



PROTEGE



Diagnostic écologique des zones de pêche réglementée de Atimaono et Rahui No Patere I Papara

Rapport final

CMOANA Consulting
& Fenua Environnement

Mars-Septembre 2021



Financé par
l'Union européenne



Pacific
Community
Communauté
du Pacifique



GOVERNEMENT DE LA
NOUVELLE
CALÉDONIE



POLYNÉSIE FRANÇAISE



WALLIS ET FUTUNA



ÎLES PITCAIRN



DIRECTION DES
RESSOURCES MARINES
PU FA'AHOTU MOANA



FENUA ENVIRONNEMENT

Le projet régional océanique des territoires pour la gestion durable des écosystèmes, PROTEGE, est un projet intégré qui vise à réduire la vulnérabilité des écosystèmes face aux impacts du changement climatique en accroissant les capacités d'adaptation et la résilience. Il cible des activités de gestion, de conservation et d'utilisation durables de la diversité biologique et de ses éléments en y associant la ressource en eau. Il est financé par le 11^{ème} Fonds européen de développement (FED) au bénéfice des territoires de la Nouvelle-Calédonie, de la Polynésie française, de Pitcairn et de Wallis et Futuna.

L'objectif général du projet est de construire un développement durable et résilient des économies des pays et territoires d'Outre-mer (PTOM) face au changement climatique en s'appuyant sur la biodiversité et les ressources naturelles renouvelables.

Le premier objectif spécifique vise à renforcer la durabilité, l'adaptation au changement climatique et l'autonomie des principales filières du secteur primaire. Il est décliné en deux thèmes :

- Thème 1 : la transition agro-écologique est opérée pour une agriculture, notamment biologique, adaptée au changement climatique et respectueuse de la biodiversité ; les ressources forestières sont gérées de manière intégrée et durable.
- Thème 2 : les ressources récifo-lagonaires et l'aquaculture sont gérées de manière durable, intégrée et adaptée aux économies insulaires et au changement climatique.

Le second objectif spécifique veut renforcer la sécurité des services écosystémiques en préservant la ressource en eau et la biodiversité. Il se décline également en 2 thèmes :

- Thème 3 : l'eau est gérée de manière intégrée et adaptée au changement climatique
- Thème 4 : les espèces exotiques envahissantes sont gérées pour renforcer la protection, la résilience et la restauration des services écosystémiques et de la biodiversité terrestre.

La gestion du projet a été confiée à la Communauté du Pacifique (CPS) pour les thèmes 1, 2 et 3 et au programme régional océanique pour l'environnement (PROE) pour le thème 4, par le biais d'une convention de délégation signée le 26 octobre 2018 entre l'Union européenne, la CPS et le PROE. La mise en œuvre du projet est prévue sur 4 ans.

Ce rapport est cité comme suit :

CMOANA Consulting & FENUA ENVIRONNEMENT, 2021. Diagnostic écologique des zones de pêche règlementée de Atimaono et Rahui no Patere i Papara. Direction des Ressources Marines de Polynésie française. 38 p.

Cette publication a été produite avec le soutien financier de l'Union européenne. Son contenu relève de la seule responsabilité de FENUA ENVIRONNEMENT et CMOANA Consulting et ne reflète pas nécessairement les opinions de l'Union européenne.

Partenaires



Cette étude est conduite en collaboration avec la DIRECTION DES RESSOURCES MARINES de Polynésie Française.

Remerciements

Nous tenons à remercier Dominique Tehei, Moerani Lehartel, Emile Otcenasek, Adeline Goyaud, Camille Gache et Moana Le Rohellec pour leur assistance sur le terrain et leurs précieux conseils ainsi que les comités de gestion des ZPR.

Nous remercions également la pension Hitimoana Villa pour son accueil.

Résumé exécutif

Dans le cadre de la mise en place de deux Zones de Pêche Réglementée à Papara et Mataeia, le Rahui no Patere à Papara et la ZPR de Atimaono, un diagnostic écologique de référence a été réalisé de mars à juillet 2021.

Le substrat et la densité ainsi que la taille des poissons et des macro-invertébrés ont été relevés dans 4 sites de la ZPR de Papara et 5 sites de la ZPR de Atimaono et leurs zones témoins associées.

Au total, 34 stations comportant 3 transects chacune ont été échantillonnées dans ces ZPR et leurs zones témoins, sur le récif frangeant, le récif barrière intermédiaire, le récif barrière et la pente externe. Les résultats indiquent quelques tendances à avoir un effet positif des ZPR (notamment pour les macro-invertébrés, en particulier les benthiques, et pour la biomasse des poissons), mais peu de résultats sont statistiquement significatifs.

Ce manque de résultats nets est probablement dû au fait que les ZPR sont très jeunes (1 an et demi environ), alors qu'il faut parfois attendre jusqu'à 10 ans pour voir les effets positifs significatifs d'une réserve marine. Une autre explication pourrait concerner le faible nombre de réplicas (notamment pour les stations du récif barrière intermédiaire), auquel cas il s'agirait, pour les suivis futurs, d'augmenter l'effort d'échantillonnage (ajouts de stations et/ou de transects à chaque station). Enfin, une dernière explication concerne la surveillance de la zone, assurée essentiellement par les riverains, et qui est régulièrement sujette au braconnage.

Titre de l'étude	<i>Diagnostic écologique des zones de pêche règlementée de Atimaono et Rahui No Patere i Papara.</i>
Auteurs	CMOANA Consulting (C. Moritz), Fenua Environnement (R. Vivier)
Collaborateurs	DRM / Comités de gestion des ZPR
Editeurs	Fenua Environnement (R. Vivier), CMOANA Consulting (C. Moritz)
Année d'édition du rapport	2021

Objectif	L'objectif de la mission est de réaliser un diagnostic écologique de ces deux ZPR et d'obtenir des mesures de référence pour évaluer l'efficacité des mesures de gestion mises en place.
Contexte	Les communes de Papara et Teva I Uta ont sollicité la DRM pour implanter une ZPR au niveau de l'espace maritime de la zone d'Atimaono et une autre au lieu-dit « pointe Patere » à Papara. Afin de mesurer l'efficacité de ces zones, il est nécessaire d'établir un point de référence.
Méthodologie	1) Rencontre avec les parties prenantes dont les pêcheurs 2) Travaux de terrain 3) Traitement et analyse des données 4) Synthèse

Résultats et conclusions	Les résultats indiquent quelques tendances à avoir un effet positif des ZPR (notamment pour les macro-invertébrés, en particulier les bécotiers, et pour la biomasse des poissons), mais peu de résultats sont statistiquement significatifs.
Limites de l'étude	- Effort de prospection limité - Cycle lunaire différent selon les jours de prospection
Evolutions	Numéro de version : 01 Date de la version 31/08/21

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	7
2. But de l'étude.....	7
3. Méthodes.....	7
3.1. Localisation des sites d'étude.....	7
3.1.1. Rahui no Patere I Papara	7
3.1.2. ZPR de Atimaono	9
3.1.3. Précautions d'échantillonnage	11
3.2. Méthodes de comptage	12
3.2.1. Substrat	12
3.2.2. Poissons	13
3.2.3. Macro-invertébrés.....	13
3.3. Analyses statistiques	14
4. Résultats	14
4.1. ZPR Rahui no Patere I Papara	14
4.1.1. Substrat	14
4.1.2. Poissons	15
4.1.3. Macro-invertébrés.....	20
4.2. ZPR de Atimaono	24
4.2.1. Substrat	24
4.2.2. Poissons	25
4.2.3. Macro-invertébrés.....	29
5. Discussion	33

1. Introduction

La Direction des Ressources Marines de Polynésie française est en charge d'assurer la gestion et la préservation des ressources aquatiques en vue d'une exploitation responsable et durable. Dans ce contexte, elle se charge de la mise en place et du suivi des Zones de Pêche Règlementée (ZPR) du territoire, instaurées en concertation avec les populations locales.

En 2019, les communes de Papara et Teva I Uta (commune associée de Mataiea) ont sollicité la DRM pour implanter deux ZPR au niveau de l'espace maritime au lieu-dit « Pointe Patere » et à Atimaono. En effet, une prise de conscience collective concernant les ressources lagunaires en déclin a encouragé la population à mettre en place et œuvrer pour ces projets de ZPR. Une consultation de la population des communes a été réalisée en 2019 et a abouti à l'adoption des deux projets de classement. Ainsi, le Conseil des Ministres a classé deux parties des espaces maritimes au droit des communes de Papara et Teva I Uta en ZPR par arrêtés n°2683/CM du 28 novembre 2019 modifié et n°66/CM du 16 janvier 2020 modifié. Ces ZPR dénommées *Rahui no Patere i Papara* et *ZPR de Atimaono* couvrent respectivement 315 et 1042 hectares.

2. But de l'étude

Cette étude a pour but de réaliser le diagnostic écologique des ZPR de Papara et de Atimaono afin d'obtenir les premières données écologiques de la zone. Ce diagnostic étant effectué alors que les ZPR sont déjà en place depuis un an et demi, il ne pourra pas être considéré comme diagnostic pré-ZPR (« point zéro »), mais il constituera une référence pour les suivis futurs, si besoin.

Ainsi, n'ayant pas de données disponibles pré-ZPR, et afin d'estimer l'efficacité de ces ZPR, il est primordial de comparer les données récoltées dans les ZPR à des données récoltées à l'extérieur des ZPR (zones témoins) dans des habitats similaires. L'accumulation de telles données dans le futur (intra et extra ZPR) permettra d'estimer l'efficacité sur le long terme de ces ZPR et d'optimiser les mesures de gestion actuellement en place.

3. Méthodes

3.1. Localisation des sites d'étude

3.1.1. *Rahui no Patere i Papara*

Pour la ZPR de Papara, 4 sites d'études ont été visités (Figure 1). Ces sites ont été placés en concertation avec la DRM et la population lors d'une réunion à la Maison pour Tous de Papara le 19 mars 2021. Deux sites ont été positionnés à l'intérieur de la ZPR et 2 sites ont servi de contrôle (ou témoin), à l'extérieur de la ZPR. Au niveau de chaque site, 4 habitats ont été visités :

- Le récif frangeant, adjacent à la côte
- Le récif barrière intermédiaire, au niveau du chenal
- Le récif barrière, en fond de lagon, faisant barrière à l'océan
- La pente externe, côté océanique

A noter que le récif barrière intermédiaire du site Patere Est n'existe pas (Figure 1).

A chaque habitat de chaque site, une station de comptage a été implantée (Figure 1), comprenant 3 transects de 25 m de longueur, espacés de 5 à 15 m, et positionnés à proximité des coordonnées GPS indiquées dans le Tableau 1.

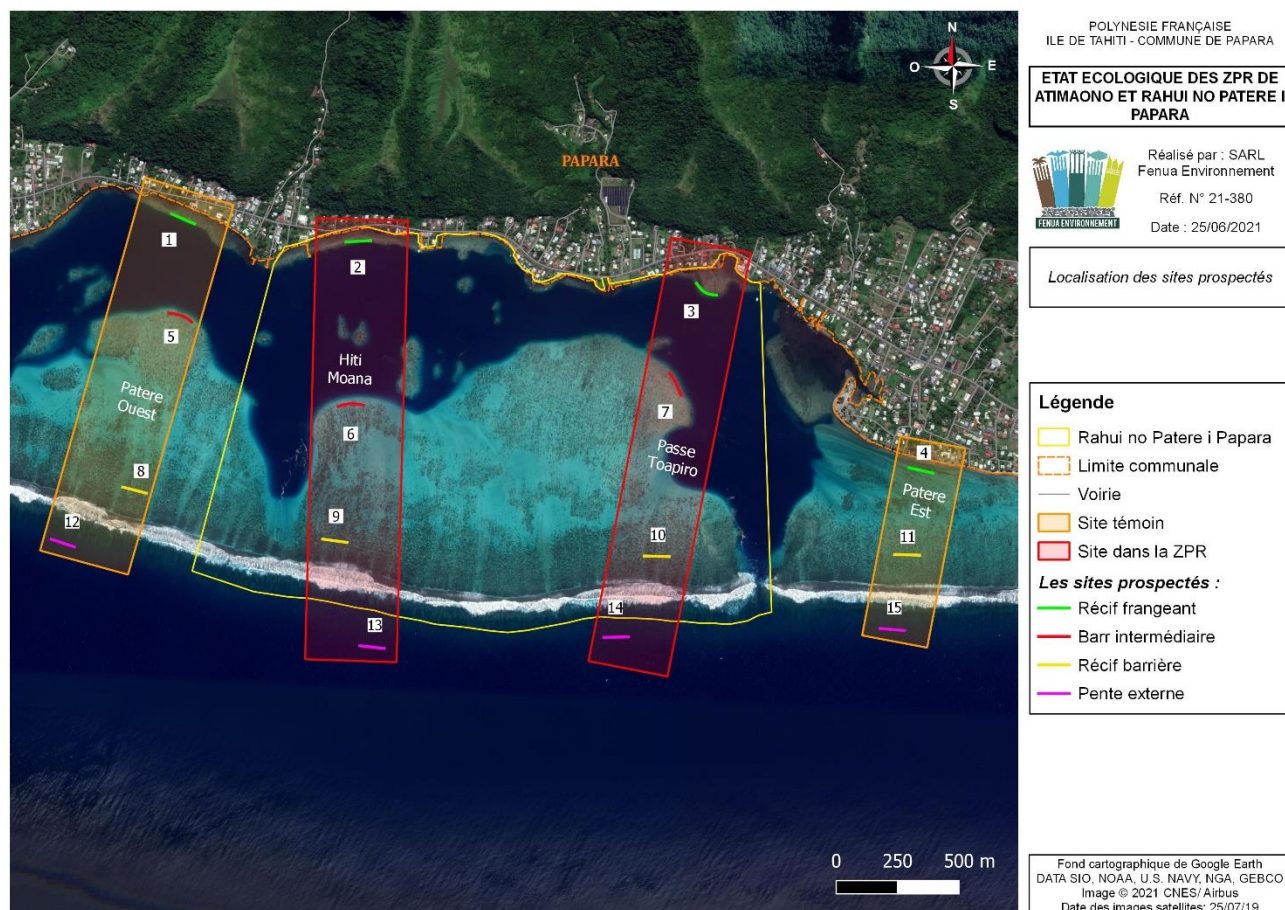


Figure 1- Localisation des sites d'étude du Rahui no Patere i Papara. Chaque site comporte 4 habitats (récif frangeant, récif barrière intermédiaire, récif barrière et pente externe), sauf le site Patere Est qui ne comporte pas de récif barrière intermédiaire. Les points représentent le mouillage du bateau et correspondent aux coordonnées GPS indiquées dans le Tableau 1. Les lignes colorées indiquent les zones prospectées à l'aide des 3 transects de 25 m chacun.

