant et détritique ($p < 0,029$).
Densité des rougets-barbets	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'effet de la zone sur la densité des Mullidés. (NS) • Pas d'effet significatif de l'habitat
Densité des loches	<ul style="list-style-type: none"> • Densités faibles. • Absence d'effet de la zone sur la densité des Loches. • Pas d'effet significatif de l'habitat.
Densité des labres	<ul style="list-style-type: none"> • Densités faibles • Pas d'effet significatif de l'habitat • Pas d'effet de la zone sur la densité des labres.

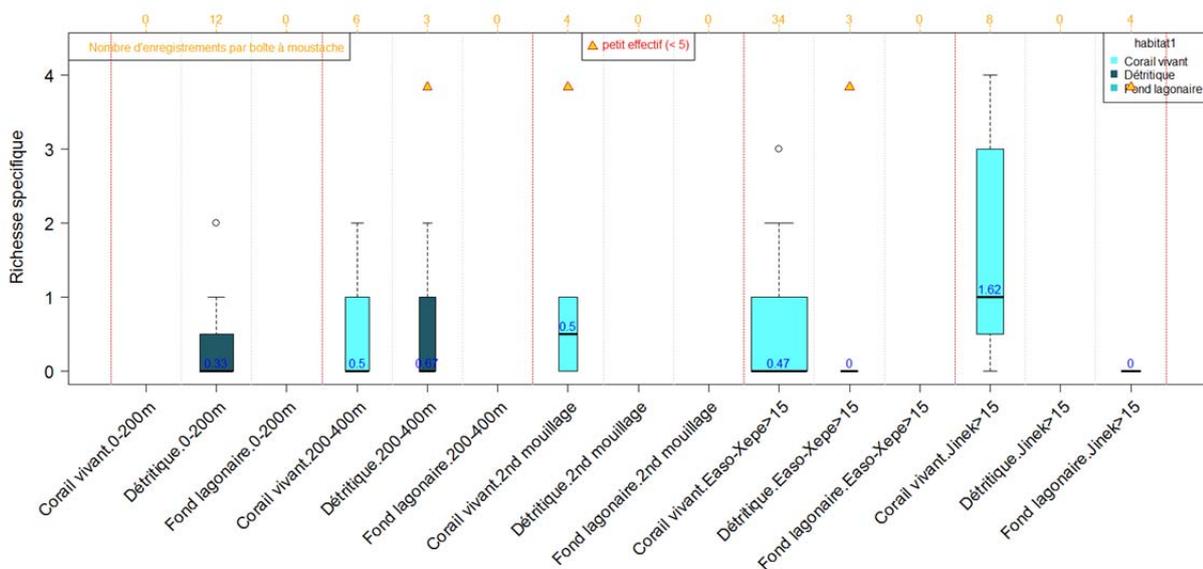
10.4 Richesse spécifique (RS) par famille (principales familles)

Lien avec les objectifs et actions de gestion

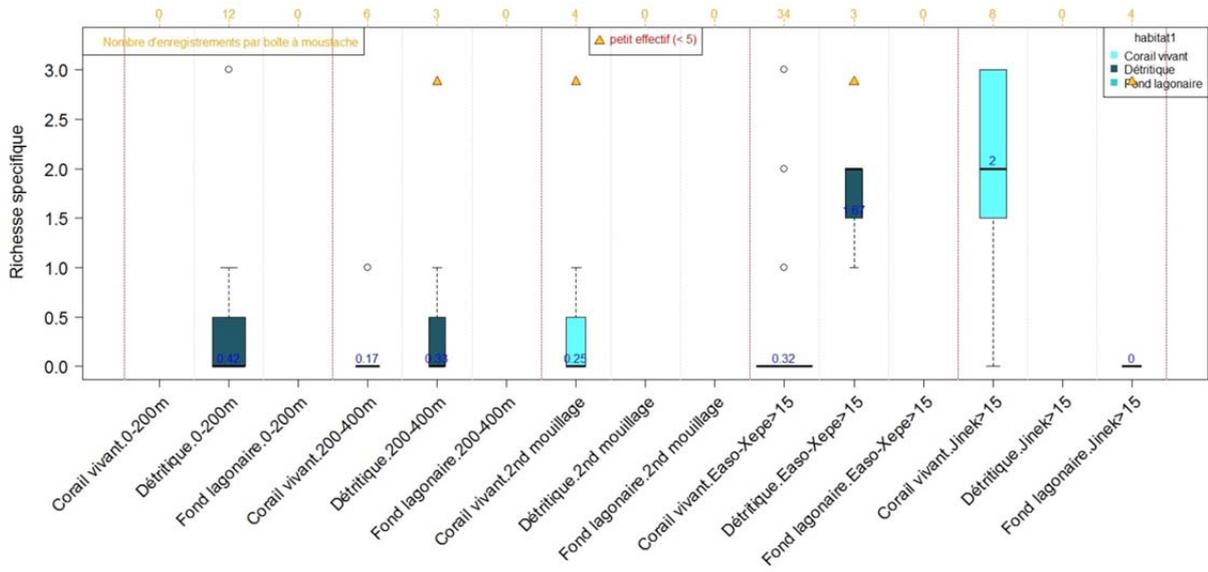
But de gestion	2. Restauration et conservation de la biodiversité
Objectifs	2.1. Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème. 2.4. Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats.
Pertinence	En fonction des pressions de pêche, le nombre d'espèce peut être plus élevé dans certaines stations. 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 par famille observées par station dans un rayon de 10 m autour du STAVIRO (sauf Chaetodontidae à 5 m).

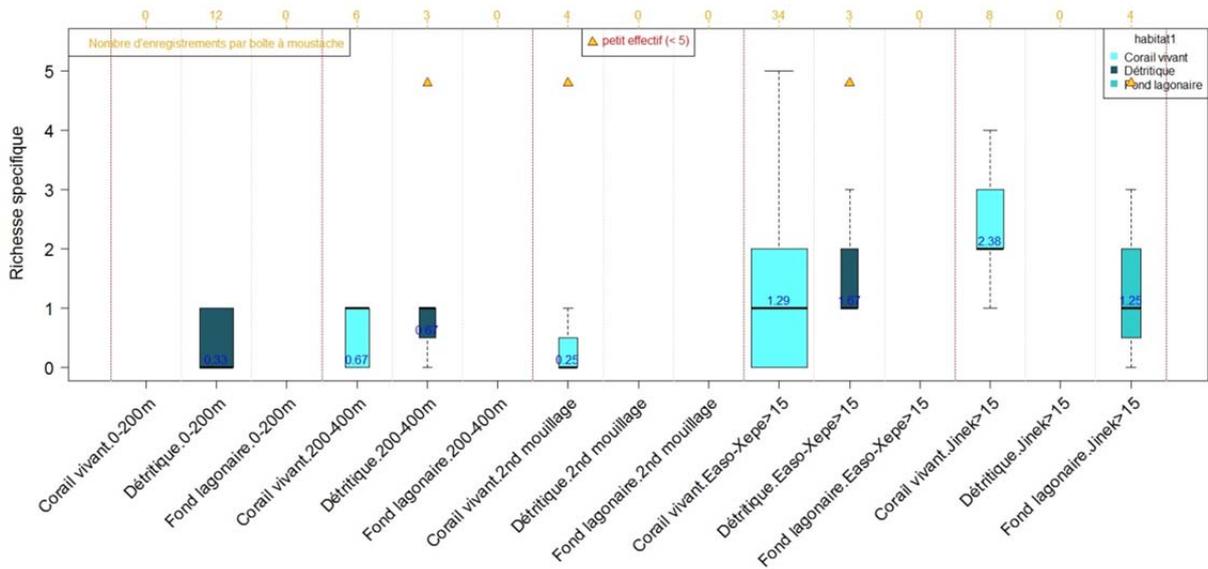
Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m



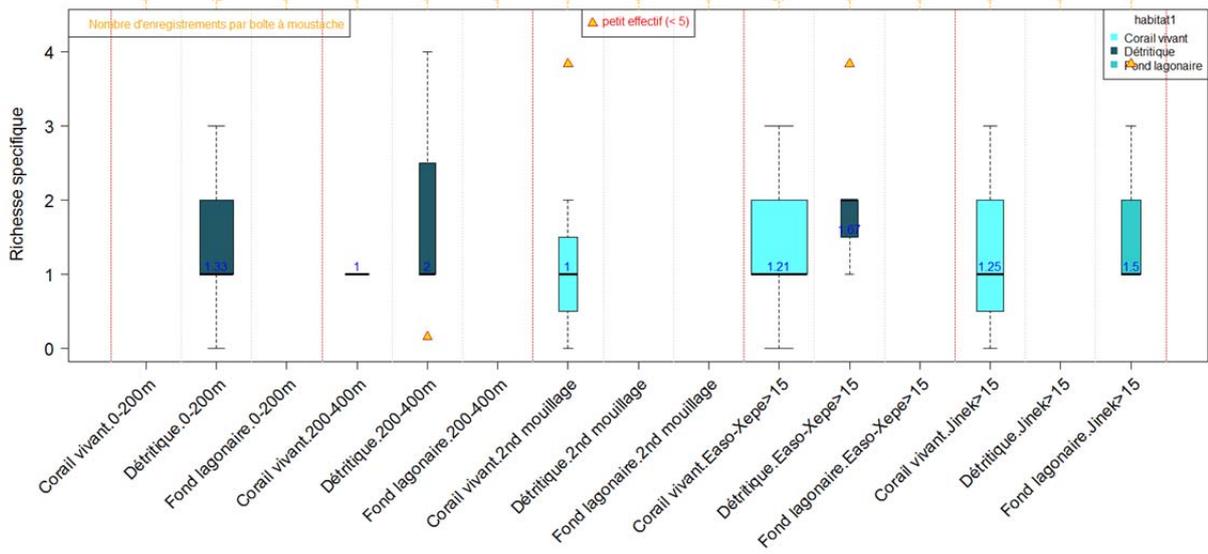
Richesse spécifique des Chirurgiens (famille : Acanthuridae).



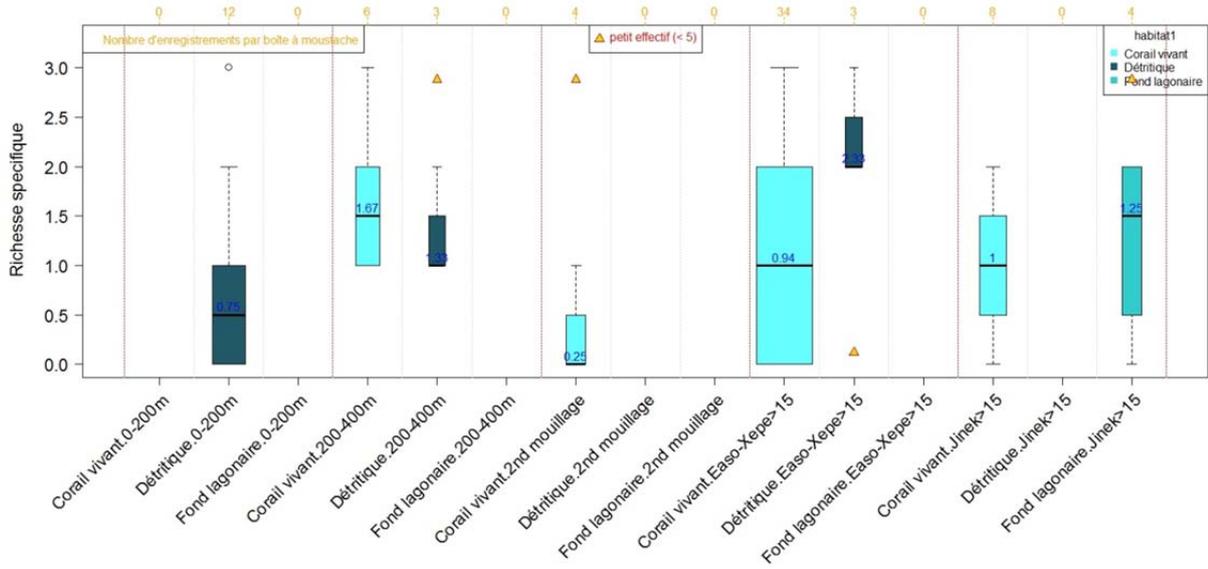
Richesse spécifique des Perroquets (famille : Scaridae).



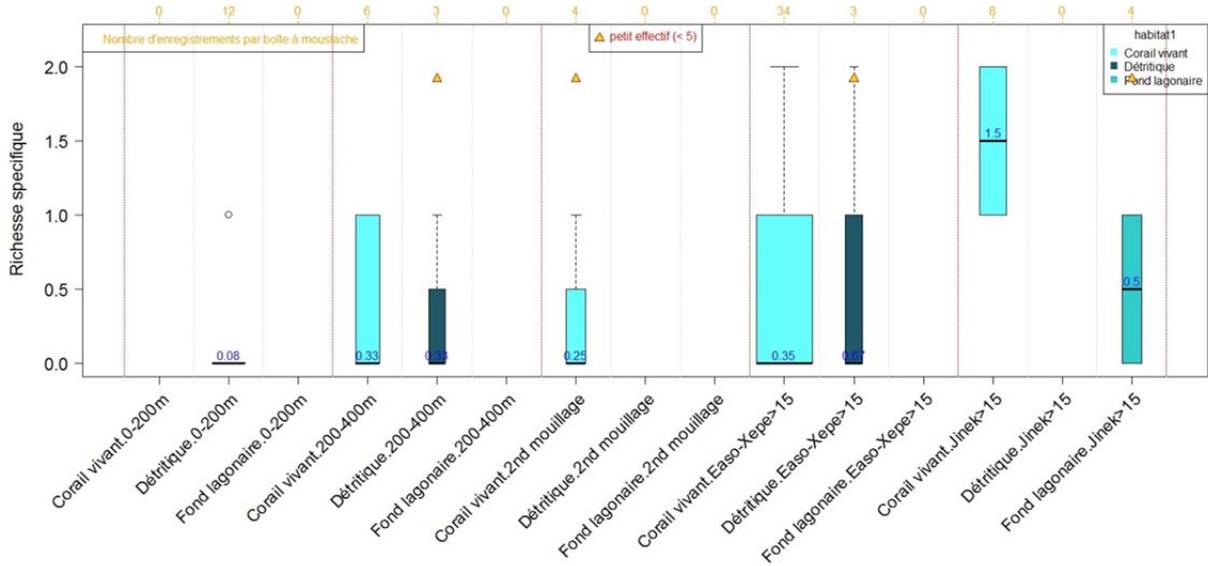
Richesse spécifique des Poissons papillons (famille : Chaetodontidae).



