

Ce rapport doit être cité de la façon suivante :

Wantiez L, Bouilleret F, Frolla P, Goroparawa (2019). Communautés biologiques et habitats coralliens de Bourail (Zone Côtière Ouest). Etat de santé 2019. Maintien de l'intégrité. Conservatoire des Espaces Naturels, Université de la Nouvelle-Calédonie. 109 pages.

Les données et les résultats de ce rapport ne peuvent être utilisés pour une publication scientifique sans l'autorisation de Laurent Wantiez.

Crédits photos : Laurent Wantiez

1 Sommaire

1	Sommaire	3
2	Résumé	5
3	Introduction.....	9
4	Matériel et méthodes.....	10
4.1	Stratégie d'échantillonnage	10
4.2	Techniques d'échantillonnage.....	12
4.2.1	Poissons	12
4.2.2	Macrobenthos	12
4.2.3	Habitat	12
4.3	Traitement des données	12
5	Bilan de santé des récifs de Bourail.....	15
5.1	Caractéristiques écologiques générales	15
5.1.1	Caractéristiques des communautés de poissons	15
5.1.1.1	Richesse et composition spécifique	15
5.1.1.2	Richesse spécifique par station, densité et biomasse.....	20
5.1.2	Caractéristiques du macrobenthos épigé	23
5.1.3	Caractéristiques de l'habitat corallien.....	27
5.2	Caractéristiques des différents types de formations	28
5.2.1	Pente externe	28
5.2.1.1	Communautés de poissons	28
5.2.1.2	Communautés de macroinvertébrés.....	33
5.2.1.3	Habitat	36
5.2.2	Récif barrière interne	37
5.2.2.1	Communautés de poissons	37
5.2.2.2	Communautés de macroinvertébrés.....	42
5.2.2.3	Habitat	44
5.2.3	Récif lagunaire	46
5.2.3.1	Communautés de poissons	46

5.2.3.2	Communautés de macroinvertébrés.....	50
5.2.3.1	Habitat.....	53
5.3	Organisation spatiale des communautés et de l’habitat	54
5.3.1	Différences entre les unités géomorphologiques	54
5.3.2	Structure spatiale des communautés biologiques et de l’habitat	58
5.3.2.1	Communautés de poissons	58
5.3.2.2	Communautés de macroinvertébrés.....	60
5.3.2.3	Habitat.....	62
6	Maintien de l’intégrité entre 2007 et 2019.....	68
6.1	Communautés de poissons	68
6.1.1	Evolutions de 2007 à 2019 (liste restreinte)	68
6.1.2	Evolution (liste complète) entre 2014 et 2019.....	78
6.2	Macroinvertébrés.....	80
6.2.1	Evolutions (liste restreinte) de 2007 à 2019	80
6.2.2	Evolution (liste complète) entre 2014 et 2019.....	87
6.3	Habitat.....	92
6.3.1	Caractéristiques générales	92
6.3.2	Structure de l’habitat	95
7	Bilan et conclusions.....	96
8	Références bibliographiques.....	99
9	Liste des figures.....	100
10	Liste des tableaux.....	104
11	Annexe : référentiel poissons utilisé en 2007	106
12	Annexe : référentiel invertébrés utilisé en 2007.....	109

2 Résumé

Cette étude a été commanditée par le Conservatoire d'Espaces Naturels et financée en partenariat avec l'Université de la Nouvelle-Calédonie, L'objectif était de réaliser un bilan de santé des récifs de Bourail, partie du bien inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO en 2019, et de vérifier le maintien de leur intégrité.

Le bilan de santé réalisé en 2019 fait état d'un écosystème en bonne santé. Il n'y a pas d'impact anthropique significatif majeur décelable. L'intégrité s'est maintenue depuis 2007 avec une stabilité des communautés et de l'habitat depuis 2014, période exempte de perturbation majeure.

Etat des lieux 2019

Caractéristiques générales

- Poissons :
 - 262 espèces, 38 familles, 74.1 espèces/station, 1.71 poissons/m², 76.0 g/m². Le niveau des populations est intermédiaire pour la diversité et la densité entre les zones non protégées les plus impactées et celui des aires protégées et des récifs éloignés inscrits au patrimoine mondial. Il est minimal en biomasse.
 - Les Chaetodontidae sont présents sur toutes les stations.
 - Les espèces commerciales ne représentent que 48% de la biomasse totale. Des tailles matures sont observées pour toutes les espèces commerciales mais leur habitat préférentiel est rare, le lagon de Bourail étroit et peu profond jouant essentiellement le rôle de nursery.
 - Des espèces emblématiques sont observées : requins (2 espèces, 16 spécimens, 70-180 cm, présents dans 53.3% des stations), Napoléon (9 spécimens, 20-85 cm, présent dans 40% des stations), perroquets à bosse (12 spécimens, 70-95 cm, 1 station).
- Macroinvertébrés épibenthiques :
 - 98 taxons, 25.8 taxons/station, 277.1 individus/250 m². La densité est importante. Ces communautés sont diversifiées et denses pour la Nouvelle-Calédonie.
 - Les bénitiers sont fréquents (100% stations) et leur densité est élevée (11.9 individus/250 m²) en raison d'agrégations du petit bénitier foreur (*Tridacna crocea*). Leur taille moyenne est relativement faible (11.3 ± 0.9 cm). Des individus adultes (19 spécimens > 20 cm) sont observés pour chaque espèce, dont 2 spécimens de grande taille 40 et 39 cm.
 - Quinze trocas de taille importante (10.5 ± 1.0 cm) ont été observés. Le niveau de densité et la taille des individus, échantillonnés dans un habitat non préférentiel, rendent compte de populations en bonne santé.
 - Les populations d'holothuries sont peu abondantes mais des espèces à forte valeur commerciales sont présentes.
- Habitat :
 - L'habitat est diversifié, la composante biotique domine (57.4%).
 - Les coraux vivants sont diversifiés, développés et dominent la composante biotique (56.2% du substrat vivant), notamment les formes fragiles.

- La dalle corallienne (45.6%) et le sable (35.2%) dominent la composante non vivante.

Comparaison entre pente externe, récif barrière interne et récifs lagonaires

Les différences entre la pente externe, le récif barrière interne et les récifs lagonaires s'expliquent par les caractéristiques de l'environnement, notamment un contraste important entre la pente externe et les formations intra-lagonaires. Ces résultats montrent que l'impact humain reste limité et ne cible pas un habitat particulier à Bourail.

- Caractéristiques de la pente externe (6 stations) :
 - Poissons : 196 espèces, 32 familles, 79.5 espèces/station, 1.49 poissons/m², 94.4 g/m². Les poissons commerciaux représentent 49.0% de la biomasse. Cette proportion est faible. Elle s'explique car il s'agit du seul habitat susceptible d'abriter des individus de grandes tailles à Bourail et il concentre probablement l'effort de pêche dans les pentes externes non protégées.
 - Macroinvertébrés benthiques : 59 taxons, 25.5 taxons/station, 297.8 individus/250 m². Les gastéropodes sont les plus diversifiés et les vers spirobranches sont les plus abondants. Ces résultats montrent que les communautés de macroinvertébrés épibenthiques de la pente externe des récifs de Bourail sont en bonne santé en 2019.
 - Habitat : 77.5% biotique principalement des formations coralliennes (51.5% du substrat vivant) de formes diversifiées, dominées par les coraux massifs et les coraux encroûtants. Ces caractéristiques sont typiques des habitats de pente externe développés, vivants et très diversifiés.
- Caractéristiques du récif barrière interne (4 stations) :
 - Poissons : 152 espèces, 30 familles, 73.5 espèces/station, 1.73 poissons/m², 74.8 g/m². Les poissons commerciaux représentent 40.7% de la biomasse, essentiellement des juvéniles. Ces résultats sont conformes aux spécificités de Bourail où le récif barrière interne est diversifié, sableux et au contact d'un lagon étroit et peu profond pourvoyeur de nombreux juvéniles.
 - Invertébrés : 60 taxons, 26.3 taxons/station, 213.5 individus/250 m². Les gastéropodes sont les plus diversifiés et les vers spirobranches sont les plus abondants. Les caractéristiques des communautés de macroinvertébrés épibenthiques du récif barrière interne à Bourail sont conformes aux spécificités du lagon de cette région. Toutefois, il y a un manque en espèces commerciales, notamment les espèces de bénitiers de grande taille, les holothuries et aucun gastéropode commercial n'a été observé. Il est fort probable que ce type de ressource n'ait pas récupéré d'une exploitation passée (avant protection), notamment les holothuries et les bénitiers
 - Habitat : 67.2% non vivant, dominé par le sable devant la dalle corallienne et les débris. Les formes coralliennes dominent très largement le substrat vivant (90.2% du substrat vivant), notamment les *Acropora* branchus, les coraux branchus et les coraux massifs. L'habitat du récif barrière interne est diversifié et typique des habitats sableux avec des champs de coraux branchus.
- Caractéristiques des récifs lagonaires (5 stations) :
 - Poissons : 158 espèces, 28 familles, 68.2 espèces/station, 1.96 poissons/m², 55.0 g/m². Les poissons commerciaux représentent 54.1% de la biomasse. Ce niveau de biomasse correspond au minimum mesuré sur les récifs lagonaires en Nouvelle-Calédonie. Il est conforme aux caractéristiques du lagon de Bourail, étroit et peu profond.
 - Invertébrés : 66 taxons, 25.8 taxons/station, 153.2 individus/250 m². Les gastéropodes sont les plus diversifiés et l'oursin foreur (*Echinometra mathaei*) est le plus abondant. Les caractéristiques des communautés de macroinvertébrés épibenthiques des récifs

lagonaires de Bourail sont conformes aux spécificités du lagon. Toutefois, il y a un manque en espèces commerciales, notamment les espèces de bénitiers de grande taille et les holothuries.

- Habitat : 52.9% biotique dominé par les formes coralliennes (47.7% du substrat vivant), notamment les *Acropora* branchus. La composante non vivante est dominée par la dalle corallienne (47.1% du substrat non vivant) et du sable (40.5% du substrat non vivant). Ces résultats montrent que l'habitat des récifs lagonaires de Bourail est en bonne santé et conforme des habitats lagonaires étroits et peu profonds. Les conséquences du déséquilibre consécutif aux apports en nutriment sur le littoral et de la prolifération d'algues vertes n'affectent pas les stations récifales étudiées pour le moment.

Structure des communautés et de l'habitat

- Poissons : la structure des communautés de poissons est naturelle. Elle est principalement liée à l'habitat (lagon peu profond et étroit) et aux influences océanique et terrigène. Une communauté de pente externe se distingue des communautés lagonaires qui évoluent progressivement d'un type récif barrière interne vers un type récif lagonaire au fur et à mesure que l'influence terrigène augmente et que l'influence océanique diminue. Par ailleurs, aucun impact anthropique majeur ne vient modifier ces assemblages :
 - L'assemblage de pente externe se distingue notamment par le requin gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*), des Chaetodontidae (*Chaetodon ornatissimus* et *C. unimaculatus*), des demoiselles (*Chromis iomelas*, *C. vanderbilti*, *Chrysiptera caesifrons*, *Pomacentrus philippinus*) et *Siganus corallinus*.
 - La communauté du récif barrière interne se distingue notamment par *Chaetodon vagabundus*, des Mullidae (*Mulloidichthys flavolineatus* et *M. vanicolensis*), 2 Nemipteridae et *Pomacentrus moluccensis*.
 - La communauté des récifs lagonaires est notamment caractérisée par un gobie (*Amblygobius phalaena*), des labres, des demoiselles lagonaires et 2 Siganidae.
- Macroinvertébrés épibenthiques : la structure des communautés de macroinvertébrés est principalement liée à l'habitat et aux influences océanique et terrigène. Une communauté de pente externe se distingue des communautés lagonaires qui évoluent progressivement d'un type récif barrière interne vers un type récif lagonaire au fur et à mesure que l'influence terrigène augmente et que l'influence océanique diminue. Par ailleurs, aucun impact anthropique majeur ne vient modifier ces assemblages :
 - La communauté de pente externe se distingue par la présence d'espèces typiques des environnements coralliens océaniques soumis à un hydrodynamisme significatif, notamment le troca (*Rochia nilotica*), des petits crabes du genre *Trapezia*, des crinoïdes, et l'oursin crayon (*Heterocentrotus mamillatus*).
 - La communauté du récif barrière interne se distingue notamment par l'abondance d'*Arca*, de vers spirobranches (*Spirobranchus giganteus*) et des oursins foreurs (*Echinometra mathaei*).
 - La communauté des récifs lagonaires est notamment caractérisée par la porcelaine *Monetaria moneta*, des bivalves, des étoiles de mer et des ophiures.
- Habitat : La structure de l'habitat des récifs de Bourail est naturelle. Aucun impact anthropique majeur ne vient modifier cette organisation. Ce résultat confirme que les conséquences du déséquilibre consécutif aux apports en nutriment sur le littoral et de la prolifération d'algues vertes n'affectent pas les stations récifales étudiées pour le moment.

- L'habitat de type pente externe se distingue par les *Acropora* submassifs, les *Acropora* digités, les coraux encroûtants, les coraux massifs, les *Millepora* et les coraux mous. Les algues calcaires encroûtantes sont également nombreuses sur certaines stations.
- L'habitat du récif barrière interne et des récifs lagunaires se distinguent par des formations coralliennes branchues, des coraux morts en place recouverts d'algues filamenteuses et du sable.

Maintien de l'intégrité de la partie du bien

Pour les communautés biologiques (poissons et invertébrés), le maintien de l'intégrité a été évaluée en comparant les données de 2007 avec celles de 2014, à partir de listes de référence restreintes. Une évaluation complémentaire a été réalisée entre 2014 et 2019 à partir des inventaires complets.

Les évolutions des communautés de poissons, de macroinvertébrés et de l'habitat sont naturelles. Elles montrent une relative stabilisation de l'état de santé entre 2014 et 2019, faisant suite à l'amélioration observée entre 2007 et 2014. Ce résultat confirme le maintien d'un niveau d'impact anthropique limité et l'absence de perturbations environnementales majeures pendant la période.

Les tableaux de bords ressources et biodiversité confirment les résultats des analyses détaillées. Certains indicateurs spécifiques sont moyens voire mauvais en raison des caractéristiques environnementales particulières du lagon de Bourail (étroit et peu profond) qui n'est notamment pas favorable au développement de la saumonée. En effet, cette espèce n'est généralement pas ciblée par la pêche à Bourail où elle a la réputation d'être potentiellement toxique. Globalement, les ressources en poissons sont préservées et soumises à un impact anthropique limité. Les communautés présentent un bon état de santé.

Synthèse ressources	Poisson →	Statut bon pour les espèces dont l'habitat des adultes est représenté Communautés peu impactées
Synthèse biodiversité	→	Communautés en bonne santé relativement au type de récif

3 Introduction

Le Conservatoire d'espaces naturels (CEN) de la Nouvelle-Calédonie et l'Université de la Nouvelle-Calédonie ont engagé en 2019, un état des lieux des récifs de Bourail, partie du bien inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO. Ce bilan de santé a été réalisé dans le cadre du suivi de l'intégrité du bien. Il fait suite au point zéro de 2007 (Wantiez, et al., 2007c) et à la première vérification du maintien de l'intégrité de cette partie du bien en 2014 (Wantiez, et al., 2015b).

L'état des lieux écologique a été réalisé par l'Université de la Nouvelle-Calédonie. Il concerne les communautés biologiques (poissons, macroinvertébrés épibenthiques) et l'habitat corallien. Cette opération a été réalisée sous la direction de Laurent Wantiez (Université de la Nouvelle-Calédonie). Les relevés de terrain ont été réalisés par Franck Bouilleret (habitat), Philippe Frolla (poissons), Daisy Goroparawa (macrobenthos) et Laurent Wantiez (poissons). Le traitement, l'analyse des données et la rédaction du rapport ont été réalisés par Laurent Wantiez.

Ce rapport présente un état des lieux en avril 2019. Il a été établi à partir d'un effort d'échantillonnage stratifié en fonction des caractéristiques géomorphologiques de l'habitat corallien, à partir de points sélectionnés après analyse d'images satellites (Andrefouet, 2007; Wantiez, 2010). Cette approche a été validée par les études de caractérisation menées dans le cadre de la demande d'inscription des récifs de Nouvelle-Calédonie au patrimoine mondial. Elle permet d'obtenir une image satisfaisante de la diversité de l'écosystème corallien à partir d'un effort d'échantillonnage limité (Andrefouet, et al., 2010). Les 15 stations échantillonnées en 2019 sont identiques à celles de 2014. Treize d'entre elles avaient été échantillonnées en 2007 et 2 stations ont été déplacées en 2014 dans un environnement comparable en raison des difficultés d'accès à leur position initiale (Wantiez, et al., 2015b).

Après une présentation de la stratégie et des techniques d'échantillonnage, les caractéristiques des communautés biologiques et de l'habitat corallien en 2019 sont décrites. La structure spatiale est analysée et les liens avec les caractéristiques environnementales sont identifiés. Une analyse de l'évolution du bien entre 2007 et 2019 est ensuite réalisée. Un bilan sur le maintien de l'intégrité de cette partie du bien ainsi que deux tableaux de bords (ressource et biodiversité) concluent le document.

4 Matériel et méthodes

4.1 Stratégie d'échantillonnage

La zone d'étude appartient à une des composantes de la zone 2, la Zone Côtière Ouest, identifiée dans la demande d'inscription au patrimoine mondial de l'UNESCO (Menu, et al., 2006). Cette zone a été divisée en deux sous-unités : Bourail et Ouano. L'objet de ce rapport est de vérifier l'intégrité de la partie du bien située dans la région de Bourail.

L'effort d'échantillonnage a été déterminé par les moyens disponibles. Une première mission d'échantillonnage a été réalisée du 8 au 12 avril 2019. Treize des 15 stations (Figure 1) ont pu être étudiées durant cette campagne, les mauvaises conditions météorologiques (forte houle) ne permettant pas d'échantillonner 2 stations de pente externe (Tableau 1). Une seconde mission avait été programmée le 27 mai 2019 pour compléter l'échantillonnage (Tableau 1).

Tableau 1 : Positions et caractéristiques des stations échantillonnées à Bourail en 2019.

Les positions sont données en coordonnées WGS84. PE : pente externe ; BI : récif barrière interne ; RL : récif lagonaire ; x : indique que la station a été échantillonnée en 2007 ou 2014.

Station	Latitude	Longitude	Date	Prof	Type	2007	2014
BO.01	-21.56963	165.26753	11/04/19	2	RL	X	X
BO.02	-21.59987	165.31437	12/04/19	3.5	RL	X	X
BO.03	-21.63422	165.41377	09/04/19	2	RL	X	X
BO.04	-21.54085	165.24567	10/04/19	1	RL	X	X
BO.05	-21.54363	165.24408	10/04/19	3	PE	X	X
BO.06	-21.58323	165.25487	11/04/19	4	BI	X	X
BO.07B	-21.57704	165.25008	10/04/19	8	PE		X
BO.08	-21.59560	165.29898	11/04/19	9	PE	X	X
BO.09	-21.59267	165.30025	12/04/19	2.5	BI	X	X
BO.10	-21.61702	165.34407	09/04/19	6	PE	X	X
BO.11	-21.61448	165.34695	09/04/19	3	BI	X	X
BO.12B	-21.63849	165.40402	27/05/19	10.5	PE		X
BO.13	-21.64847	165.45862	08/04/19	3	RL	X	X
BO.14	-21.66882	165.45323	27/05/19	3.5	PE	X	X
BO.15	-21.66485	165.45548	08/04/19	2	BI	X	X



Figure 1 : Localisation des stations échantillonnées en 2019.

4.2 Techniques d'échantillonnage

Les récifs coralliens ont été étudiés à partir d'observations réalisées en scaphandre autonome. Chaque station a été échantillonnée le long d'un transect de 50 m perpendiculaire à la pente récifale et à profondeur constante.

4.2.1 Poissons

Les poissons coralliens ont été échantillonnés par comptage visuel sous-marin, selon la méthode des transects à largeur variable ou « Distance Sampling » (Kulbicki, et al., 1999). Deux plongeurs se répartissent les espèces à échantillonner. Ils progressent le long du transect et comptent les poissons qu'ils voient de part et d'autre. Au cours de cette opération chaque plongeur note pour chaque individu, l'espèce, estime sa taille et sa distance perpendiculaire au transect. Dans le cas d'un banc, il dénombre les individus, leur taille et estime la distance la plus proche et la distance la plus éloignée du transect. L'algorithme de calcul *distance sampling* de la base de données RFID (CPS) a été utilisé pour calculer la densité et la biomasse (Kulbicki, et al., 1999). La biomasse est calculée sans prendre en compte les Chondrichthyens (requins et raies).

Toutes les espèces de poissons ont été prises en compte en 2019 (comptage total). L'ichtyofaune a été classée en plusieurs catégories pour l'analyse :

- Le peuplement total regroupe l'ensemble des espèces.
- Les Chaetodontidae regroupent les poissons papillons, indicatrices de la santé des récifs.
- Les espèces commerciales regroupent les espèces vendues sur les marchés et dans les commerces ou consommées en Nouvelle-Calédonie, ainsi que certaines espèces emblématiques aujourd'hui protégées telles que le Napoléon (*Cheilinus undulatus*).

4.2.2 Macrobenthos

Un échantillonnage quantitatif de la flore et de la faune macrobenthique épigée a été réalisé sur une bande de 5 m de large le long du transect. La densité des organismes a été calculée connaissant la surface échantillonnée (250 m²). La taille des trocas (diamètre à la base de la coquille) et des bénitiers (longueur d'une extrémité à l'autre d'une valve) a été mesurée (Figure 2).

4.2.3 Habitat

L'habitat a été échantillonné en classant le type de fond selon différents critères sédimentologiques, pour les zones non colonisées par des organismes vivants, et selon le groupe biologique et la forme des colonies, pour les parties vivantes (Tableau 2). Un plongeur mesure le pourcentage de couverture de chaque classe rencontrée le long du transect selon la méthode du « Line Intercept Transect » (English, et al., 1997).