Tableau 1 - Métadonnées des campagnes d'échantillonnage de la zone de Papara

Zone	Site	Habitat	Station	Statut	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Campagne	Date (2021)
Papara	Patere Ouest	Frangeant	1	Témoin	17°45.131'	149°32.769'	2	1	30 mars
Papara	Hiti Moana	Frangeant	2	ZPR	17°45.179'	149°32.366'	2	1	30 mars
Papara	Passe Toapiro	Frangeant	3	ZPR	17°45.302'	149°31.586'	2	1	30 mars
Papara	Patere Est	Frangeant	4	Témoin	17°45.712'	149°31.060'	2	1	30 mars
Papara	Patere Ouest	Barrière intermédiaire	5	Témoin	17°45.339'	149°32.760'	2	1	31 mars
Papara	Hiti Moana	Barrière intermédiaire	6	ZPR	17°45.535'	149°32.386'	2	1	31 mars
Papara	Passe Toapiro	Barrière intermédiaire	7	ZPR	17°45.513'	149°31.625'	2	1	31 mars
Papara	Patere Ouest	Barrière	8	Témoin	17°45.736'	149°32.851'	2,5	1	1 ^{er} avril
Papara	Hiti Moana	Barrière	9	ZPR	17°45.837'	149°32.470'	2,5	1	1 ^{er} avril
Papara	Passe Toapiro	Barrière	10	ZPR	17°45.880'	149°31.657'	2,5	1	1 ^{er} avril
Papara	Patere Est	Barrière	11	Témoin	17°45.875'	149°31.109'	2,5	1	31 mars
Papara	Patere Ouest	Pente externe	12	Témoin	17°45.840'	149°33.057'	12	4	10 juin
Papara	Hiti Moana	Pente externe	13	ZPR	17°46°079'	149°32.347'	11	4	10 juin
Papara	Passe Toapiro	Pente externe	14	ZPR	17°46.065'	149°31.782'	10	4	11 juin
Papara	Patere Est	Pente externe	15	Témoin	17°46.056'	149°31.145'	10	4	11 juin

3.1.2. ZPR de Atimaono

Pour la ZPR de Atimaono, 5 sites d'études ont été visités (Figure 2). Ces sites ont été placés en concertation avec la DRM et la population lors d'une réunion à la Mairie de Teva I Uta le 19 mars 2021. Trois sites ont été positionnés à l'intérieur de la ZPR, et 2 sites ont servi de contrôle (ou témoin), à l'extérieur de la ZPR. Au niveau de chaque site, 4 habitats ont été visités :

- Le récif frangeant, adjacent à la côte
- Le récif barrière intermédiaire, au niveau du chenal
- Le récif barrière, en fond de lagon, faisant barrière à l'océan
- La pente externe, côté océanique

A noter que le récif barrière intermédiaire du site Atimaono Ouest n'existe pas.

A chaque habitat de chaque site, une station de comptage a été implantée (Figure 2), comprenant 3 transects de 25 m de longueur, espacés de 5 à 15 m, et positionnés à proximité des coordonnées GPS indiquées dans le Tableau 2.

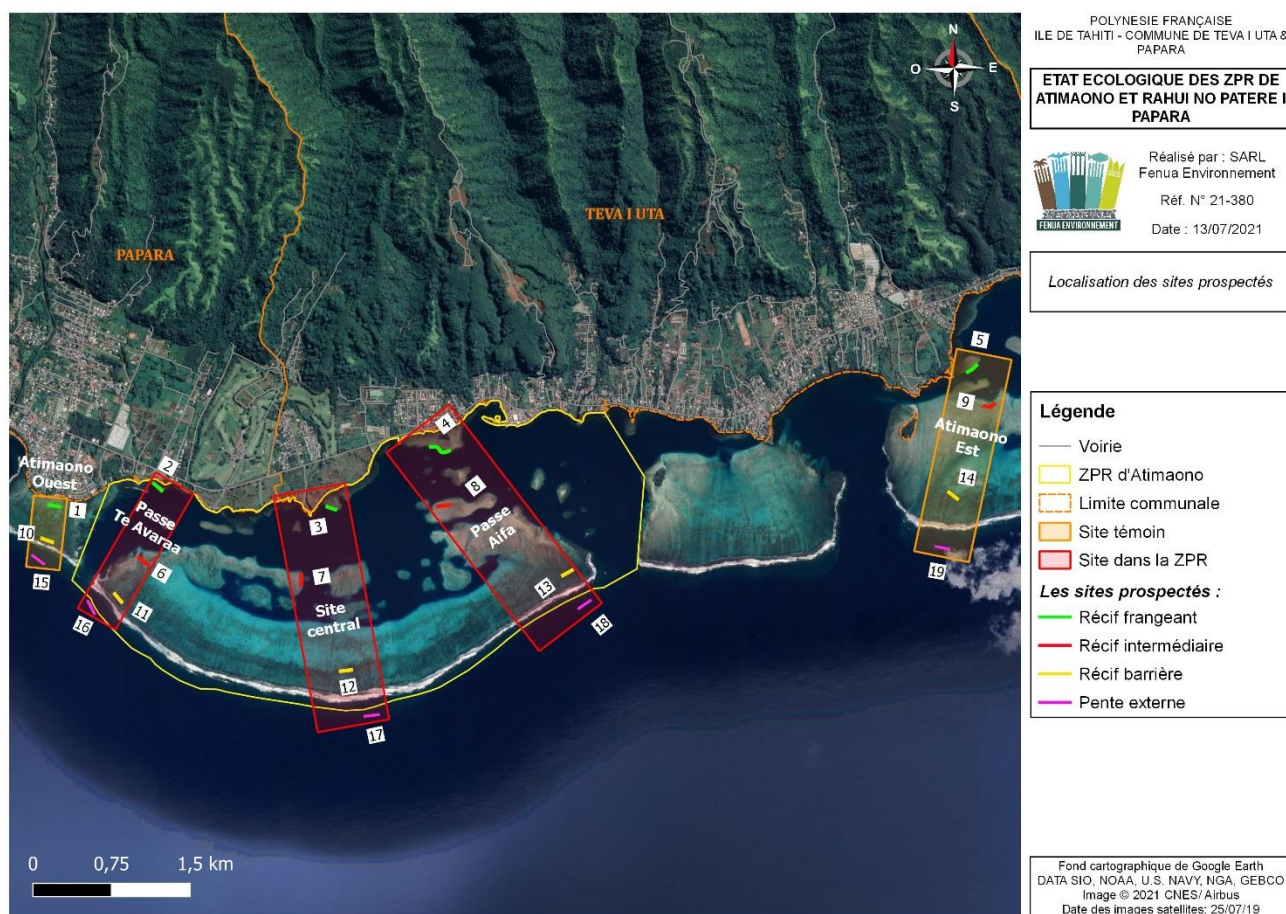


Figure 2 - Localisation des sites d'étude de la ZPR de Atimaono. Chaque site comporte 4 habitats (récif frangeant, récif barrière intermédiaire, récif barrière et pente externe), sauf le site Atimaono Ouest qui ne comporte pas de récif barrière intermédiaire. Les points représentent le mouillage du bateau et correspondent aux coordonnées GPS indiquées dans le Tableau 2. Les lignes colorées indiquent les zones prospectées à l'aide des 3 transects de 25 m chacun.

Tableau 2 - Métadonnées des campagnes d'échantillonnage de la zone de Atimaono.

Zone	Site	Habitat	Station	Statut	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Campagne	Date (2021)
Atimaono	Atimaono Ouest	Frangéant	1	Témoin	17°46.755'	149°28.478'	1,2	2	14 avril
Atimaono	Passe Te Avaraa	Frangéant	2	ZPR	17°46.694'	149°27.924'	1,5	2	14 avril
Atimaono	Site central	Frangéant	3	ZPR	17°46.782'	149°27.044'	2	2	14 avril
Atimaono	Passe Aifa	Frangéant	4	ZPR	17°46.483'	149°26.478'	2	2	14 avril
Atimaono	Atimaono Est	Frangéant	5	Témoin	17°46.120'	149°23.528'	1	3	30 avril
Atimaono	Passe Te Avaraa	Barrière intermédiaire	6	ZPR	17°47.005'	149°28.065'	1,2	2	15 avril
Atimaono	Site central	Barrière intermédiaire	7	ZPR	17°47.129'	149°27.178'	2	2	15 avril
Atimaono	Passe Aifa	Barrière intermédiaire	8	ZPR	17°46.788'	149°26.441'	0,5	2	15 avril
Atimaono	Atimaono Est	Barrière intermédiaire	9	Témoin	17°46.281'	149°23.415'	0,6	3	30 avril
Atimaono	Atimaono Ouest	Barrière	10	Témoin	17°46.945'	149°28.518'	1,2	3	29 avril
Atimaono	Passe Te Avaraa	Barrière	11	ZPR	17°47.211'	149°28.173'	1,5	3	29 avril
Atimaono	Site central	Barrière	12	ZPR	17°47.621'	149°26.972'	2	3	29 avril
Atimaono	Passe Aifa	Barrière	13	ZPR	17°47.168'	149°25.779'	2	3	29 avril
Atimaono	Atimaono Est	Barrière	14	Témoin	17°46.768'	149°23.617'	1,2	3	30 avril
Atimaono	Atimaono Ouest	Pente externe	15	Témoin	17°47.039'	149°28.597'	11	5	9 juillet
Atimaono	Passe Te Avaraa	Pente externe	16	ZPR	17°47.318'	149°28.292'	11	5	9 juillet
Atimaono	Site central	Pente externe	17	ZPR	17°47.862'	149°26.806'	10	5	9 juillet
Atimaono	Passe Aifa	Pente externe	18	ZPR	17°47.325'	149°25.681'	11	5	12 juillet
Atimaono	Atimaono Est	Pente externe	19	Témoin	17°47.039'	149°23.674'	10	5	12 juillet

3.1.3. Précautions d'échantillonnage

Afin de permettre une bonne comparaison entre les données récoltées sur les zones étudiées, nous nous sommes assurés de l'homogénéité des stations dans chaque habitat. Il est à noter cependant que le lagon est très diversifié dans la zone étudiée, ce qui peut ainsi conduire à des paysages sous-marins variés entre les stations. Pour autant, nous nous sommes assurés de toujours nous trouver au niveau de patates de corail, à la même distance des tombants, de la côte ou de la crête récifale, d'éviter les zones entièrement sableuses, de rester à des profondeurs équivalentes entre habitats, de suivre autant que possible une parallèle à la côte ou à la crête récifale, et de rester dans une zone à géomorphologie similaire entre transects et entre stations pour chaque habitat.

Malgré que le cycle lunaire soit important pour certains organismes marins, les campagnes d'échantillonnage ont été majoritairement fixées en fonction de la météo, très capricieuse en cette saison de houle de sud et sud-sud-ouest. Ainsi, 5 campagnes d'échantillonnage de 2-3 jours consécutifs ont été effectuées (Tableau 1 et Tableau 2).

3.2. Méthodes de comptage

3.2.1. Substrat

Le substrat a été échantillonné en utilisant la méthode du *Point Intercept Transect* (PIT, Hill and Wilkinson 2004) (Figure 3). Le transect de 25 m a été marqué de 50 points séparés chacun de 50 cm, et le type de substrat (Tableau 3) rencontré directement sous chaque point a été noté. Le pourcentage de recouvrement a ensuite été calculé en divisant le nombre de points correspondant à chaque type de substrat par le nombre total de point (donc 50), puis en multipliant cette valeur par 100.

Tableau 3 - Types de substrat relevés sur le terrain.

Type	Description
Corail vivant	Coraux durs vivants et fragments > 15 cm. Identification du genre.
Macro-algue	Algues de grande taille. Identification au genre pour <i>Turbinaria</i> , <i>Sargassum</i> , <i>Halimeda</i> , <i>Padina</i> , <i>Boodlea</i> , <i>Cyanophycées</i> , <i>Dictyota</i> , <i>Caulerpa</i> et turf à <i>Stegastes</i> .
Corail mort	Squelettes de coraux récemment morts (< 1 an).
Cyanobactérie	Cyanobactéries.
Dalle	Tous les fonds durs et compacts, recouverts de gazon algal < 5 mm ou d'algues encroûtantes, et coraux morts depuis > 1 an.
Débris	Fragments coralliens durs vivants ou morts < 15 cm, non fixés.
Sable	Sédiment de grains < 2 mm ne restant pas en suspension une fois remués.
Vase	Sédiments fins restant en suspension une fois remués.