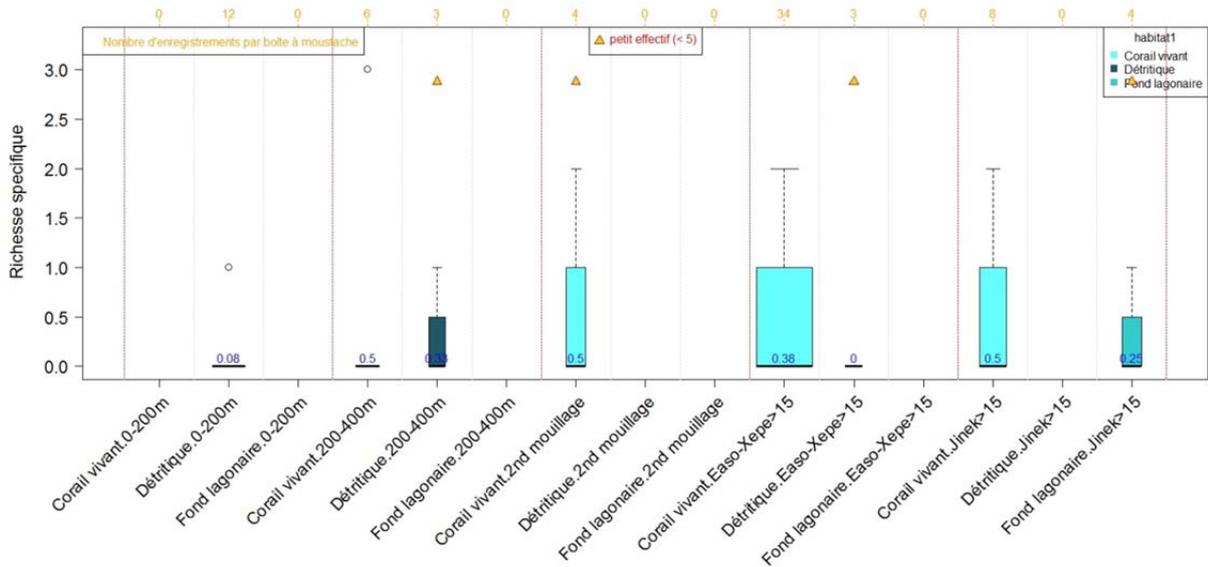
Richesse spécifique des Balistes (famille : Balistidae).



Richesse spécifique des Rougets barbets (famille : Mullidae).



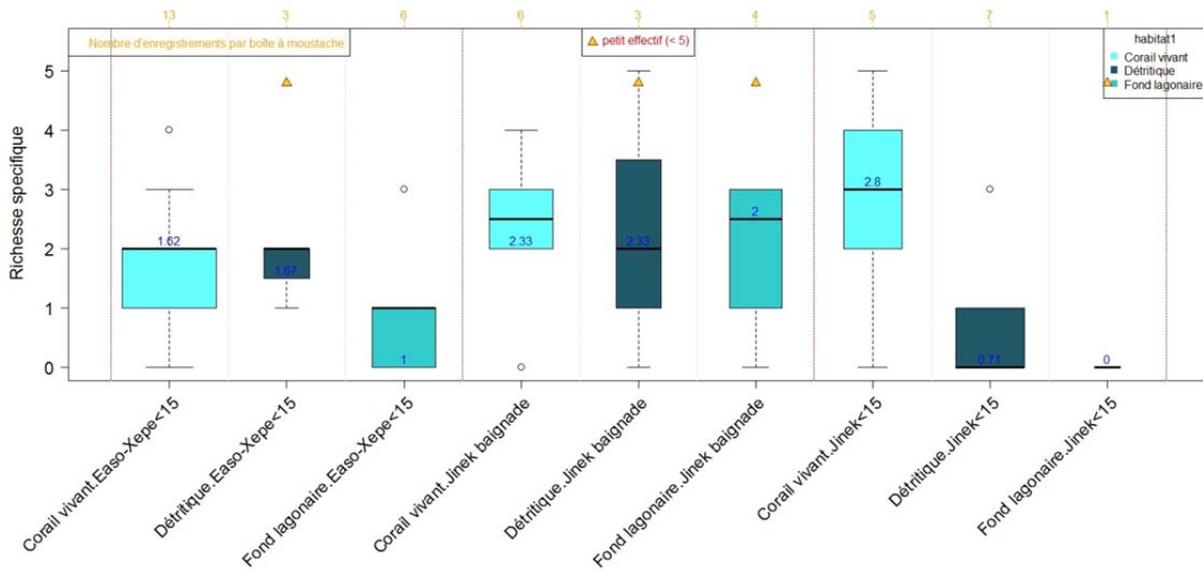
Richesse spécifique des Labres (famille : Labridae).



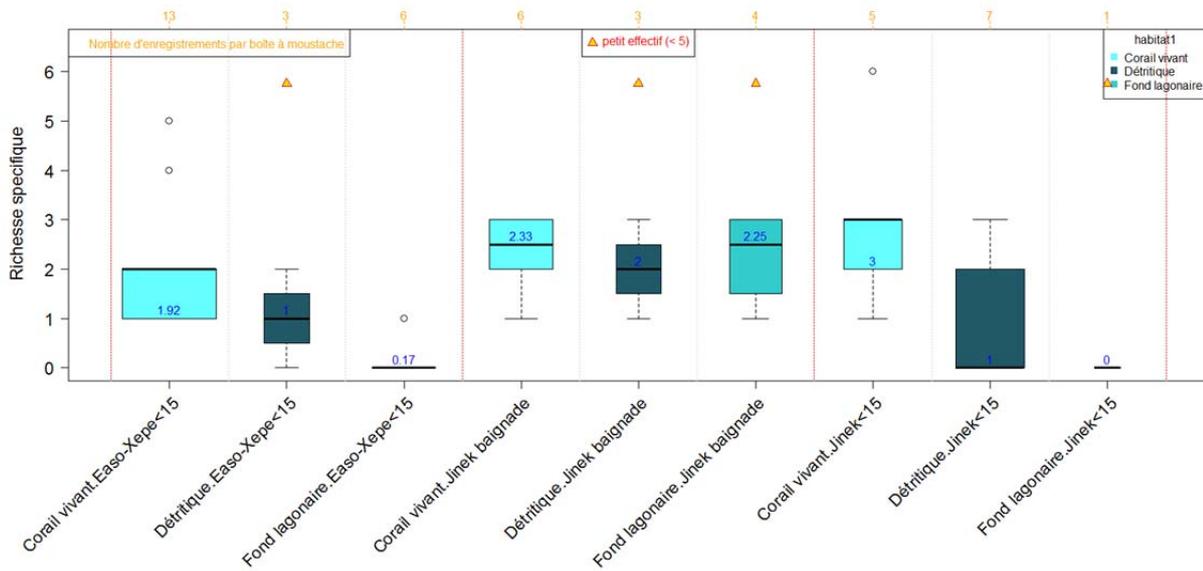
Richesse spécifique des Loches (famille : Serranidae).

Richesse spécifique : Bilan par famille pour les zones de profondeur supérieure à 15 m	
Chirurgiens (Acanthuridae)	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 4 espèces. • RS un peu plus élevée pour l'habitat Corail vivant sur la zone Jinek >15 m (NS).
Perroquets (Scaridae)	<ul style="list-style-type: none"> • RS assez faible atteint 3 espèces sur la zone de Jinek >15m pour l'habitat corail vivant (NS). • Pas de différence significative entre les zones.
Poissons-Papillons (Chaetodontidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 3 espèces observées par station, parfois jusqu'à 5. • RS en moyenne assez faible un peu plus élevée dans l'habitat Corail vivant surtout sur Jinek>15 avec une différence entre habitat détritique et corail vivant sur la globalité ($p < 0,09$ GLM Gamma). • Différence significative entre la zone 0-200 m et Jinek >15 m ($p < 0,008$) ainsi que Easo XEpehe>15m ($p < 0,017$).
Rougets barbets (Mullidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 2 espèces, parfois jusqu'à 3 espèces. • RS en moyenne plus élevée sur l'habitat détritique pour la zone Easo Xenepehe >15m (NS).
Balistes (Balistidae)	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 0 et 4 espèces rencontrées par station, RS assez faible en moyenne proche d'une espèce.
Labres (Labridae)	<ul style="list-style-type: none"> • RS assez faible, varie entre 1 et 2 sur Jinek >15m pour l'habitat corail vivant (NS).
Loches (Serranidae)	<ul style="list-style-type: none"> • La richesse spécifique est en moyenne faible, elle atteint rarement 3 espèces par station.

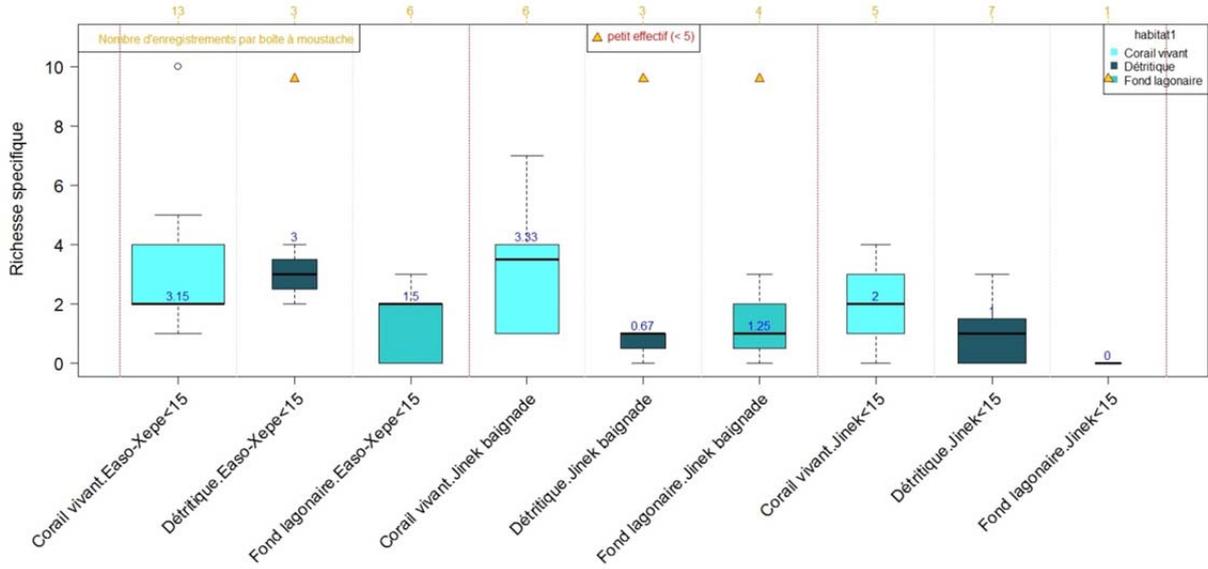
Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



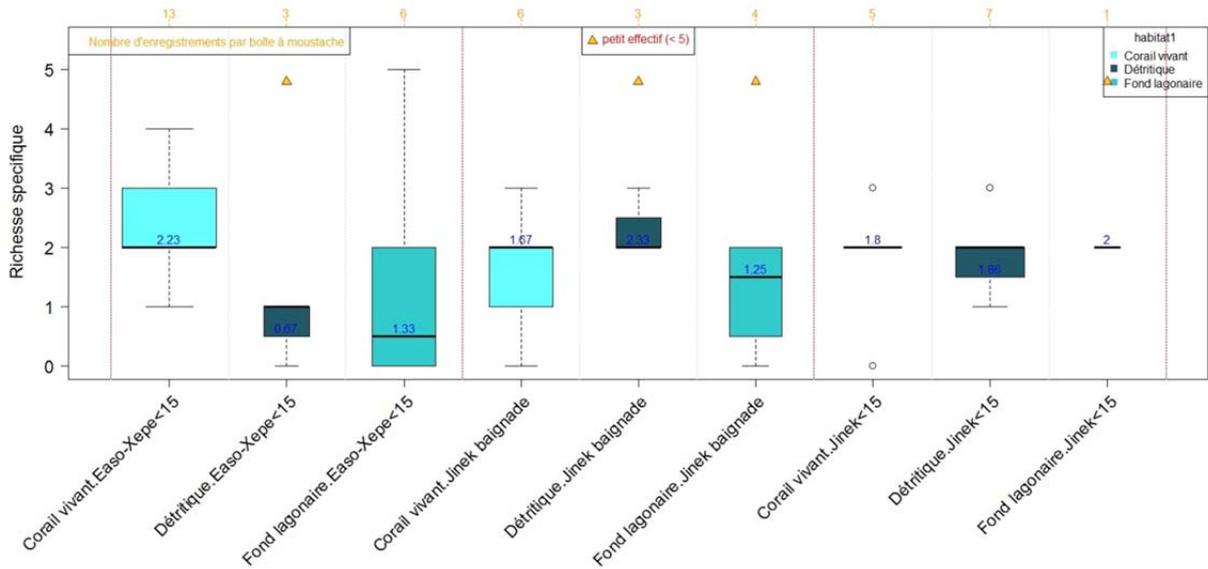
Richesse spécifique des Chirurgiens (famille : Acanthuridae).



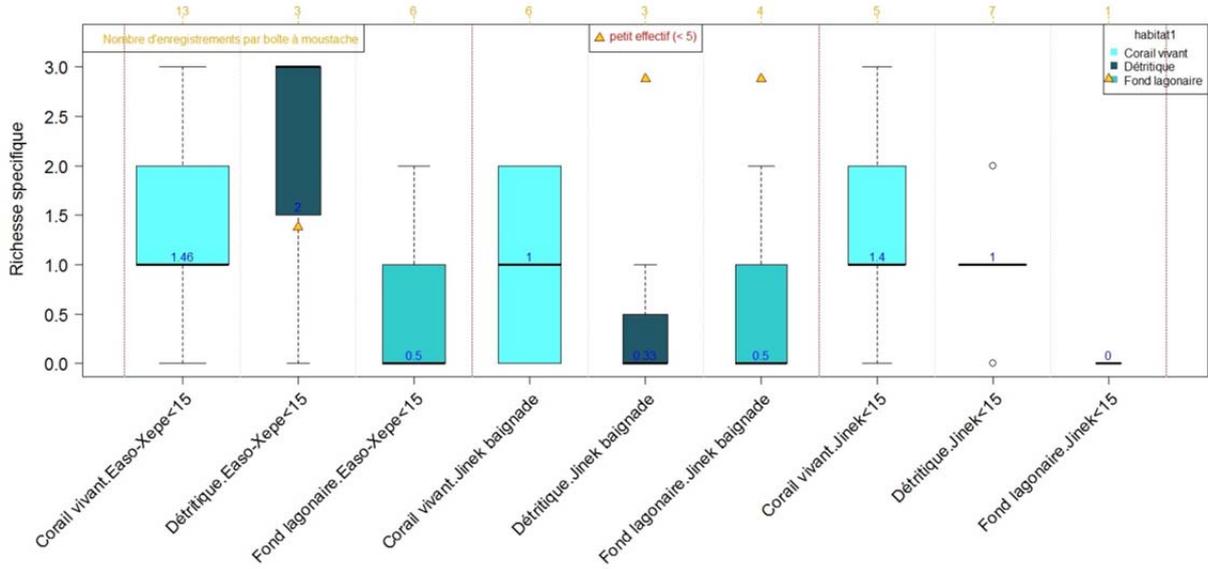
Richesse spécifique des Perroquets (famille : Scaridae).