4.3 Traitement des données

Des diagrammes de type boîte à moustaches (Figure 3) ont été utilisés pour représenter graphiquement les caractéristiques des communautés et de l'habitat.

Les comparaisons des caractéristiques moyennes ont été réalisées à l'aide de Permanova. Les structures des communautés de poissons et d'invertébrés ont été étudiées par une analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la matrice de dissimilarité de Bray-Curtis des densités des espèces/taxons à chaque station, sous contrainte du type de récif. La structure de l'habitat a été

identifiée grâce à CAP de la matrice classe d'habitat-station des % de recouvrement sous contrainte du type de récif.

Tableau 2 : Catégories de substrats retenues pour l'échantillonnage.

Catégories détaillées	Description	Catégories simplifiées
Corail mort (DC)	Mort récente - couleur blanche	Corail mort (DC)
Corail mort avec algues (DCA)	Corail mort recouvert d'algues	
<i>Acropora</i>		
Branchu (ACB)	Au moins 2 niveaux de branches	Corail branchu tabulaire et foliaire (CBTF)
Encroûtant (ACE)		Corail massif et encroûtant (CME)
Submassif (ACS)		Corail submassif (CS)
Digité (ACD)	Branches en forme de doigts	Corail submassif (CS)
Tabulaire (ACT)	Branches aplaties horizontalement	Corail branchu tabulaire et foliaire (CBTF)
<i>Non-Acropora</i>		
Branchu (CB)	Au moins 2 niveaux de branches	Corail branchu tabulaire et foliaire (CBTF)
Encroûtant (CE)		Corail massif et encroûtant (CME)
Foliaire (CF)	Corail en forme de feuille	Corail branchu tabulaire et foliaire (CBTF)
Massif (CM)		Corail massif et encroûtant (CME)
Submassif (CS)		Corail submassif (CS)
<i>Fungia</i> (CMR)	Corail solitaire	Autres organismes (OT)
<i>Millepora</i> (CME)	Corail de feu	Autres organismes (OT)
Corail mou (SC)		Corail mou (SC)
Eponges (SP)		Autres organismes (OT)
Zoanthaires (ZO)		Autres organismes (OT)
Autres (OT)	Anémones, Gorgones, Bénéitiers, etc.	Autres organismes (OT)
Algues et phanérogames		
Assemblages (AA)		Macroalgues et autres végétaux (MAAV)
Calcaire (CA)	Algues calcaires encroûtantes	Algues calcaires (CA)
<i>Halimeda</i> (HA)		Macroalgues et autres végétaux (MAAV)
Macroalgue (MA)		Macroalgues et autres végétaux (MAAV)
Filamenteuse (TA)		Macroalgues et autres végétaux (MAAV)
Cyanobactéries (CYA)	Cyanobactéries filamenteuses	Macroalgues et autres végétaux (MAAV)
Abiotique		
Sable (S)	Particules < 2 cm	Sable (S)
Débris (R)	Particules > 2 cm	Débris (R)
Vase (SI)		Vase (SI)
Eau (WA)	Crevasse de plus de 50 cm de large	Eau (WA)
Dalle et blocs (RCK)		Dalle et blocs (RCK)

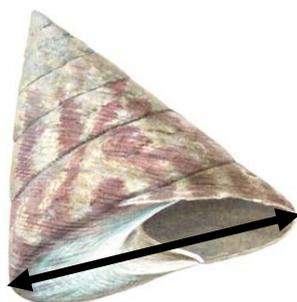


Figure 2 : Diamètre des trocas et longueur des bénytiers.

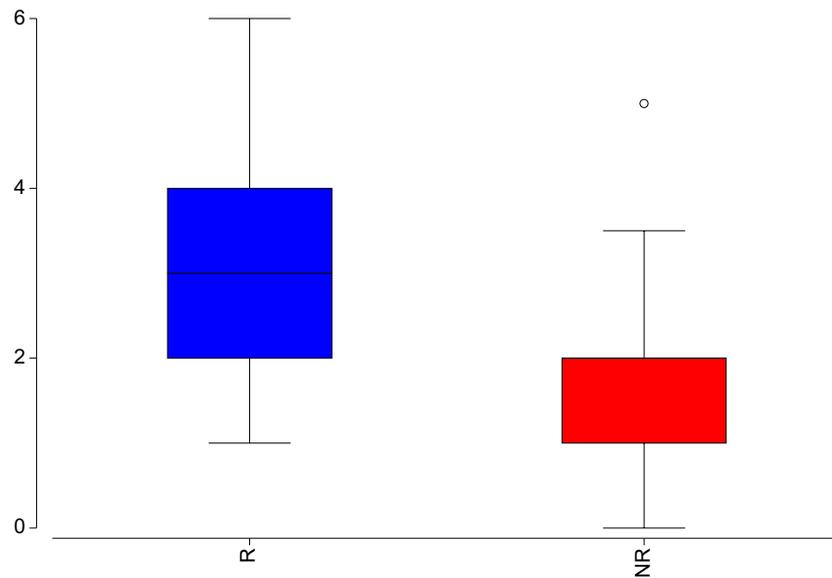


Figure 3 : Diagramme du type boîte à moustaches.

Une boîte est tracée s'étendant du premier quartile (25%) au troisième quartile (75%) de l'échantillon. Cet intervalle contient les 50% centraux des données. Une ligne verticale est tracée à la médiane (la valeur centrale). Des moustaches sont tracées à partir des bords de la boîte pour rejoindre la plus grande valeur des données et la plus petite valeur des données, à moins que des valeurs inhabituelles très éloignées de la boîte ne soient présentes. Les points inhabituels sont des points à plus de 1,5 fois la distance interquartile. Ils sont indiqués par un rond blanc. Si des points inhabituels sont présents, les moustaches sont tracées jusqu'à la plus grande valeur et la plus petite valeur qui ne sont pas suspectes.

Le maintien de l'intégrité de cette partie du bien a été testé en ne retenant que les stations échantillonnées en 2007, 2014 et 2019 (Tableau 1). Les variations temporelles des communautés de poissons, des communautés de macroinvertébrés et de l'habitat ont été testées à l'aide d'un modèle de Permanova en blocs à 3 facteurs : année x station (type de récif). Les évolutions de structure ont été caractérisées grâce à des analyses canoniques des coordonnées principales sous contrainte des facteurs temps et type de récif. Ces analyses de structure ont été menées sur la matrice de dissimilarité de Bray-Curtis des densités des espèces/taxons par station (poissons, macroinvertébrés) et la matrice de distance euclidienne entre les recouvrements des classes de substrat par station (habitat).

Par ailleurs, si les méthodes d'échantillonnage sont les mêmes pour les 3 campagnes, les référentiels poisson et invertébré (liste des espèces échantillonnées) ont évolué entre 2007 et 2014. L'échantillonnage a été réalisé par rapport à des listes de taxons de référence en 2007 (cf. annexe §11 et 12). Par conséquent, les données de 2014 et 2019 ont été filtrées et agglomérées conformément au référentiel de 2007 avant comparaison. En complément, une comparaison des métriques globales (toutes espèces) a été réalisée entre les campagnes de 2014 et 2019.

Un tableau de bord du statut des ressources et un tableau de bord du statut de la biodiversité dans la zone d'étude ont été construits (Wantiez, et al., 2011). Ces tableaux de bord sont synthétiques et ne reprennent que les indicateurs pertinents dans le cadre de cette étude. Ces tableaux de bord sont synthétiques et uniquement indicatifs. Ils ne sauraient constituer un bilan exhaustif de l'état de santé de l'écosystème étudié et doivent être interprétés au regard des résultats détaillés de l'étude.

5 Bilan de santé des récifs de Bourail en 2019

5.1 Caractéristiques écologiques générales

5.1.1 Caractéristiques des communautés de poissons

5.1.1.1 Richesse et composition spécifique

Au total, 262 espèces de poissons appartenant à 38 familles ont été recensées à Bourail en 2019 (Tableau 3). Les familles les plus diversifiées sont conformes aux communautés coralliennes en bonne santé :

- Les Pomacentridae (demoiselles) : 47 espèces.
- Les Labridae (labres et girelles) : 36 espèces.
- Les Chaetodontidae (papillons) : 24 espèces.
- Les Acanthuridae (picots kanaks et chirurgiens) : 19 espèces.
- Les Scaridae (perroquets) : 20 espèces.

Les Chaetodontidae, considérés comme indicateurs de la santé des récifs sont diversifiés (24 espèces) et observés sur toutes les stations. Le plus fréquent est *Chaetodon lunulatus* qui a été observé sur 13 stations (86.7% des stations) devant *C. pelewensis* (9 stations), *C. mertensii*, *C. trifascialis* et *C. vagabundus* (8 stations).

Au total, 56 espèces sont des espèces commerciales (Tableau 3). Tous les plus gros spécimens observés sont matures. Il s'agit :

- Des Scaridae avec 20 espèces commerciales. Les plus fréquentes sont *Chlorurus sordidus* qui a été observé sur toutes les stations, devant *Scarus psittacus* observé sur 14 stations (93.3% des stations) et *S. schlegeli* (13 stations). Au total 4 espèces ont été recensées sur au moins 50% des stations.
- Des Acanthuridae avec 11 espèces commerciales. La plus fréquente est le dawa (*Naso unicornis*) qui a été observé sur toutes les stations.
- Des Serranidae avec 9 espèces commerciales. L'espèce la plus fréquente est la loche miel (*Epinephelus merra*) qui a été observée sur 10 stations (66.7% des stations).
- Des Siganidae (picots) avec 5 espèces commerciales. L'espèce la plus fréquente est le picot jumeau (ou picot hirondelle) *Siganus punctatus*, qui a été observé sur 6 stations (40.0% des stations).

Tableau 3 : Liste alphabétique des familles et des espèces de poissons échantillonnées à Bourail en 2019.

C : catégorie ; T : type géomorphologique ; 1 : commerciale ; P : pente externe ; B : récif barrière interne ; L : récif lagonaire.

Famille (nb. Esp.) - Espèce	C	T	Famille (nb. Esp.) - Espèce	C	T
Acanthuridae (19)			<i>Trienodon obesus</i>		PBR
<i>Acanthurus albipectoralis</i>		P	Chaetodontidae (24)		
<i>Acanthurus blochii</i>	1	PBR	<i>Chaetodon auriga</i>		PBR
<i>Acanthurus dussumieri</i>	1	P	<i>Chaetodon bennetti</i>		PB
<i>Acanthurus lineatus</i>	1	P	<i>Chaetodon citrinellus</i>		BR
<i>Acanthurus nigricans</i>	1	B	<i>Chaetodon ephippium</i>		PBR
<i>Acanthurus nigricauda</i>	1	PBR	<i>Chaetodon flavirostris</i>		PBR
<i>Acanthurus nigrofuscus</i>		PBR	<i>Chaetodon lineolatus</i>		P
<i>Acanthurus pyroferus</i>	1	R	<i>Chaetodon lunulatus</i>		PBR
<i>Acanthurus triostegus</i>		PBR	<i>Chaetodon melannotus</i>		PBR
<i>Ctenochaetus binotatus</i>	1	B	<i>Chaetodon mertensii</i>		PBR
<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>		P	<i>Chaetodon ornatissimus</i>		P
<i>Ctenochaetus striatus</i>		PBR	<i>Chaetodon pelewensis</i>		PBR
<i>Naso brevirostris</i>	1	P	<i>Chaetodon plebeius</i>		PR
<i>Naso caesius</i>	1	P	<i>Chaetodon rafflesii</i>		P
<i>Naso lituratus</i>	1	PR	<i>Chaetodon reticulatus</i>		P
<i>Naso tonganus</i>	1	PR	<i>Chaetodon trifascialis</i>		PBR
<i>Naso unicornis</i>	1	PBR	<i>Chaetodon ulietensis</i>		PR
<i>Zebrasoma scopas</i>		PBR	<i>Chaetodon unimaculatus</i>		P
<i>Zebrasoma velifer</i>		PBR	<i>Chaetodon vagabundus</i>		PBR
Apogonidae (1)			<i>Forcipiger flavissimus</i>		PR
<i>Rhabdamia spp</i>		BR	<i>Hemitaenichthys polylepis</i>		P
Aulostomidae (1)			<i>Heniochus acuminatus</i>		P
<i>Aulostomus chinensis</i>		PB	<i>Heniochus chryostomus</i>		PBR
Balistidae (6)			<i>Heniochus monoceros</i>		P
<i>Balistapus undulatus</i>		R	<i>Heniochus singularius</i>		P
<i>Balistoides conspicillum</i>		P	Chanidae (1)		
<i>Balistoides viridescens</i>		P	<i>Chanos chanos</i>		P
<i>Rhinecanthus aculeatus</i>		R	Cirrhitidae (3)		
<i>Sufflamen bursa</i>		PR	<i>Cirrhitichthys falco</i>		PBR
<i>Sufflamen chrysopterus</i>		PBR	<i>Paracirrhites arcatus</i>		PR
Blenniidae (8)			<i>Paracirrhites forsteri</i>		PB
<i>Atrosalarias holomelas</i>		R	Dasyatidae (1)		
<i>Cirripectes castaneus</i>		PR	<i>Himantura fai</i>		B
<i>Ecsenius bicolor</i>		R	Echeneidae (1)		
<i>Exallias brevis</i>		R	<i>Echeneis naucrates</i>		PB
<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>		PR	Ephippidae (1)		
<i>Meiacanthus phaeus</i>		P	<i>Platax teira</i>		P
<i>Plagiotremus rhinorhynchus</i>		P	Gobiidae (4)		
<i>Plagiotremus tapeinosoma</i>		PBR	<i>Amblygobius phalaena</i>		R
Caesionidae (5)			<i>Istigobius rigilius</i>		BR
<i>Caesio caeruleaurea</i>		PBR	<i>Koumansetta rainfordi</i>		R
<i>Pterocaesio digramma</i>		PB	<i>Valenciennea strigata</i>		PBR
<i>Pterocaesio pisang</i>		P	Haemulidae (3)		
<i>Pterocaesio tile</i>		PR	<i>Plectorhinchus albobittatus</i>		BR
<i>Pterocaesio trilineata</i>		PB	<i>Plectorhinchus lessonii</i>		B
Carangidae (6)			<i>Plectorhinchus lineatus</i>		R
<i>Alectis ciliaris</i>		P	Holocentridae (5)		
<i>Carangoides plagiotaenia</i>	1	P	<i>Myripristis berndti</i>		PB
<i>Caranx ignobilis</i>		P	<i>Myripristis kuntee</i>		P
<i>Caranx melampyus</i>	1	P	<i>Neoniphon sammara</i>		PBR
<i>Scomberoides lysan</i>		PR	<i>Sargocentron caudimaculatum</i>		R
<i>Trachinotus blochii</i>		P	<i>Sargocentron spp</i>		B
Carcharhinidae (2)			Labridae (36)		
<i>Carcharhinus melanopterus</i>		P	<i>Anampses geographicus</i>		PB

Famille (nb. Esp.) - Espèce	C	T	Famille (nb. Esp.) - Espèce	C	T
<i>Anampses neoguinaicus</i>		PBR	<i>Parupeneus barberinoides</i>		BR
<i>Bodianus axillaris</i>		PBR	<i>Parupeneus barberinus</i>	1	BR
<i>Bodianus loxozonus</i>		PR	<i>Parupeneus ciliatus</i>		PB
<i>Bodianus perditio</i>	1	P	<i>Parupeneus crassilabris</i>		P
<i>Cheilinus chlorourus</i>		PBR	<i>Parupeneus cyclostomus</i>		PR
<i>Cheilinus fasciatus</i>		PBR	<i>Parupeneus multifasciatus</i>		PBR
<i>Cheilinus undulatus</i>	1	PBR	<i>Parupeneus pleurostigma</i>		BR
<i>Cheilio inermis</i>		BR	Muraenidae (1)		
<i>Coris aygula</i>		PBR	<i>Gymnothorax meleagris</i>		B
<i>Coris dorsomacula</i>		B	Nemipteridae (3)		
<i>Coris gaimard</i>		BR	<i>Scolopsis bilineata</i>		PBR
<i>Epibulus insidiator</i>		PBR	<i>Scolopsis lineata</i>		B
<i>Gomphosus varius</i>		PBR	<i>Scolopsis trilineata</i>		BR
<i>Halichoeres annularis</i>		PBR	Ostraciidae (1)		
<i>Halichoeres hortulanus</i>		PBR	<i>Ostracion cubicus</i>		P
<i>Halichoeres margaritaceus</i>		BR	Pempheridae (1)		
<i>Halichoeres richmondi</i>		PBR	<i>Pempheris oualensis</i>		P
<i>Halichoeres trimaculatus</i>		BR	Pinguipedidae (3)		
<i>Hemigymnus fasciatus</i>		PBR	<i>Paraperis australis</i>		BR
<i>Hemigymnus melapterus</i>		PBR	<i>Paraperis hexophthalma</i>		BR
<i>Labrichthys unilineatus</i>		P	<i>Paraperis millepunctata</i>		BR
<i>Labroides bicolor</i>		P	Plesiopidae (1)		
<i>Labroides dimidiatus</i>		PBR	<i>Assessor macneilli</i>		P
<i>Labropsis australis</i>		PR	Pomacanthidae (7)		
<i>Novaculichthys taeniourus</i>		BR	<i>Centropyge bicolor</i>		PR
<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>		PR	<i>Centropyge bispinosa</i>		PBR
<i>Pseudocheilinus evanidus</i>		PR	<i>Centropyge flavissima</i>		PBR
<i>Pseudocheilinus hexataenia</i>		BR	<i>Centropyge tibicen</i>		PR
<i>Pseudocoris yamashiroi</i>		B	<i>Pomacanthus imperator</i>		P
<i>Stethojulis bandanensis</i>		PBR	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>		P
<i>Stethojulis strigiventer</i>		PBR	<i>Pygoplites diacanthus</i>		P
<i>Thalassoma hardwicke</i>		PBR	Pomacentridae (47)		
<i>Thalassoma lunare</i>		PBR	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>		PBR
<i>Thalassoma lutescens</i>		PBR	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>		B
<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>		PR	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>		PR
Lethrinidae (7)			<i>Amphiprion akindynos</i>		PBR
<i>Gnathodentex aureolineatus</i>		PB	<i>Amphiprion clarkii</i>		PR
<i>Lethrinus atkinsoni</i>	1	PBR	<i>Amphiprion melanopus</i>		BR
<i>Lethrinus nebulosus</i>	1	B	<i>Cheiloprion labiatus</i>		R
<i>Lethrinus obsoletus</i>	1	BR	<i>Chromis agilis</i>		P
<i>Lethrinus xanthochilus</i>		PBR	<i>Chromis atripectoralis</i>		PBR
<i>Monotaxis grandoculis</i>		PBR	<i>Chromis atripes</i>		P
<i>Monotaxis heterodon</i>		PBR	<i>Chromis chrysur</i>		P
Lutjanidae (7)			<i>Chromis flavomaculata</i>		P
<i>Aprion virescens</i>	1	P	<i>Chromis iomelas</i>		P
<i>Lutjanus bohar</i>		PR	<i>Chromis lepidolepis</i>		P
<i>Lutjanus fulvus</i>		PBR	<i>Chromis margaritifer</i>		PR
<i>Lutjanus gibbus</i>		P	<i>Chromis retrofasciata</i>		P
<i>Lutjanus kasmira</i>		PB	<i>Chromis vanderbilti</i>		P
<i>Lutjanus quinquelineatus</i>		B	<i>Chromis viridis</i>		PBR
<i>Macolor niger</i>	1	P	<i>Chromis weberi</i>		P
Microdesmidae (1)			<i>Chromis xanthura</i>		P
<i>Ptereleotris evides</i>		PR	<i>Chrysiptera biocellata</i>		BR
Monacanthidae (4)			<i>Chrysiptera brownriggii</i>		R
<i>Amanses scopas</i>		B	<i>Chrysiptera caesifrons</i>		PR
<i>Cantherhines dumerilii</i>		P	<i>Chrysiptera rollandi</i>		PBR
<i>Oxymonacanthus longirostris</i>		PBR	<i>Chrysiptera taupou</i>		PBR
<i>Pervagor janthinosoma</i>		B	<i>Dascyllus aruanus</i>		BR
Mullidae (9)			<i>Dascyllus reticulatus</i>		PBR
<i>Mulloidichthys flavolineatus</i>		BR	<i>Dascyllus trimaculatus</i>		BR
<i>Mulloidichthys vanicolensis</i>		B	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>		PBR