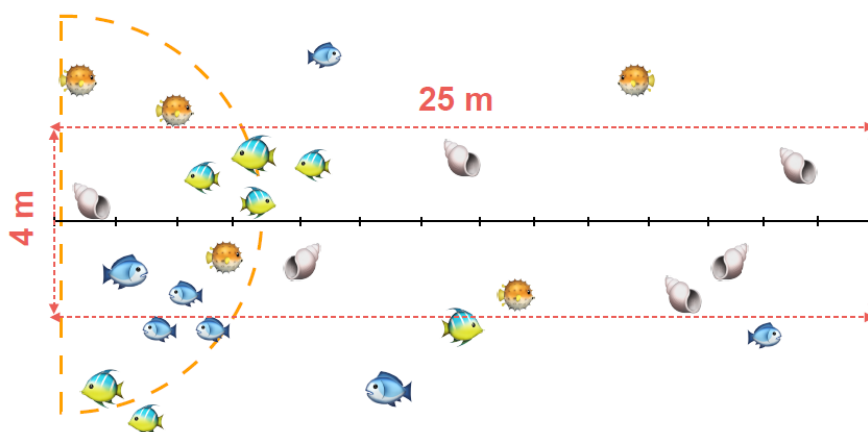


Figure 3 - Représentation schématique de l'échantillonnage sur un transect. Une corde de 25 m est posée sur le fond marin de façon rectiligne. Des repères sur la corde tous les 50 cm permettent de noter le substrat situé au-dessous. Les invertébrés sont comptabilisés de part-et-d'autre de la corde sur une surface de 25 x 4 m. Les poissons sont comptabilisés dans un demi-cercle situé au début du transect et de rayon variable (dépendant de la géomorphologie du site et de la visibilité de la colonne d'eau).

3.2.2. Poissons

Pour le comptage des poissons, un demi-cercle a été positionné au début de chaque transect (Figure 3). Son rayon est variable (de 3 à 7 mètres), dépendant de la visibilité de la zone à partir du point de positionnement du compteur (géomorphologie, turbidité de l'eau, etc.). Le compteur se positionne au début du transect et observe, pendant 10 minutes, les poissons évoluant dans le demi-cercle. A l'issue des 10 minutes, il nage dans le demi-cercle afin de compter les poissons réfugiés dans les reliefs.

Chaque poisson est identifié au niveau spécifique et sa taille est notée au centimètre près.

Cette technique a pour avantage de laisser les poissons circuler librement et sans méfiance dans la zone puisque le compteur reste immobile et, si possible selon la morphologie du site, caché derrière un relief. Cette technique est particulièrement adaptée aux poissons commerciaux habitués à éviter les plongeurs-pêcheurs (Sbragaglia *et al.* 2018). Elle a donc été choisie en concertation avec la DRM pour l'étude des poissons dans ces ZPR.

La densité (nombre d'individus par mètre carré), la biomasse (grammes de poisson par mètre carré) et la richesse spécifique (nombre d'espèces par transect) ont ensuite été calculées à partir des données récoltées.

3.2.3. Macro-invertébrés

Les macro-invertébrés de différentes espèces (Tableau 4) ont été comptabilisés de part-et-d'autre du transect sur une bande de 4 m de large, soit une surface échantillonnée de 100 m² par transect (Figure 3).

Tableau 4 - Macro-invertébrés comptabilisés lors de l'échantillonnage.

Groupe	Nom scientifique	Nom commun
Echinodermes	<i>Bohadschia argus</i>	Holothurie léopard
	<i>Holothuria atra</i>	Holothurie à ocelles noires
	<i>Thelenota ananas</i>	Holothurie ananas
	Autres holothuries	Identification de l'espèce
	<i>Diadema sp.</i>	Oursin diadème
	<i>Echinotrix calamaris</i>	Oursin à gros piquants
	<i>Tripneutes gratilla</i>	Oursin
	Autres oursins	Identification de l'espèces
	<i>Synapta sp.</i>	Synapte
Mollusques	<i>Tridacna maxima</i>	Bénitier (taille relevée au mm près)
	<i>Rochia nilotica</i>	Troca (taille relevée au mm près)
	<i>Turbo marmoratus</i>	Burgau (taille relevée au mm près)
	<i>Turbo setosus</i>	Turban rugueux
	<i>Lambis truncata</i>	Sept doigts
Autres	-	Autres invertébrés

Les macro-invertébrés ont ensuite été analysés de la façon suivante, tel que préconisé par la DRM :

- *Tridacna maxima* : densité moyenne, taille moyenne, classes de taille.
- *Rochia nilotica* : densité moyenne, taille moyenne.
- *Turbo marmoratus* : densité moyenne, taille moyenne.
- *Bohadschia argus* : densité moyenne.
- *Holothuria atra* : densité moyenne.
- *Diadema sp.* et *Echinothrix diadema* ensemble : densité moyenne.

3.3. Analyses statistiques

Des comparaisons de moyennes des données obtenues entre les ZPR et les zones témoins ont été effectuées. Si les conditions de normalité (test de Shapiro-Wilks) et d'homogénéité des variances des données (test F) sont préalablement respectées, alors le test de Student a été utilisé pour la comparaison des moyennes. Le cas échéant, c'est le test de Wilcoxon-Mann-Whitney qui a été utilisé.

Ces tests ont été effectués sur les données de chaque habitat séparément pour comparer les moyennes de :

- la densité, la biomasse, la diversité des poissons (toutes espèces confondues)
- la densité et la biomasse de familles de poissons importantes (poissons perroquets, poissons chirurgiens et labres)
- la densité des macro-invertébrés (toutes espèces confondues)
- la densité et la taille des bédouilles
- les pourcentages de recouvrement des catégories de substrat importantes (corail vivant, macroalgue et dalle)

entre chaque ZPR et ses zones témoins respectives. Les résultats sont considérés significatifs lorsque $P < 0,05$.

Pour les familles de poissons lapins, nasons, rougets, mérous et loches, ainsi que pour les trocas et les burgaux, la trop faible abondance de ces espèces n'a pas permis d'effectuer d'analyses statistiques sur leur densité, biomasse et taille.

4. Résultats

4.1. ZPR Rahui no Patere I Papara

4.1.1. Substrat

Aucune différence significative n'a été observée pour les types de substrats majoritaires (corail vivant, macroalgue et dalle), hormis pour le corail vivant sur le récif barrière intermédiaire où ce substrat est significativement plus abondant dans la ZPR que dans les zones témoins.

C'est sur le récif frangeant que le corail vivant est majoritaire (avec de beaux massifs de *Porites rus* et quelques champs remarquables d'*Acropora*), alors qu'on rencontre plus de macroalgues sur les deux types de récifs barrière (Figure 4, Figure 5). Le sable est également caractéristique du récif barrière (rencontré entre les patates de corail), et notamment du barrière intermédiaire proche des chenaux sableux. En pente externe, le paysage est principalement occupé par la dalle, en raison de la forte houle qui balaie la zone pendant une grosse partie de l'année, empêchant l'installation et/ou la croissance de colonies de grande taille et d'algues fragiles.

A noter qu'à la station 14, de nombreux coraux cassés relativement récemment ont été observés, témoignant de l'impact des ancres de bateau mouillant dans la zone. Hormis à cette station, très peu de débris coralliens et de coraux morts ont été observés lors des prospections de manière générale.

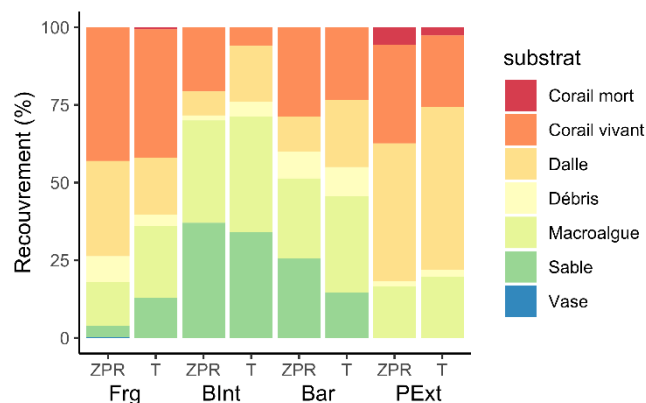


Figure 4 - Diagramme en barres des différents types de substrat rencontrés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat (Cf. Tableau 3 pour la description des substrats).

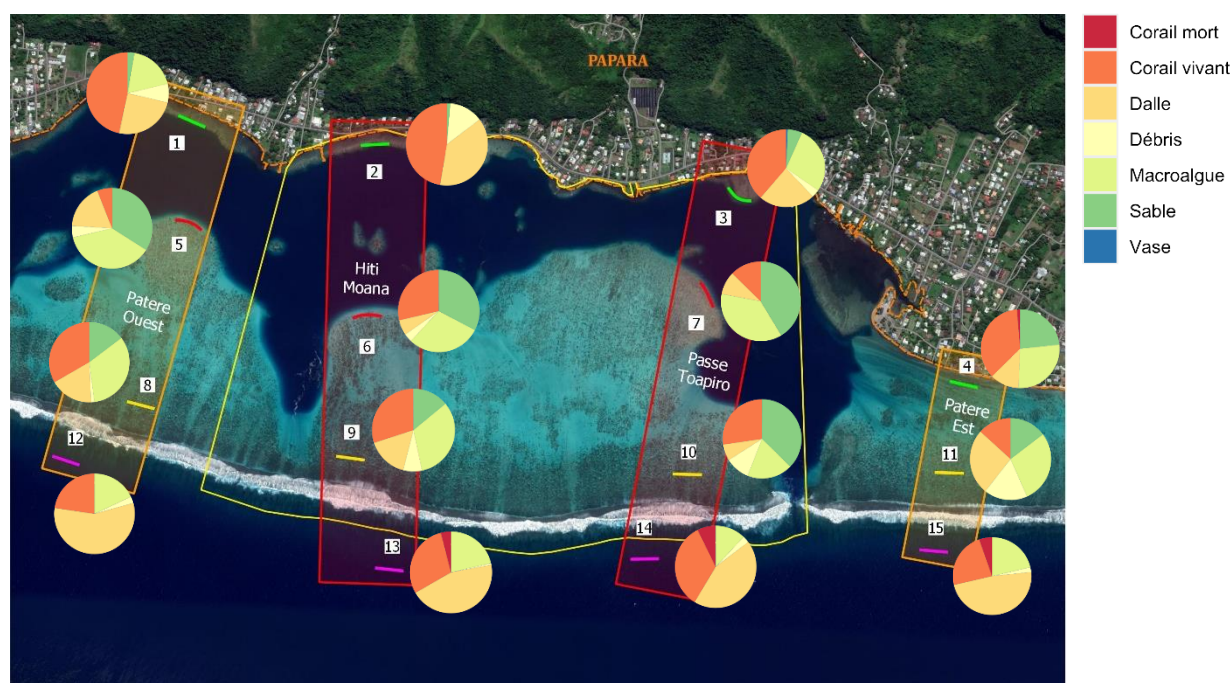


Figure 5 - Diagrammes circulaires des différents types de substrats rencontrés à chaque station (Cf. Tableau 3 pour la description des substrats).

4.1.2. Poissons

Très peu de résultats sont significatifs pour la densité, la biomasse et la diversité des poissons totaux (i.e. toutes espèces confondues) à Papara entre la ZPR et les zones témoins.

En effet, seule la biomasse des poissons totaux est significativement plus élevée dans les ZPR que dans les zones témoins sur le récif barrière (Figure 6). Dans les autres habitats, seule une légère tendance à une biomasse plus élevée dans les ZPR est présente, mais elle est très faible, et n'est pas retrouvée systématiquement pour la densité et la diversité. C'est en pente externe que la biomasse est la plus faible, malgré une densité de poissons correcte, ce qui signifie que les poissons rencontrés sont majoritairement de petite taille. En effet, en pente externe il a été rencontré peu de poissons de grande taille, que ce soit dans les

ZPR ou dans les zones témoins, la plupart d'entre eux étant des petits labres non commerciaux et des petites demoiselles inféodées aux coraux.

Sur le récif barrière intermédiaire, les biomasses et densités sont également faibles (Figure 6) car l'habitat souvent sableux n'est pas nécessairement propice à la résidence de poissons commerciaux de grande taille. Il serait judicieux pour de futurs suivis d'envisager une prospection plus en profondeur (plongée bouteille) au niveau de ces chenaux dans lesquels les patates de corail des tombants abritent des poissons de plus grande taille (« cailloux à poissons », de 3 à 10 m de profondeur). Il n'est pas systématique de rencontrer ces patates de corail le long des chenaux, mais elles sont présentes au niveau de la plupart des tombants des stations visitées sur ce récif intermédiaire.

Les récifs frangeants visités ont montré de fortes densité, diversité et biomasse moyennes de poissons totaux, malgré qu'aucune différence significative ne soit apparue entre les ZPR et les zones témoins (Figure 6). L'absence de significativité pour la densité des poissons totaux sur le frangeant peut s'expliquer par une forte variabilité rencontrée entre les transects et les stations visités, notamment dans les ZPR.

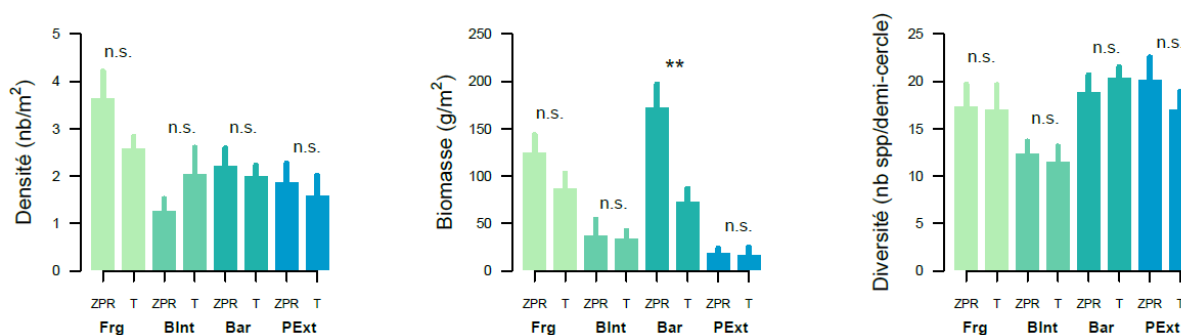


Figure 6 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m²), de la biomasse (grammes de poisson par m²) et de la diversité (nombre d'espèces par demi-cercle) moyennes des poissons totaux observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).

En ce qui concerne les familles principales des poissons d'intérêt, les analyses statistiques effectuées sur les groupes majoritaires indiquent quelques différences significatives, comme indiqué dans les paragraphes ci-dessous.