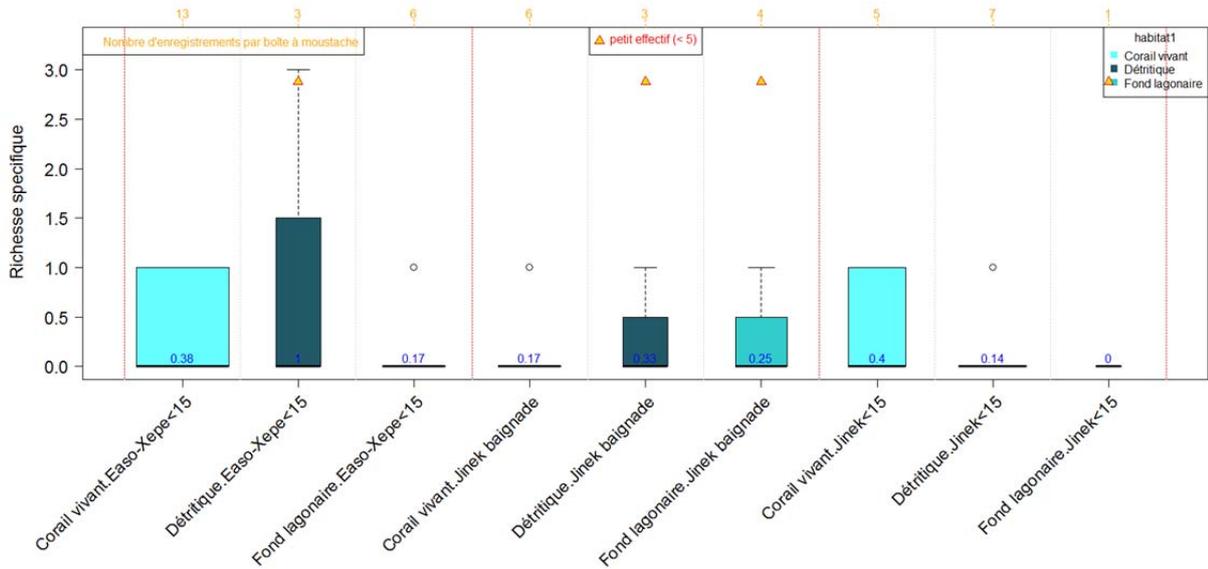
Richesse spécifique des Poissons papillons (famille : Chaetodontidae).



Richesse spécifique des Rougets barbets (famille : Mullidae).



Richesse spécifique des Labres (famille : Labridae).



Richesse spécifique des Loches (famille : Serranidae).

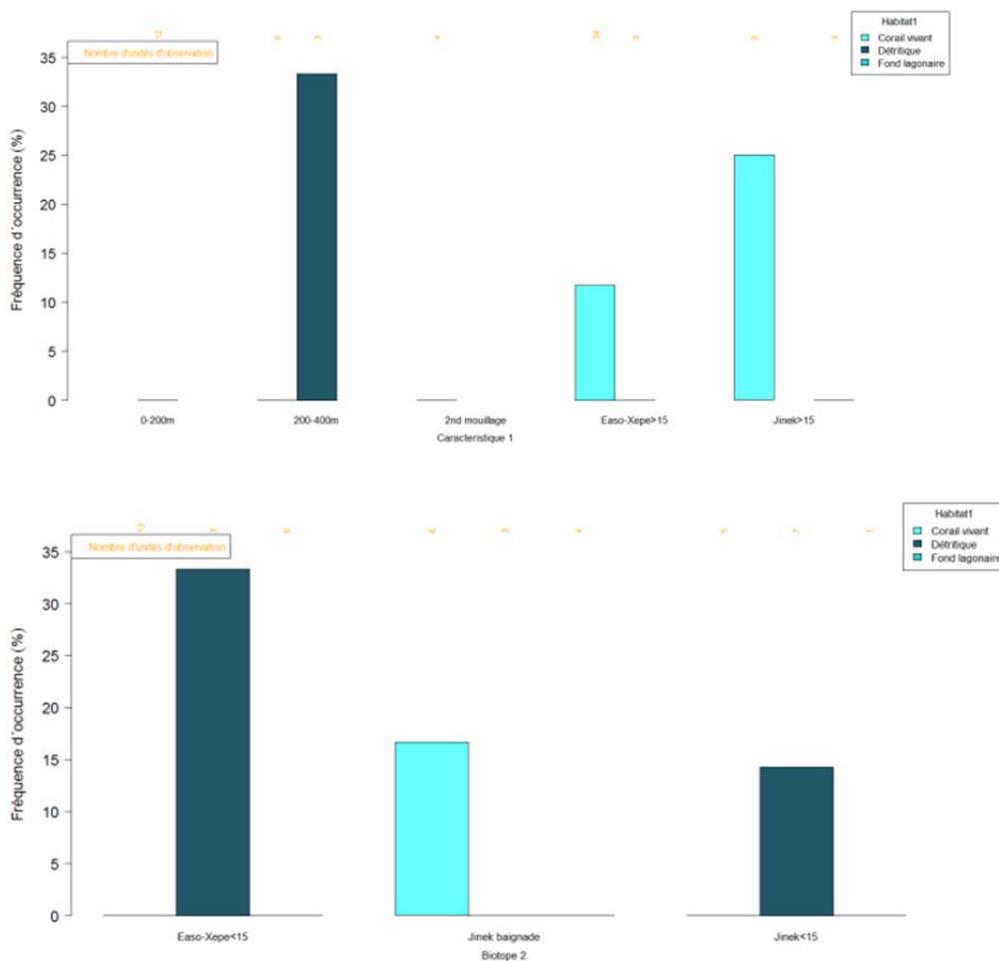
Richesse spécifique : Bilan par famille pour les zones de profondeur inférieure à 15 m	
Chirurgiens (Acanthuridae) (10.4)	Entre 0 et 5 espèces. plus élevée sur Jinek nord pour l'habitat corail vivant, (NS). plus élevée sur l'habitat corail vivant (NS).
Perroquets (Scaridae)	Entre 0 et 3 espèces, jusqu'à 6 espèces. un peu plus élevé sur l'habitat corail vivant (NS.) légèrement supérieure en moyenne sur Jinek Nord <15m. (NS)
Poissons- Papillons (Chaetodontidae)	Entre 0 et 4 espèces, parfois jusqu'à 10. assez élevée sur l'habitat corail vivant zone Jinek baignade, différent des autres habitats ($p < 0,09$;GLM Gamma). Pas d'effet significatif de la zone.
Rougets- barbets (Mullidae)	Entre 0 et 3 espèces parfois jusqu'à 5. Pas d'effet significatif de la zone. Pas d'effet significatif de l'habitat.
Balistes (Balistidae)	entre 0 et 2 espèces rencontrées par station.
Labres (Labridae)	Entre 0 et 3 espèces observées par station RS plus élevée sur l'habitat détritique de Easo-Xepenehe <15m (NS). Absence de différence significative.
Loches (Serranidae)	RS faible atteint rarement 3. Pas de différence significative entre les zones ou les habitats.

10.5 Fréquence d'occurrence du poisson napoléon

Lien avec les objectifs et actions de gestion

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectif	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.



Haut : zones de mouillage

Bas : zones littorales.

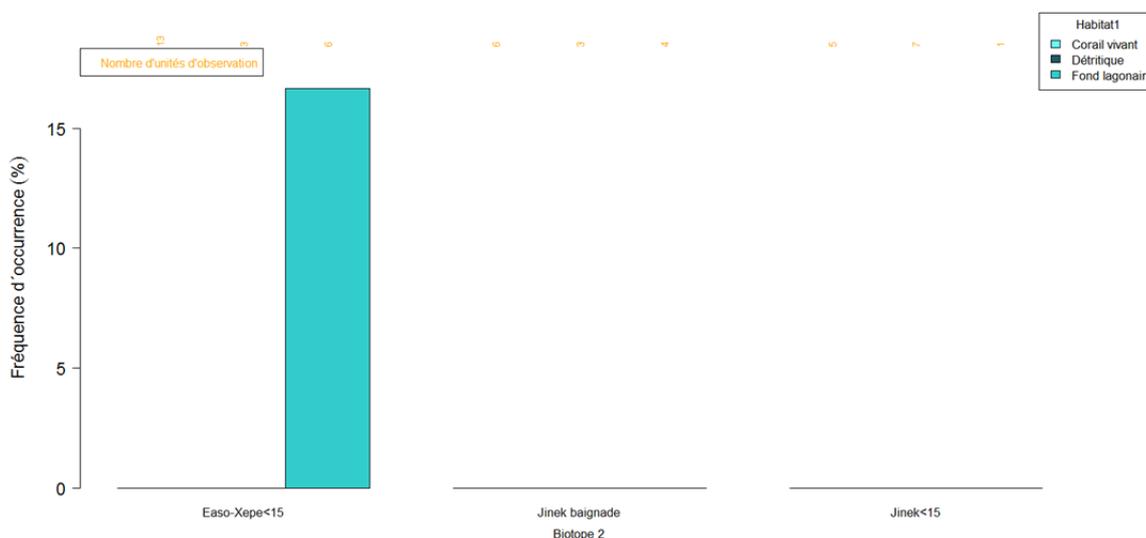
Le poisson napoléon a été observé sur 10 stations réparties sur toutes les zones sauf celles du mouillage principal 0-200m et celles du mouillage secondaire. 3 autres poissons ont été filmés en dehors des périodes retenues pour l'analyse.

10.6 Fréquence d'occurrence des tortues, des raies et des requins

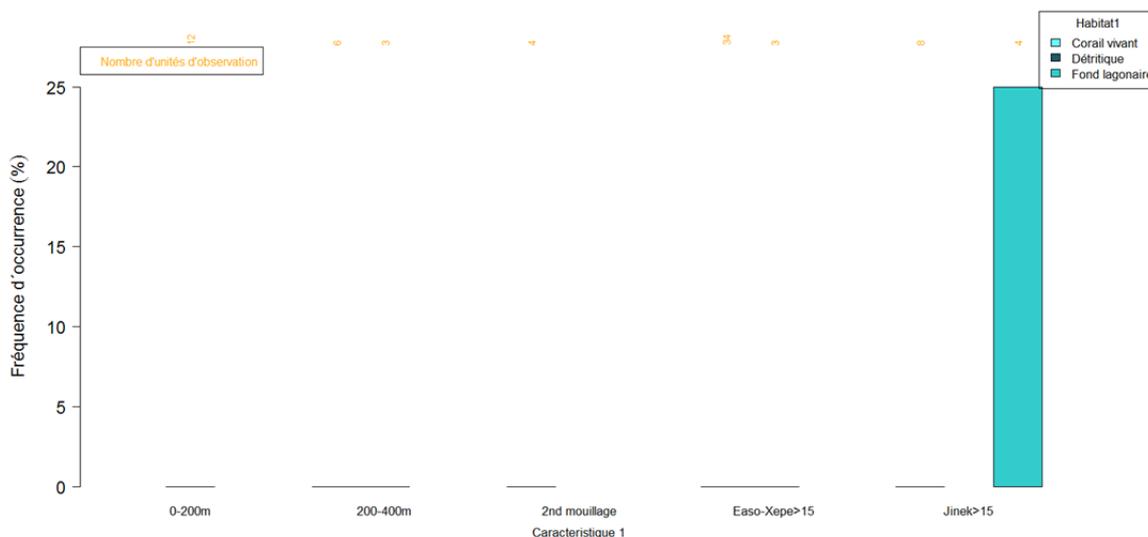
Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et conservation de la biodiversité
Objectif	Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème 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, requins et raies sont observés dans un rayon de 10 m autour de la station.



Fréquence d'occurrence des tortues (Chelonidae).



Fréquence d'occurrence des requins sur les zones de profondeur supérieure à 15m.



Fréquence d'occurrence des raies sur les zones de profondeur supérieure à 15m.

Une tortue a été observée sur la zone Easo-xepenehe<15m sur l'habitat fond lagonaire. Une autre tortue a été filmée sur la même zone en dehors de la période retenue pour l'analyse.

Deux espèces de requin ont été observées : deux requins à ailerons blancs du lagon *Trienodon obesus* et un requin léopard *Stegostoma fasciatum* sur Jinek nord. 2 autres requins à ailerons blancs ont pu être filmés hors des périodes d'analyse.

Deux espèces de raies ont été observées : une « raie à points noirs et bleus » *Neotrygon kuhlii* a été filmée sur la zone 0-200m et une raie léopard *Aetobatus narinari* sur la zone de Jinek >15m.

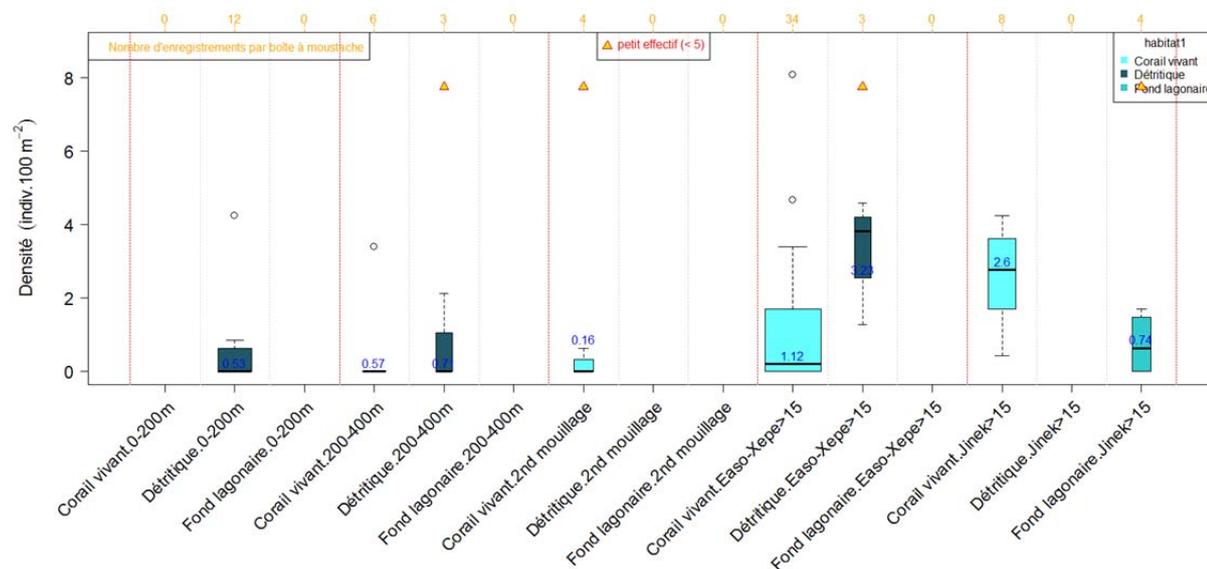
10.7 Densité d'abondance des espèces commerciales

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Exploitation durable des ressources
Objectif	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.