Famille (nb. Esp.) - Espèce	C	T	Famille (nb. Esp.) - Espèce	C	T
<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>		PBR	<i>Scarus rivulatus</i>	1	PBR
<i>Pomacentrus adelus</i>		PBR	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	1	P
<i>Pomacentrus amboinensis</i>		BR	<i>Scarus schlegeli</i>	1	PBR
<i>Pomacentrus bankanensis</i>		PBR	<i>Scarus spinus</i>	1	P
<i>Pomacentrus chrysurus</i>		BR	Serranidae (11)		
<i>Pomacentrus coelestis</i>		PBR	<i>Cephalopholis argus</i>	1	PB
<i>Pomacentrus lepidogenys</i>		PB	<i>Cephalopholis miniata</i>	1	P
<i>Pomacentrus moluccensis</i>		PBR	<i>Cephalopholis urodeta</i>	1	PR
<i>Pomacentrus pavo</i>		BR	<i>Epinephelus howlandi</i>	1	B
<i>Pomacentrus philippinus</i>		P	<i>Epinephelus maculatus</i>	1	B
<i>Pomacentrus vaiuli</i>		PBR	<i>Epinephelus marginalis</i>	1	PBR
<i>Stegastes albifasciatus</i>		R	<i>Epinephelus merra</i>	1	PBR
<i>Stegastes fasciolatus</i>		PBR	<i>Epinephelus polyphekadion</i>	1	BR
<i>Stegastes gascoynei</i>		PB	<i>Plectropomus laevis</i>		PB
<i>Stegastes insularis</i>		P	<i>Plectropomus leopardus</i>	1	B
<i>Stegastes nigricans</i>		BR	<i>Plectropomus maculatus</i>	1	P
<i>Stegastes punctatus</i>		BR	Siganidae (5)		
Scaridae (20)			<i>Siganus corallinus</i>	1	P
<i>Bolbometopon muricatum</i>	1	P	<i>Siganus doliatus</i>	1	PBR
<i>Cetoscarus ocellatus</i>	1	P	<i>Siganus puellus</i>		BR
<i>Chlorurus frontalis</i>	1	P	<i>Siganus punctatus</i>	1	BR
<i>Chlorurus microrhinos</i>	1	PBR	<i>Siganus spinus</i>	1	BR
<i>Chlorurus sordidus</i>	1	PBR	Sphyracidae (1)		
<i>Hipposcarus longiceps</i>	1	BR	<i>Sphyracna barracuda</i>		P
<i>Scarus altipinnis</i>	1	PBR	Synodontidae (1)		
<i>Scarus chameleone</i>	1	PBR	<i>Synodus variegatus</i>		BR
<i>Scarus dimidiatus</i>	1	P	Tetraodontidae (4)		
<i>Scarus frenatus</i>	1	P	<i>Arothron nigropunctatus</i>		P
<i>Scarus ghobban</i>	1	PBR	<i>Arothron spp</i>		P
<i>Scarus globiceps</i>	1	PR	<i>Canthigaster bennetti</i>		BR
<i>Scarus longipinnis</i>	1	P	<i>Canthigaster valentini</i>		PBR
<i>Scarus niger</i>	1	P	Zanclidae (1)		
<i>Scarus oviceps</i>	1	PB	<i>Zanclus cornutus</i>		PBR
<i>Scarus psittacus</i>	1	PBR			

Certaines espèces emblématiques de poissons ont également été observées :

- Des requins (Carcharhinidae, 2 espèces) ont été observés sur 8 stations (53.3% des stations). Cette fréquence est intermédiaire entre celle des récifs éloignés et celle des zones où la présence humaine est la plus importante (Figure 4). Ce résultat traduit un impact anthropique à Bourail, les requins de récif évitant la présence humaine (Juhel, et al., 2019). Seize spécimens ont été observés :
 - 8 requins gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*) de 70 à 150 cm (4 stations).
 - 8 requins à ailerons blancs du lagon (*Triaenodon obesus*) de 90 à 150 cm (5 stations).
- La carangue grosse tête (*Caranx ignobilis*) a été observée sur une station (BO05, 1 individu de 85 cm).
- Le Napoléon (*Cheilinus undulatus*) : 9 individus, de 20 à 85 cm, 6 stations. Cette espèce est également moins fréquente que dans les récifs éloignés où la présence humaine est rare mais plus fréquente que dans les sites où la présence humaine est la plus forte et sur les récifs les plus sud (Côte Oubliée, Walpole, Ile des pins) (Figure 5). Ce résultat rend compte d'un impact anthropique modéré à Bourail, cette espèce très timide vis-à-vis de l'homme n'ayant été protégée que récemment.
- Le perroquet à bosse (*Bolbometopon muricatum*) : 12 individus, de 70 à 95 cm, station BO08. L'observation de cette espèce très facilement impactée par la pêche est un signe positif.

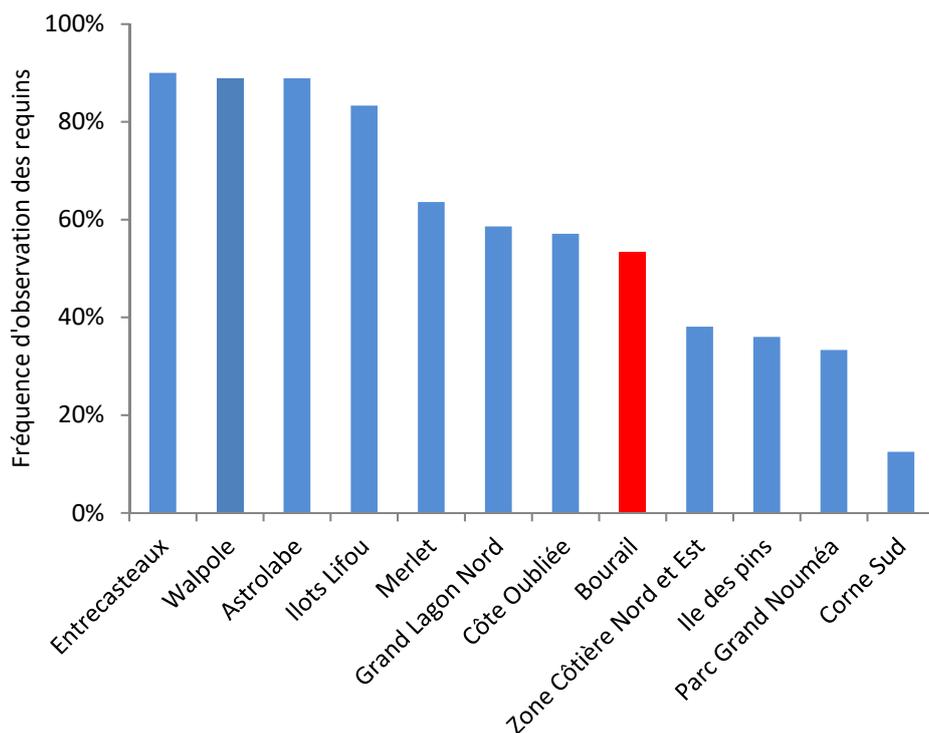


Figure 4 : Fréquence d'observation des requins sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

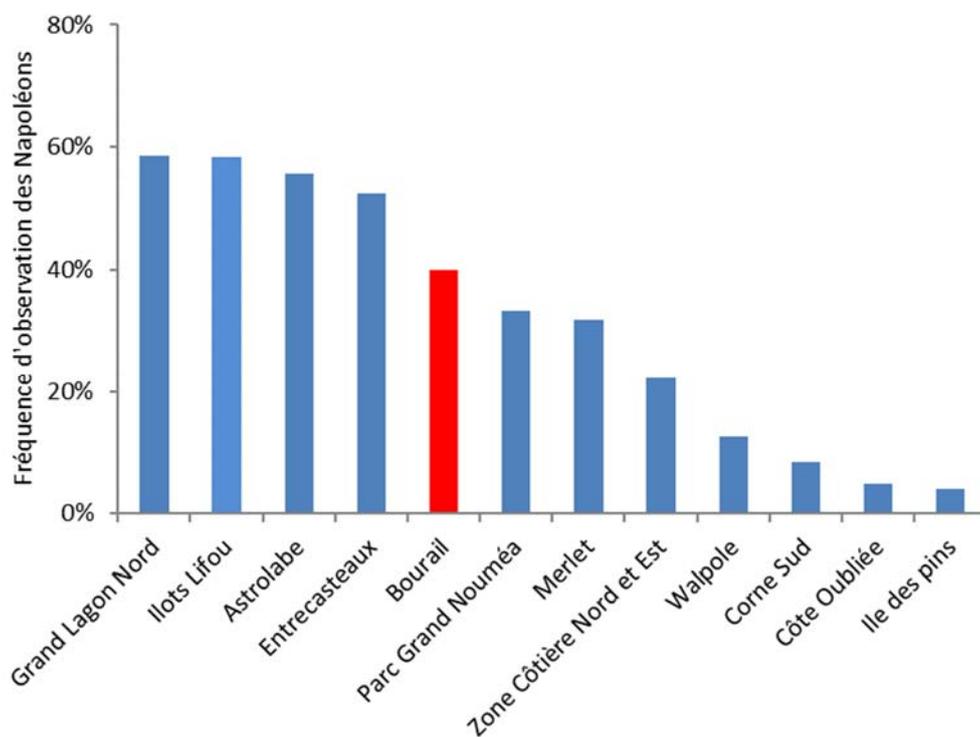


Figure 5 : Fréquence d'observation des Napoléons sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

5.1.1.2 Richesse spécifique par station, densité et biomasse

En moyenne 74.1 espèces ont été recensées par station pour une densité de 1.71 poisson/m² et une biomasse de 76.0 g/m² (Tableau 4). La richesse spécifique par station est inférieure à celle de Merlet, Astrolabe et du lagon du Grand Nouméa (Figure 6). Elle est supérieure à celle de l'Île des Pins et de Walpole (Figure 6). Ce résultat est normal compte tenu de la diversité des habitats disponibles et de la latitude. La densité est comparable à celles des autres éléments du bien inscrit (Figure 6). Cependant, elle reste inférieure aux maximums du lagon du Grand Nouméa et de Merlet. La biomasse est la plus faible enregistrée en Nouvelle-Calédonie depuis 2011 (Figure 6). Elle est du même ordre que celles des autres éléments du bien où la pêche est autorisée (Corne Sud et Zone Côtière Nord et Est, Île des Pins), ainsi que de la Côte Oubliée. Ces caractéristiques générales sont conformes à la faible superficie (lagon étroit et peu profond) et l'impact anthropique dans la zone.

Les espèces commerciales représentent une part importante de l'ichtyofaune (20.6%) à chaque station (Tableau 4). Ces espèces sont moins bien représentées en densité (12.2%). Elles sont plus importantes en biomasse (48.1%) mais cette importance reste relativement faible et inférieure à 50%. Il s'agit du minimum observé en Nouvelle-Calédonie (Figure 7). Les principales espèces commerciales sont les Scaridae en richesse spécifique par station (45.8% des commerciaux), en densité (68.4% des commerciaux) et en biomasse (48.5% des commerciaux). Ces caractéristiques ne peuvent s'expliquer uniquement par les spécificités de l'habitat (lagon étroit et peu profond) mais aussi par une pression de pêche dans les zones non protégées qui doit être significative au regard de la faible superficie des formations récifo-lagonaires.

Les Chaetodontidae sont diversifiés mais leur contribution à l'ensemble de l'ichtyofaune est relativement peu importante avec 10.1% des espèces par station, 3.7% de la densité et 2.0% de la biomasse (Tableau 4). Ces valeurs sont intermédiaires pour la Nouvelle-Calédonie (Figure 8). Par ailleurs, ces proportions confirment la bonne santé des formations coralliennes échantillonnées et correspondent aux niveaux de recouvrements coralliens de la zone d'étude (cf. § 5.1.3).

En résumé, les niveaux de population de poissons sont satisfaisants sur les récifs de Bourail en 2019. Toutefois, la biomasse est faible au regard des autres formations de Nouvelle-Calédonie. La faible superficie des formations récifo-lagonaires dans la zone d'une part et la pression humaine de l'autre expliquent ces caractéristiques, notamment pour les espèces commerciales.

Tableau 4 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse moyennes des communautés de poissons sur les stations échantillonnées à Bourail en 2019.

Les valeurs moyennes sont données avec un intervalle de confiance de 95%. La biomasse est calculée sans les Chondrichthyens.

	Richesse spécifique par station	Densité (poisson/m ²)	Biomasse (g/m ²)
Ichtyofaune totale	74.1 ± 6.3	1.711 ± 0.300	76.01 ± 23.72
Commerciaux	15.3 ± 2.7	0.209 ± 0.059	36.53 ± 13.40
Serranidae	1.8 ± 0.5	0.016 ± 0.006	3.73 ± 2.53
Scaridae	7.0 ± 1.3	0.143 ± 0.053	17.72 ± 9.69
Acanthuridae	2.9 ± 0.8	0.026 ± 0.014	8.03 ± 3.27
Siganidae	1.3 ± 0.7	0.015 ± 0.012	1.27 ± 1.05
Chaetodontidae	7.5 ± 1.2	0.063 ± 0.019	1.51 ± 0.83

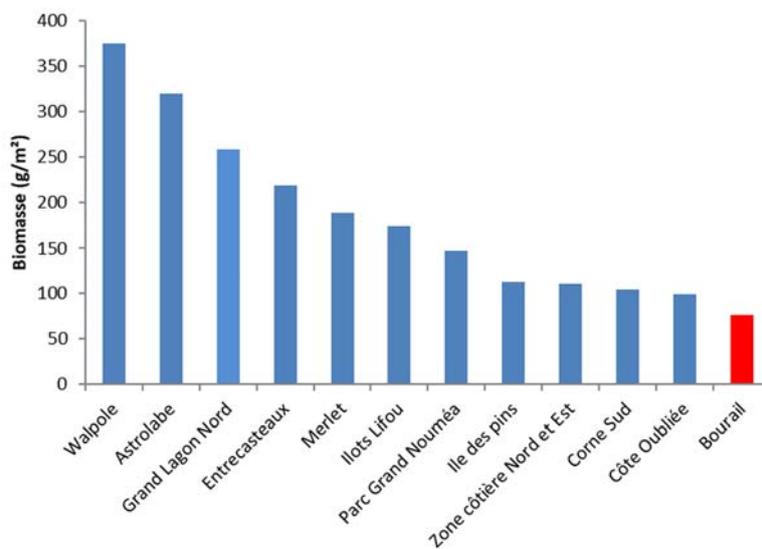
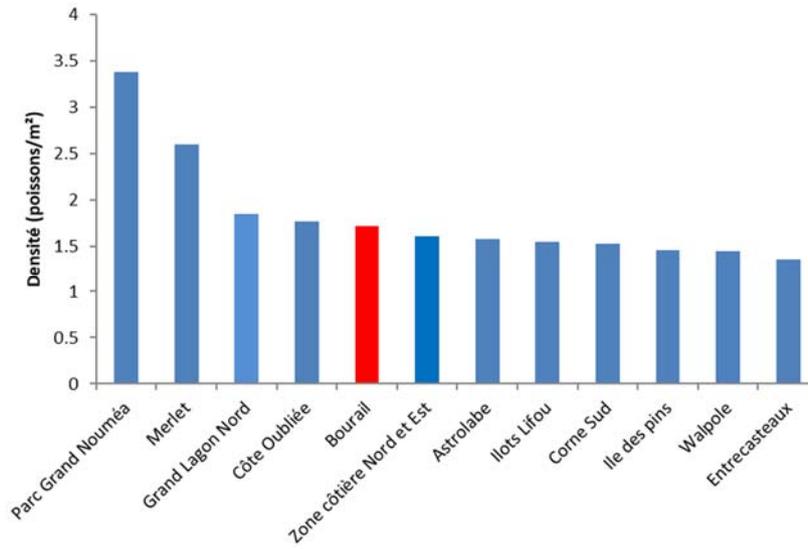
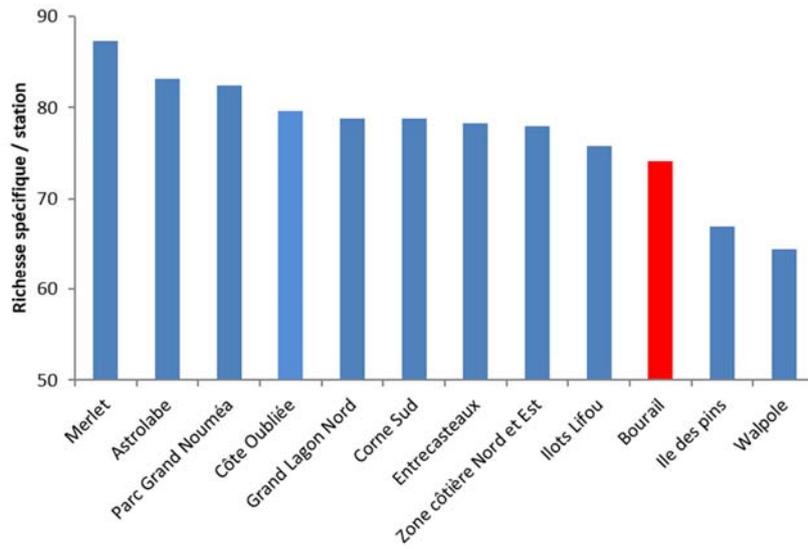


Figure 6 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse des poissons sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

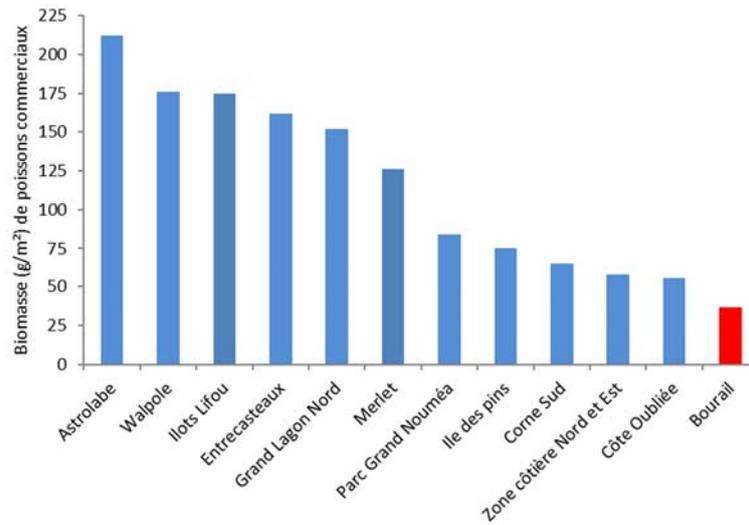


Figure 7 : Biomasse des poissons commerciaux sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

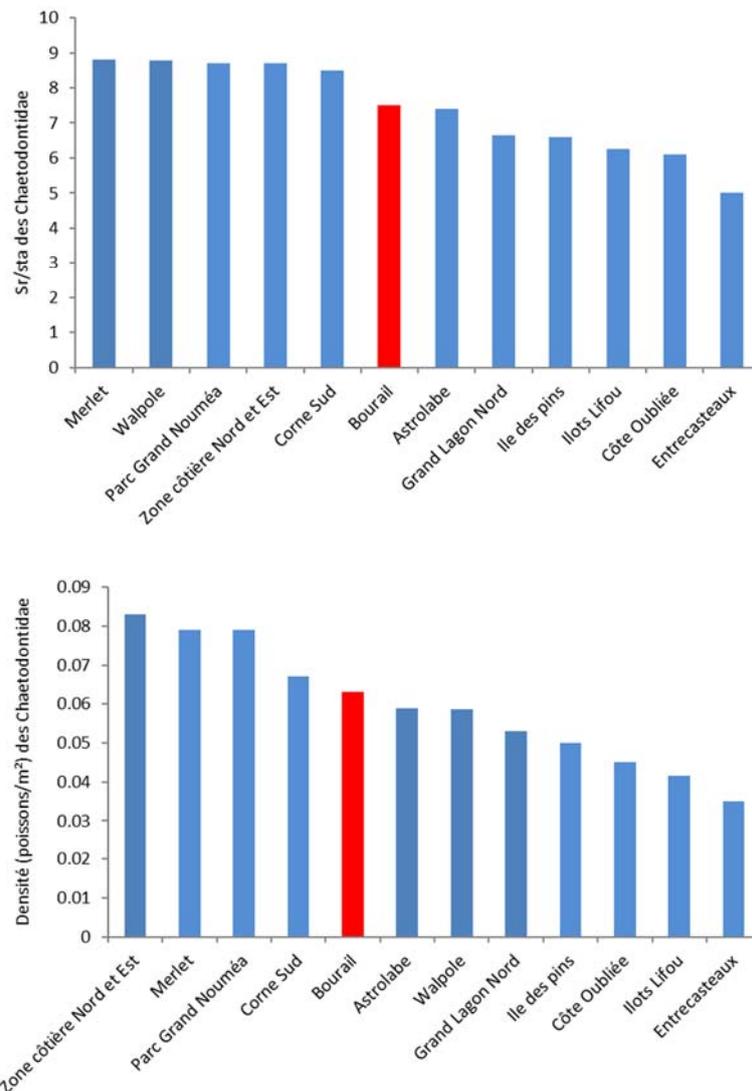


Figure 8 : Richesse spécifique par station (Sr/sta) et densité des Chaetodontidae sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

5.1.2 Caractéristiques du macrobenthos épigé

Au total, 98 taxons macrobenthiques épigés ont été observés sur les 15 stations échantillonnées. Ils font partie du cortège habituel des macroinvertébrés des récifs coralliens du type de formations étudiées (Tableau 5). Il s'agit principalement de mollusques et, dans une moindre mesure, d'échinodermes et de crustacés.

Les caractéristiques moyennes du macrobenthos cible de Bourail sont données dans le Tableau 6. En moyenne 25.8 taxons ont été recensés par station. Cette diversité est importante et reflète la diversité des habitats coralliens et les spécificités des récifs de Bourail (Figure 9). La densité est importante avec 227.1 individus/250m². Elle est dans la moyenne supérieure pour les formations coralliennes de Nouvelle-Calédonie (Figure 9).

Le taxon qui domine les peuplements est le ver spirobranche (*Spirobranchus giganteus*, 93.5 individus/250 m²), devant un oursin foreur (*Echinometra mathaei*, 23.7 individus/250 m²). Le premier vit encastré dans les coraux massifs et le second dans la dalle corallienne. Les colonies d'éponges *Cliona orientalis* (13.2 colonies/250 m²), le petit bénitier foreur (*Tridacna crocea*, 8.9 individus/250 m²) et les oursins crayons *Heterocentrotus mamillatus* (6.6 individus/m²) sont également nombreux.

Des mollusques commerciaux ont été observés sur toutes les stations. Il s'agit principalement du petit bénitier foreur (*Tridacna crocea*, 14 stations) et d'une autre espèce de bénitier (*Tridacna maxima*, 11 stations). Le trocas (*Rochia nilotica*) a été recensé sur 6 stations. Ces 3 espèces dominent également en densité : *T. crocea* (8.9 individus/250 m²), *T. maxima* (2.2 individus/250 m²) et *R. nilotica* (1.0 individu/250 m²).