Perroquets

La densité des perroquets, uniquement en pente externe, est significativement plus importante dans les ZPR (Figure 7), en raison du passage d'un banc de perroquets de petite taille sur un des transects. De plus, bien qu'il existe une tendance à une plus forte biomasse de perroquets dans les ZPR sur les deux type de récifs barrières et la pente externe, la forte variabilité entre les transects ne permet pas de dégager de résultats significatifs. De manière générale, c'est sur le récif barrière que les plus grands individus sont rencontrés, alors que le barrière intermédiaire et le frangeant abritent plutôt les bancs de petits individus juvéniles.

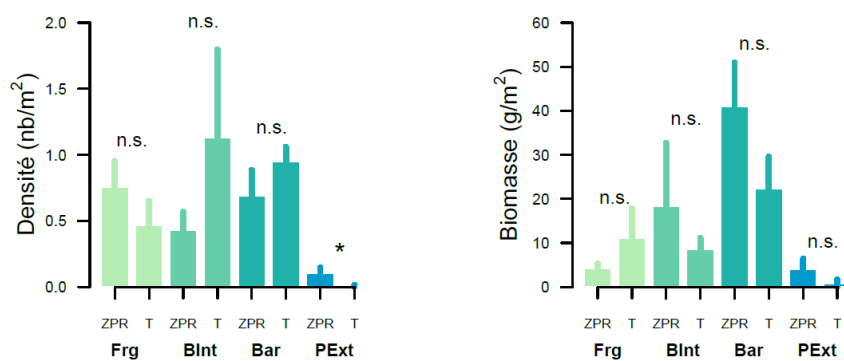


Figure 7 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m²) et de la biomasse (grammes de poisson par m²) moyennes des poissons perroquets observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).

Les perroquets représentent une portion relativement importante du nombre (densité) des poissons sur plusieurs stations frangeant, barrière intermédiaire et barrière, alors que leur proportion est très faible en pente externe (Figure 8). En terme de biomasse par contre, c'est sur les deux types de récifs barrières qu'ils sont importants, alors que sur le frangeant ils sont représentés essentiellement par des groupes de petits individus juvéniles de quelques cm (Figure 9).

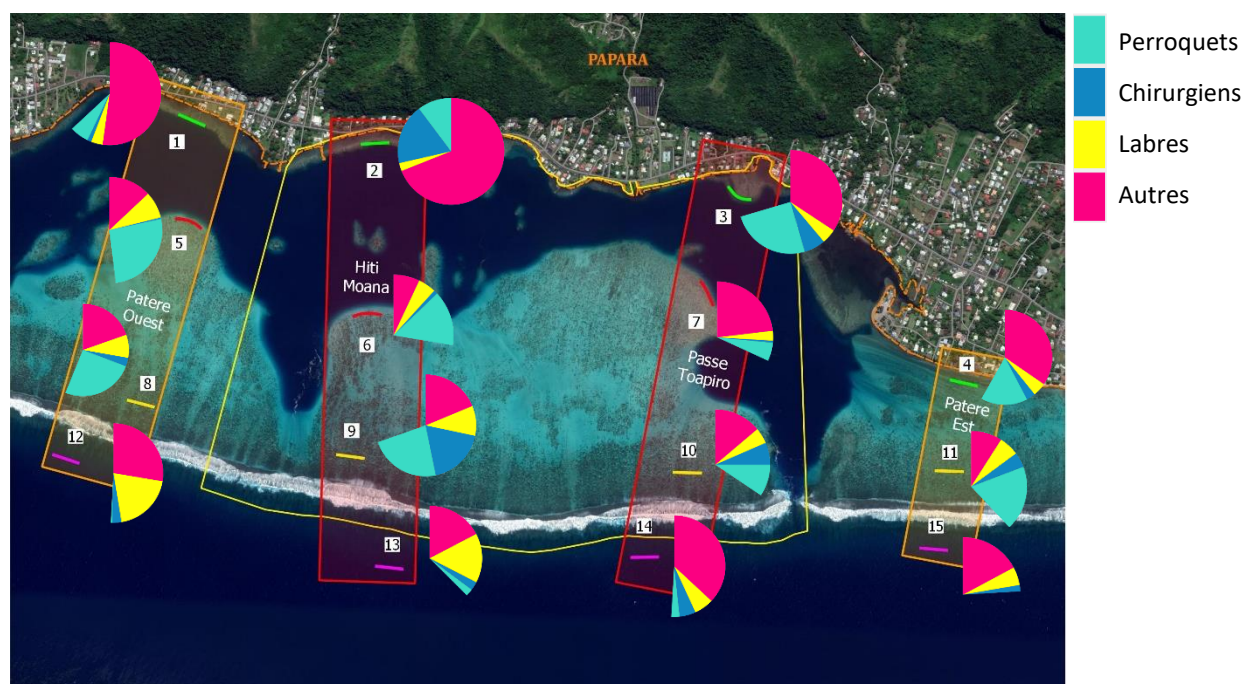


Figure 8 - Diagrammes circulaires de la densité moyenne des principales familles de poissons et autres espèces rencontrées à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de densité moyen à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions moyennes de chaque famille et autres espèces.

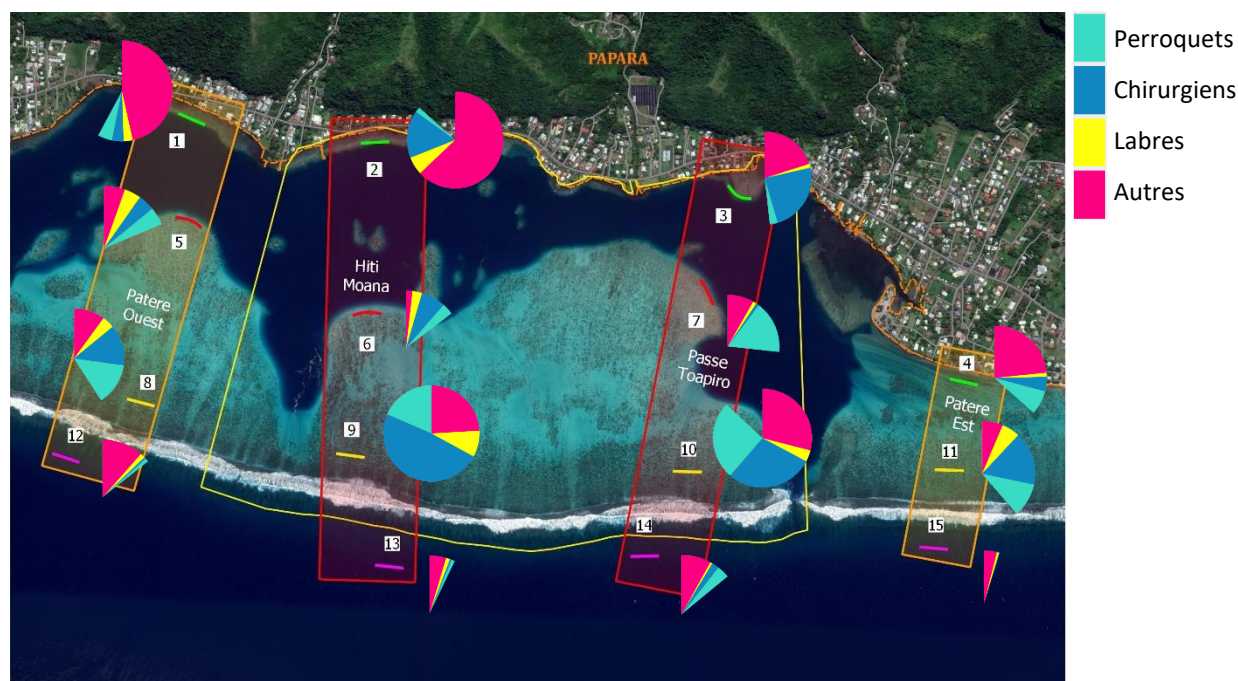


Figure 9 - Diagrammes circulaires de la biomasse moyenne des principales familles de poissons et autres espèces rencontrées à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de biomasse moyen à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions moyennes de chaque famille et autres espèces.

Chirurgiens

La densité et la biomasse des chirurgiens sont significativement plus importantes dans les ZPR que dans les zones témoins pour le récif frangeant et le récif barrière (Figure 10). Dans ces habitats, les chirurgiens rencontrés sont principalement composés de maito de taille adulte (essentiellement *C. striatus* et *A. nigrofuscus*). En revanche, très peu de chirurgiens ont été rencontrés sur le barrière intermédiaire, et principalement des juvéniles ou sub-adultes ont été rencontrés en pente externe.

En général, les chirurgiens ne représentent pas une forte proportion de la densité des poissons rencontrés (Figure 8), en revanche dans plusieurs stations ils représentent une biomasse allant jusqu'à près de la moitié de la biomasse totale (e.g. stations 3 et 9, Figure 9).

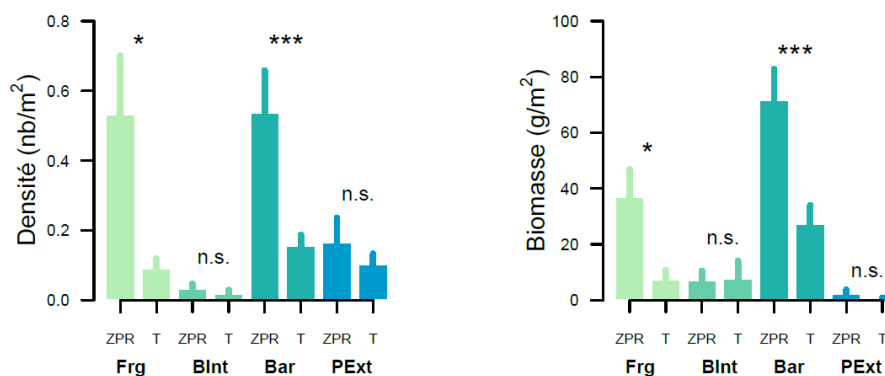


Figure 10 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m²) et de la biomasse (grammes de poisson par m²) moyennes des poissons chirurgiens observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).

Labres

Aucun résultat significatif n'a été observé pour la densité et la biomasse des labres entre ZPR et zones témoins dans les 4 habitats (Figure 11). Cela peut être dû au fait que c'est une famille de poissons très diversifiée en termes d'espèces, avec des individus de tailles très différentes au stade adulte selon les espèces. On note ainsi des individus de plus grande taille sur le récif barrière (e.g. de l'espèce *Cheilinus trilobatus* notamment), alors qu'ils sont de plus petite taille sur la pente externe (e.g. *Thalassoma quinquevittatum*), où ils représentent une plus forte proportion du nombre et de la biomasse des poissons rencontrés (Figure 8, Figure 9). Malgré que leur densité et biomasse soit en général plus faible que celle des chirurgiens et perroquets, c'est une famille qui est systématiquement rencontrée sur les transects.

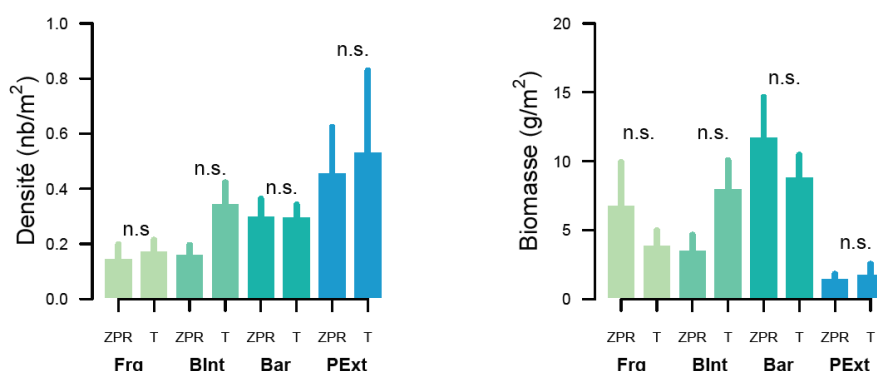


Figure 11 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m²) et de la biomasse (grammes de poisson par m²) moyennes des labres observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$).

Autres familles

Pour les poissons lapins, rougets, nasons, mérous et loches, peu d'individus ont été rencontrés dans l'ensemble, ce qui n'a pas permis d'effectuer de tests statistiques. Les diversité et biomasse moyennes observées à chaque station sont indiquées dans le Tableau 5. Aucune tendance claire ne se dégage de ces résultats. Il est à noter que les mérous sont très peu représentés, alors qu'il est normalement fréquent de voir des espèces comme *Epinephelus merra* lors de tels comptages. Très peu de nasons ont été observés (essentiellement *Naso lituratus*).

Hormis ces familles d'intérêt, des balistes >15 cm ont été fréquemment rencontrés en pente externe, et des demoiselles de grande taille (notamment du genre *Stegastes*) sur le frangeant parmi les algues qu'elles cultivent. Les chaetodons sont présents dans tous les habitats.

Tableau 5 - Densité (nombre d'individus par m²) et biomasse (grammes par m²) moyennes des familles d'intérêt commercial rencontrées à chaque station. Les numéros des stations correspondent à ceux du Tableau 1.

Station	Habitat	Poissons lapins		Rougets		Nasons		Mérus, loches	
		Densité	Biomasse	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse
1	Frangeant	0.34	0.29	0	0	0	0	0	0
2	Frangeant	0	0	0.13	9.25	0.08	3.03	0.01	1.69
3	Frangeant	0.08	0.73	0.02	0.95	0	0	0	0
4	Frangeant	0	0	0.07	3.78	0.02	0.37	0	0
5	Barrière int.	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Barrière int.	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Barrière int.	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Barrière	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Barrière	0	0	0.02	5.06	0	0	0.02	2.94
10	Barrière	0	0	0.01	2.92	0	0	0.01	1.4
11	Barrière	0	0	0.01	2.37	0	0	0.01	0.14
12	Pente ext.	0	0	0	0	0.01	0.32	0	0
13	Pente ext.	0	0	0	0	0	0	0.01	0.35
14	Pente ext.	0	0	0	0	0.01	1.66	0.03	2.79
15	Pente ext.	0	0	0	0	0	0	0	0

4.1.3. Macro-invertébrés

Totaux

La forte variabilité dans les données ne permet pas d'obtenir de résultats significatifs quant à la densité des macro-invertébrés totaux dans et hors de la ZPR. Cependant, on note une tendance à une plus forte densité dans la ZPR que dans les zones témoins (Figure 12). On retrouve notamment plus de bénitiers (frangeant, barrière intermédiaire et barrière), d'oursins commerciaux (barrière) et d'holothurie *H. atra* (frangeant, barrière intermédiaire) dans les stations ZPR que dans les stations témoins (Figure 12, Figure 13).