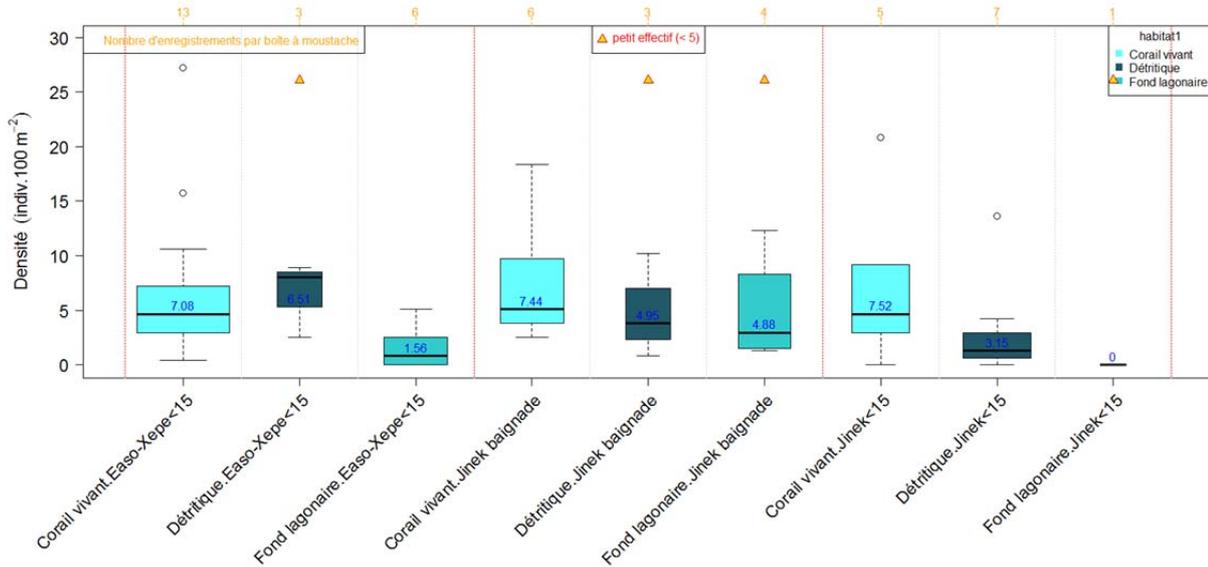
Calcul de la métrique : Densité d'abondance des espèces commerciales dans un rayon de 5 m autour de la STAVIRO (rapportée à 100m²).

Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m



La densité des espèces commercialisées en Nouvelle Calédonie est plus élevée sur l'habitat détritique de Easo-Xepenehe >15m et sur habitat corail vivant de Jinek >15m mais la différence n'est pas significative (NS).

Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



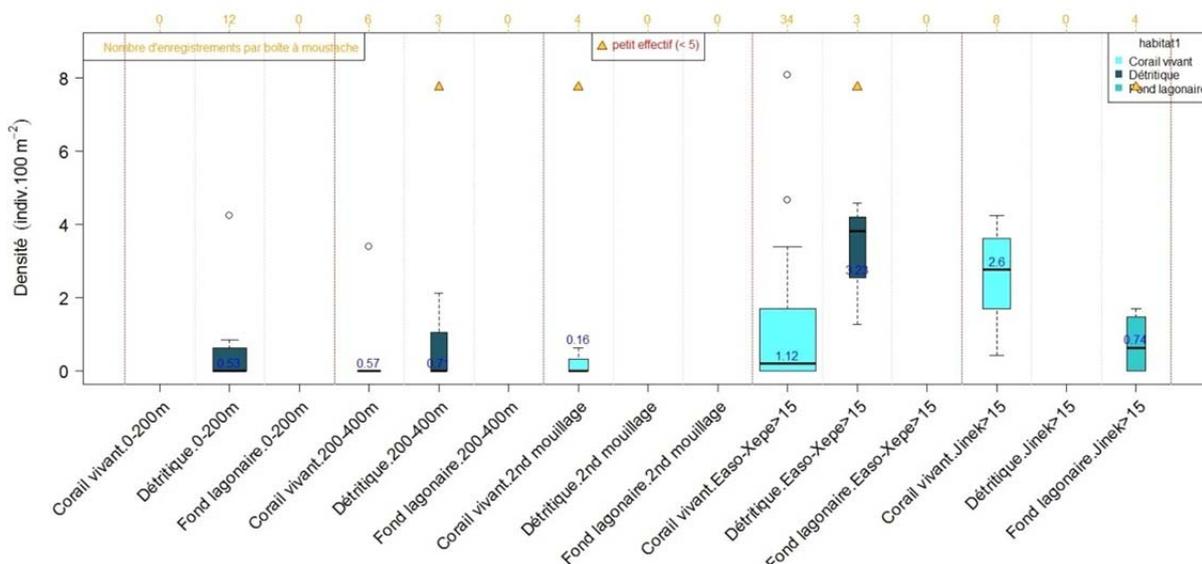
Les espèces commerciales sont réparties sur les 3 zones, la densité d'abondance des espèces commerciales est en moyenne un peu plus élevée sur la zone Jinek baignade mais la différence n'est pas significative. La densité est plus significativement élevée sur l'habitat corail vivant ($p < 0,013$).

10.8 Densité d'abondance des espèces consommables

But de gestion	1. Exploitation durable des ressources
Objectif	1.1. Restaurer et maintenir les espèces-cibles
Pertinence	<p>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.</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.</p>

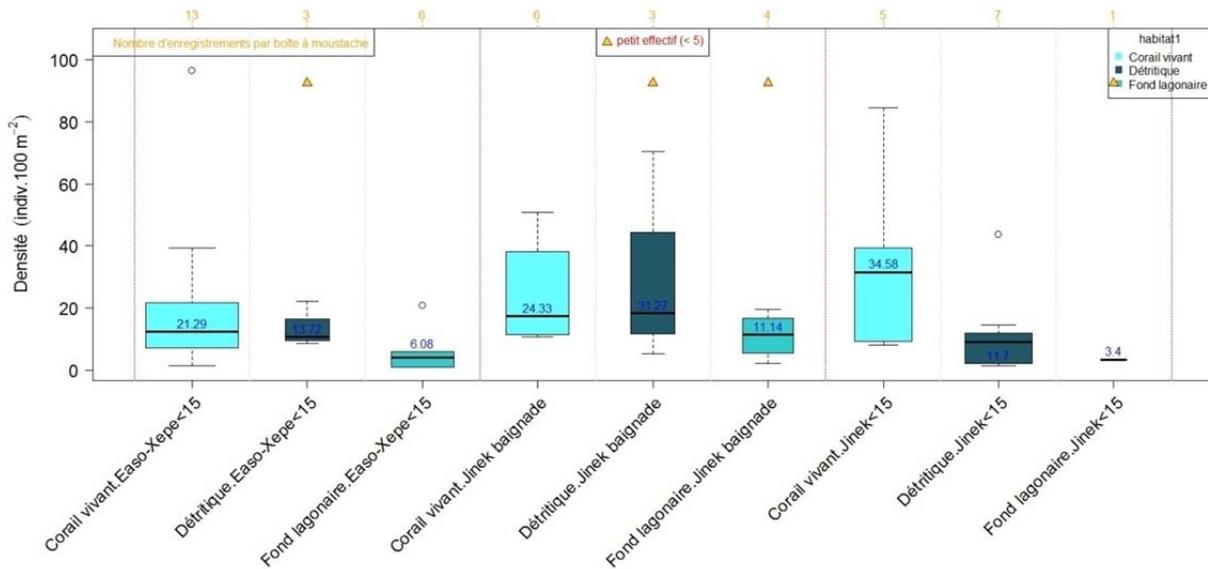
Calcul de la métrique : Densité des individus d'espèces consommables dans un rayon de 5 m autour de la STAVIRO (densité rapportée à 100m²).

Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m



La densité d'abondance des espèces consommables est supérieure sur la zone de Jinek>15 m (NS). Elle est plus élevée sur les zones d'habitat « corail vivant » et « détritique » (NS).

Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



Pour les zones littorales, il n'y a pas de différence de répartition entre les zones, par contre les espèces consommables sont préférentiellement rencontrées sur l'habitat corail vivant ($p < 0,007$). Dans la zone de Jinek nord, l'abondance élevée sur Corail vivant est due à des fusiliers; une fois exclus des calculs, la densité moyenne est de 18.28 ind/100 m².

L'abondance est donc supérieure dans la zone de baignade de Jinek.

Sur l'habitat Corail vivant, la proportion de petits poissons consommables est en moyenne 40% sur chaque zone littorale. On note cependant que les grands poissons sont proportionnellement plus nombreux dans la zone de baignade de Jinek (40% en moyenne) qu'au nord de cette dernière (31%) ou à Easo-Xepenehe (23%).

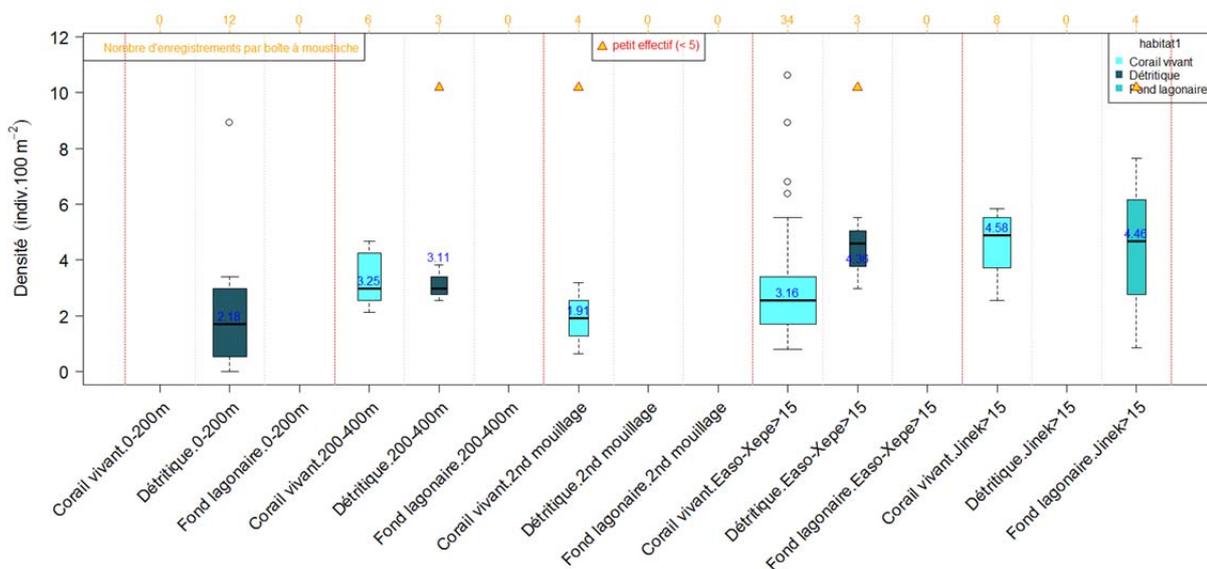
10.9 Densité d'abondance par groupe trophique

Lien avec les objectifs et actions de gestion

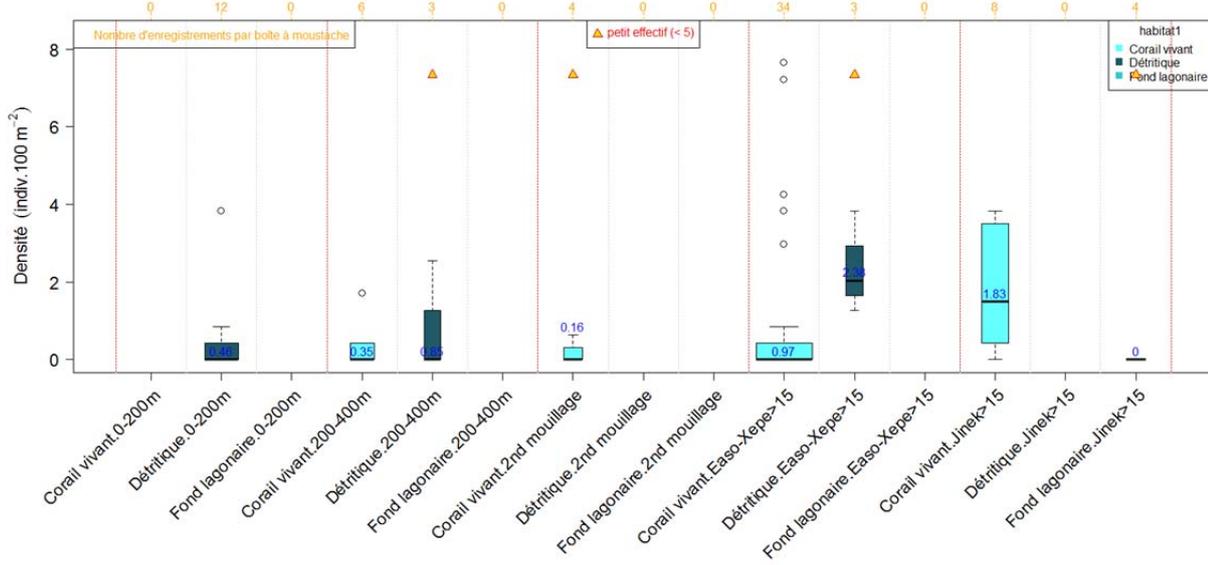
But de gestion	1. Exploitation durable des ressources halieutiques 2. Conservation de la biodiversité
Objectif	1.1. Maintenir et/ou restaurer les populations d'espèces-cibles 2.2. Maintien des fonctions de l'écosystème
Pertinence	En fonction des pressions, la densité d'abondance des groupes prédateurs (souvent des espèces-cibles de la pêche) peut être plus ou moins élevée. La densité des groupes proies peut montrer différents signaux en fonction notamment 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).

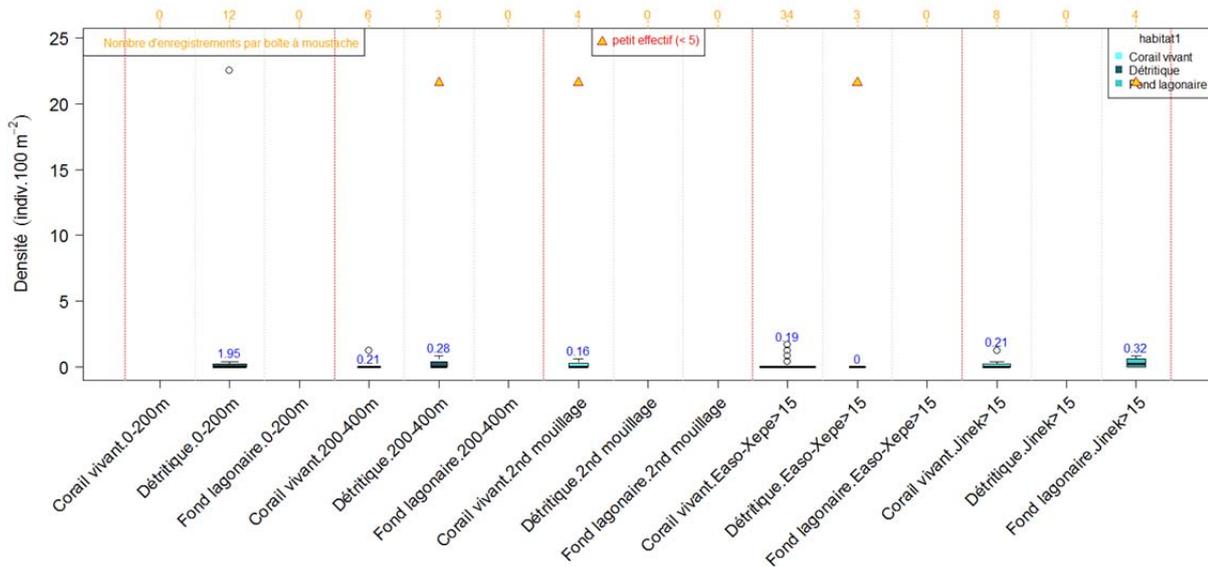
Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m.