La densité des bénitiers (11.9 individus/250 m²) est élevée (Purcell, et al., 2009), le peuplement étant dominé par le petit bénitier foreur (*T. crocea*). Cette densité est le maximum observé en Nouvelle-Calédonie depuis 2010 (Figure 10). Ce maximum s'explique par la présence d'agrégations de *Tridacna crocea*. Toutes espèces confondues, la taille moyenne est relativement faible (11.3 ± 0.9 cm) et relativement variable (CV = 54.7%). La distribution de fréquence des tailles est dissymétrique vers les petits individus (Figure 11). Cependant, quelques individus de taille adulte sont présents (19 spécimens ≥ 20 cm), mais seuls 2 spécimens de grande taille ont été observés : un *Tridacna squamosa* de 40 cm (taille maximale de l'ordre de 45 cm selon la CITES¹) et un *Tridacna derasa* de 39 cm (taille maximale de l'ordre de 60 cm selon la CITES¹). Par ailleurs, de gros spécimens de *T. crocea* (13 spécimens ≥ 20 cm, max = 23 cm) sont observés, ce qui est exceptionnel pour cette espèce (taille maximale de l'ordre de 15 cm selon la CITES¹).

¹ AC22 Doc. 10.2. Annex 8

Tableau 5 : Liste des espèces macrobenthiques épigées échantillonnées sur les récifs de Bourail en 2019.

T : type de récif ; P : pente externe ; B : récif barrière interne ; L : récif lagunaire.

Taxon	T	Taxon	T	Taxon	T
Eponges (2 taxons)		<i>Chama</i> spp	PBL	<i>Trapezia flavopunctata</i>	P
<i>Cliona jullieni</i>	PB	<i>Isognomon isognomon</i>	L	<i>Trapezia rufopunctata</i>	PBL
<i>Cliona orientalis</i>	PBL	<i>Pedum spondyloideum</i>	PBL	<i>Trapezia septata</i>	PL
Mollusques (53 taxons)		Pinnidae indéterminés	BL	<i>Trapezia</i> spp	B
Gastéropodes (30 taxons)		<i>Pteria</i> spp	PBL	Vers (3 taxons)	
<i>Astraea</i> spp	BL	<i>Saccostrea cucullata</i>	B	Annélides (3 taxons)	
<i>Astrarium rhodostomum</i>	PBL	<i>Septifer</i> spp	PBL	<i>Loimia medusa</i>	L
<i>Cerithium echinatum</i>	PBL	<i>Spondylus</i> spp	BL	<i>Sabellastarte</i> spp	B
<i>Cerithium nodulosum</i>	B	<i>Streptopinna saccata</i>	B	<i>Spirobranchus giganteus</i>	PBL
<i>Chicoreus microphyllus</i>	B	<i>Tridacna crocea</i>	PBL	Echinodermes (21 taxons)	
<i>Conus leopardus</i>	BL	<i>Tridacna derasa</i>	B	Astérides (7 taxons)	
<i>Conus miles</i>	PL	<i>Tridacna maxima</i>	PBL	<i>Echinaster luzonicus</i>	L
<i>Conus</i> spp	PL	<i>Tridacna</i> spp	PBL	<i>Fromia indica</i>	B
<i>Coralliophila violacea</i>	PBL	<i>Tridacna squamosa</i>	PL	<i>Fromia milleporella</i>	BL
<i>Cypraea tigris</i>	PB	Nudibranches (7 taxons)		<i>Gomophia egyptiaca</i>	PB
<i>Drupa ricinus</i>	PL	<i>Chromodoris elisabethina</i>	B	<i>Linckia laevigata</i>	L
<i>Drupa rubusidaeus</i>	P	<i>Glossodoris rufomarginata</i>	L	<i>Linckia multifora</i>	BL
<i>Drupella cornus</i>	PBL	<i>Halgerda johnsonorum</i>	PL	<i>Neoferdina cumingi</i>	P
<i>Drupina grossularia</i>	PBL	<i>Phyllidiella coelestis</i>	P	Crinoïdes (1 taxon)	
<i>Haliotis ovina</i>	PL	<i>Phyllidiella picta</i>	L	<i>Comanthus</i> spp	PBL
<i>Lambis truncata</i>	L	<i>Phyllidiella pustulosa</i>	PB	Echinides (6 taxons)	
<i>Latirogena smaragdulus</i>	PBL	<i>Pteraeolidia ianthina</i>	P	<i>Diadema savignyi</i>	B
<i>Latirus polygonus</i>	PL	Crustacés (19 taxons)		<i>Diadema setosum</i>	B
<i>Mitra</i> spp	B	<i>Alpheus lottini</i>	P	<i>Echinometra mathaei</i>	PBL
<i>Monetaria caputserpentis</i>	PL	<i>Alpheus</i> spp	B	<i>Echinostrephus aciculatus</i>	PBL
<i>Monetaria moneta</i>	L	<i>Calcinus minutus</i>	PL	<i>Heterocentrotus mamillatus</i>	PBL
<i>Peristernia nassatula</i>	PB	<i>Cymo quadrilobatus</i>	PL	<i>Tripneustes gratilla</i>	L
<i>Rochia nilotica</i>	P	<i>Cymo</i> spp	B	Holothurides (5 taxons)	
<i>Tectus fenestratus</i>	PL	<i>Dardanus</i> spp	PBL	<i>Actinopyga lecanora</i>	P
<i>Tectus pyramis</i>	PBL	Pagures indéterminés	PBL	<i>Holothuria edulis</i>	L
<i>Thais</i> spp	L	<i>Paguritta</i> spp	PBL	<i>Holothuria fuscopunctata</i>	BL
<i>Turbo chrysostomus</i>	PBL	<i>Panulirus</i> spp	PB	<i>Holothuria lessoni</i>	L
<i>Turbo setosus</i>	PBL	<i>Percnon planissimum</i>	P	<i>Holothuria whitmaei</i>	P
<i>Vasum ceramicum</i>	P	<i>Periclimenes</i> spp	L	Ophiures (2 taxons)	
<i>Vasum turbinellus</i>	L	<i>Saron neglectus</i>	B	<i>Ophiothrix</i> spp	PBL
Bivalves (16 taxons)		<i>Saron</i> spp	L	Ophiures indéterminées	PBL
<i>Arca</i> spp	PBL	<i>Trapezia bidentata</i>	PBL		
<i>Arca ventricosa</i>	BL	<i>Trapezia cymodoce</i>	BL		

Tableau 6 : Richesse taxonomique par station et densité du macrobenthos épibenthique sur les récifs de Bourail en 2019.

Les valeurs moyennes sont données avec un intervalle de confiance de 95%.

	Richesse taxonomique par station	Densité (ind./250m ²)
Total macrobenthos	25.8 ± 3.0	227.1 ± 120.8
Eponges (clones)	-	15.7 ± 16.5
Mollusques		
Gastéropodes	8.3 ± 1.7	34.7 ± 10.6
Bivalves	4.7 ± 1.3	18.6 ± 8.2
Crustacés	5.1 ± 1.0	19.6 ± 8.4
Échinodermes		
Astérides	1.1 ± 0.5	1.8 ± 1.0
Crinoïdes	-	1.9 ± 1.5
Echinides	1.8 ± 0.6	31.8 ± 26.4
Holothurides	0.4 ± 0.5	0.5 ± 0.6

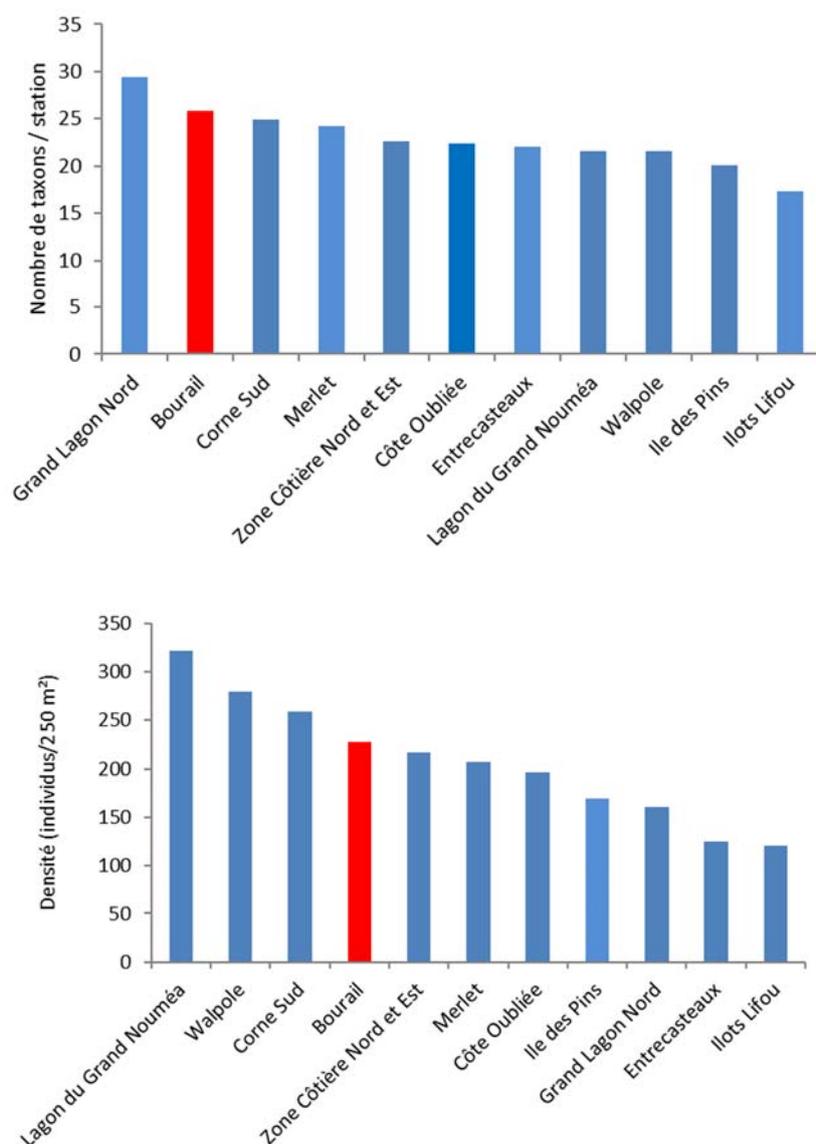


Figure 9 : Richesse taxonomique par station et densité des macroinvertébrés épibenthiques sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.

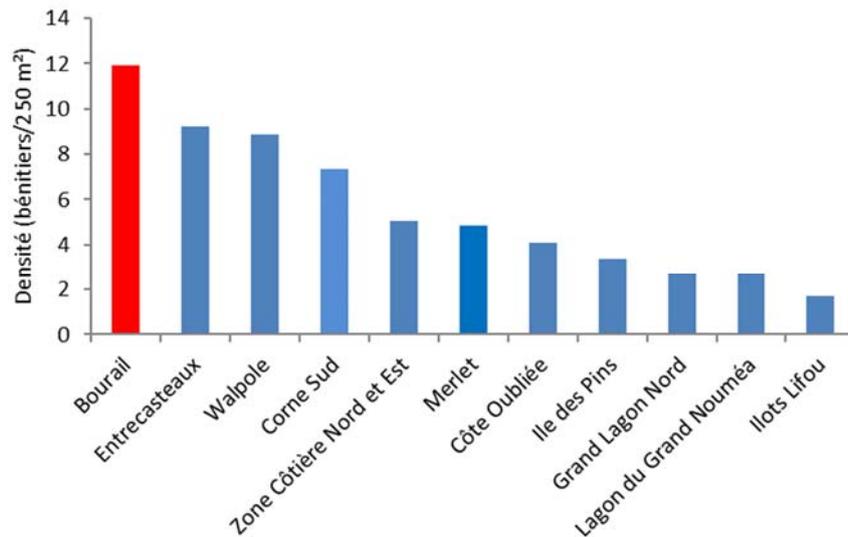


Figure 10 : Densité des bénitiers sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.

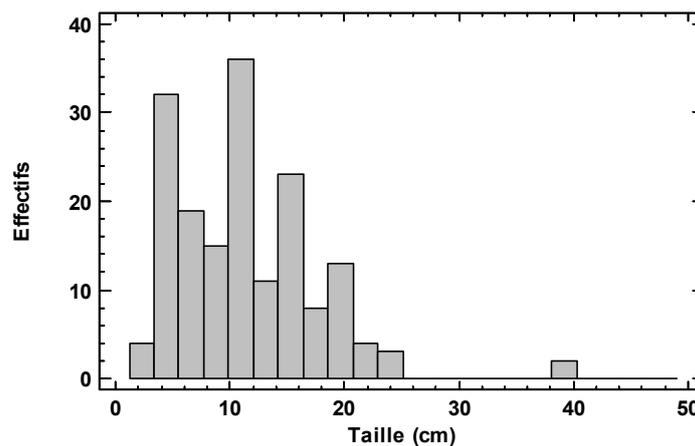


Figure 11 : Histogramme de distribution de fréquence des tailles des bénitiers échantillonnés sur les récifs de Bourrail en 2019.

Quinze trocas (*Rochia nilotica*) ont été observés ce qui indique que les populations de cette espèce, dont l'habitat préférentiel n'a pas été échantillonné, sont relativement développées. La taille moyenne des individus observés est de 10.5 ± 1.0 cm (max = 14 cm). Des lambis (*Lambis truncata*, 2 spécimens) et une langouste (*Panulirus* sp, 1 spécimen) ont également été observés.

Deux holothuries à forte valeur commerciale (Purcell, 2010) ont été observées sur les stations échantillonnées : *Holothuria lessoni* (1 spécimen) et *Holothuria whitmaei* (1 spécimen). L'espèce la plus abondante, *Holothuria fuscopunctata* (3 spécimens) a une valeur commerciale moyenne. Ces populations restent peu abondantes sur les stations étudiées.

Les communautés macrobenthiques épigées des récifs de Bourrail sont en bonne santé et conformes aux types de formations présentes. Toutefois, les plus grosses espèces de bénitiers et les populations

d'holothuries sont peu abondantes, ce qui indique que l'impact de la pêche avant interdiction est toujours sensible malgré les mesures de protections. Ces ressources mettent effectivement beaucoup de temps à se reconstituer quand les niveaux de populations sont bas.

5.1.3 Caractéristiques de l'habitat corallien

Les caractéristiques moyennes de l'habitat sont représentées à la Figure 12. Le substrat est diversifié (22 des 29 classes possibles). La composante biotique (57.4%) domine la composante abiotique (42.6%). La composante biotique est majoritairement corallienne (56.2% du substrat vivant), notamment les formes fragiles (CBTF, 24.9% du substrat vivant) et les formes résistantes (CME, 24.0% du substrat vivant). Les algues calcaires encroûtantes sont également importantes (31.9% du substrat vivant). Le substrat abiotique est dominé par la dalle corallienne (45.6% du substrat non vivant) devant le sable (35.2% du substrat non vivant) et les débris (11.0% du substrat non vivant).

Les formations coralliennes sont diversifiées et bien développées. Toutes les catégories de formes ont été recensées à l'exception des *Acropora* encroûtants et des coraux libres (Figure 13). Les *Acropora* branchus (24.2%), les coraux massifs (21.6%) et les coraux branchus (12.8%) dominent devant les coraux encroûtants (19.3%).

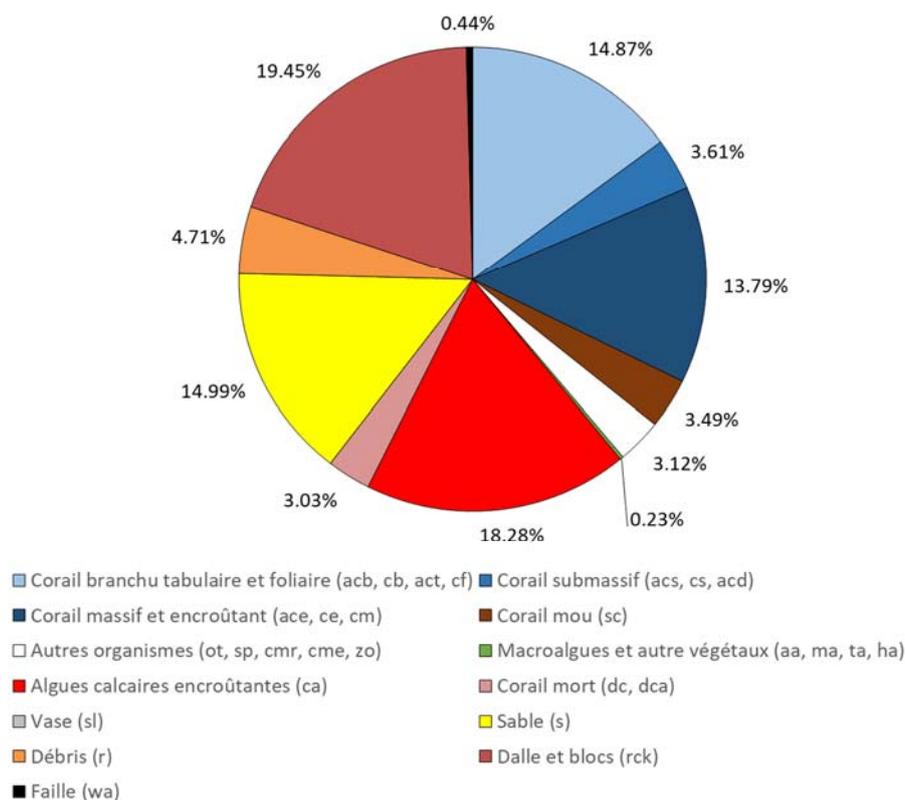


Figure 12 : Caractéristiques moyennes des habitats coralliens échantillonnés à Bourail en 2019.

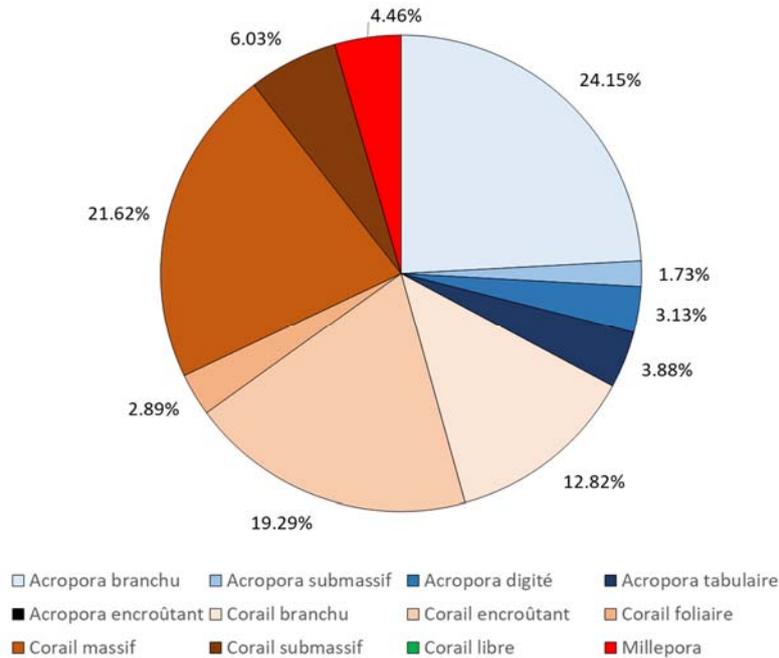


Figure 13 : Pourcentage des différentes formes de corail vivant et des *Millepora* des habitats coralliens échantillonnés à Bourail en 2019.

5.2 Caractéristiques des différents types de formations

La typologie des formations correspond à celle utilisée pour le suivi de 2014 (Wantiez, et al., 2015b). Elle comprend 3 catégories : pente externe, récif barrière interne et récif lagunaire.

5.2.1 Pente externe

Six stations de pente externe ont été échantillonnées à Bourail en 2019 (Tableau 1) : BO05, BO07B, BO08, BO10, BO12, BO14.

5.2.1.1 Communautés de poissons

Au total, 196 espèces appartenant à 32 familles ont été recensées sur les 6 stations de pente externe échantillonnées à Bourail (Tableau 3), dont 43 espèces sont des espèces commerciales (21.9%). Les familles les plus diversifiées sont caractéristiques des pentes externes en bonne santé :

- Les Pomacentridae (demoiselles) : 34 espèces.
- Les Labridae (labres et girelles) : 28 espèces.
- Les Chaetodontidae (papillons) : 23 espèces.
- Les Scaridae (perroquets) : 19 espèces.
- Les Acanthuridae (picots kanaks et chirurgiens) : 16 espèces.

Les caractéristiques moyennes de l'ichtyofaune de la pente externe sont données dans le Tableau 7. En moyenne 79.5 espèces de poissons ont été recensés par station ce qui est dans la moyenne des pentes externes de Nouvelle-Calédonie et correspond aux types de formations de Bourail (Figure 14). La densité (1.49 poissons/m²) est également intermédiaire, inférieure à Astrolabe, Merlet et Grand Lagon Nord, et supérieure à l'Île des Pins (Figure 14). En revanche, la biomasse (96.4 g/m²) est faible pour la Nouvelle-Calédonie, et similaire à l'Île des Pins et la Corne Sud (Figure 14).

Les poissons commerciaux représentent 23.0% de la richesse spécifique par station, 11.6% de la densité et 49.0% de la biomasse. La biomasse commerciale est une des plus faibles observées en Nouvelle-Calédonie (Figure 15), similaire à celles de la Corne Sud et de l'Île des Pins. Les Scaridae dominent les espèces commerciales pour les trois indices, devant les Acanthuridae (Tableau 7).

Les Chaetodontidae sont diversifiés (23 espèces) mais leur contribution à l'ensemble de l'ichtyofaune est relativement faible : 11.7% des espèces, 4.5% de la densité et 2.1% de la biomasse (Tableau 7). Ces valeurs sont intermédiaires pour la pente externe en Nouvelle-Calédonie (Figure 16).