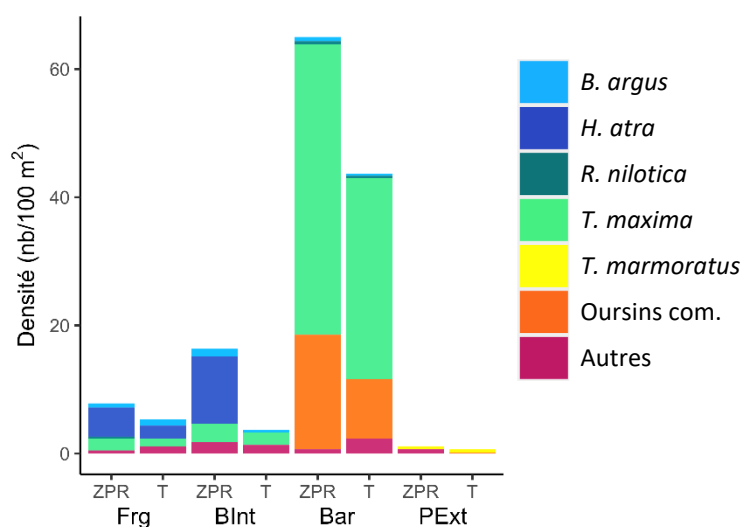


Figure 12 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par 100 m²) moyenne des macro-invertébrés comptabilisés à chaque habitat dans les ZPR et les zones témoins (Oursins com. représente *Diadema* sp. et *Echinothrix diadema*).

La densité des invertébrés comptabilisés s'élève à 65 individus par 100 m² en moyenne au niveau du récif barrière des stations dans la ZPR (Figure 12). La densité est forte, mais dans une moindre mesure, pour le récif barrière des zones témoins. Dans toutes les stations de cet habitat, on rencontre principalement des béditiers et des oursins commerciaux, tant dans la ZPR qu'en dehors (Figure 13). Quelques béditiers sont également rencontrés sur les récifs frangeant et barrière intermédiaire, mais aucun en pente externe. Les holothuries d'intérêt commercial (*H. atra* notamment) sont rencontrées en plus forte quantité sur les récifs frangeant et barrière intermédiaire.

Les trocas et les burgaux sont rencontrés, respectivement, sur le récif barrière et en pente externe, mais leur densité est très faible (Tableau 6). De ce fait, il n'a pas été possible d'effectuer d'analyses statistiques sur ces données (densité et taille).



Figure 13 - Diagrammes circulaires de la densité moyenne des macro-invertébrés rencontrés à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de densité moyen à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions moyennes de chaque espèce ou groupe d'espèces (Oursins com. représente *Diadema sp.* et *Echinothrix diadema*).

Tableau 6 - Densité (nombre d'individus par 100 m²) et taille (cm) moyennes des trocas (*Rochia nilotica*) et burgaux (*Turbo marmoratus*) rencontrés dans la zone échantillonnée de Papara (moyennes par station). Les numéros des stations correspondent à ceux du Tableau 1

Station	Trocas		Burgaux	
	Densité	Taille	Densité	Taille
1	0	-	0	-
2	0.67	8.7	0	-
3	0	-	0	-
4	0	-	0	-
5	0	-	0	-
6	0	-	0	-
7	0	-	0	-
8	0.67	10.4	0	-
9	0.67	11	0	-
10	0.33	10.5	0	-
11	0	-	0	-
12	0	-	0.33	18.6
13	0	-	0.67	18.75
14	0	-	0.33	20.3
15	0	-	0.67	20.1

Bénitiers

Les bénitiers ont tendance à être plus nombreux dans la ZPR que dans les zones témoins au niveau de chaque habitat (Figure 14), mais la forte variabilité entre les transects ne permet pas d'obtenir de résultats statistiques significatifs. On en compte jusqu'à près de 50 en moyenne par station au niveau du récif barrière, alors qu'on en compte moins de 4 en moyenne par station dans les autres habitats (Figure 15). On note l'absence de bénitiers sur la pente externe (les données ne sont donc pas représentées graphiquement).

La taille moyenne des bénitiers est significativement plus élevée dans les ZPR que dans les zones témoins sur le récif barrière (Figure 14), mais cela se joue à 1,5 cm environ de différence de taille seulement. Au niveau du récif barrière intermédiaire, les bénitiers ont tendance à être plus grands dans la ZPR que dans les zones témoins, mais la forte variabilité entre transects et le faible nombre de réplicas ne permet pas de tirer de conclusions d'un point de vue statistique.

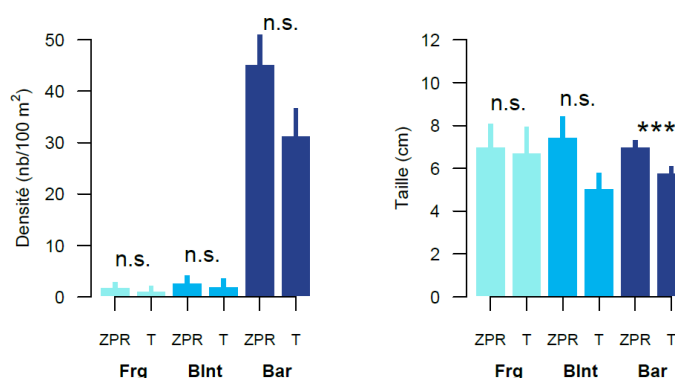


Figure 14 - Diagramme en barres de la densité (nombre par 100 m²) et de la taille (cm) moyennes des bénitiers à chaque habitat dans les ZPR et les zones témoins. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).

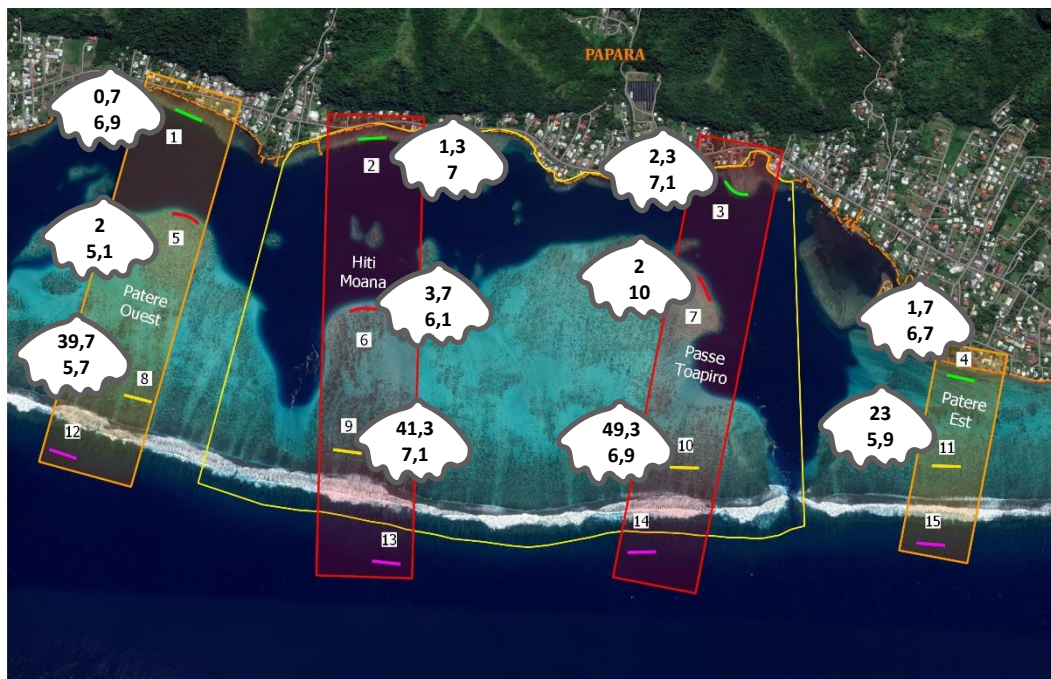


Figure 15 - Densité (nombre par 100 m², premier chiffre) et taille (cm, deuxième chiffre) moyennes des bénitiers à chaque station.

De manière générale, la classe de taille 4-6 cm est la plus fréquemment rencontrée sur les stations (Figure 16). Les classes allant jusqu'à 10 cm sont également très présentes sur les récifs frangeant et barrière intermédiaire, mais le nombre d'individus dépassant cette taille est très rare, tant dans les zones témoins que dans la ZPR. Sur le récif barrière, on retrouve une majorité de bénitiers de 4 à 6 cm, et la répartition des classes de tailles supérieures à 6 cm montre une plus grande abondance de bénitiers de taille élevée dans la ZPR par rapport aux zones témoins. Il n'y a que dans la ZPR que des bénitiers >14 cm sont rencontrés.

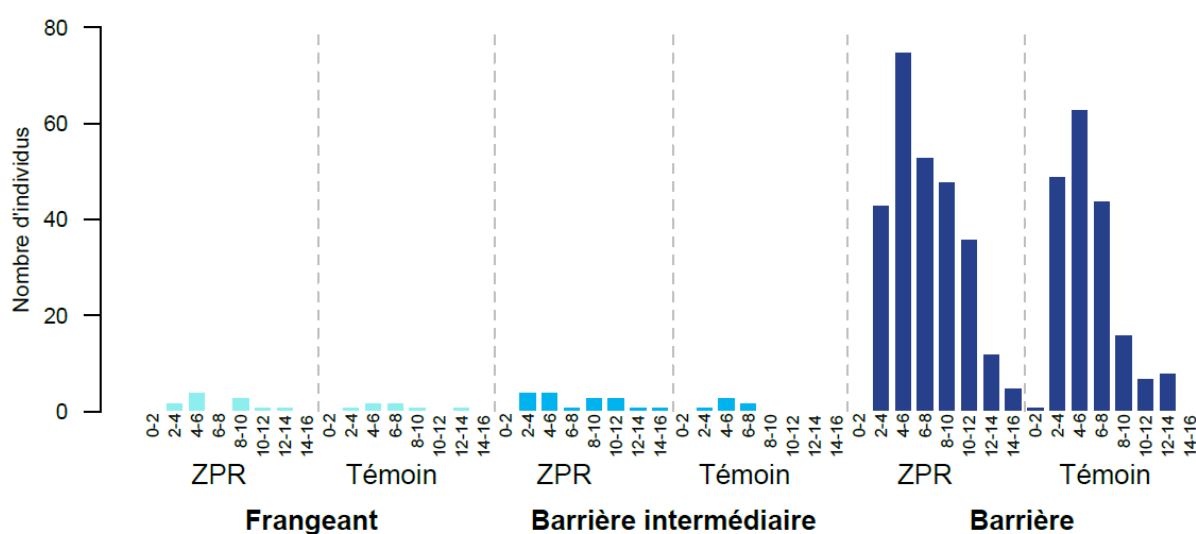


Figure 16 - Diagramme en barres des classes de taille (cm) de l'ensemble des bénitiers rencontrés à chaque habitat dans la ZPR et les zones témoins.

4.2. ZPR de Atimaono

4.2.1. Substrat

Il existe globalement peu de différences de composition du substrat entre les stations de la ZPR et des zones témoins au sein de chaque habitat (Figure 17), et aucune différence significative n'a été détectée entre la ZPR et les zones témoins pour les substrats majoritaires (corail vivant, macroalgue et dalle) dans aucun des habitats.

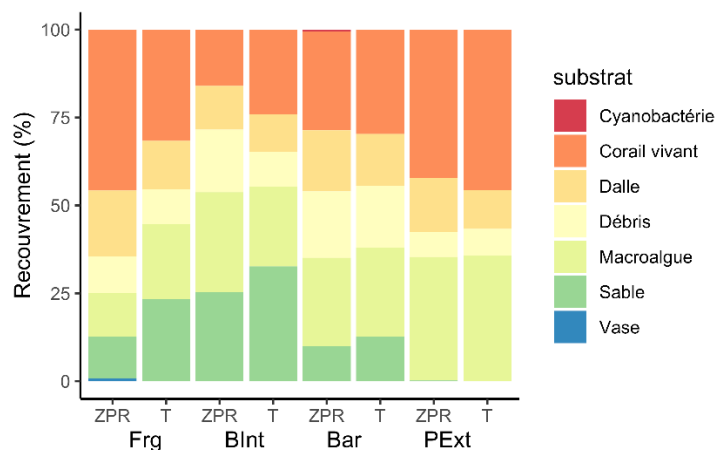


Figure 17 - Diagramme en barres des différents types de substrat rencontrés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat (Cf. Tableau 3 pour la description des substrats).

Le corail vivant est présent en plus forte proportion sur le frangeant de la ZPR et en pente externe (Figure 17) et notamment aux stations 2, 4, 18 et 19 (Figure 18). Le sable est présent sur les stations du récif barrière intermédiaire (en raison de la présence du chenal sableux) et celles du récif frangeant des zones témoins. Les algues sont rencontrées dans tous les habitats, avec néanmoins une plus forte proportion en pente externe.



Figure 18 - Diagrammes circulaires des différents types de substrat rencontrés à chaque station (Cf. Tableau 3 pour la description des substrats).