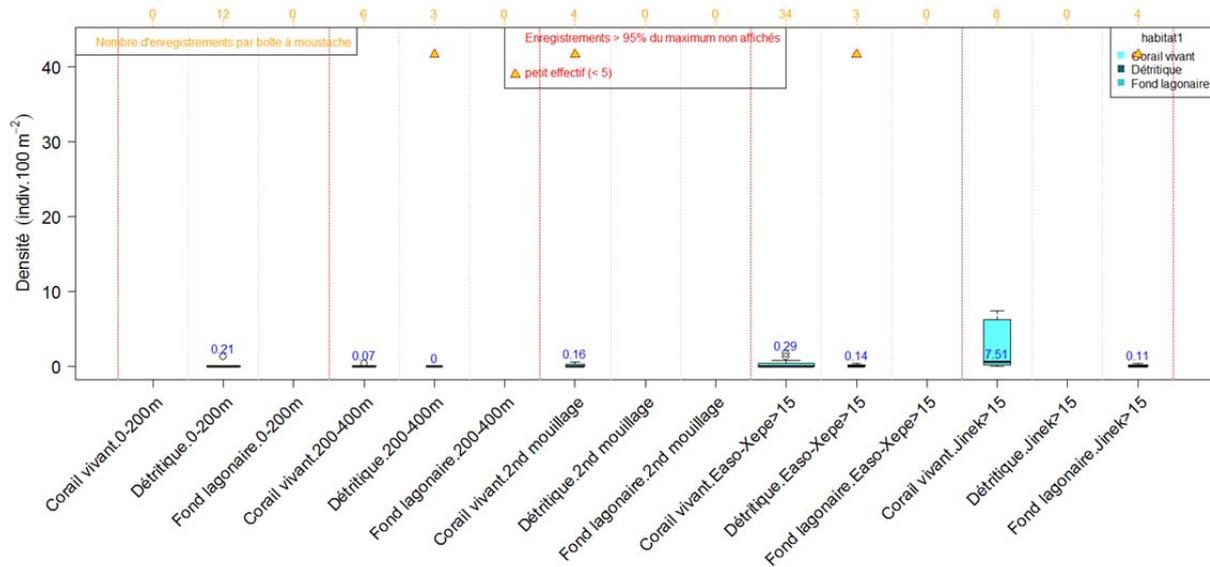
Densité des carnivores (Nb ind/100m²).



Densité des herbivores (Nb ind/100m²).



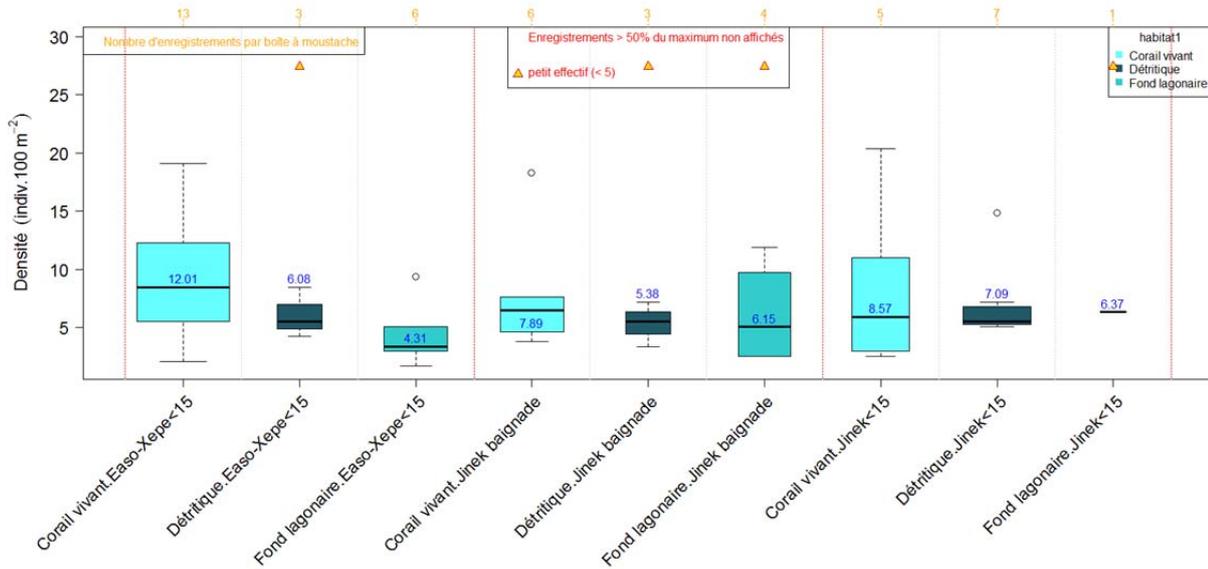
Densité des piscivores (Nb ind/100m²).



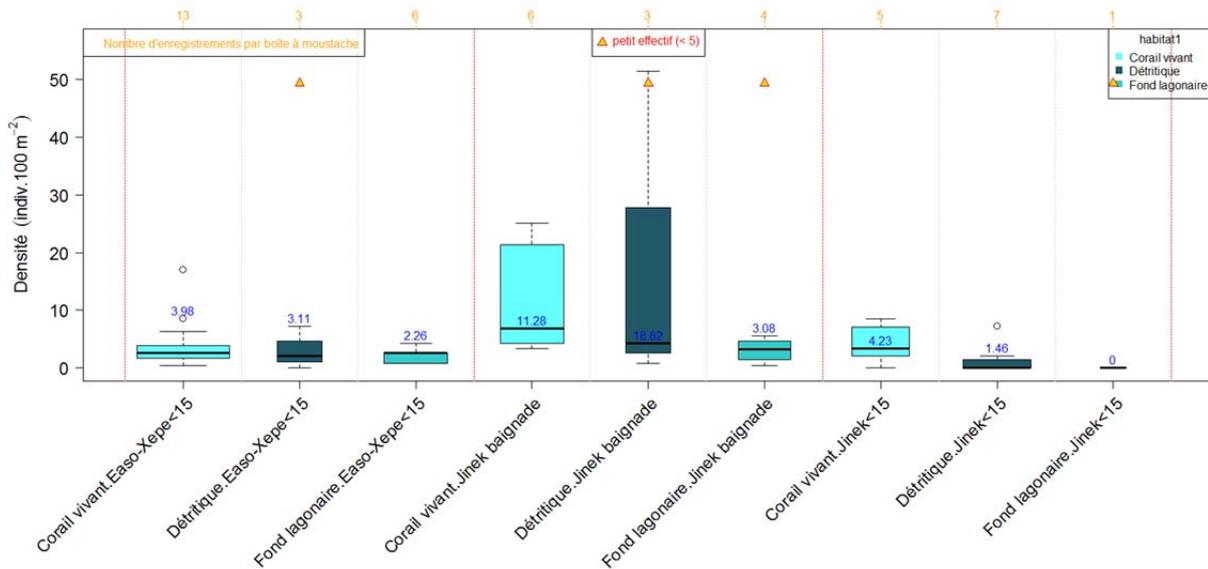
Densité des planctonophages (Nb ind/100m²).

Bilan par groupe trophique >15m	
Carnivores	Différence significative entre zones ($p < 0.08$ GLM Gamma), plus faible sur la zone des 0-200m et sur la zone de mouillage secondaire. Absence de différence entre habitat.
Herbivores	Densité plus faible sur la zone des 0-200m et du second mouillage, plus forte sur Jinek >15m (NS). Différence significative entre habitat ($p < 0,0006$).
Piscivores	Présents dans 3 habitats (NS). Densités faibles.
Planctono-phages	Essentiellement rencontrés sur Jinek >15m ($p < 0,0001$).

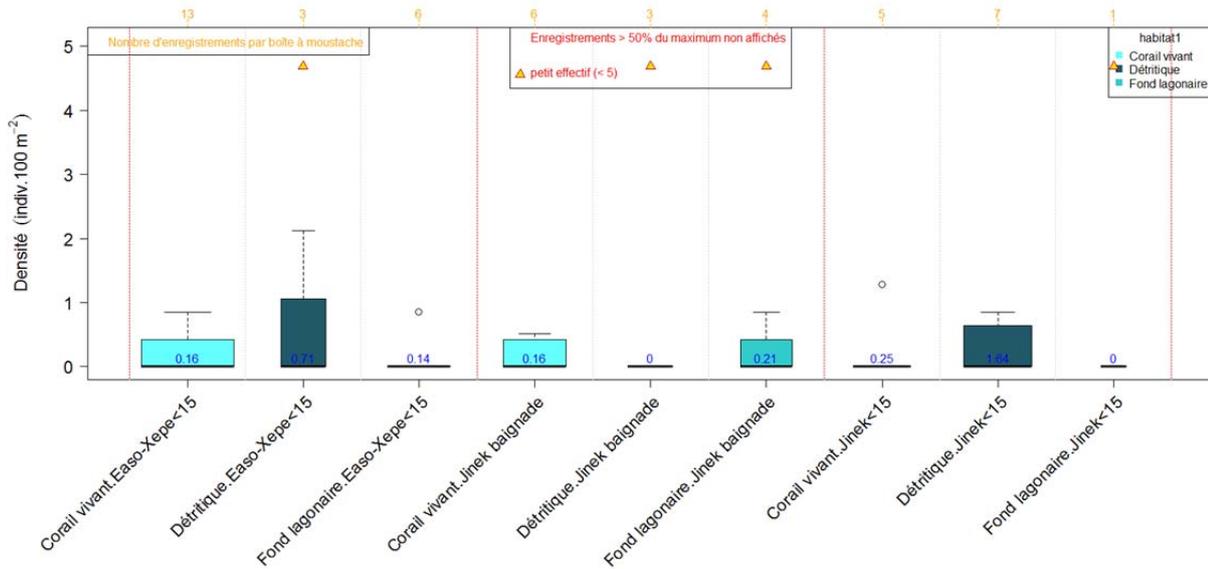
Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



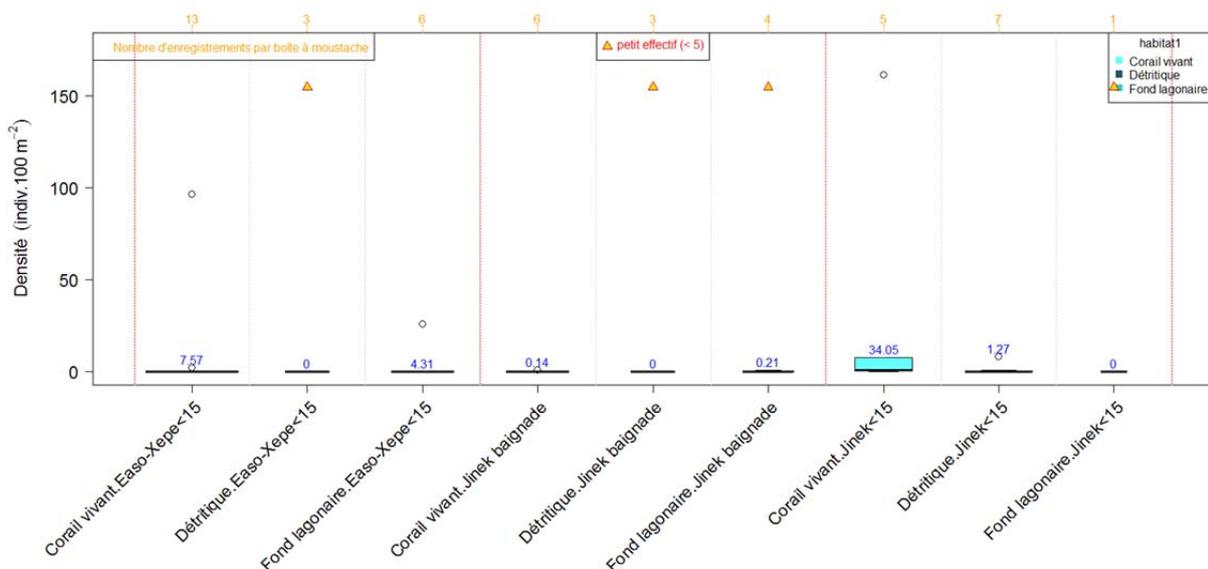
Densité des carnivores (Nb ind/100m²) (densités max non représentées pour lisibilité du graphique).



Densité des herbivores (Nb ind/100m²).



Densité des piscivores (Nb ind/100m²) (densités max non représentées pour lisibilité du graphique).



Densité des planctophages (Nb ind/100m²).

Bilan par groupe trophique, zones situées à une profondeur inférieure à 15m	
Carnivores	Densité en moyenne plus faible sur Jinek baignade et un peu plus élevée sur Easo-Xepe<15 m (NS). en moyenne plus élevée sur l'habitat corail vivant (NS).
Herbivores	plus élevée sur la zone de Jinek baignade, différence significative (p<0,004). observés surtout sur les habitats « corail vivant » et « détritique »(NS).
Piscivores	peu abondants Densités faibles surtout sur Jinek baignade (NS) plus élevées sur habitat détritique (p<0.023).
Planctonophages	Quelques chirurgiens et les fusiliers essentiellement rencontrés sur Jinek nord (différence significative, p<0.02) sur l'habitat « corail vivant »(NS) et sur des profondeurs de 10-15m des bancs de fusiliers principalement <i>Pterocaesio tile</i> (> 110 ind/100m²) mais aussi <i>P.tile</i> et <i>Caesio cuning</i> augmentent les moyennes .

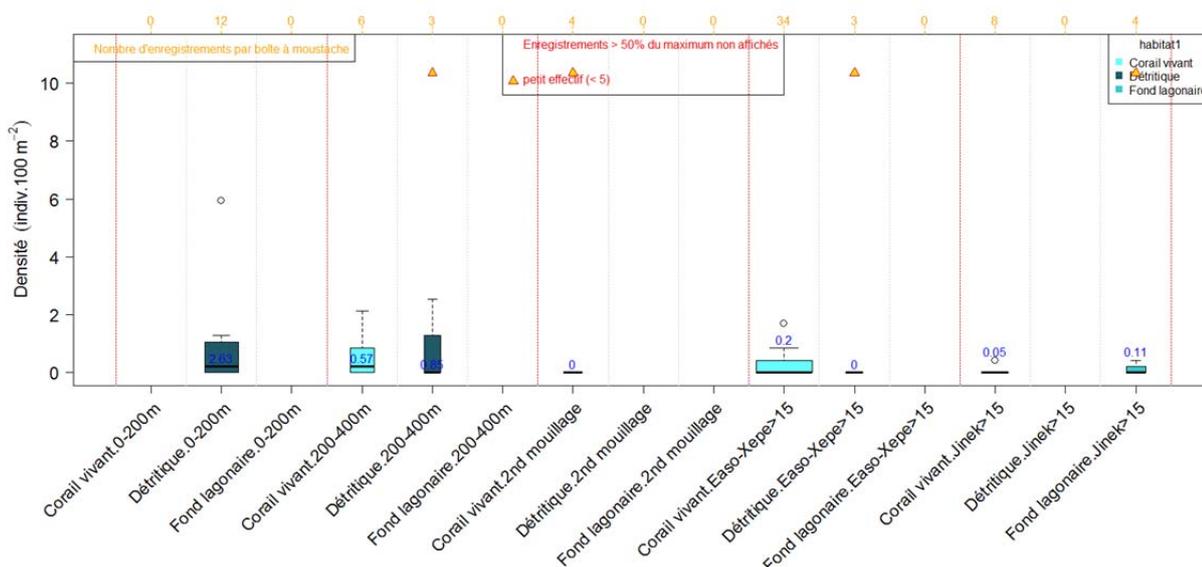
10.10 Densité d'abondance des espèces cible de la pêche à la ligne

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.