Des espèces emblématiques ont également été observées sur la pente externe à Bourail :

- Les requins sont présents sur toutes les stations de pente externe. Cette fréquence maximale est similaire à Astrolabe et Walpole (Figure 17). Il s'agit :
 - Du requin gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*) : 4 stations, 8 spécimens de 70 à 150 cm.
 - Du requin à ailerons blancs du lagon (*Triaenodon obesus*) : 3 stations, 4 spécimens de 90 à 140 cm.
- La carangue grosse tête (*Caranx ignobilis*) : 1 station, 1 spécimen de 85 cm.
- Le Napoléon (*Cheilinus undulatus*) : 3 stations, 4 spécimens de 45 à 85 cm. Sa fréquence d'observation est intermédiaire par rapport aux pentes externes échantillonnées en Nouvelle-Calédonie (Figure 17).
- Le perroquet à bosse (*Bolbometopon muricatum*) : 1 station, 12 spécimens, 70 à 95 cm.

Tableau 7 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse moyennes des communautés de poissons sur les stations de pente externe échantillonnées à Bourail en 2019.

Les valeurs moyennes sont données avec un intervalle de confiance de 95%. La biomasse est calculée sans les Chondrichthyens.

	Richesse spécifique par station	Densité (poisson/m ²)	Biomasse (g/m ²)
Ichtyofaune totale	79.5 ± 13.4	1.489 ± 0.620	94.36 ± 64.42
Commerciaux	18.3 ± 4.0	0.172 ± 0.131	46.24 ± 35.58
Serranidae	1.8 ± 1.2	0.009 ± 0.013	3.18 ± 4.12
Scaridae	9.0 ± 1.8	0.114 ± 0.100	27.61 ± 25.93
Acanthuridae	4.0 ± 1.6	0.034 ± 0.040	7.58 ± 6.00
Siganidae	0.7 ± 0.5	0.008 ± 0.017	1.18 ± 2.61
Chaetodontidae	9.3 ± 1.4	0.067 ± 0.037	1.96 ± 2.23

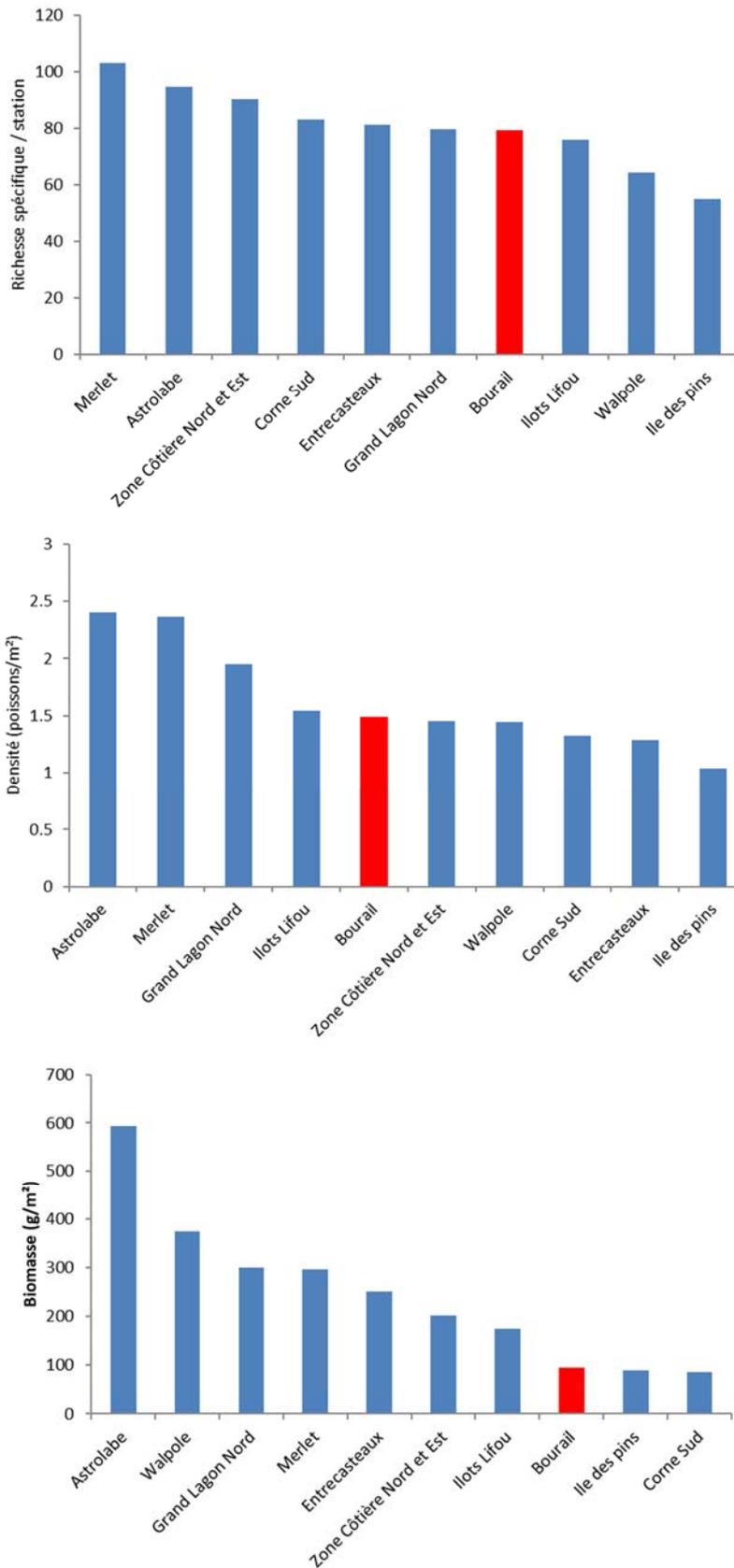


Figure 14 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse des poissons sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

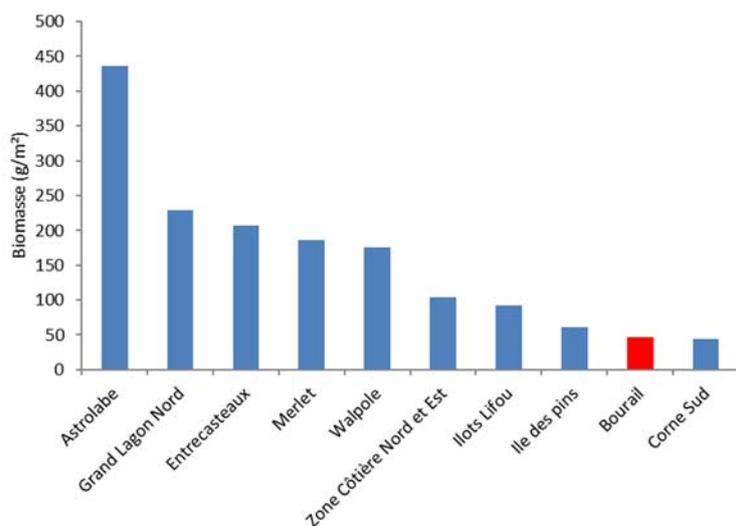


Figure 15 : Biomasse des poissons commerciaux sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

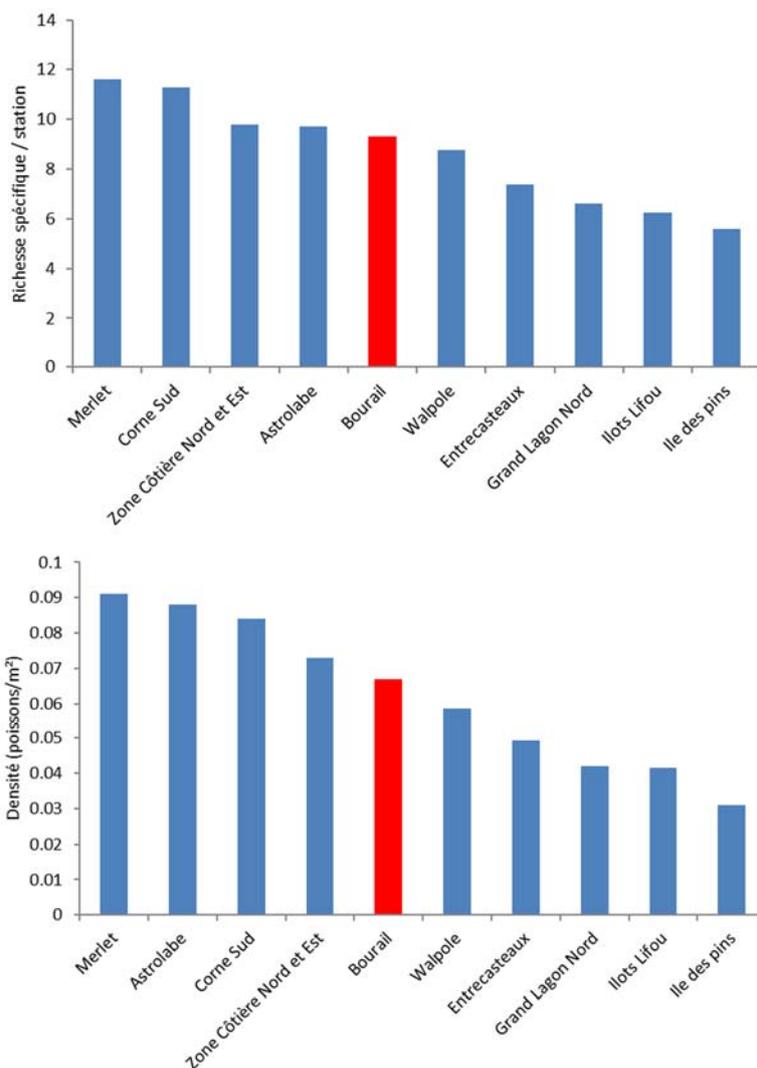


Figure 16 : Richesse spécifique par station et densité des Chaetodontidae sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

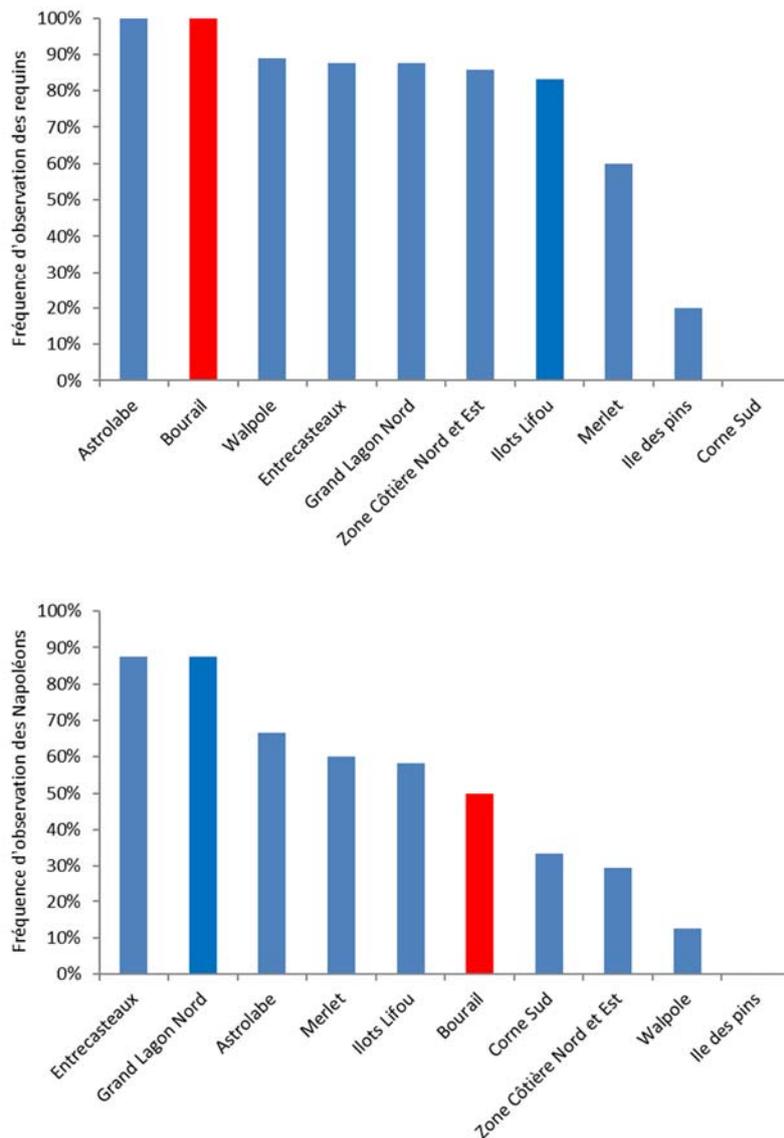


Figure 17 : Fréquence d'observation des requins et des Napoléons sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

Treize espèces ont été observées sur toutes les stations de pente externe, 2 Chaetodontidae (*Chaetodon lunulatus* et *C. pelewensis*), 2 Pomacentridae (*Chromis margaritifer* et *Chrysiptera caesifrons*), 4 Labridae (*Anampses neoguinaicus*, *Epibulus insidiator*, *Gomphosus varius* et *Thalassoma lutescens*), 1 Scaridae (*Chlorurus sordidus*), 2 Acanthuridae (*Ctenochaetus striatus* et *Naso unicornis*) et 1 Zanclidae (*Zanclus cornutus*). Trois demoiselles (*Stegastes fasciolatus*, 0.089 poisson/m² ; *Pomacentrus coelestis*, 0.069 poisson/m² et *Pomacentrus philippinus*, 0.065 poisson/m²), 1 Labridae (*Thalassoma lutescens*, 0.070 poisson/m²) et 1 Caesionidae (*Pterocaesio pisang*, 0.067 poisson/m²) dominant en densité. Ces espèces sont typiques de la partie sommitale des récifs (platier et crête) ou planctonivores des formations sous influence océanique. L'anglais (*Lutjanus bohar*, 10.9 g/m²) et un perroquet (*Scarus rivulatus*, 10.7 g/m²) dominant en biomasse devant un Lethrinidae (*Gnathodentex aureolineatus*, 5.74 g/m²). Par ailleurs, il y a 8 espèces commerciales parmi les 15 principales espèces en biomasse, ce qui confirme la santé satisfaisante de ces peuplements.

En résumé, les niveaux de population sont satisfaisants sur la pente externe à Bourail en 2019. Ces caractéristiques sont conformes aux types de formations présentes et à la morphologie du lagon. Toutefois, la biomasse commerciale est faible ce qui illustre un impact de la pêche sur les formations non protégées en raison de la faible superficie des formations récifo-lagonaires de la zone.

5.2.1.2 Communautés de macroinvertébrés

Au total, 59 taxons cibles ont été recensés sur les 6 stations de pente externe sur lesquelles les invertébrés ont été échantillonnés (Tableau 5). Les gastéropodes (22 taxons) sont les plus diversifiés conformément aux types de formations étudiés.

Les caractéristiques moyennes du macrobenthos épigé de la pente externe sont données dans le Tableau 8. En moyenne 25.5 taxons ont été recensés par station. Cette diversité est importante et fait partie des maximums observés en Nouvelle-Calédonie avec le Grand Lagon Nord et la Corne Sud (Figure 18). Elle rend compte de la diversité des habitats sur la pente externe à Bourail. La densité est importante avec 297.8 individus/250m² mais très variable (CV = 108%). Elle fait aussi partie des maximums observés sur la pente externe en Nouvelle-Calédonie avec la Corne Sud et Walpole (Figure 18). La station BO05 situé dans la passe du Cap se distingue avec une population importante de vers spirobranchés (*Spirobranchus giganteus*).

L'espèce la plus abondante est le ver spirobranche (*Spirobranchus giganteus* : 146.0 individus/250 m²) encastré dans les coraux massifs, devant les colonies d'éponges clones (*Cliona orientalis* : 22.7 colonies/250 m²) et l'oursin crayon (*Heterocentrotus mamillatus* : 15.51 individus/250m²) typique de la pente externe.

Tableau 8 : Richeur taxonomique par station et densité du macrobenthos épibenthique sur la pente externe à Bourail en 2019.

Les valeurs moyennes sont données avec un intervalle de confiance de 95%.

	Richesse spécifique par station	Densité (ind./250m ²)
Total macrobenthos	25.50 ± 4.29	297.83 ± 338.22
Eponges (clones)	-	28.17 ± 45.15
Mollusques		
Gastéropodes	9.50 ± 2.63	44.50 ± 20.10
Bivalves	3.00 ± 2.30	12.50 ± 19.92
Crustacés	5.50 ± 2.18	26.00 ± 17.22
Échinodermes		
Astérides	0.83 ± 0.79	1.33 ± 1.95
Crinoïdes	-	3.33 ± 2.87
Echinides	1.33 ± 0.54	17.50 ± 22.50
Holothurides	0.33 ± 0.54	0.33 ± 0.54

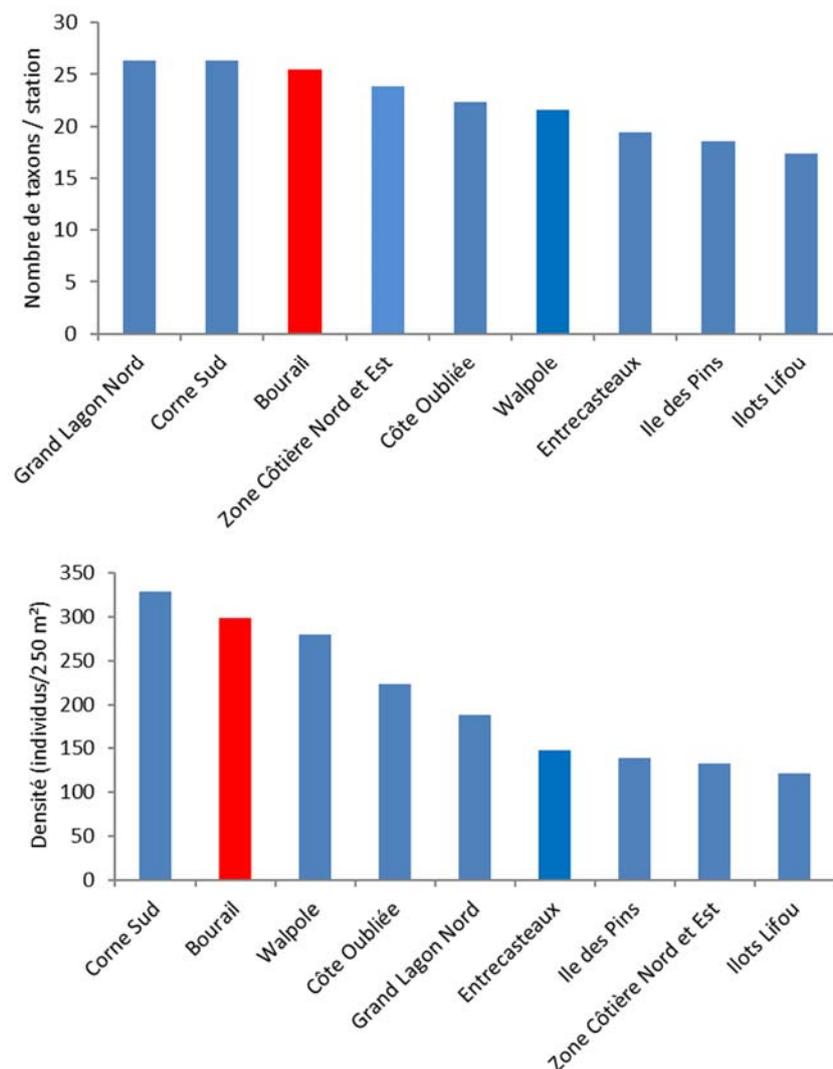


Figure 18 : Richesse taxonomique par station et densité des macroinvertébrés épibenthiques sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.

Les bénitiers ont été observés sur les 6 stations de pente externe. Leur densité est élevée (7.5 individus/250 m²) (Purcell, et al., 2009). Il s'agit de 3 espèces (*Tridacna crocea*, *T. squamosa* et *T. maxima*) ainsi qu'un petit spécimen non identifié. Ce niveau de densité est parmi les plus importants observés sur les pentes externe en Nouvelle-Calédonie (Figure 19) avec Walpole et Entrecasteaux. Il s'explique par la présence d'agrégations du petit bénitier foreur (*Tridacna crocea*) qui affectionne les habitats de dalle corallienne présents à Bourail sur la station BO05 (passe du Cap). La taille moyenne est de 12.9 ± 2.4 cm ce qui indique une domination des petits individus (Figure 20). Huit spécimens de 20 cm et plus ont été recensés. Un seul spécimen de grande taille a été observé, un *Tridacna squamosa* de 40 cm.

Les trocas (*Rochia nilotica*) sont également relativement nombreux (2.5 individus/250 m²) sachant que leur habitat de prédilection n'a pas été échantillonné. Ce sont des individus adultes (10.5 ± 1.0 cm ; 7 à 14 cm). Ce résultat indique que la population de trocas sur le récif barrière de Bourail doit être en bonne santé.

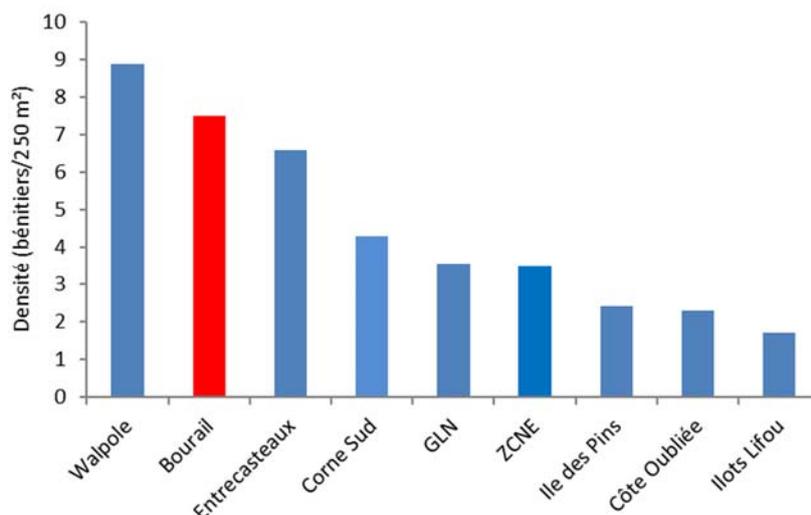


Figure 19 : Densité des bénitiers sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.