4.2.2. Poissons

Il existe peu de différences significatives entre la densité, la biomasse et la diversité des poissons totaux de la ZPR et des zones témoins pour chacun des habitats (Figure 19). La densité des poissons totaux est significativement plus élevée dans les zones témoins du récif barrière intermédiaire (dû à la présence d'une station très pauvre en individus dans la ZPR, la 8, et d'une station riche hors ZPR, la 9 : Figure 20), et aucune tendance claire n'est observée pour les autres habitats. En revanche, la biomasse est significativement plus importante sur le barrière de la ZPR par rapport au barrière des zones témoins, traduisant la présence de quelques plus gros individus dans la ZPR (Figure 19, Figure 21). En effet, un des transects était particulièrement riche en poissons perroquets de grande taille. Enfin, aucune tendance n'est observée pour la diversité entre la ZPR et les zones témoins (Figure 19).

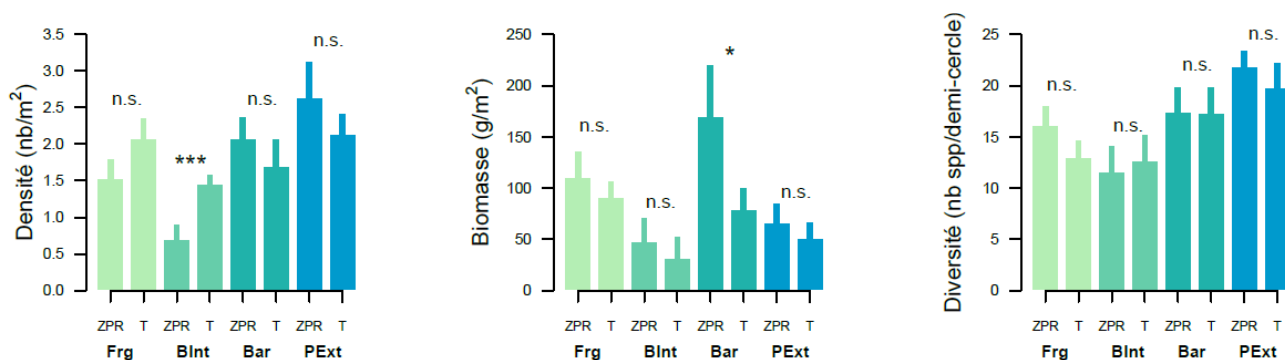


Figure 19 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m²), de la biomasse (grammes de poisson par m²) et de la diversité (nombre d'espèces par demi-cercle) moyennes des poissons totaux observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).



Figure 20 - Diagrammes circulaires de la densité moyenne des principales familles de poissons et autres espèces rencontrées à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de densité moyen à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions moyennes de chaque famille et autres espèces.



Figure 21 - Diagrammes circulaires de la biomasse moyenne des principales familles de poissons et autres espèces rencontrées à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de biomasse moyen à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions moyennes de chaque famille et autres espèces.

Perroquets

Les poissons perroquets sont rencontrés sur toutes les stations (Figure 20), mais sont particulièrement nombreux sur le récif barrière et sont représentés par des individus de grande taille, d'où des biomasses élevées dans cet habitat, notamment dans la ZPR (Figure 21). Ainsi, il en ressort une différence significative très marquée pour la densité et la biomasse des perroquets entre la ZPR et les zones témoins (Figure 22). En revanche, très peu de perroquets sont rencontrés en pente externe, et ceux rencontrés sur le frangeant et le récif barrière intermédiaire sont essentiellement composés de juvéniles en petits bancs.

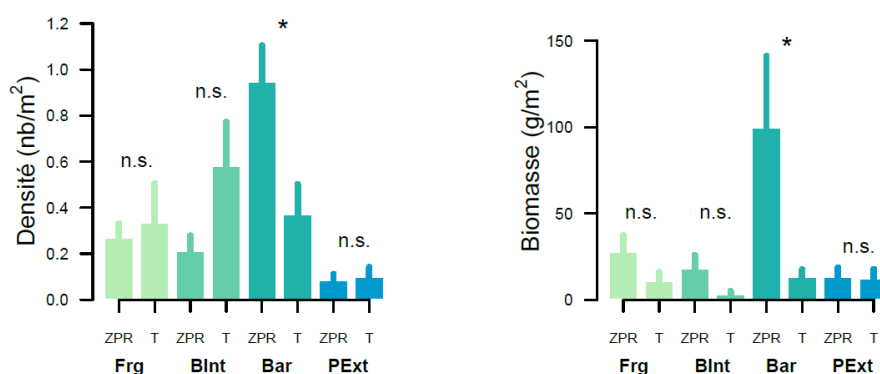


Figure 22 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m²) et de la biomasse (grammes de poisson par m²) moyennes des poissons perroquets observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$).

Chirurgiens

Aucune différence significative n'est observée entre la ZPR et les zones témoins des différents habitats pour la densité et la biomasse des poissons chirurgiens (Figure 23). On peut en revanche noter une légère tendance à une plus forte biomasse des chirurgiens dans la ZPR pour les récifs frangeant, barrière intermédiaire et barrière. Cependant, la forte variabilité entre les transects ne permet pas de tirer de conclusions certaines.

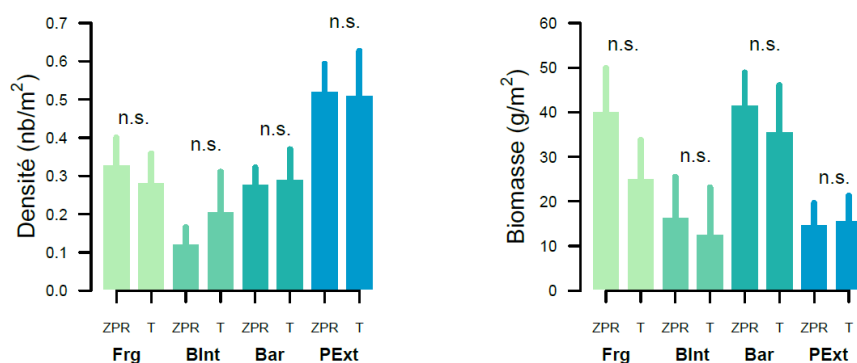


Figure 23 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m²) et de la biomasse (grammes de poisson par m²) moyennes des poissons chirurgiens observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$).

Bien qu'ils ne représentent pas la majeure partie des espèces observées, les chirurgiens sont rencontrés à toutes les stations (Figure 20), et les espèces les plus représentées sont *Ctenochaetus striatus* et *Acanthurus nigrofuscus*.

Labres

Seule la biomasse des labres au niveau du récif barrière est significativement plus importante dans la ZPR que dans les zones témoins (Figure 24). Une tendance à une plus forte biomasse sur le frangeant dans la ZPR est à noter, mais la forte variabilité entre transects ne permet pas de tirer de conclusions. Aucune différence significative n'est constatée pour la densité des labres entre la ZPR et les zones témoins, quel que soit l'habitat.

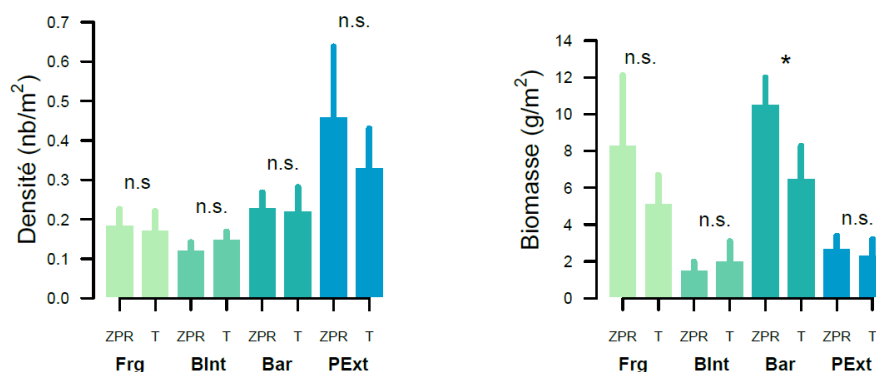


Figure 24 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m²) et de la biomasse (grammes de poisson par m²) moyennes des poissons chirurgiens observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$).

Pourtant, les labres sont rencontrés à toutes les stations (Figure 20), quelques fois dans des proportions importantes (e.g. station 16). Cependant, ce sont majoritairement des labres de petite taille (e.g. du genre *Thalassoma*), comme en témoigne la répartition de la biomasse, qui reste faible dans toutes les stations (Figure 21).

Autres familles

Pour les poissons lapins, rougets, nasons, mérous et loches, peu d'individus ont été rencontrés dans l'ensemble, ce qui n'a pas permis d'effectuer de tests statistiques. Les diversité et biomasse observées à chaque station sont indiquées dans le Tableau 7. Aucune tendance claire ne se dégage de ces résultats. Il est à noter que les mérous sont très peu représentés, alors qu'il est normalement fréquent de voir des espèces telles qu'*Epinephelus merra* lors de tels comptages. Assez peu de nasons ont été observés (essentiellement *Naso lituratus*).

Hormis ces familles d'intérêt, des balistes >15 cm ont été fréquemment rencontrés en pente externe, et des demoiselles de grande taille (notamment du genre *Stegastes*) sur le frangeant parmi les algues qu'elles cultivent. Les chaetodons sont présents dans tous les habitats.

Tableau 7 - Densité (nombre d'individus par m²) et biomasse (grammes par m²) moyennes des familles d'intérêt commercial rencontrées à chaque station. Les numéros des stations correspondent à ceux du Tableau 2.

Station	Habitat	Poissons lapins		Rougets		Nasons		Mérous, loches	
		Densité	Biomasse	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse
1	Frangeant	0	0	0.01	0.31	0	0	0.01	0.05
2	Frangeant	0.03	4.63	0	0	0	0	0	0
3	Frangeant	0	0	0	0	0.01	0.54	0.01	1.59
4	Frangeant	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Frangeant	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Barrière int.	0.01	0.93	0.03	1.55	0	0	0.02	2.42
7	Barrière int.	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Barrière int.	0.01	0.37	0	0	0	0	0	0
9	Barrière int.	0.01	0.28	0	0	0	0	0	0
10	Barrière	0	0	0.01	0.52	0	0	0	0
11	Barrière	0.03	0.92	0.01	0.19	0	0	0	0
12	Barrière	0.03	0.83	0	0	0	0	0	0
13	Barrière	0.01	0.62	0.02	0.17	0.01	1.15	0.01	1.14
14	Barrière	0.01	0.18	0	0	0	0	0	0
15	Pente ext.	0	0	0	0	0	0	0.03	1.89
16	Pente ext.	0	0	0	0	0.01	2.37	0.03	2.49
17	Pente ext.	0	0	0	0	0.01	1.92	0.03	2.26
18	Pente ext.	0	0	0.07	2.47	0.03	5.52	0.06	9.42
19	Pente ext.	0	0	0	0	0.05	8.62	0.02	1.73

4.2.3. Macro-invertébrés

Totaux

La densité des macroinvertébrés totaux est significativement plus importante sur le frangeant des ZPR que des zones témoins ($P < 0,05$). En ce qui concerne les autres habitats, aucun résultat significatif n'a été détecté.

On note une densité particulièrement importante des oursins commerciaux sur le récif barrière (Figure 25), notamment à la station 10 (Figure 26). Ces oursins sont également rencontrés, dans une moindre mesure, sur les récifs frangeant et barrière de la ZPR, mais peu rencontrés dans les zones témoins de ces deux habitats.

Les bédouilles sont présents dans la quasi-totalité des stations des récifs frangeants, barrière intermédiaire et barrière (Figure 25), et sont légèrement plus abondants dans la ZPR que dans les zones témoins (Figure 26). Les trocas et burgaux sont en revanche rarement rencontrés (Tableau 8).

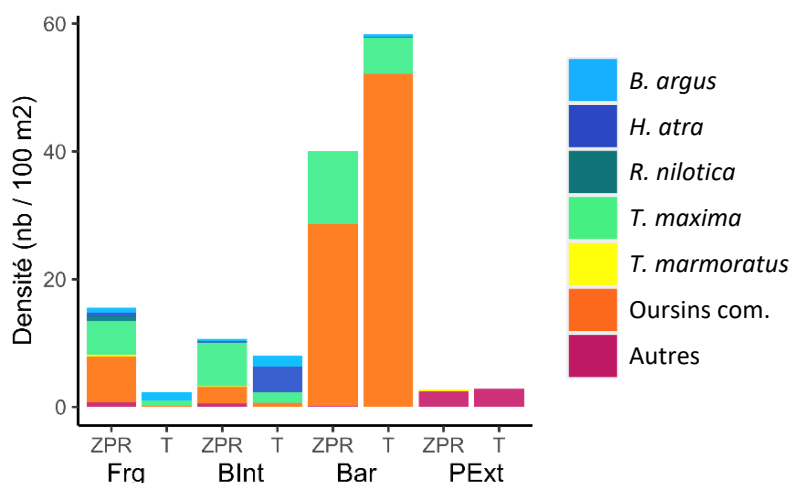


Figure 25 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par 100 m²) moyenne des macro-invertébrés comptabilisés à chaque habitat dans les ZPR et les zones témoins (Oursins com. représente *Diadema* sp. et *Echinothrix diadema*).



Figure 26 - Diagrammes circulaires de la densité moyenne des macro-invertébrés rencontrés à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de densité moyen à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions moyennes de chaque espèce ou groupe d'espèces (Oursins com. représente *Diadema* sp. et *Echinothrix diadema*).

Tableau 8 - Densité (nombre d'individus par 100 m²) et taille (cm) moyennes des trocas (*Rochia nilotica*) et burgaux (*Turbo marmoratus*) rencontrés dans la zone échantillonnée de Atimaono (moyennes par station). Les numéros des stations correspondent à ceux du Tableau 2.