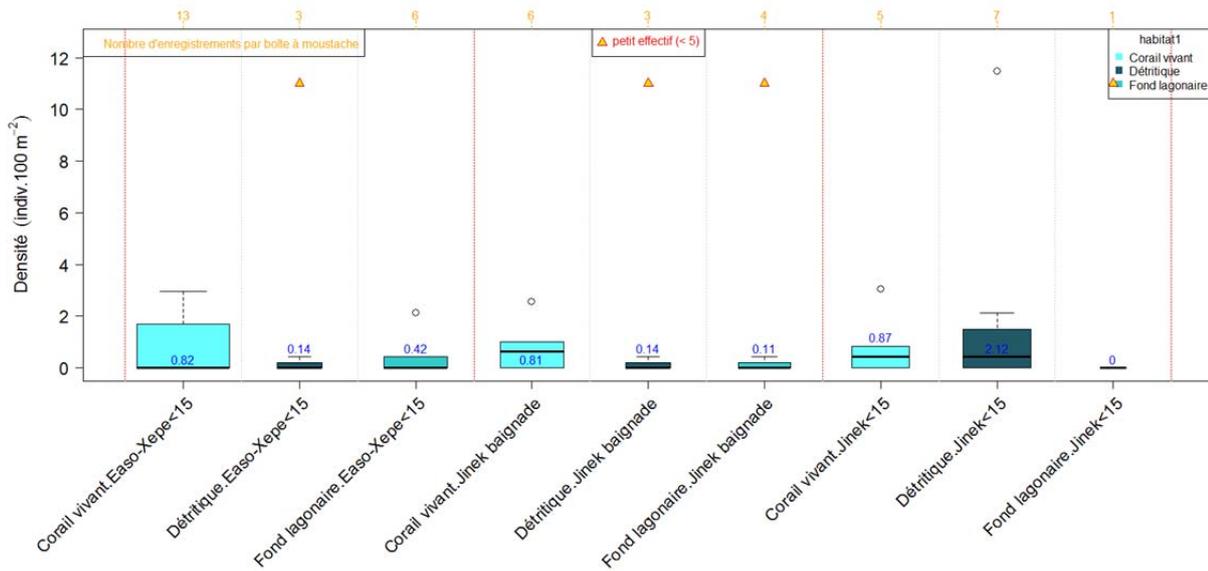
Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m



NB : densités max non représentées pour lisibilité du graphique

- Habitat a un effet sur la répartition (significatif $p < 0.0003$ GLM Gamma)
- Habitat corail significativement différent du détritique ($p < 0.01$)
- Il existe une différence significative entre zones ($p < 0.0000008$)
- La zone Easo-Xepe > 15m est différente de la zone 0-200m ($p < 0.007$) .

Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



La densité est en moyenne un peu plus élevée sur Jinek <15m et sur l'habitat détritique (NS).

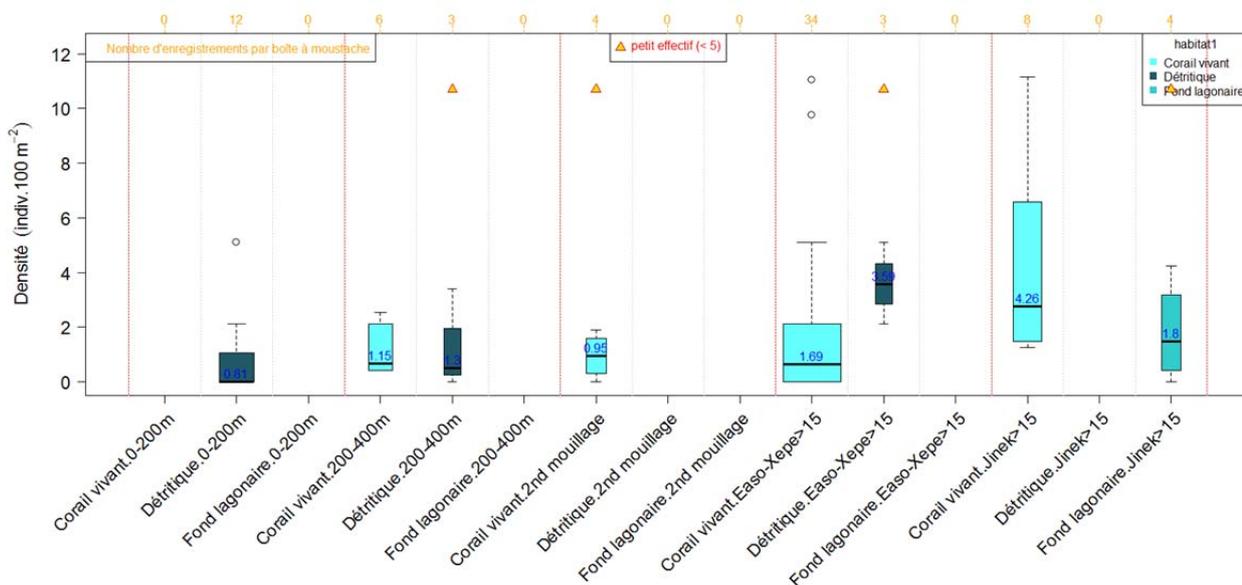
10.11 Densité d'abondance espèces cible de la chasse

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 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>

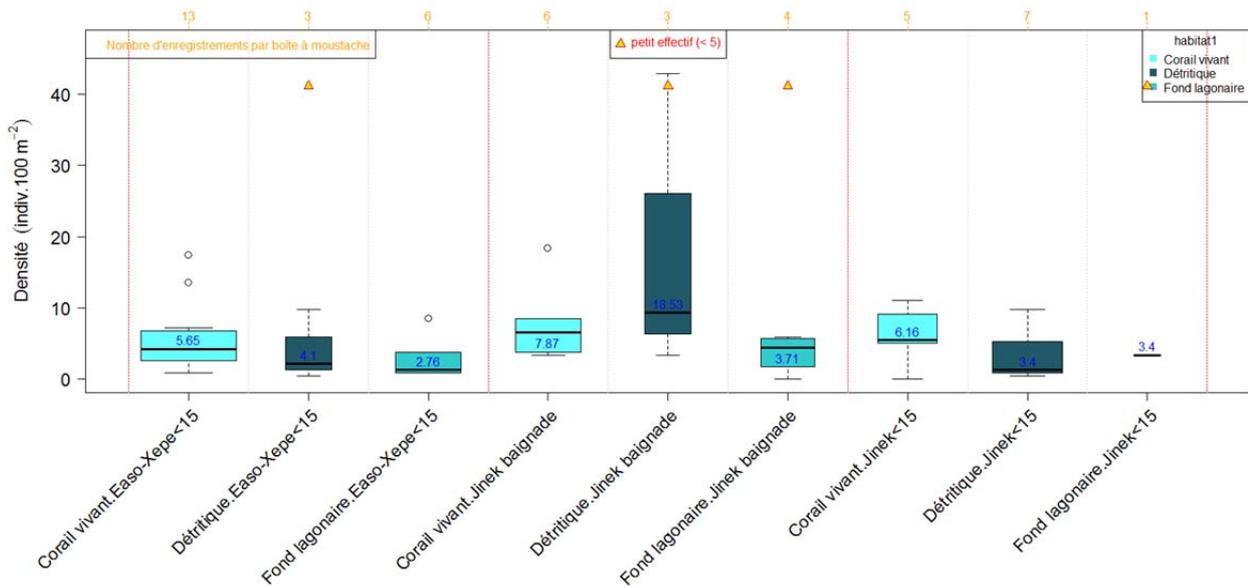
Calcul de la métrique : Densité et proportion de poissons d'espèces-cibles de la chasse par unité d'observation, dans la zone de 5 m autour de la caméra rotative (rapportée à 100 m²).

Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m



- Poissons plus abondants sur Jinek >15m(NS).
- Densité plus faible sur la zone des 0-200m (NS).
- Habitat Corail vivant : densité plus élevée notamment sur Jinek>15 m (NS).

Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



- plus élevée en moyenne sur la zone de Jinek baignade mais la différence n'est pas significative (NS).
- pas de différence significative de répartition entre les habitats.

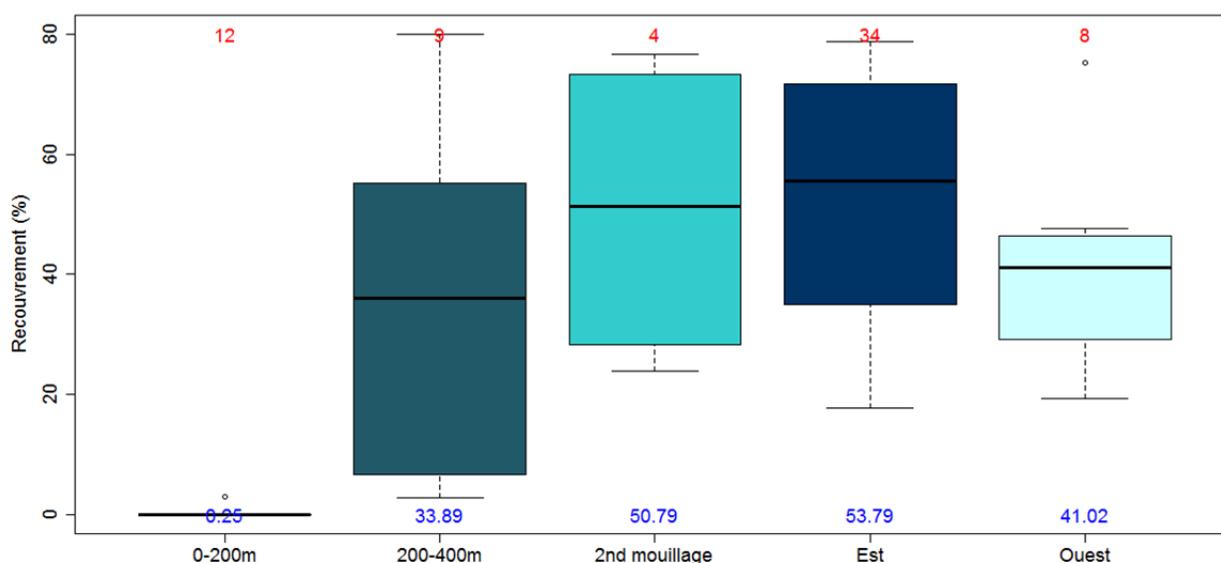
10.12 Pourcentage de recouvrement en corail vivant

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et Conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	Le recouvrement en corail vivant indique l'état de santé du récif corallien, ainsi que sa capacité à fournir les services écosystémiques associés

Calcul de la métrique : Pourcentage de recouvrement en corail vivant dans un rayon de 10 mètres autour de la caméra, calculé sur les stations de l'habitat Corail vivant de la typologie et sur les stations impactées de la Baie d'Easo qui devraient normalement appartenir à l'habitat Corail vivant en l'absence d'impact). Impact du mouillage : étudié sur les stations de profondeur supérieure à 15 m – Impact des activités côtières : étudié sur les stations de profondeur inférieure à 15 m.

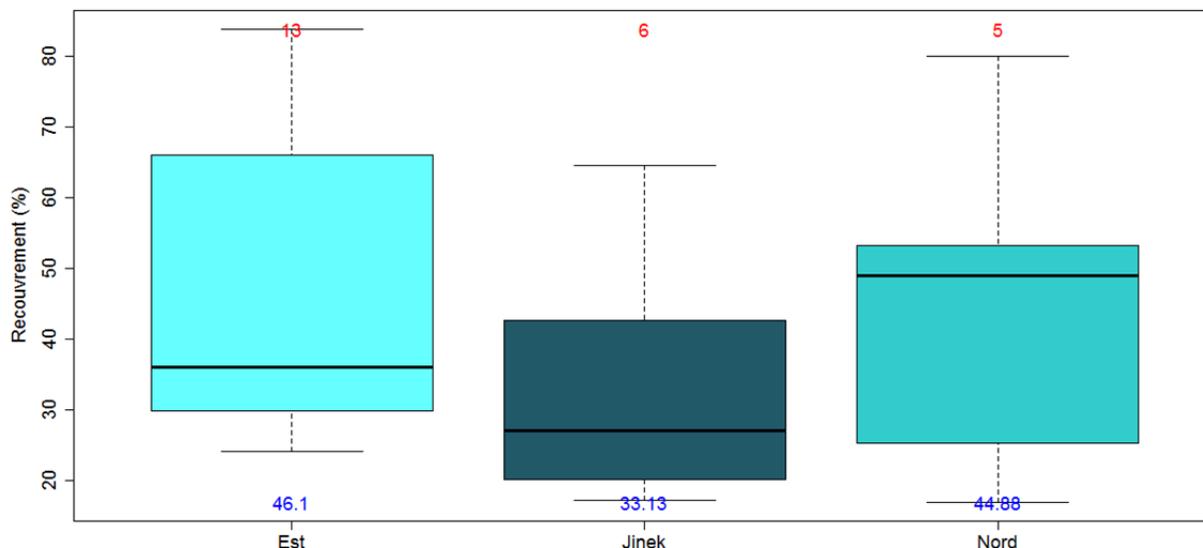
Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m



Recouvrement en corail vivant en fonction de la zone d'éloignement au mouillage (en bleu : la moyenne ; en rouge : le nombre de stations) .

Au sein de la Baie d'Easo-Xepenehe et en cohérence avec les résultats du § 6.1, le recouvrement est d'autant plus élevé que la zone est éloignée du point d'ancrage (0-200 versus 200-400m versus Easo-Xepenehe > 15m). Sur le second mouillage, occasionnel, le recouvrement est en moyenne similaire aux recouvrements observés sur la zone Easo-Xepenehe > 15m (Baie d'Easo, non impacté) et supérieur (NS) à ceux de la zone « Jinek > 15m ». Le recouvrement diffère significativement en fonction des zones ($p < 10^{-5}$). Il est significativement supérieur sur l'ensemble des zones par rapport à la zone située à moins de 200 m du point de mouillage moyen ($p < 0,05$), et particulièrement pour la zone Easo-Xepenehe > 15m ($p < 0,0001$).

Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



Recouvrement en corail vivant en fonction de la zone d’influence côtière (en bleu : la moyenne ; en rouge : le nombre de stations).

Conclusion : Corail vivant

- Impact mouillages :**
 0-200m < autres zones (p<0.05)
 0-200m<200-400m<2nd mouillage<Easo-Xepenehe (> 15m) (NS). Dans un rayon de 200 m autour du point d’ancrage moyen, le recouvrement en corail vivant est significativement plus faible que sur les autres zones. Ce recouvrement est inférieur dans la zone de 200-400 m par rapport aux zones plus distantes (mais différence NS). Dans la zone du second mouillage, le recouvrement ne diffère pas de celui des zones Easo-Xepenehe > 15m et Jinek > 15m, non impactées.
- Impact activités côtières :**
 Jinek baignade < Easo-Xepenehe < 15m et Jinek Nord< 15m (NS). Le recouvrement en corail vivant est légèrement plus faible sur la zone de baignade de Jinek par rapport aux autres zones échantillonnées (NS). Pas de différences entre les zones Easo-Xepenehe < 15m et Jinek Nord< 15m.