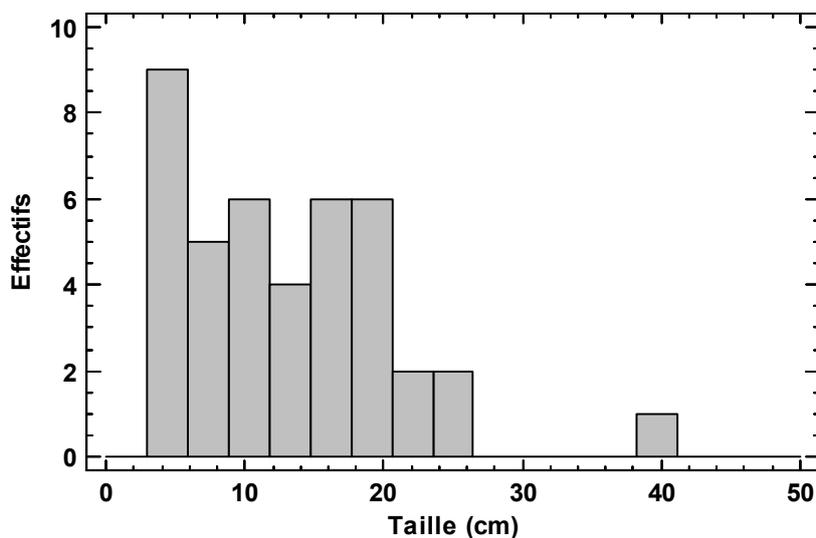


Figure 20 : Histogramme de distribution de fréquence des tailles des bénitiers échantillonnés sur la pente externe à Bourrail en 2019.

Les holothuries sont peu abondantes, la pente externe n'étant pas leur habitat de prédilection. Une espèce à forte valeur commerciale (*Holothuria whitmaei*, 1 spécimen) et une à faible valeur commerciale (*Actinopyga lecanora*, 1 spécimen) ont été observées.

Ces résultats montrent que les communautés de macroinvertébrés épibenthiques de la pente externe des récifs de Bourrail sont en bonne santé en 2019.

5.2.1.3 Habitat

Les caractéristiques moyennes de l'habitat de la pente externe sont représentées à la Figure 21. Le substrat est diversifié (20 des 29 classes possibles) et à forte dominance biotique (77.5%). La composante biotique est principalement corallienne (51.5% du substrat vivant) devant les algues calcaires encroûtantes (31.3% du substrat vivant). Les coraux mous sont également fréquents (10.1% du substrat vivant). La composante abiotique (22.5% du substrat) est essentiellement composée de dalle corallienne (89.8% du substrat abiotique).

Les formations coralliennes sont diversifiées et bien développées. Toutes les catégories de formes observables ont été recensées, à l'exception des *Acropora* encroûtants et des coraux libres (Figure 22). Les assemblages sont dominés par les coraux massifs (29.1%) et les coraux encroûtants (28.9%). Les *Acropora* branchus (11.0%) sont également fréquents.

Ces caractéristiques sont typiques des habitats de pentes externe développés, vivants et très diversifiés.

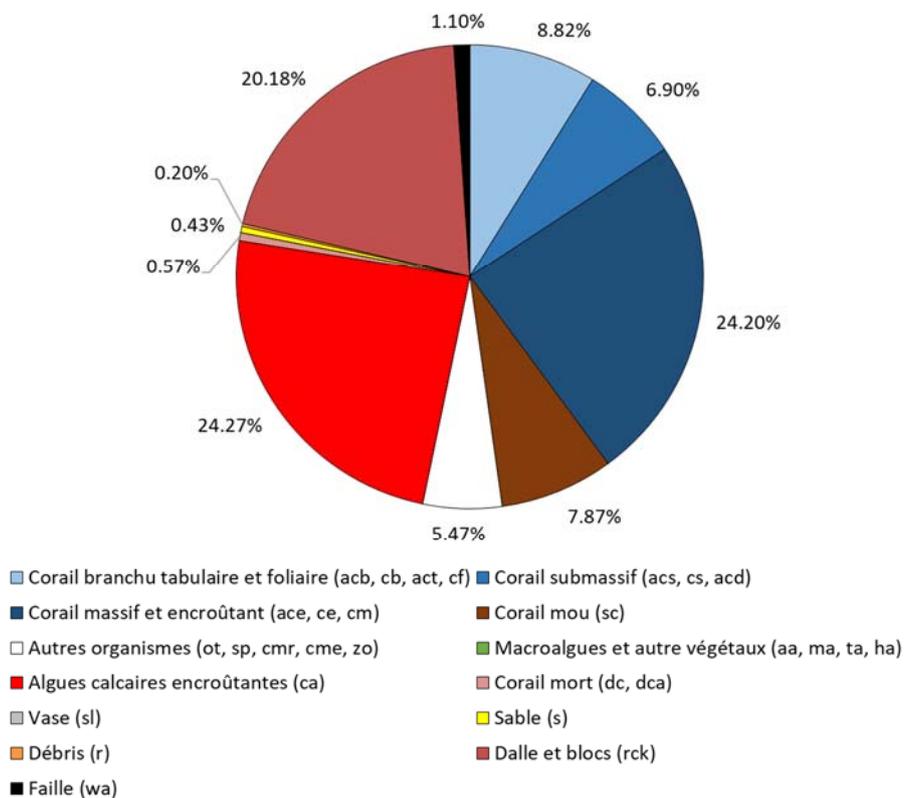


Figure 21 : Caractéristiques moyennes de l'habitat de la pente externe à Bourail en 2019.

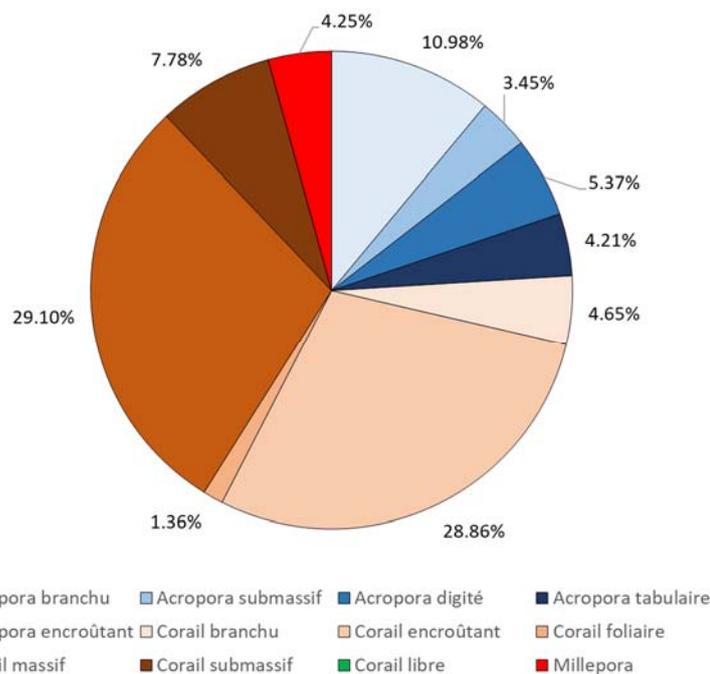


Figure 22 : Caractéristiques moyennes des différentes formes de corail vivant et des *Millepora* sur la pente externe à Bourail en 2019.

5.2.2 Récif barrière interne

Quatre stations ont été échantillonnées sur le récif barrière interne à Bourail (Tableau 1) : BO06, BO09, BO11, BO15.

5.2.2.1 Communautés de poissons

Au total, 152 espèces appartenant à 30 familles ont été recensées sur les 4 stations de récif barrière interne échantillonnées à Bourail en 2019 (Tableau 3), dont 29 espèces sont des espèces commerciales (19.1%). Les familles les plus diversifiées sont caractéristiques des récifs barrières internes en bonne santé :

- Les Labridae (labres et girelles) : 28 espèces.
- Les Pomacentridae (demoiselles) : 28 espèces.
- Les Chaetodontidae (papillons) : 12 espèces.
- Les Acanthuridae (picots kanaks et chirurgiens) : 10 espèces.
- Les Scaridae (perroquets) : 10 espèces.

Les caractéristiques moyennes de l'ichtyofaune du récif barrière interne sont données dans le Tableau 9. En moyenne 73.5 espèces de poissons ont été recensées par station. Ce niveau est relativement faible par rapport aux autres récifs barrières internes étudiés en Nouvelle-Calédonie mais il reste supérieur à celui de la Corne Sud (Figure 23). En revanche, la densité de 1.73 poisson/m² est relativement importante et uniquement dépassée dans le Grand Lagon Nord, en raison notamment de la présence de nombreux petits planctivores (Figure 23). La biomasse (74.8 g/m²) est faible mais conforme aux valeurs enregistrées autour de la Grande Terre (Figure 23).

Les poissons commerciaux représentent 19.5% de la richesse spécifique par station, 14.0% de la densité et 40.7% de la biomasse. Ils sont relativement diversifiés et abondants mais leur biomasse est faible ce qui indique la présence de nombreux juvéniles. Par ailleurs, ces indices présentent de fortes variations entre les stations. La part de biomasse commerciale est une des plus faibles observées en Nouvelle-Calédonie (Figure 24), similaire à celles de la Corne Sud. Les Scaridae dominent les espèces commerciales pour les 3 indices, devant les Acanthuridae et les Serranidae (Tableau 9).

Les Chaetodontidae sont peu diversifiés (12 espèces) et leur contribution à l'ensemble de l'ichtyofaune est relativement faible : 7.2% des espèces, 2.5% de la densité et 1.2% de la biomasse (Tableau 9). Ces valeurs sont relativement faibles pour le récif barrière interne en Nouvelle-Calédonie (Figure 25). Elles s'expliquent par le relativement faible recouvrement corallien (cf. §5.2.2.3).

Seulement 2 espèces emblématiques ont été observées sur le récif barrière interne à Bourail en 2019 :

- Les requins sont présents dans une station (25.0% des stations). Cette fréquence est la plus faible enregistrée sur le récif barrière interne en Nouvelle-Calédonie (Figure 26). Elle est probablement impactée par la présence humaine dans un lagon étroit et peu profond. Il s'agit du requin à ailerons blancs du lagon (*Triaenodon obesus*) : 3 spécimens de 90 à 150 cm.
- Le Napoléon (*Cheilinus undulatus*) : 1 station, 1 spécimen juvénile de 22 cm. Sa fréquence d'observation est faible par rapport aux récif barrière interne en Nouvelle-Calédonie (Figure 26).

Tableau 9 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse moyennes des communautés de poissons sur les stations de récif barrière interne échantillonnées à Bourail en 2019.

Les valeurs moyennes sont données avec un intervalle de confiance de 95%. La biomasse est calculée sans les Chondrichthyens.

	Richesse spécifique par station	Densité (poisson/m ²)	Biomasse (g/m ²)
Ichtyofaune totale	73.5 ± 17.6	1.732 ± 0.155	74.76 ± 30.32
Commerciaux	14.3 ± 7.3	0.242 ± 0.192	30.41 ± 31.33
Serranidae	2.3 ± 1.5	0.020 ± 0.014	4.99 ± 6.49
Scaridae	6.5 ± 2.8	0.193 ± 0.191	12.77 ± 8.30
Acanthuridae	2.0 ± 1.3	0.014 ± 0.007	4.33 ± 3.94
Siganidae	1.5 ± 2.0	0.005 ± 0.009	0.57 ± 1.41
Chaetodontidae	5.3 ± 3.0	0.043 ± 0.035	0.88 ± 0.92

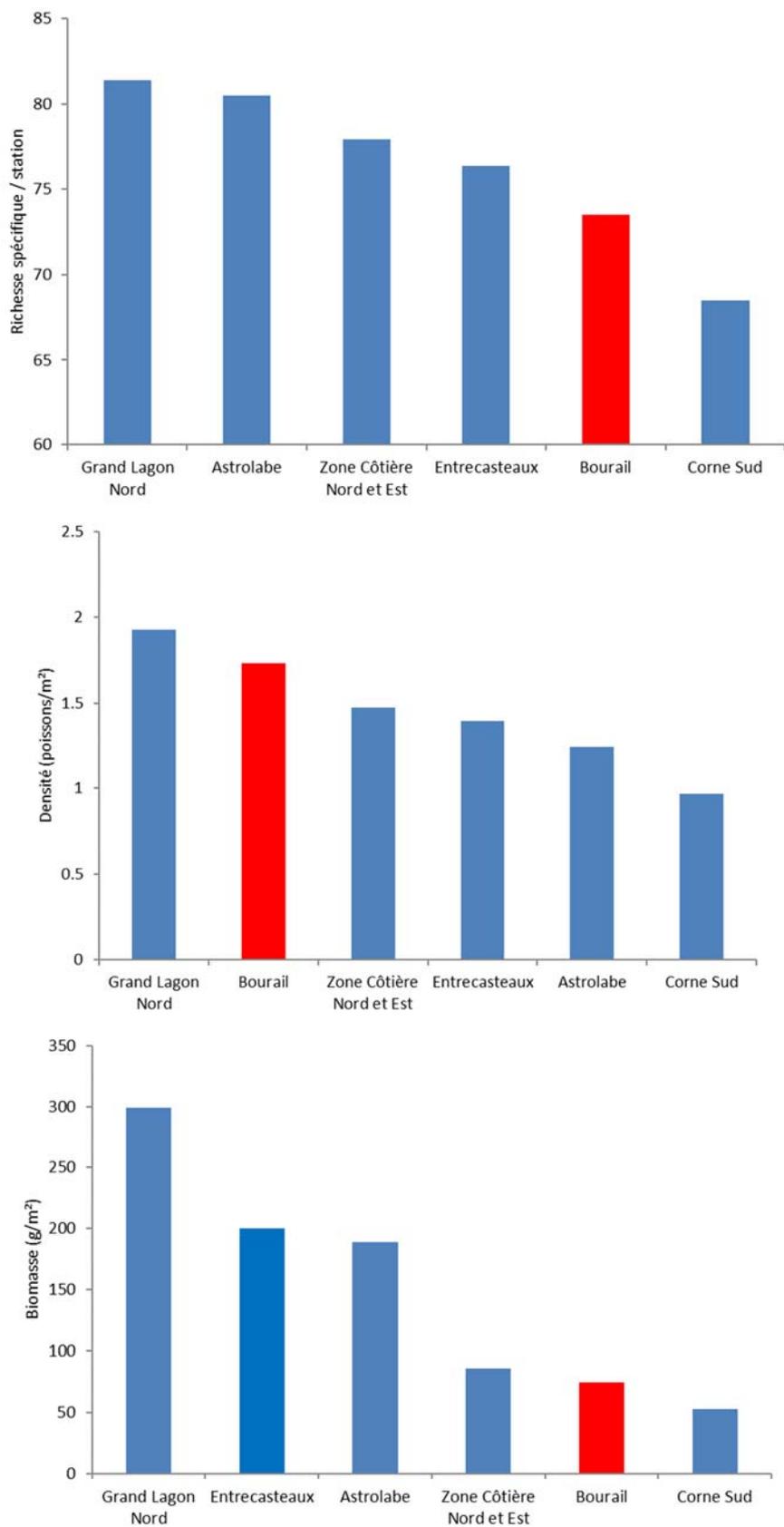


Figure 23 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse des poissons sur les stations de récif barrière interne échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

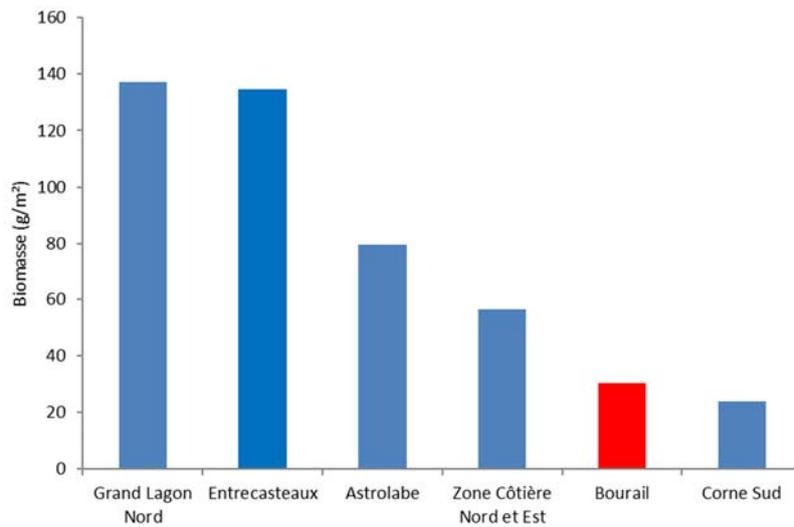


Figure 24 : Biomasse des poissons commerciaux sur les stations de récif barrière interne échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

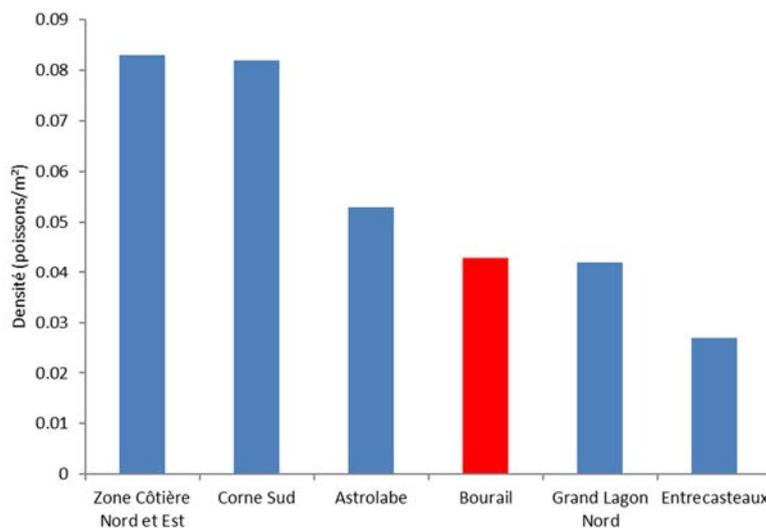
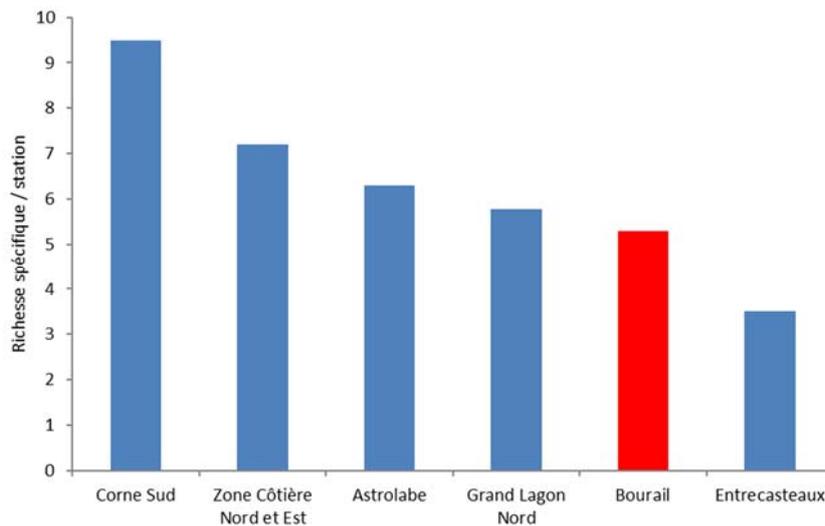


Figure 25 : Richesse spécifique par station et densité des Chaetodontidae sur les stations de récif barrière interne échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

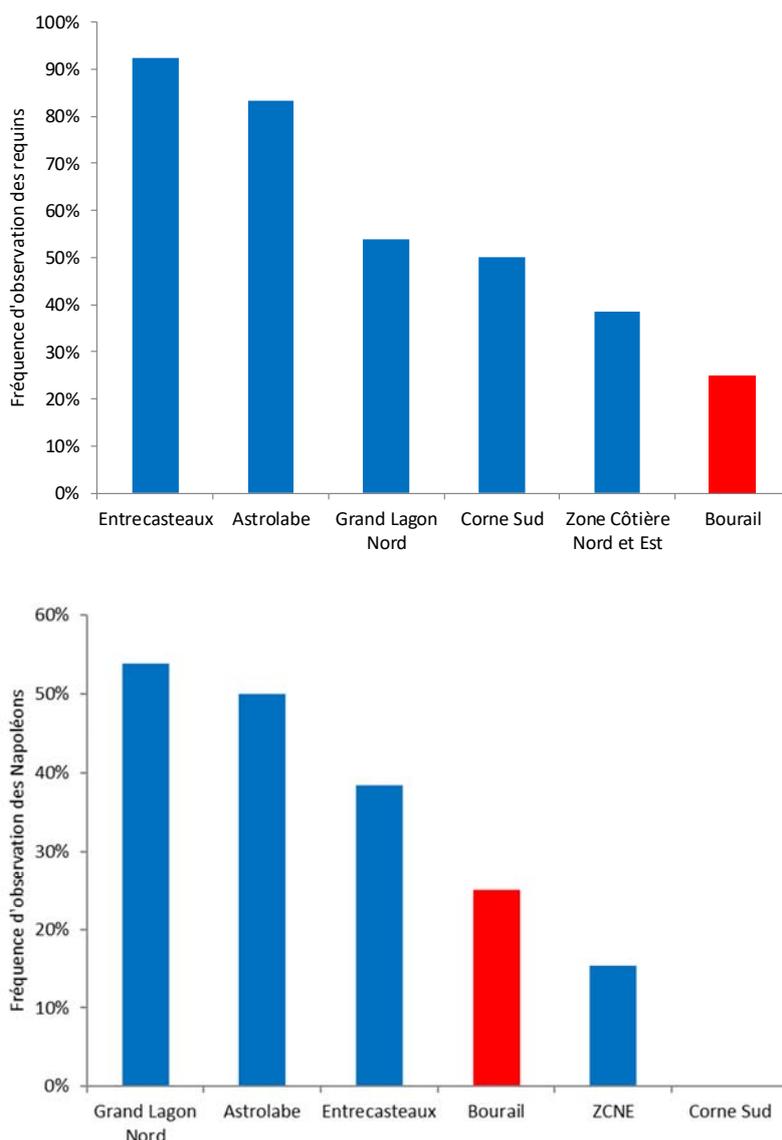


Figure 26 : Fréquence d'observation des requins et des Napoléons sur les stations du récif barrière interne échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

Vingt-deux espèces ont été observées sur les 4 stations du récif barrière interne. Il s'agit de 7 de Labridae (*Anampses neoguinaicus*, *Coris aygula*, *Halichoeres hortulanus*, *H. trimaculatus*, *Stethojulis bandanensis*, *Thalassoma hardwicke*, *T. lunare*), 4 Pomacentridae (*Chromis viridis*, *Chrysiptera taupou*, *Dascyllus aruanus*, *Stegastes nigricans*), 3 Acanthuridae (*Acanthurus nigrofuscus*, *Ctenochaetus striatus*, *Naso unicornis*), 3 Mullidae (*Mulloidichthys vanicolensis*, *Parupeneus barberinus*, *P. multifasciatus*), 3 Scaridae (*Chlorurus sordidus*, *Scarus psittacus*, *S. schlegeli*), 1 Chaetodontidae (*Chaetodon vagabundus*) et 1 Serranidae (*Epinephelus merra*). Deux Pomacentridae, *Pomacentrus moluccensis* (0.188 poisson/m²) et *Chrysiptera taupou* (0.185 poisson/m²) dominent en densité. Elles sont typiques et abondantes sur le récif barrière interne où elles affectionnent les formations coralliennes branchues et la dalle corallienne. Une grosse lèvre (*Plectorhinchus albovittatus*, 8.22 g/m²) et le bec de cane (*Lethrinus nebulosus*, 6.87 g/m²) dominent en biomasse. Par ailleurs, il y a 8 espèces commerciales parmi les 15 principales espèces en biomasse, ce qui est satisfaisant pour ce type d'habitat et confirme la bonne santé des peuplements.