Station	Trocas		Burgaux	
	Densité	Taille	Densité	Taille
1	0	-	0	-
2	2.33	11.27	0.67	20.75
3	0	-	0	-
4	0	-	0	-
5	0	-	0	-
6	0.33	12.1	0.33	20.8
7	0	-	0	-
8	0	-	0	-
9	0	-	0	-
10	0.33	12.1	0	-
11	0.33	11.8	0	-
12	0	-	0	-
13	0	-	0	-
14	0	-	0	-
15	0	-	0	-
16	0	-	0.33	20.1
17	0	-	0.67	18.3
18	0	-	0	-
19	0	-	0	-

Bénitiers

On observe une nette tendance à une plus forte densité des bénitiers dans la ZPR que dans les zones témoins (Figure 27, Figure 28), mais la forte variabilité entre les transects ne permet pas d'obtenir de résultats statistiques robustes. En effet, certains transects sont très denses en bénitiers, et d'autres beaucoup moins, même au sein de la ZPR. En revanche, les bénitiers du récif barrière de la ZPR ont une taille significativement plus élevée (environ 2 cm en moyenne) que ceux des zones témoins (Figure 27). Ce n'est par contre pas le cas pour les bénitiers des récifs frangeant et barrière intermédiaire, pour lesquels les résultats ne sont pas significatifs (Figure 27).

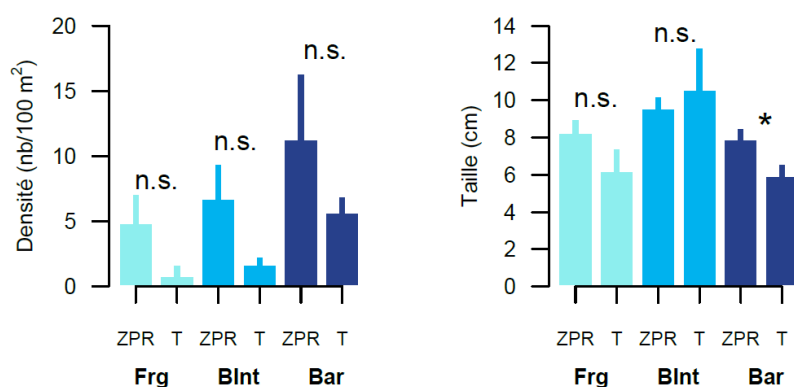


Figure 27 - Diagramme en barres de la densité (nombre par 100 m²) et de la taille (cm) moyennes des bénitiers à chaque habitat dans les ZPR et les zones témoins. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$).

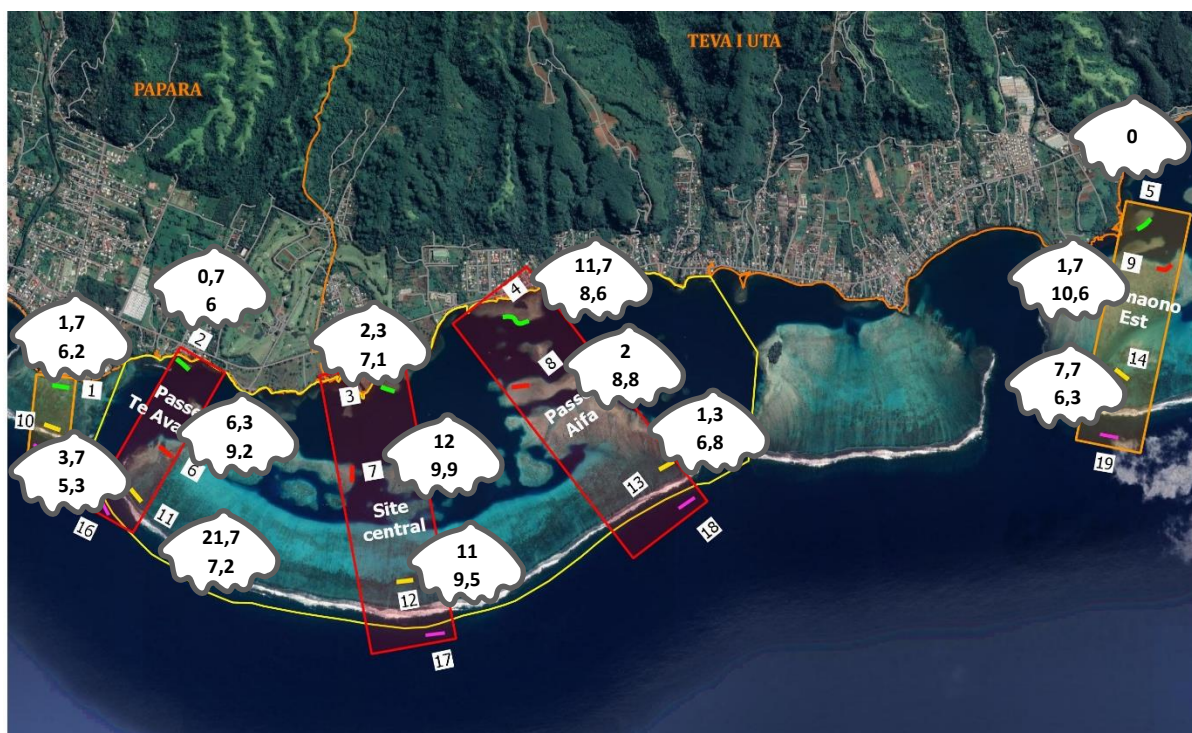


Figure 28 - Densité (nombre par 100 m², premier chiffre) et taille (cm, deuxième chiffre) moyennes des bénitiers à chaque station.

Les classes de taille bien représentées sont celles de 4 à 14 cm dans la ZPR, alors que ces classes sont peu, voire pas, représentées dans les zones témoins (Figure 29). Sur le récif barrière et le récif frangeant, on observe quelques bénitiers de plus de 16 cm, ce qui n'est pas le cas dans les zones témoins. On rencontre également de nombreux juvéniles (2-4 cm) sur le barrière de la ZPR.

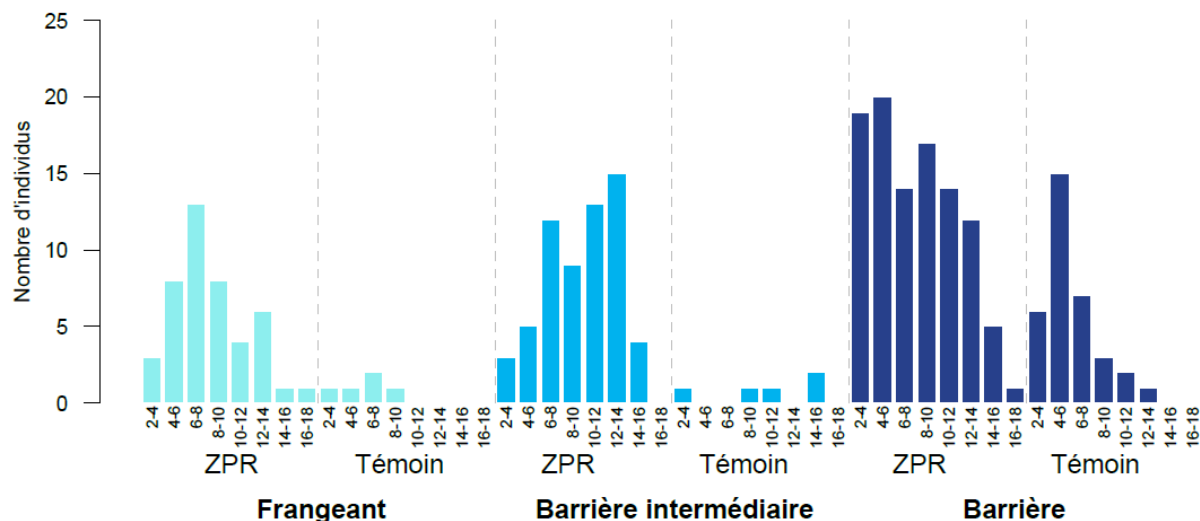


Figure 29 - Diagramme en barres des classes de taille (cm) de l'ensemble des bénitiers rencontrés à chaque habitat dans la ZPR et les zones témoins.

5. Discussion

Les résultats obtenus montrent dans l'ensemble un effet très souvent non significatif des ZPR, et ce, quel que soit le type d'organisme et d'habitat. Les tendances non significatives obtenues ne sont pas non plus systématiques entre habitats et entre organismes. Il est cependant possible de dégager certaines caractéristiques majeures de cette étude :

- Peu de différence entre ZPR et zones témoins au niveau du substrat, avec des zones intra et hors ZPR en bonne santé dans l'ensemble (bon équilibre corail-algues, peu de débris et de coraux morts) ;
- Une tendance à avoir des densités légèrement plus fortes en macro-invertébrés, y compris en bénitiers, dans les ZPR qu'en dehors ;
- Une tendance à avoir des bénitiers de taille moyenne très légèrement supérieure dans les ZPR
- Les classes de taille de bénitiers supérieures à 10 cm mieux représentées dans les ZPR, avec un certain nombre de grands bénitiers (classes de taille >12 cm) ;
- Des tendances très peu nettes pour les densités et biomasses de poissons, avec toutefois une tendance à une biomasse légèrement plus forte dans les ZPR, indiquant la présence d'individus plus grands que dans les zones témoins.

Ces tendances se dégagent surtout lorsque les poissons et les macro-invertébrés sont pris en totalité. En étudiant par espèce ou groupe d'espèces, il est plus difficile, voire impossible, d'observer des tendances nettes et/ou d'obtenir des résultats statistiques probants. Cela est dû :

- 1) Au fait que les individus des espèces considérées peuvent être rares (tant dans les ZPR que dans les zones témoins), ou inféodés à un seul habitat/zone/station : dans ce cas, le trop grand nombre de zéros contenus dans les données ne permet pas d'effectuer de tests statistiques ;
- 2) Au faible nombre de réplicas (3 par station d'échantillonnage) et de stations dans et hors des ZPR : en effet, un trop faible nombre de réplicas ne permettra pas d'obtenir des moyennes fiables et d'effectuer des tests statistiques robustes. En outre, la grande variabilité rencontrée entre certains transects ne pourra pas être gommée par la présence d'autres transects plus homogènes, comme cela arrive lorsque le nombre de réplicas augmente. Pour pallier cela, il serait avisé d'augmenter le nombre de transects par station et/ou d'augmenter le nombre de stations. En effet, le récif barrière intermédiaire notamment ne comporte, pour les deux ZPR, que 3 réplicas en zone témoin, ce qui n'est pas suffisant pour obtenir des résultats statistiquement robustes.

Outre ces considérations techniques, les résultats très mitigés de cette étude peuvent être dus à plusieurs facteurs.

Les tendances positives énumérées ci-dessus semblent prometteuse et traduisent un début d'effet des ZPR sur l'écosystème lagunaire. Cependant, la durée de fermeture semble actuellement trop faible pour obtenir une réponse claire de l'écosystème (i.e. résultats statistiques robustes, tendances nettes, augmentation probante des densités, etc.). En effet, une réserve marine est encore considérée « jeune » lorsqu'elle a 10 ans d'ancienneté. Or, les ZPR étudiées ici ont actuellement 1,5 ans d'ancienneté seulement. Il est en général préconisé d'attendre jusqu'à 15 ans pour qu'une réserve marine ait des effets positifs réellement notables sur les espèces qu'elle héberge (Molloy et al. 2009, Moritz 2021). Seuls de rares exemples, basés sur la création de grandes réserves marines bien encadrées légalement, et avec des quotas imposés dans les zones non protégées adjacentes, montrent pour certaines espèces une augmentation significative au bout de seulement 2 ans (Russ et al. 2008). Cela implique une réglementation et une gestion très stricte associée à la réserve marine, ce qui n'est pas le cas pour les ZPR étudiées ici. En effet, il n'existe à l'heure

actuelle aucune de police de la mer (ou du moins disponible pour effectuer des contrôles réguliers des utilisateurs du lagon. En outre, les témoignages des riverains indiquent une pression de braconnage sur les ZPR, bien que ce braconnage puisse pour le moment difficilement être prouvé (pas de procès-verbaux ni de sanctions appliquées). Les braconniers seraient soit les riverains des zones littorales face aux ZPR, soit des pêcheurs venus de communes avoisinantes, voire d'autres parties de l'île. Les horaires du braconnage semblent variables, souvent conjoints à une mauvaise visibilité pour la surveillance par les riverains depuis la côte (coucher du soleil, nuit). Les riverains tentent de se prévenir mutuellement afin d'aller sermonner les braconniers, mais se trouvent souvent démunis, ne pouvant faire preuve de réelle autorité ni appliquer de sanctions.

En moyenne, la densité des poissons peut augmenter de 5% par an de plus dans les réserves marines que dans les zones non protégées (Molloy et al. 2009). On peut donc supposer que, en 1,5 ans d'ancienneté, les biomasses et densités des poissons et macro-invertébrés aient augmenté de 7,5% dans les ZPR de cette étude. Malgré tout, ceci n'est pas suffisant pour contrecarrer la forte déplétion des populations qui a eu lieu dans la zone depuis plusieurs décennies. Il est cependant encourageant de lire que les gros poissons commerciaux ont tendance à répondre positivement aux mesures de protection de façon plus rapide (avant 10 ans) que les petits poissons non commerciaux (Molloy et al. 2009). Bien que, sur le terrain, il ait effectivement été observé des poissons commerciaux de plus grande taille dans les ZPR (notamment les perroquets), ces tendances ne sont pas encore assez fortes pour être détectées significativement et systématiquement dans tous les habitats et pour toutes les espèces. En effet, un écosystème qui a fortement été impacté par la pêche depuis des décennies est peu susceptible de retrouver un climax en deux années. Il serait donc conseillé d'attendre encore quelques années avant d'ouvrir ces ZPR afin que l'écosystème récupère son plein potentiel. Il s'agit effectivement de laisser aux poissons et aux invertébrés (notamment les bénitiers) le temps de croître suffisamment pour atteindre leur taille adulte, mais également de leur laisser le temps de se reproduire. Il s'agit également de laisser le temps aux juvéniles, qui seraient nés pendant la période de fermeture des ZPR, d'atteindre leur taille de maturité sexuelle afin de renouveler correctement le stock en déplétion et pérenniser les populations pour le futur. En effet, il est probable qu'en réouvrant une ZPR trop tôt, les plus grands individus, mûres sexuellement, soient pêchés en premier, compromettant ainsi le cycle suivant et cassant toute l'inertie de croissance générée depuis le début de la fermeture des ZPR.