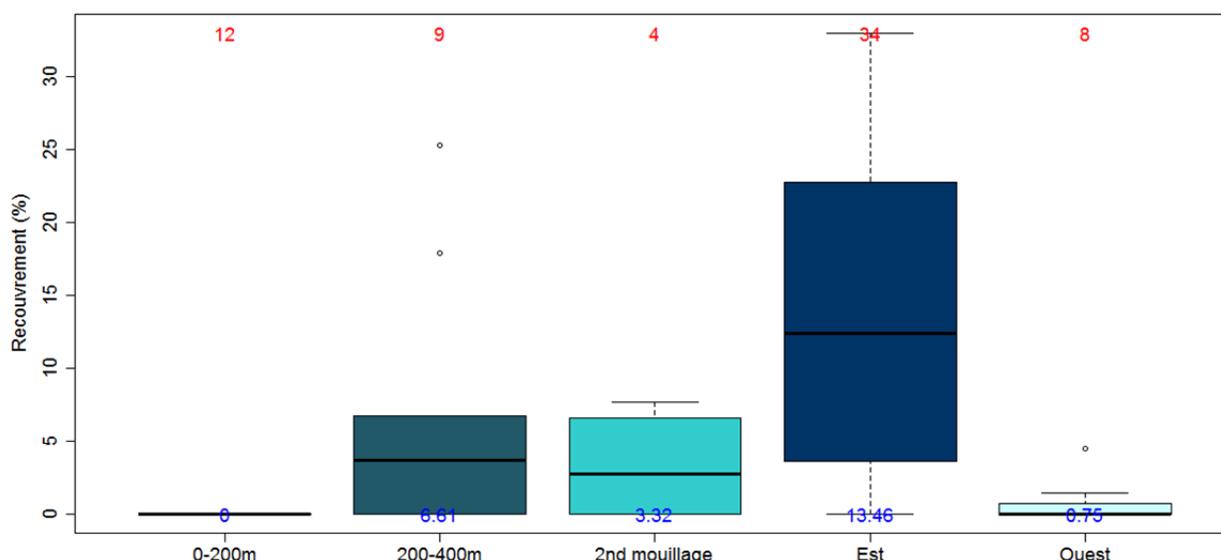
10.13 Pourcentage de recouvrement en corail branchu

Lien avec les objectifs et actions :

But de gestion	Restauration et Conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	Le corail branchu offre un grand nombre de refuges pour la faune, et représente donc un habitat clé sur le récif corallien. Il est plus vulnérable aux dégâts mécaniques.

Calcul de la métrique : Pourcentage de recouvrement en corail branchu dans un rayon de 10 mètres autour de la caméra, calculé sur les stations de l'habitat Corail vivant de la typologie et sur les stations impactées de la Baie d'Easo qui devraient normalement appartenir à l'habitat Corail vivant en l'absence d'impact). Impact du mouillage : étudié sur les stations de profondeur supérieure à 15 m – Impact des activités côtières : étudié sur les stations de profondeur inférieure à 15 m.

Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m



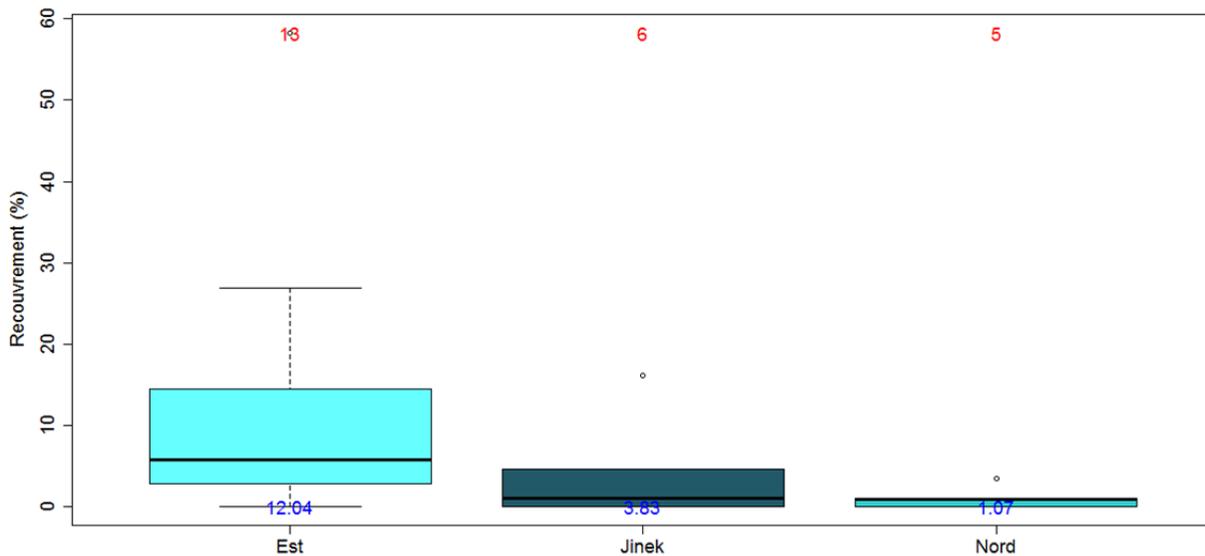
Recouvrement en corail branchu en fonction de la zone d'éloignement au mouillage (en bleu : la moyenne ; en rouge : le nombre de stations).

Au sein de la Baie d'Easo-Xepenehe et en cohérence avec les résultats du § 6.1, le recouvrement est d'autant plus élevé que la zone est éloignée du point d'ancrage (0-200 m versus 200-400 m versus Easo-Xepenehe > 15m). Sur le second mouillage, occasionnel, le recouvrement est en moyenne similaire aux recouvrements observés sur la zone Easo-Xepenehe > 15m (Est de la baie d'Easo, non impactée) et supérieur (NS) à ceux de la zone Jinek > 15m. Le recouvrement diffère significativement en

fonction des zones ($p < 10^{-6}$). Il est significativement supérieur dans la zone Easo-Xepenehe > 15m (et dans la zone 200-400 m) par rapport à la zone très impactée (0-200 m) (respectivement $p < 0,001$ et $p < 0,1$). Le faible nombre de données (4) explique le fait que la différence entre la zone du second mouillage et la zone impactée n'est pas statistiquement significative, bien que très réelle.

Dans la zone Easo-Xepenehe > 15m, le recouvrement en corail branchu est significativement supérieur à celui de la zone Jinek > 15m située à l'Ouest ($p < 0,001$). Cette différence entre les deux zones non impactées de l'Est et de l'Ouest est possiblement due à une différence d'exposition.

Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



Recouvrement en corail branchu en fonction de la zone d'influence cotière (en bleu : la moyenne ; en rouge : le nombre de stations.)

Sur l'habitat Corail vivant, le recouvrement en corail branchu est en moyenne inférieur sur la zone de Jinek baignade par rapport aux zones situées à l'est : Easo-Xepenehe <15m et à Jinek Nord < 15m. Mais cette différence n'est pas significative. Le recouvrement en corail branchu varie significativement entre les trois zones côtières (marginale, $p < 0.1$), en raison du contraste entre les zones Easo-Xepenehe < 15m et Jinek Nord < 15m, qui pourrait encore une fois être dû à une différence d'exposition. Le recouvrement ne semble pas être moindre dans la zone de baignade par rapport à la zone Jinek Nord < 15m.

Conclusion : Corail branchu**• Impact mouillages :**

Easo-Xepenehe (< 15m) > 0-200m (p<0.0001) et Jinek > 15m (p<0.001)
0-200m < 200-400m (p<0.1)

Dans un rayon de 200 m autour du point d'ancrage moyen, le recouvrement en corail branchu est significativement plus faible que sur les autres zones. Il est significativement plus faible sur la zone Jinek > 15m que sur la zone non impactée d'Easo-Xepenehe, probablement en raison d'une exposition différente aux vagues.

• Impact activités côtières

Jinek Nord < 15m < Jinek baignade < Easo-Xepenehe (< 15m) (NS)

Le recouvrement est plus faible à Jinek baignade que dans la baie d'Easo-Xepenehe (NS). Il est légèrement plus élevé à Jinek baignade que dans la zone Jinek Nord < 15m, la baignade ne semble pas avoir d'effet sur ce recouvrement.

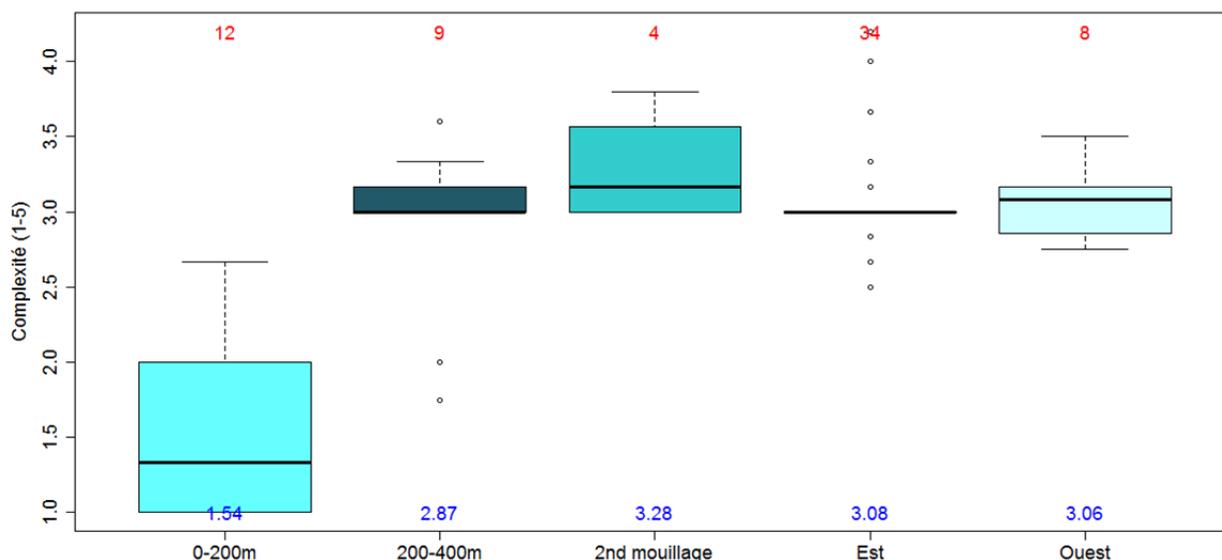
10.14 Complexité de l'habitat corallien

Lien avec les objectifs et actions :

But de gestion	Restauration et Conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	La complexité de l'habitat reflète la diversité et la quantité des refuges et abris fournis par le récif, ainsi que sa diversité écologique et morphologique.

Calcul de la métrique : Complexité moyenne (de 1 à 5) de l'habitat, dans un rayon de 10 mètres autour de la caméra, calculé sur les stations de l'habitat Corail vivant de la typologie et sur les stations impactées de la Baie d'Easo qui devraient normalement appartenir à l'habitat Corail vivant en l'absence d'impact). Impact du mouillage : étudié sur les stations de profondeur supérieure à 15 m – Impact des activités côtières : étudié sur les stations de profondeur inférieure à 15 m.

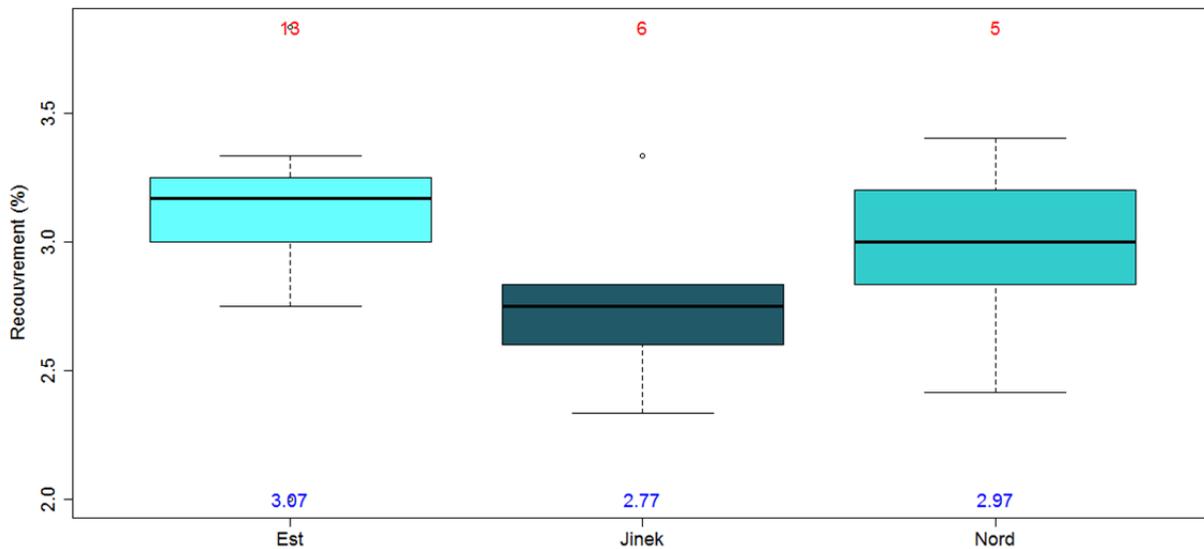
Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m



Complexité du corail en fonction de la zone d'éloignement au mouillage (en bleu : la moyenne ; en rouge : le nombre de stations).

La complexité de l'habitat diffère significativement en fonction des zones définies ($p < 10^{-5}$). Elle est significativement inférieure dans la zone impactée par rapport aux autres zones ($p < 0,01$), en particulier par rapport à zone Easo-Xepenehe > 15m (Baie d'Easo, non impacté) ($p < 0,0001$).

Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



Complexité du corail en fonction de la zone d'influence cotière (en bleu : la moyenne ; en rouge : le nombre de stations)

La complexité ne diffère pas significativement entre les zones côtières. Elle apparaît toutefois inférieure sur la zone de Jinek baignade par rapport à la zone Jinek Nord < 15m et à la Baie d'Easo-Xepenehe (Easo-Xepenehe < 15m). On peut supposer que cette différence assez nette est reliée à l'activité de baignade, mais il serait nécessaire de vérifier sur le terrain l'existence de signes d'impact mécanique ou de conséquences de pollution ciblée (ex. produits solaires) conduisant à la diminution de la complexité. En l'état, il est difficile de relier ce résultat à une dégradation due à une activité de baignade.