En résumé, ces résultats sont conformes aux spécificités de Bourail où le récif barrière interne est diversifié, sableux et au contact d'un lagon étroit et peu profond pourvoyeur de nombreux juvéniles.

5.2.2.2 Communautés de macroinvertébrés

Au total, 60 taxons cibles ont été recensés sur les 4 stations de récif barrière interne sur lesquelles les invertébrés ont été échantillonnés (Tableau 5). Les gastéropodes (16 taxons) sont les plus diversifiés devant les bivalves (14 taxons) et les crustacés (11 taxons), conformément au type de formation étudié.

Les caractéristiques moyennes du macrobenthos épigé du récif barrière interne sont données dans le Tableau 10. En moyenne 26.3 taxons ont été recensés par station. Cette valeur figure parmi les plus élevées observées sur le récif barrière interne en Nouvelle-Calédonie depuis 2010 (Figure 27). La densité est importante avec 213.5 individus/250m² ce qui est dans la moyenne supérieure pour la Nouvelle-Calédonie (Figure 27). Elle est également très variable (CV = 96.0%) pour la plupart des groupes (Tableau 10).

L'espèce la plus abondante est le ver spirobranche (*Spirobranchus giganteus* : 94.3 individus/250 m²) encastré dans les coraux massifs et typique de cet environnement. L'oursin foreur (*Echinometra mathaei* : 37.5 individus/250 m²), le gastéropode *Coralliophila violacea* (11.3 individus/250 m²) et les colonies d'éponges cliones (*Cliona orientalis*, 11.3 colonies/250 m²) sont également abondants et typiques des récifs barrières internes où la dalle corallienne est importante.

Les bécotiers ont été observés sur les 4 stations de récif barrière interne. Leur densité est élevée (10.8 individus/250 m²) (Purcell, et al., 2009). Il s'agit de 3 espèces (*Tridacna crocea*, *T. maxima* et *T. squamosa*) ainsi qu'un individu de petite taille qui n'a pas pu être identifié. Cette valeur est la plus importante enregistrée sur le récif barrière interne en Nouvelle-Calédonie, du niveau des récifs Entrecasteaux et de la Côte Oubliée (Figure 28). Cette abondance est due à la présence d'agrégation du petit bécotier foreur (*Tridacna crocea*) qui affectionne la dalle corallienne. La taille moyenne est de 10.13 ± 1.98 cm ce qui indique une domination des petits individus (Figure 29). Seulement 4 spécimens de 20 cm ou plus ont été recensés, le plus gros spécimen étant un *Tridacna derasa* de 39 cm.

Tableau 10 : Richesse taxonomique par station et densité du macrobenthos épibenthique sur le récif barrière interne de Bourail en 2019.

Les valeurs moyennes sont données avec un intervalle de confiance de 95%.

	Richesse spécifique par station	Densité (ind./250m ²)
Total macrobenthos	26.25 ± 14.89	213.50 ± 197.78
Eponges (cliones)	-	12.50 ± 33.49
Mollusques		
Gastéropodes	7.25 ± 5.26	28.00 ± 19.49
Bivalves	6.50 ± 3.79	19.00 ± 20.00
Crustacés	4.50 ± 2.76	12.25 ± 17.35
Échinodermes		
Astérides	1.25 ± 2.00	1.50 ± 2.76
Crinoïdes	-	2.00 ± 5.36
Echinides	2.75 ± 2.39	40.75 ± 67.14
Holothurides	0.25 ± 0.80	0.25 ± 0.80

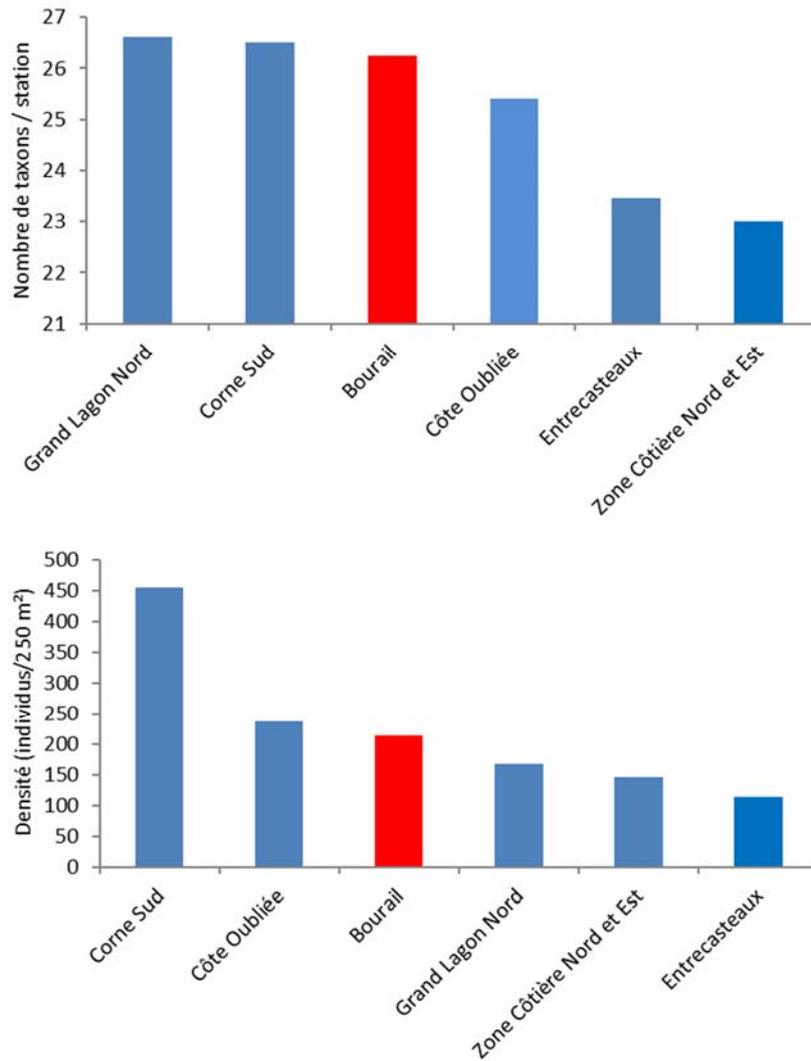


Figure 27 : Richesse taxonomique par station et densité des macroinvertébrés épibenthiques sur les stations du récif barrière interne dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

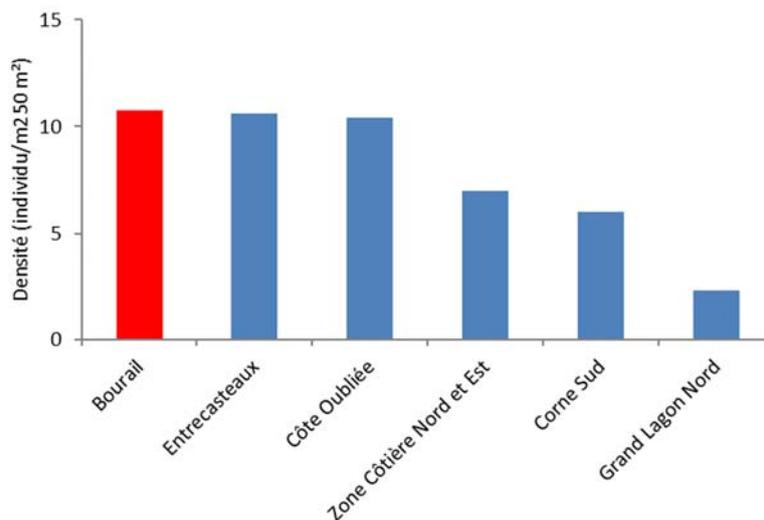


Figure 28 : Densité des benthiques sur les stations du récif barrière interne échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

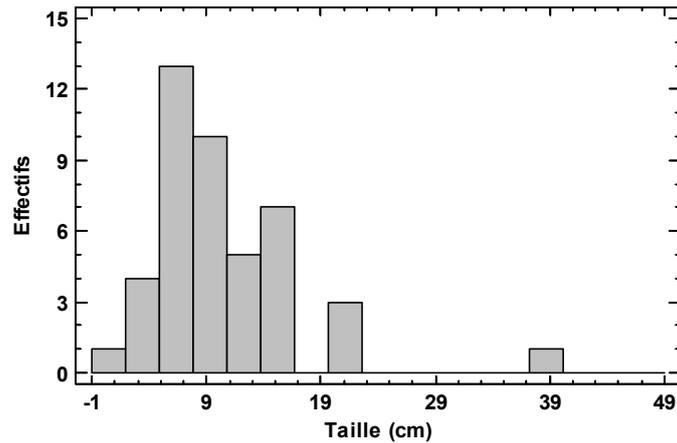


Figure 29 : Histogramme de distribution de fréquence des tailles des bénitiers échantillonnés sur le récif barrière interne à Bourail en 2019.

Aucun trocas n'a été recensé dans un habitat qui n'est pas leur habitat préférentiel. Par ailleurs, une seule holothurie a été recensée. Cette espèce, *Holothuria fuscopunctata* a une forte valeur commerciale.

Les caractéristiques des communautés de macroinvertébrés épibenthiques du récif barrière interne à Bourail sont conformes aux spécificités du lagon de cette région. Toutefois, il y a un manque en espèces commerciales, notamment les espèces de bénitiers de grande taille, les holothuries et aucun gastéropode commercial n'a été observé.

5.2.2.3 Habitat

Les caractéristiques moyennes de l'habitat du récif barrière interne sont représentées à la Figure 30. Le substrat est moyennement diversifié (17 des 29 classes possibles) et à forte dominance abiotique (67.2%). La composante biotique (32.8%) est essentiellement corallienne (90.2% du substrat vivant) et dominée par les formes fragiles (CBTF, 61.6% du substrat vivant) et, dans une moindre mesure, les formes résistantes (CME, 25.0% du substrat vivant). La composante abiotique est constituée de sable (47.2% du substrat abiotique), de dalle corallienne (25.0% du substrat abiotique) et de débris (20.5% du substrat abiotique).

Les formations coralliennes sont relativement diversifiées pour ce type de formation (Figure 31). Trois catégories de formes n'ont pas été recensées, les *Acropora* submassifs, les *Acropora* encroûtants et les coraux libres. Les assemblages sont dominés par les *Acropora* branchus (34.7%), les coraux branchus (23.2%) et les coraux massifs (22.1%).

Ces résultats montrent que l'habitat du récif barrière interne est diversifié et typique des habitats sableux avec des champs de coraux branchus à Bourail.

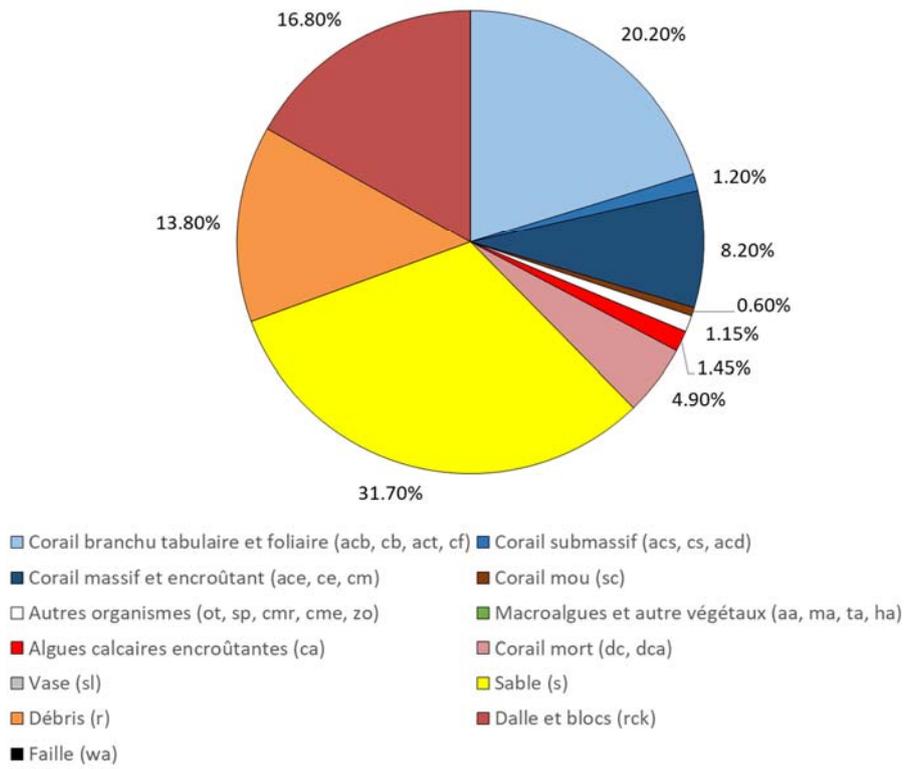


Figure 30 : Caractéristiques moyennes de l'habitat du récif barrière interne à Bourail en 2019.

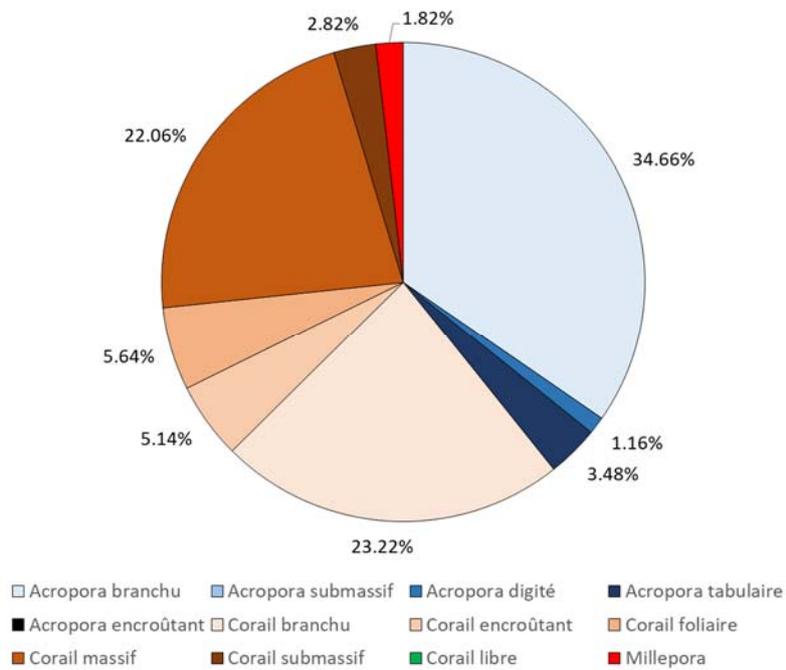


Figure 31 : Caractéristiques moyennes des différentes formes de corail vivant et des *Millepora* sur le récif barrière interne à Bourail en 2019.

5.2.3 Récif lagunaire

Cinq stations ont été échantillonnées sur les récifs lagunaires à Bourail en 2019 (Tableau 1) : BO01, BO02, BO03, BO04, BO13. Ces récifs sont typiques des lagons étroits et peu profonds et spécifiques de la zone de Bourail.

5.2.3.1 Communautés de poissons

Au total, 158 espèces appartenant à 28 familles ont été recensées sur les 5 stations de récif lagunaires échantillonnées à Bourail en 2019 (Tableau 3), dont 27 espèces sont des espèces commerciales (17.1%). Les familles les plus diversifiées sont caractéristiques des récifs lagunaires en bonne santé :

- Les Pomacentridae (demoiselles) : 32 espèces.
- Les Labridae (labres et girelles) : 30 espèces.
- Les Chaetodontidae (papillons) : 14 espèces.
- Les Acanthuridae (picots kanaks et chirurgiens) : 11 espèces.
- Les Scaridae (perroquets) : 10 espèces.

Les caractéristiques moyennes de l'ichtyofaune des récifs lagunaires sont données dans le Tableau 11. En moyenne 68.2 espèces de poissons ont été recensées par station. Cette diversité est la plus faible mesurée sur des récifs lagunaires en Nouvelle-Calédonie (Figure 32). La densité est de 1.96 poissons/m². Elle est du même ordre que dans les autres récifs lagunaires de la Grande Terre et de l'île des Pins (Figure 32). La biomasse est faible (55.0 g/m²) et constitue un minimum pour la Nouvelle-Calédonie (Figure 32). Ces résultats sont conformes aux caractéristiques du lagon de Bourail, étroit et peu profond.

Les poissons commerciaux représentent 18.2% de la richesse spécifique par station, 11.5% de la densité et dominant en biomasse (54.1%). Ce niveau de biomasse correspond au minimum mesuré dans les récifs lagunaires en Nouvelle-Calédonie (Figure 33). L'ensemble de ces résultats est conforme aux spécificités du lagon étroit et peu profond de Bourail. Cette zone est propice à la présence de juvéniles.

Les Chaetodontidae sont peu diversifiés (14 espèces) et leur contribution à l'ensemble de l'ichtyofaune est relativement faible : 10.6% des espèces, 3.8% de la densité et 2.7% de la biomasse (Tableau 11). La diversité par station est dans la moyenne et la densité relativement importante pour les récifs lagunaires de Nouvelle-Calédonie (Figure 34).

Tableau 11 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse moyennes des communautés de poissons sur les stations de récif lagunaire échantillonnées à Bourail en 2019.

Les valeurs moyennes sont données avec un intervalle de confiance de 95%. La biomasse est calculée sans les Chondrichthyens.