La taille et l'emplacement des ZPR et de leurs zones témoins peut également jouer sur leur efficacité (Claudet et al. 2008, Bensenane et al. 2013, Thiault et al. 2019, Russ et al. 2008). Certaines zones ont naturellement toujours été riches (même en zone témoin) et d'autres naturellement pauvres (même en ZPR) en espèces de poissons, coraux, invertébrés. En particulier, la zone de la ZPR de Atimaono est réputée pour avoir toujours été poissonneuse et riche en bénitiers notamment. Il a donc été judicieux de protéger cette zone, qui pourrait, étant naturellement propice à la croissance des populations qu'elle contient, devenir une zone source de nombreuses espèces de poissons et invertébrés qui, par la suite, pourraient migrer vers les zones adjacentes moins riches. Cela implique cependant une protection efficace et durable de la zone jusqu'à ce que des effets significatifs apparaissent clairement.

Le fait que les tendances soient aussi peu nettes pour les poissons est probablement dû à leur caractère migratoire, bien que certains soient inféodés à une zone restreinte (e.g. demoiselles, certains labres, etc). Les poissons peuvent en effet, et rapidement, migrer d'une zone à une autre, donc de la ZPR à une zone témoin, et se faire pêcher à cet endroit-là. Il est d'ailleurs régulièrement observé des embarcations de pêche à la limite des ZPR. Mais la tendance à avoir des tailles de poissons légèrement plus grandes dans les ZPR montre que la protection est malgré tout efficace, dans une certaine mesure. En maintenant cet effort de protection sur le moyen et le long terme, il est très probable que les effets deviennent clairement visibles dans quelques années, à l'instar d'autres réserves marines en milieu tropical (McClanahan et al. 2007, Russ et al. 2008).

Bien que les stations aient été choisies afin d'être les plus homogènes possibles, la forte variabilité intrinsèque de chaque station pourrait être gommée en augmentant l'effort d'échantillonnage, ou en ciblant d'autant plus les zones échantillonnées (e.g. au lieu de zones larges, choisir des micro-habitats vraiment similaires, peu importe la localisation géographique des radiales côte-large). Hormis en pente externe, les paysages sous-marins rencontrés sont une mosaïque de coraux de toutes formes et de toutes tailles, de sable, de dalle, les rendant relativement différents les uns des autres (géomorphologie, pente, profondeur, etc). Ce sont donc autant de micro-habitats différents propices à la croissance de telle ou telle espèce de poissons et macro-invertébrés, et qui peuvent donc influencer la présence des espèces cibles (Nash et al. 2012, Komayakova et al. 2013). Ces micro-habitats sont donc à échantillonner de la façon la plus adéquate possible. Il est ainsi conseillé, lors des futures prospections, de compléter l'effort d'échantillonnage de cette étude en proposant, en concertation avec la DRM et les communes, des stations et/ou transects supplémentaires dans et hors des ZPR. En ce qui concerne le barrière intermédiaire en particulier, habitat qui n'est habituellement pas ciblé dans les autres études, il serait intéressant d'effectuer l'échantillonnage à plus grande profondeur (3 à 8 m), en plongée bouteille. En effet, des regroupements de poissons ont été observés à distance des transects dans certaines stations, au niveau de « cailloux à poissons », ces patates de corail des tombants abritant et attirant des poissons de plus grande taille et souvent nombreux.

Quelle que soit la durée de fermeture des ZPR, un cadre réglementaire strict doit y être associé afin de pouvoir les protéger et les surveiller au mieux. Il semblerait qu'à l'heure actuelle cela ne soit pas le cas, et que la surveillance soit essentiellement effectuée par les habitants des communes des ZPR. Les braconniers cependant utilisent diverses techniques pour être moins facilement repérables (camouflage des kayaks, pêches de nuit, etc.), et plusieurs évidences sur le terrain (e.g. coquille récentes de bénitiers vides) ont été rencontrées et témoignent de la présence régulière de braconnage. Il revient donc au Pays de mettre en place un cadre réglementaire et de le faire appliquer, notamment par la surveillance régulière du domaine maritime et l'application de sanctions. Sans cela, les efforts des services administratifs et de la population pour la création et la surveillance de ces ZPR seront vains, et leurs effets significatifs tarderont à se montrer.

Références

- Bensenane M, Moussaoui A, Auger P, 2013. On the optimal size of marine reserves. *Acta Biotheoretica* 61: 109-118.
- Claudet J, Osenberg CW, Benedetti-Cecchi L, Domenici P, Garcia-Charton JA, Perez-Ruzafa A, Badalamenti F, Bayle D, Sempere J, Brito A, Bulleri F, Culioli JDM, Dimech M, Falcon JM, Guala I, Milazzo M, Sanchez-Meca J, Somerfield PJ, Stobart B, Vandeperre F, Valle C, Planes S, 2008. Marine reserves: size and age do matter. *Ecology Letters* 11: 481-489.
- Hill J, Wilkinson C, 2004. *Methods for ecological monitoring of coral reefs: Version 1*. Townsville, Australia: Australian Institute of Marine Science.
- Komyakova V, Munday PL, Jones GP, 2013. Relative importance of coral cover, habitat complexity and diversity in determining the structure of reef fish communities. *PLoS One* 8: e83178.
- McClanahan TR, Graham NAJ, Calnan JM, MacNeil A, 2007. Toward pristine biomass: Reef fish recovery in coral reef marine protected areas in Kenya. *Ecological Applications* 17: 1055-1067.
- Moritz C, 2021. Analyse de l'évolution des peuplements ichthyologiques et benthiques des aires marines protégées de Moorea sur la période 2004-2020. Direction des Ressources Marines de Polynésie française. 126 p.
- Nash KL, Graham NAJ, Wilson SK, Bellwood DR, 2012. Cross-scale habitat structure drives fish body size distributions on coral reefs. *Ecosystems* 16: 478-490.
- Russ GR, Cheal AJ, Dolman AM, Emslie MJ, Evans RD, Miller I, Sweatman H, Williamson DH, 2008. Rapid increase in fish numbers follows creation of world's largest marine reserve network. *Current Biology* 18: R514-R515.
- Sbragaglia V, Morroni L, Bramanti L, Weitzmann B, Arlinghaus R, Azzuro E, 2018. Spearfishing modulates flight initiation distance of fishes: the effects of protection, individual size, and bearing a speargun. *ICES Journal of Marine Science* 75: 1779-1789.
- Thiault L, Kernaleguen L, Osenberg CW, Lison de Loma T, Chancerelle Y, Siu G, Claudet J, 2019. Ecological evaluation of a marine protected area network: a progressive-change BACIPS approach. *Ecosphere* 10: e02576.

Table des figures :

Figure 1- Localisation des sites d'étude du Rahui no Patere i Papara. Chaque site comporte 4 habitats (récif frangeant, récif barrière intermédiaire, récif barrière et pente externe), sauf le site Patere Est qui ne comporte pas de récif barrière intermédiaire. Les points représentent le mouillage du bateau et correspondent aux coordonnées GPS indiquées dans le Tableau 1. Les lignes colorées indiquent les zones prospectées à l'aide des 3 transects de 25 m chacun.....	8
Figure 2 - Localisation des sites d'étude de la ZPR de Atimaono. Chaque site comporte 4 habitats (récif frangeant, récif barrière intermédiaire, récif barrière et pente externe), sauf le site Atimaono Ouest qui ne comporte pas de récif barrière intermédiaire. Les points représentent le mouillage du bateau et correspondent aux coordonnées GPS indiquées dans le Tableau 2. Les lignes colorées indiquent les zones prospectées à l'aide des 3 transects de 25 m chacun.....	10
Figure 3 - Représentation schématique de l'échantillonnage sur un transect. Une corde de 25 m est posée sur le fond marin de façon rectiligne. Des repères sur la corde tous les 50 cm permettent de noter le substrat situé au-dessous. Les invertébrés sont comptabilisés de part-et-d'autre de la corde sur une surface de 25 x 4 m. Les poissons sont comptabilisés dans un demi-cercle situé au début du transect et de rayon variable (dépendant de la géomorphologie du site et de la visibilité de la colonne d'eau).....	12
Figure 4 - Diagramme en barres des différents types de substrat rencontrés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat (Cf. Tableau 3 pour la description des substrats).	15
Figure 5 - Diagrammes circulaires des différents types de substrats rencontrés à chaque station (Cf. Tableau 3 pour la description des substrats).	15
Figure 6 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m ²), de la biomasse (grammes de poisson par m ²) et de la diversité (nombre d'espèces par demi-cercle) des poissons totaux observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).....	16
Figure 7 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m ²) et de la biomasse (grammes de poisson par m ²) des poissons perroquets observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).	17
Figure 8 - Diagrammes circulaires de la densité des principales familles de poissons et autres espèces rencontrées à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de densité à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions de chaque famille et autres espèces.	17
Figure 9 - Diagrammes circulaires de la biomasse des principales familles de poissons et autres espèces rencontrées à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de biomasse à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions de chaque famille et autres espèces.	18
Figure 10 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m ²) et de la biomasse (grammes de poisson par m ²) des poissons chirurgiens observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).	18
Figure 11 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m ²) et de la biomasse (grammes de poisson par m ²) des labres observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).	19
Figure 12 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par 100 m ²) des macro-invertébrés comptabilisés à chaque habitat dans les ZPR et les zones témoins (Ours com. représente Diadema sp. et Echinothrix diadema).	20
Figure 13 - Diagrammes circulaires de la densité des macro-invertébrés rencontrés à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de densité à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions de chaque espèce ou groupe d'espèces (Ours com. représente Diadema sp. et Echinothrix diadema).....	21
Figure 14 - Diagramme en barres de la densité (nombre par 100 m ²) et de la taille (cm) des bénitiers à chaque habitat dans les ZPR et les zones témoins. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).	22
Figure 15 - Densité (nombre par 100 m ² , premier chiffre) et taille (cm, deuxième chiffre) moyennes des bénitiers à chaque station.	23
Figure 16 - Diagramme en barres des classes de taille (cm) de l'ensemble des bénitiers rencontrés à chaque habitat dans la ZPR et les zones témoins.	23
Figure 17 - Diagramme en barres des différents types de substrat rencontrés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat (Cf. Tableau 3 pour la description des substrats).	24

Figure 18 - Diagrammes circulaires des différents types de substrats rencontrés à chaque station (Cf. Tableau 3 pour la description des substrats).	24
Figure 19 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m ²), de la biomasse (grammes de poisson par m ²) et de la diversité (nombre d'espèces par demi-cercle) des poissons totaux observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).	25
Figure 20 - Diagrammes circulaires de la densité des principales familles de poissons et autres espèces rencontrées à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de densité à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions de chaque famille et autres espèces.	25
Figure 21 - Diagrammes circulaires de la biomasse des principales familles de poissons et autres espèces rencontrées à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de biomasse à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions de chaque famille et autres espèces.	26
Figure 22 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m ²) et de la biomasse (grammes de poisson par m ²) des poissons perroquets observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).	26
Figure 23 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m ²) et de la biomasse (grammes de poisson par m ²) des poissons chirurgiens observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).	27
Figure 24 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par m ²) et de la biomasse (grammes de poisson par m ²) des poissons chirurgiens observés dans les ZPR et les zones témoins à chaque habitat. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).	27
Figure 25 - Diagramme en barres de la densité (nombre d'individus par 100 m ²) des macro-invertébrés comptabilisés à chaque habitat dans les ZPR et les zones témoins (Ours com. représente Diadema sp. et Echinothrix diadema).	29
Figure 26 - Diagrammes circulaires de la densité des macro-invertébrés rencontrés à chaque station. L'étendue d'un diagramme représente le niveau de densité à chaque station par rapport à la station la plus peuplée, et les sections représentent les proportions de chaque espèce ou groupe d'espèces (Ours com. représente Diadema sp. et Echinothrix diadema).	30
Figure 27 - Diagramme en barres de la densité (nombre par 100 m ²) et de la taille (cm) des bécotiers à chaque habitat dans les ZPR et les zones témoins. Les étoiles indiquent le niveau de significativité (n.s. : non significatif, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001).	31
Figure 28 - Densité (nombre par 100 m ² , premier chiffre) et taille (cm, deuxième chiffre) moyennes des bécotiers à chaque station.	31
Figure 29 - Diagramme en barres des classes de taille (cm) de l'ensemble des bécotiers rencontrés à chaque habitat dans la ZPR et les zones témoins.	32

Tables des tableaux :

Tableau 1 - Métadonnées des campagnes d'échantillonnage de la zone de Papara	9
Tableau 2 - Métadonnées des campagnes d'échantillonnage de la zone de Atimaono.	11
Tableau 3 - Types de substrat relevés sur le terrain.	12
Tableau 4 - Macro-invertébrés comptabilisés lors de l'échantillonnage.	13
Tableau 5 - Densité (nombre d'individus par m ²) et biomasse (grammes par m ²) moyennes des familles d'intérêt commercial rencontrées à chaque station. Les numéros des stations correspondent à ceux du Tableau 1.	20
Tableau 6 - Densité (nombre d'individus par 100 m ²) et taille (cm) des trocas (Rochia nilotica) et burgaux (Turbo marmoratus) rencontrés dans la zone échantillonnée de Papara (moyennes par station). Les numéros des stations correspondent à ceux du Tableau 1	22
Tableau 7 - Densité (nombre d'individus par m ²) et biomasse (grammes par m ²) des familles d'intérêt commercial rencontrées à chaque station. Les numéros des stations correspondent à ceux du Tableau 2.	28
Tableau 8 - Densité (nombre d'individus par 100 m ²) et taille (cm) des trocas (Rochia nilotica) et burgaux (Turbo marmoratus) rencontrés dans la zone échantillonnée de Atimaono (moyennes par station). Les numéros des stations correspondent à ceux du Tableau 2.	30