Conclusion : Complexité habitat corallien
<p>• Impact mouillages : 0-200m < 200-400m (p<0,01), 2nd mouillage et Jinek > 15m (p<0,001), et Easo-Xepenehe > 15m (p<0,0001)</p> <p>La complexité de l'habitat est significativement inférieure dans la zone impactée par rapport aux autres zones (p<0,01), en particulier par rapport à la zone Easo-Xepenehe > 15m (p<0,0001)</p> <p>• Impact activités côtières Jinek baignade < Easo-Xepenehe (< 15m) et Jinek Nord < 15m (NS)</p> <p>La complexité de l'habitat est plus faible sur la zone de baignade de Jinek par rapport aux autres zones échantillonnées (net mais NS). Pour relier ce résultat à l'activité de baignade, il serait nécessaire de vérifier sur le terrain l'existence de signes d'impact mécanique conduisant à la diminution de la complexité.</p>

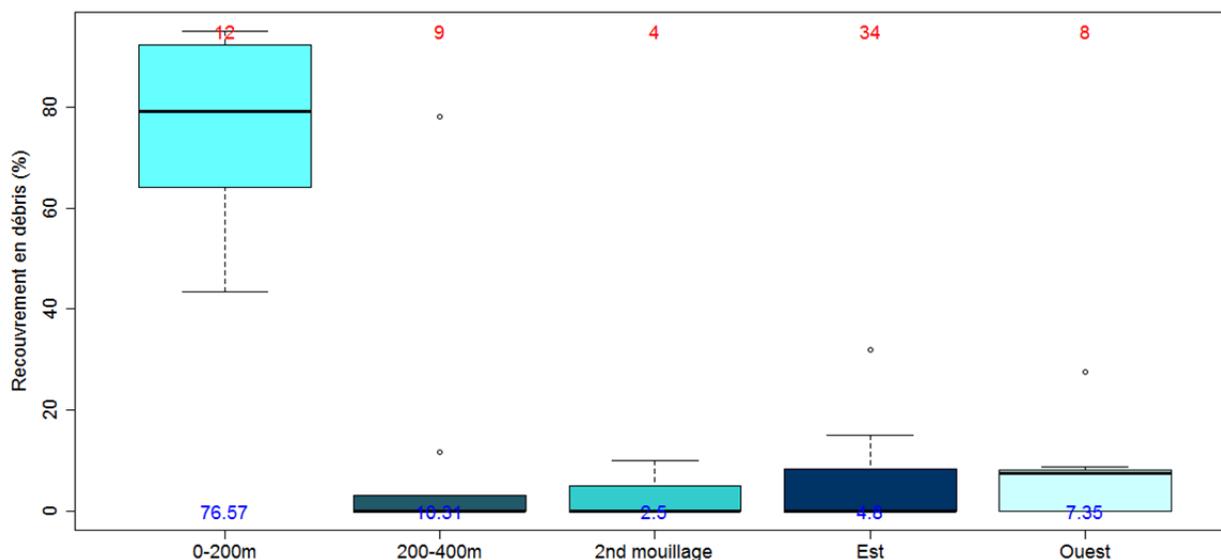
10.15 Pourcentage de recouvrement en débris

Lien avec les objectifs et actions

But de gestion	Restauration et Conservation de la biodiversité
Objectifs	Maintien d'un ensemble représentatif d'habitats
Pertinence	Le recouvrement en débris coralliens reflète l'état de dégradation du récif corallien, ainsi que sa capacité à fournir les services écosystémiques associés et sa capacité de résilience.

Calcul de la métrique : Taux de recouvrement en débris (<30cm) dans la zone des 10 mètres autour de la caméra, calculé sur les stations de l'habitat Corail vivant de la typologie et sur les stations impactées de la Baie d'Easo qui devraient normalement appartenir à l'habitat Corail vivant en l'absence d'impact). Impact du mouillage : étudié sur les stations de profondeur supérieure à 15 m – Impact des activités côtières : étudié sur les stations de profondeur inférieure à 15 m.

Impact du mouillage des paquebots de croisière : zones situées à une profondeur supérieure à 15m

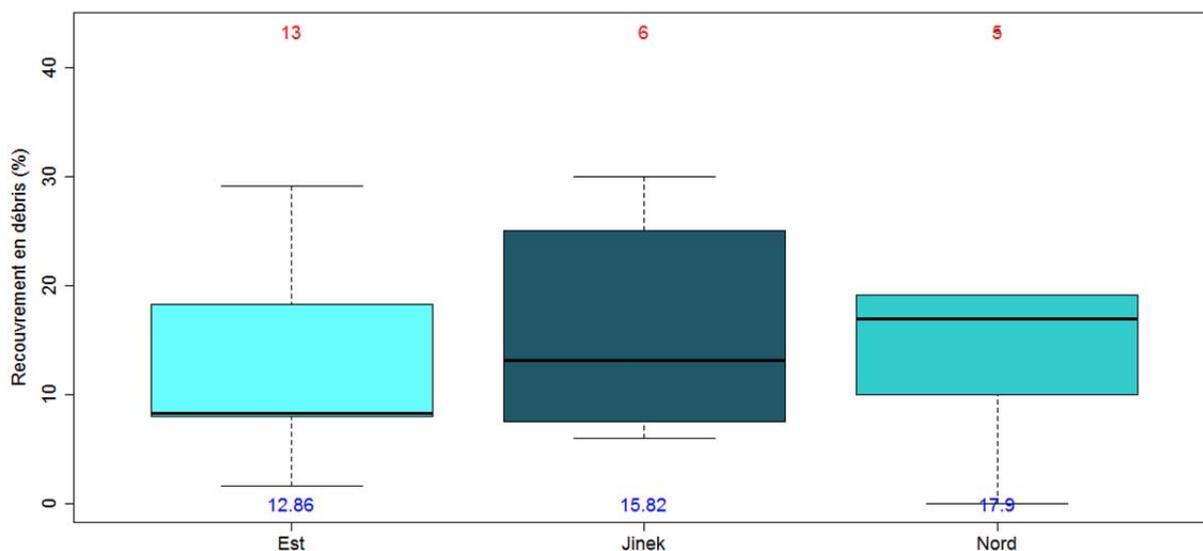


Recouvrement en débris en fonction de la zone d'éloignement au mouillage (en bleu : la moyenne ; en rouge : le nombre de stations).

Au sein de la Baie d'Easo-Xepenehe et en cohérence avec les résultats du § 6.1, le recouvrement en débris diffère significativement entre les zones ($p < 10^{-5}$). Il est significativement inférieur sur l'ensemble des zones par rapport à la zone très impactée ($p < 0.01$). Le recouvrement moyen dans la zone 200-400 m s'explique par deux valeurs, les autres étant semblables à celles des autres zones plus éloignées de l'impact.

Sur le second mouillage, occasionnel, le recouvrement en débris est en moyenne similaire aux recouvrements observés sur la zone Easo-Xepenehe > 15m (Baie d'Easo, non impacté) et sur la zone Jinek > 15m.

Impact des pressions anthropiques littorales : zones situées à une profondeur inférieure à 15m



Recouvrement en débris en fonction de la zone d'influence côtière (en bleu : la moyenne ; en rouge : le nombre de stations.)

Sur l'habitat Corail vivant, le recouvrement en débris ne diffère pas significativement entre les zones côtières. Il est en moyenne supérieur à Jinek baignade et à Jinek Nord < 15m par rapport à la zone située à l'Easo-Xepenehe < 15m (NS), ce qui indique un probable effet d'exposition, mais ne peut être relié à un impact de la baignade.

Conclusion : recouvrement en débris
<p>• Impact mouillages : 0-200m > 200-400m (p<0,001), 2nd mouillage et Jinek > 15m (p<0,01), et Easo-Xepenehe > 15m (p<0,0001)</p> <p>Le recouvrement en débris corallien est significativement plus élevé dans la zone très impactée que dans toutes les autres zones (p<0.01). Il n'est pas plus élevé dans la zone 200-400 m que dans les autres zones plus éloignées. Sur le second mouillage, occasionnel, le recouvrement en débris est en moyenne similaire aux recouvrements observés sur les zones non impactées et comparables.</p> <p>• Impact côte Jinek baignade et nord > Easo-Xepenehe (< 15m) (NS)</p> <p>Sur l'habitat Corail vivant, le recouvrement en débris est en moyenne supérieur à Jinek baignade et à Jinek Nord < 15m par rapport à la zone située à l'Est : Easo-Xepenehe < 15m (NS), ce qui indique un probable effet d'exposition, mais ne peut être relié à un impact de la baignade.</p>

11 Annexe 2 : Bilan de l'analyse des images

Bilan de l'analyse d'image pour l'habitat :

Analyseur Ichtyofaune	Delphine Mallet
Analyse Habitat	Delphine Mallet
Liste d'espèces	Identification et comptage des espèces appartenant à la liste IEHE des espèces. Cette liste est présentée dans AMBIO/A/1
Temps moyen de l'analyse d'une vidéo pour l'ichtyofaune	40 min
Temps moyen de l'analyse d'une vidéo pour l'habitat	13 min

12 Annexe 3 : Liste des indicateurs calculables avec l'outil de calcul 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) • 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

13 Annexe 4 : Caractérisation des habitats issus de la typologie

(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).

Habitat	Topographie	Complexité	Sable (%)	Gravier (%)	Bloc (%)	Rocher (%)	Dalle (%)	Corail vivant (%)	Corail mort (%)	Herbier (%)	Macroalgues (%)	Profondeur (m)
Herbier	1.2	1.8	95.1	3.3	0.2	0.02	0.6	0.5	0.3	59.6	5.6	8.3
Algueraie	1.3	1.8	91.7	6.8	0.3	0.01	0.4	0.52	0.6	11.3	49.6	9.2
Fond lagonaire	1.5	1.6	78.0	7.4	0.6	0.2	1.4	6.6	5.7	1.7	2.7	6.1
Détritique	1.7	2.4	24.5	32.7	4.4	2.5	16.1	9.5	10.3	0.5	1.7	5.4
Corail vivant	2.7	3.1	20.3	6.7	1.0	0.1	3.1	39.8	29.1	0.02	0.6	6.1

14 Annexe 5 : Références

- Clua, E. et al. (2006). Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 333 (2006) 219-230.
- Job, S. 2014. Réseau d'Observation des Récifs Coralliens de Nouvelle-Calédonie (RORC), Campagne de suivi 21013-2014. 48 p.
- Léopold M., P. Dumas (2009). Propositions pour limiter l'impact de l'ancrage des navires de tourisme sur les récifs coralliens en Nouvelle-Calédonie. Etude des sites d'OUVEA et de LIFOU (îles Loyauté). UR 128, Rapport IRD/IFRECOR. 25 p.
- Pelletier, D., E. Gamp, Y. Reecht and C. Bissery (2011). Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usages (PAMPA). Rapport scientifique final du projet PAMPA: 58 p.
- Pelletier D, Leleu K, Mallet D, Mou-Tham G, Hervé G, et al. (2012) Remote High-Definition Rotating Video Enables Fast Spatial Survey of Marine Underwater Macrofauna and Habitats. *PLoS ONE* 7(2): e30536. doi:10.1371/journal.pone.0030536.
- Pelletier, D., C. Bissery and C. Gonson (2014). Guide d'utilisation des outils du projet PAMPA (Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usages). Version 2. Rapport IFRECOR dans le cadre de la Convention n° AAMP/12/089 - IFREMER 12/2 212 911/F, IFREMER: 96 p.
- Wantiez L., Dominique Pelletier, Emmanuel Coutures, Elodie Gamp, Emeline Rolland, Delphine Mallet, Yves Reecht, Pascal Dumas, Isabelle Jollit, Laurent Vigliola. 2011. Rapport du site Nouvelle-Calédonie. Document PAMPA/WP1/xx. Version du 26 mai 2011. 92 p. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00351/46171/>

Résumé

- Cette étude est conduite dans le cadre du projet AMBIO sur la biodiversité des lagons de Nouvelle-Calédonie. Elle vise à évaluer dans la Baie du Santal à Lifou, Iles Loyautés, l'impact écologique du mouillage et de la fréquentation du littoral par les croisiéristes des paquebots, une activité en plein développement en Nouvelle-Calédonie.
- Une campagne de vidéo rotative STAVIRO a été réalisée en 2014 qui a permis de valider 133 stations à des profondeurs de 2 à 37m. Leur analyse a permis de caractériser l'habitat environnant chaque station, ainsi que les communautés de poissons sur la base d'une liste de 565 espèces.
- 15 indicateurs ont été calculés et représentés sous forme de carte disponible sur un serveur Sextant. Ils ont été analysés grâce à l'outil de calcul PAMPA. Les résultats sont synthétisés sous forme de tableau de bord par objectif de gestion relatif à la conservation de la biodiversité et la gestion des ressources de la pêche.
- 122 espèces de poissons (plus tortue et serpent), appartenant à 23 familles ont été observées. Cinq familles sont vues sur plus de 60% des stations : balistes (90% des stations), poissons-papillons, chirurgiens, rougets-barbets et perroquets. Le peuplement apparaît diversifié dans l'ensemble, et surtout dans la zone de Jinek située à l'ouest.
- Dans la zone d'ancrage, l'habitat est détruit dans un rayon de 200m autour du point de mouillage ; et dégradé jusqu'à une distance de 400m. La dégradation est plus importante qu'en 2009. Les poissons sont directement impactés par la destruction de l'habitat corallien. Des signes de dégradation indirecte de l'habitat sont également visibles. Dans la zone de baignade des croisiéristes, le corail est modérément impacté, mais encore préservé, tandis que le peuplement de poissons apparaît diversifié, avec des espèces indicatrices d'un bon état écologique. Sur l'ensemble de la zone d'étude, l'état des ressources de la pêche est médiocre, voire mauvais pour les espèces commerciales.
- Il est recommandé : a) de s'assurer que l'évolution future de la fréquentation par les paquebots n'augmentera pas les impacts ; b) de ne plus utiliser la zone de mouillage secondaire, encore préservée, c) de limiter le nombre et encadrer les pratiques des baigneurs à Jinek ; et d) de suivre et évaluer l'activité de pêche.

Biodiversité ; Ichtyofaune ; Habitat ; Vidéo sous-marine ; STAVIRO ; Evaluation ; Impact ; Suivi écologique ; Lifou ; Iles Loyautés ; Croisière ; Tourisme ; Ecosystème corallien ; Nouvelle-Calédonie ; Indicateur ; Tableau de bord ; Cartes Sextant ; PAMPA

Abstract

- This study is conducted within the AMBIO project, focused on the biodiversity of New Caledonian lagoons. It aims at assessing the ecological impact of touristic cruises in the Baie du Santal at Lifou Island.
- A survey conducted in 2014 using the remote unbaited underwater video STAVIRO rotating technique, enabled to validate 133 stations, which were then analyzed to characterize the habitat surrounding each station, and fish communities, based on a list of 565 fish species.
- 15 indicators were computed and mapped (maps available on a Sextant server). They were analysed using the PAMPA computing tool. Outcomes were organized in a dashboard for each management objective (biodiversity conservation and fisheries management).
- 122 fish species (plus turtle and sea snake), belonging to 23 families were observed. Five families were observed at more than 60% of stations: triggerfish (90% of stations), butterflyfish, surgeonfish, goatfish and parrotfish. The fish assemblage is diversified, particularly in the Jinek area.
- In the mooring area, habitat is destroyed within a 200m radius, and degraded until a 400m distance. Degradation is higher than in 2009. Fish area directly impacted by habitat destruction. Indirect degradation is also observed. In the swimming area, coral reefs are moderately impacted, whereas fish assemblage is diversified, with species indicating a good ecological status. Overall, the status of fish resources is poor, and even bad for commercial species.
- It is recommended to : a) ensure that future developments of cruise activity will not increase impacts: b) definitively ban mooring in the second location where biodiversity is still preserved; c) limit the number of swimmers and supervise practices in Jinek; and d) to monitor and assess fishing activities.

Biodiversity ; Fish ; Habitat ; Underwater video ; STAVIRO ; Monitoring and assessment ; Lifou, Loyalty Islands ; Cruise ; Tourism ; Coral reefs ; New Caledonia ; Indicator ; Dashboard ; Sextant maps ; PAMPA