	Richesse spécifique par station	Densité (poisson/m ²)	Biomasse (g/m ²)
Ichtyofaune totale	68.2 ± 10.0	1.959 ± 0.818	55.00 ± 24.28
Commerciaux	12.4 ± 5.9	0.226 ± 0.096	29.78 ± 11.40
Serranidae	1.4 ± 0.7	0.013 ± 0.011	3.39 ± 7.77
Scaridae	5.0 ± 2.3	0.139 ± 0.097	9.81 ± 7.64
Acanthuridae	2.4 ± 1.1	0.024 ± 0.011	11.53 ± 8.50
Siganidae	2.0 ± 2.0	0.032 ± 0.035	1.95 ± 2.19
Chaetodontidae	7.2 ± 1.8	0.075 ± 0.053	1.48 ± 1.40

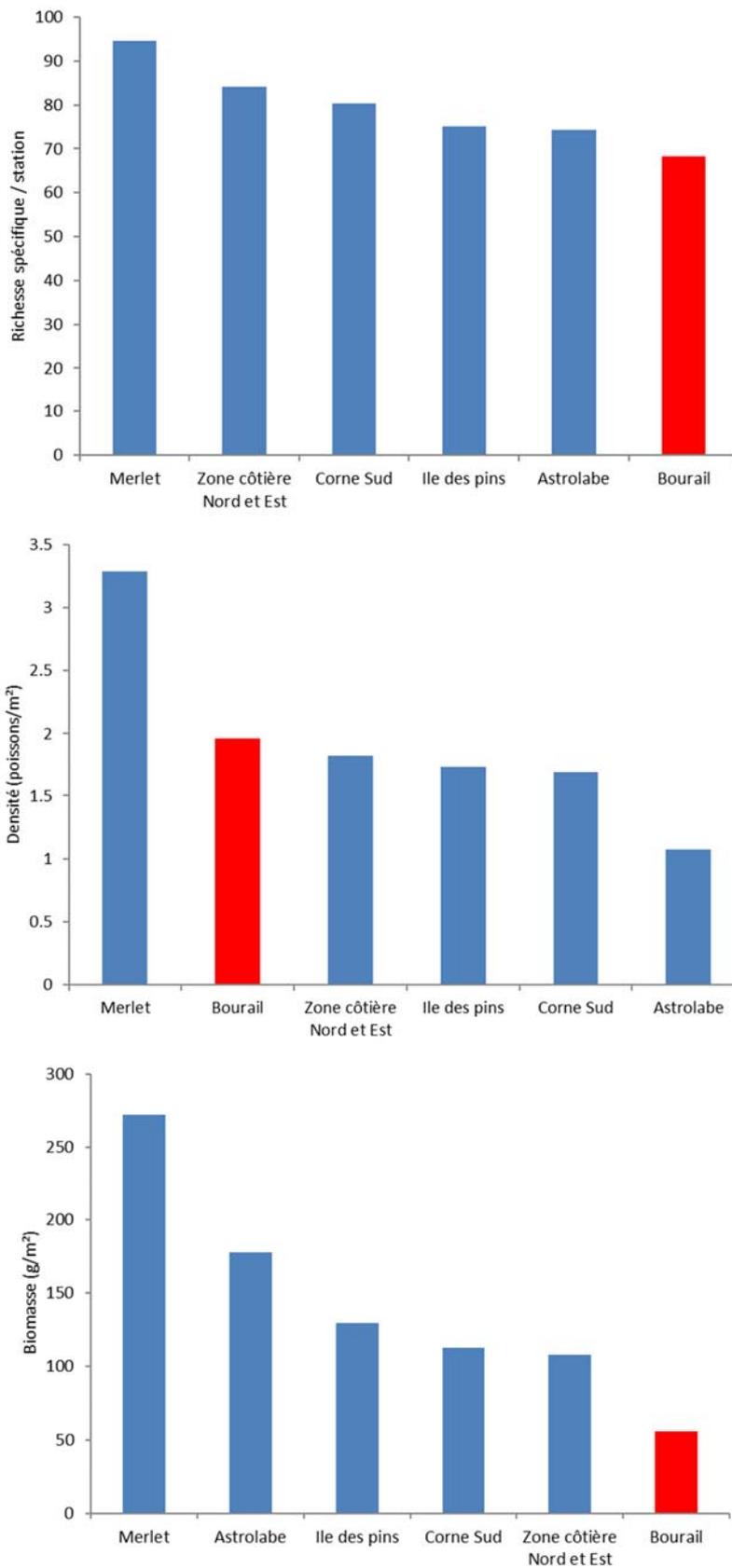


Figure 32 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse des poissons sur les stations de récif lagunaire échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

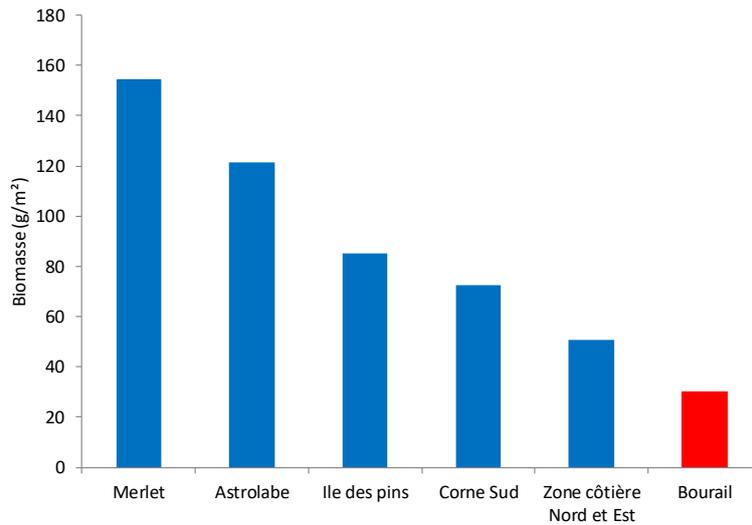


Figure 33 : Biomasse des poissons commerciaux sur les stations de récif lagunaire échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

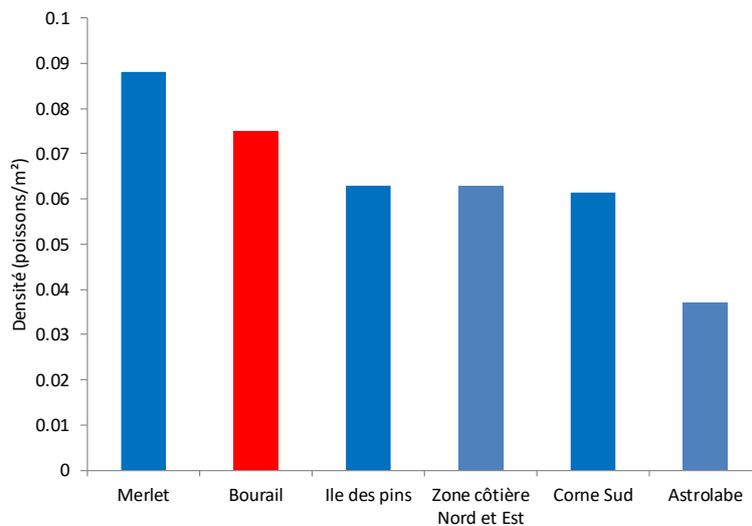
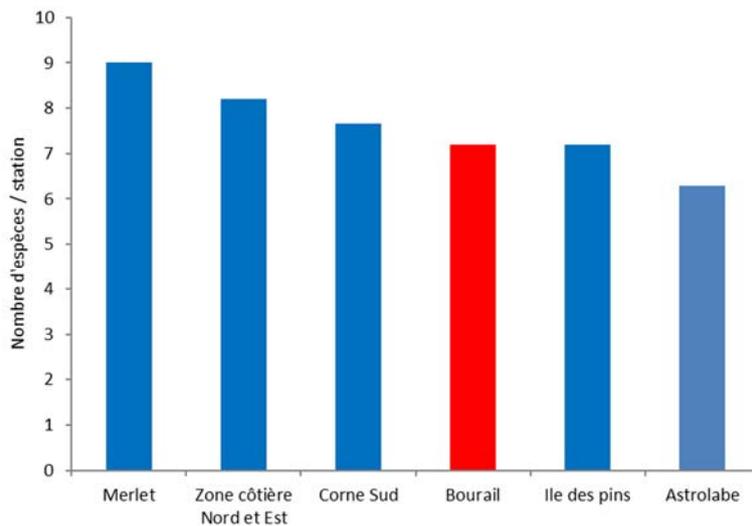


Figure 34 : Richesse spécifique par station et densité des Chaetodontidae sur les stations de récif lagunaire échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

Seulement 2 espèces emblématiques ont été observées sur les récifs lagunaires à Bourail en 2019 :

- Les requins sont présents dans 1 station (20.0% des stations). Cette fréquence est une des plus faible enregistrée sur les récifs lagunaires en Nouvelle-Calédonie (Figure 35). Ce résultat s'explique en partie par la morphologie du lagon de Bourail (étroit et peu profond) et par la présence humaine. Il s'agit du requin à ailerons blancs du lagon (*Triaenodon obesus*) : 1 spécimens de 115 cm.
- Le Napoléon (*Cheilinus undulatus*) : 2 station (40% des stations), 4 spécimens de 20 à 43 cm. Sa fréquence d'observation est moyenne par rapport aux récifs lagunaires de Nouvelle-Calédonie (Figure 35).

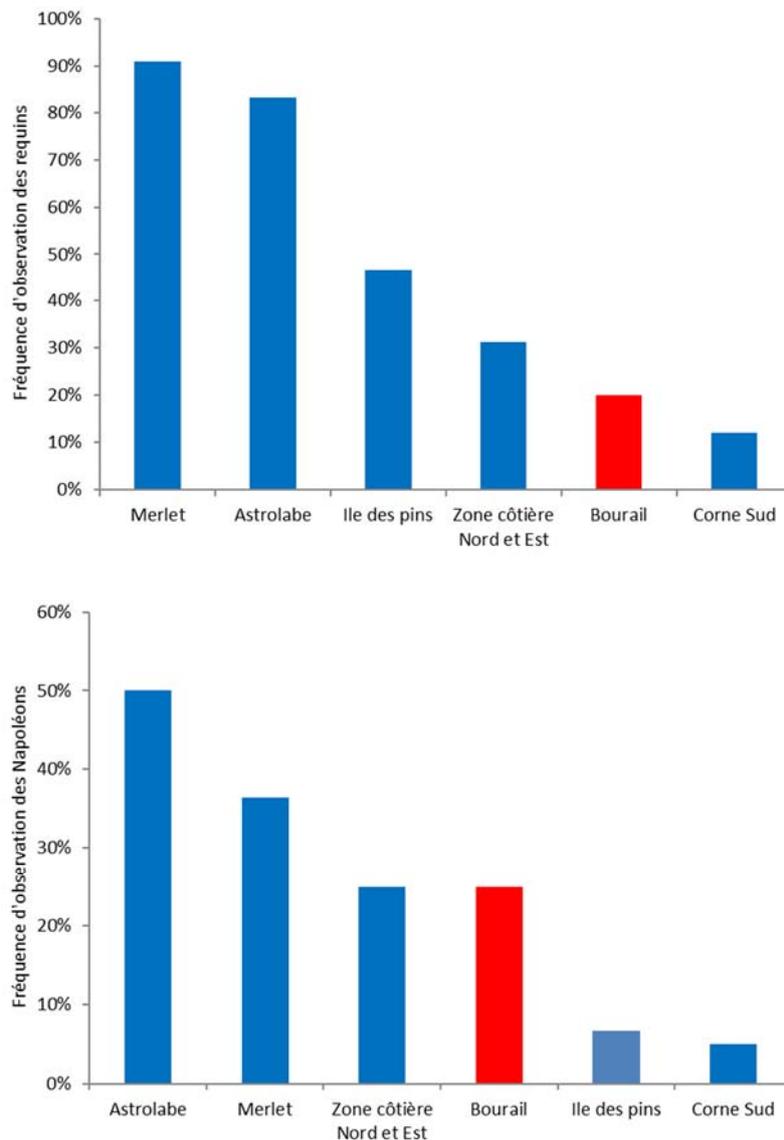


Figure 35 : Fréquence d'observation des requins et des Napoléons sur les récifs lagunaires échantillonnés dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.

Dix-sept espèces ont été observées sur les 5 stations de récif lagunaire. Il s'agit de 6 Labridae (*Gomphosus varius*, *Halichoeres hortulanus*, *H. trimaculatus*, *Stethojulis bandanensis*, *Thalassoma hardwicke*, *T. lutescens*), 3 Acanthuridae (*Acanthurus nigrofuscus*, *Ctenochaetus striatus*, *Naso unicornis*), 2 Chaetodontidae (*Chaetodon lunulatus*, *C. trifascialis*), 2 Pomacentridae (*Chrysiptera taupou*, *Stegastes fasciolatus*), 2 Scaridae (*Chlorurus sordidus*, *Scarus psittacus*), 1 Mullidae (*Parupeneus multifasciatus*) et 1 Serranidae (*Epinephelus merra*). Un Pomacentridae, *Chrysiptera taupou* (0.252 poisson/m²) domine en densité devant une autre demoiselle (*Dascyllus aruanus*, 0.189 poissons/m²). Ces 2 espèces sont typiques et abondantes dans les zones lagonaires peu profondes où elles affectionnent la dalle corallienne et les formations coralliennes branchues. Le dawa (*Naso unicornis*, 9.96 g/m²) domine largement en biomasse. Il s'agit de juvéniles et de jeunes adultes (taille moyenne 28 cm) qui viennent chercher leur nourriture dans les herbiers et algueraias du lagon de Bourail. Par ailleurs, il y a 8 espèces commerciales parmi les 15 principales espèces en biomasse, ce qui est relativement satisfaisant pour ce type d'habitat et confirme la bonne santé des peuplements.

5.2.3.2 Communautés de macroinvertébrés

Au total, 66 taxons cibles ont été recensés sur les 5 stations de récif lagunaire sur lesquelles les invertébrés ont été échantillonnés (Tableau 5). Les gastéropodes (22 taxons) sont les plus diversifiés devant les bivalves (13 taxons) et les crustacés (11 taxons).

Les caractéristiques moyennes du macrobenthos épigé des récifs lagonaires sont données dans le Tableau 12. En moyenne 25.8 taxons ont été recensés par station. Il s'agit du maximum mesuré sur les récifs lagonaires intermédiaires de Nouvelle-Calédonie, analogue aux niveaux observés dans les lagons de la Grande Terre (Figure 36). La densité est relativement importante avec 153.2 individus/250m². Cependant, elle est relativement faible par rapport aux autres formations lagonaires échantillonnées en Nouvelle-Calédonie (Figure 36). Elle est également variable (CV = 67.3%), notamment pour les échinodermes. En effet, la station BO13 se distingue par la présence de très nombreux oursins foreurs (*Echinometra mathaei* : 166 individus/250 m²).

Tableau 12 : Richesse taxonomique par station et densité du macrobenthos épibenthique sur les récifs lagonaires de Bourail en 2019.

Les valeurs moyennes sont données avec un intervalle de confiance de 95%. La biomasse est calculée sans les Chondrichthyens.

	Richesse spécifique par station	Densité (ind./250m ²)
Total macrobenthos	25.80 ± 5.44	153.20 ± 127.92
Eponges (clones)	-	3.40 ± 5.86
Mollusques		
Gastéropodes	7.80 ± 4.84	28.40 ± 27.10
Bivalves	5.40 ± 0.68	25.60 ± 10.06
Crustacés	5.20 ± 2.22	17.80 ± 19.84
Échinodermes		
Astérides	1.40 ± 1.11	2.60 ± 2.42
Crinoïdes	-	0.20 ± 0.56
Echinides	1.60 ± 1.11	41.80 ± 92.60
Holothurides	0.60 ± 1.67	0.80 ± 2.22

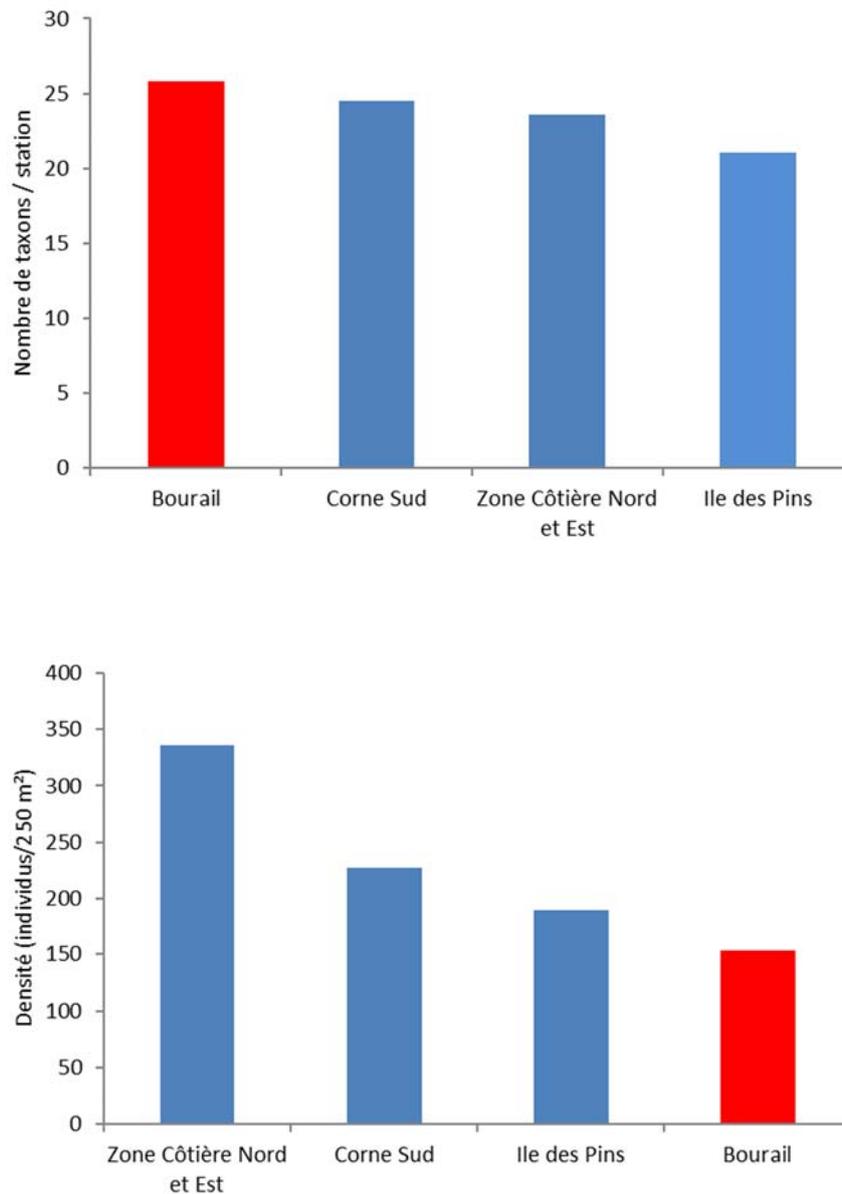


Figure 36 : Richesse taxonomique par station et densité des macroinvertébrés épibenthiques sur les stations de récif intermédiaire lagunaire dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.

L'espèce la plus abondante est l'oursin foreur (*Echinometra mathaei* : 39.8 individus/250 m²) encastré dans la dalle corallienne, devant le ver spirobranche (*Spirobranchus giganteus* : 29.8 individus/250 m²) encastré dans les coraux massifs. Ces espèces sont typiques des lagons peu profonds parsemés de formations coralliennes massives.

Les bémities ont été observés sur les 5 stations de récif lagunaire. Leur densité est particulièrement élevée (18.2 individus/250 m²) (Purcell, et al., 2009). Il s'agit de 3 espèces, *Tridacna crocea*, *T. maxima* et *T. squamosa* ainsi que 2 individus de petite taille qui n'ont pu être identifiés à l'espèce. Cette densité est le maximum mesuré sur ce type de récif en Nouvelle-Calédonie (Figure 37). Il s'explique par la spécificité du lagon de Bourail peu profond avec de la dalle corallienne qui peut être colonisée par le petit bémite foreur (*Tridacna crocea*) qui forme des agrégations. La taille moyenne est de 11.13 ± 1.06

cm ce qui indique une domination des petits individus (Figure 38). Seulement 7 spécimens de 20 cm ou plus ont été recensés, le plus gros spécimen étant un *Tridacna squamosa* de 21 cm. Aucun gros spécimen n'a été observé. Ces signes laissent penser que les populations des espèces de bénitiers de grande taille n'arrivent pas à se reconstituer dans le lagon de Bourail malgré les mesures de protection, seule la petite espèce non consommée (*Tridacna crocea*) est florissante.

Aucun trocas n'a été recensé hors de leur habitat préférentiel. Une seule holothurie a été observée, *Holothuria lessoni* de forte valeur commerciale.

Les caractéristiques des communautés de macroinvertébrés épibenthiques des récifs lagonaire de Bourail sont conformes aux spécificités du lagon de cette région. Toutefois, comme pour le récif barrière interne, il y a un manque en espèces commerciales, notamment les espèces de bénitiers de grande taille et les holothuries.

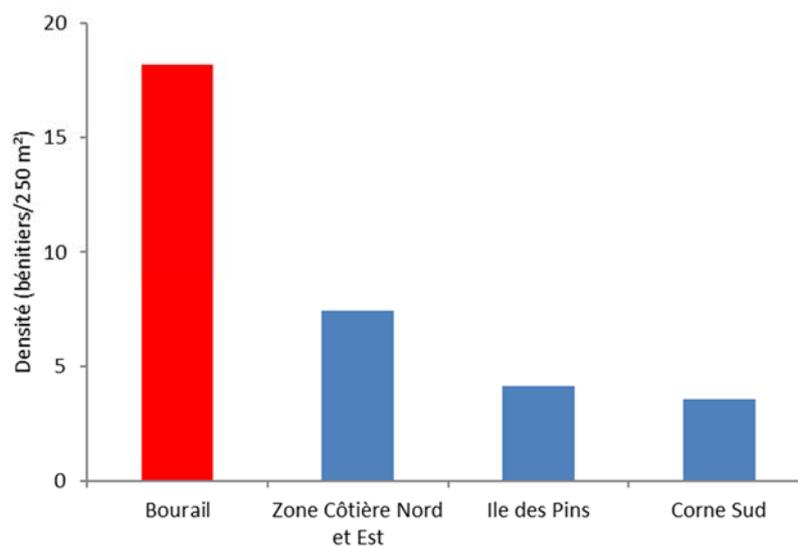


Figure 37 : Densité des bénitiers sur les stations de récif lagonaire intermédiaire échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.

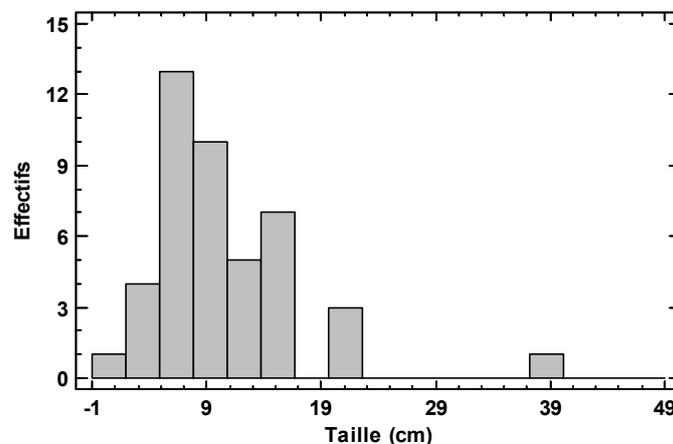


Figure 38 : Histogramme de distribution de fréquence des tailles des bénitiers échantillonnés sur les récifs lagonaire de Bourail en 2019.

5.2.3.1 Habitat

Les caractéristiques moyennes de l'habitat des récifs lagunaires sont représentées à la Figure 39. Le substrat est moyennement diversifié (17 des 29 classes possibles) et la composante biotique dominant légèrement (52.9%). La composante biotique est essentiellement composée de coraux vivants (47.7% du substrat vivant) et d'algues calcaires encroûtantes (46.4% du substrat vivant). Les formes fragiles dominent les formations coralliennes (CBTF, 33.8% du substrat vivant). La composante abiotique (47.1% du substrat) est principalement constituée de dalle corallienne (43.9% du substrat non vivant) et de sable (40.5% du substrat non vivant).

Les formations coralliennes sont diversifiées et relativement bien développées pour ce type de formation (Figure 40). Trois catégories de formes n'ont pas été recensées, les *Acropora* submassifs, les *Acropora* encroûtants et les coraux libres. Les assemblages sont dominés par les *Acropora* branchus (40.0%) et, dans une moindre mesure, les coraux branchus (19.0%) et les coraux encroûtants (14.0%).

Ces résultats montrent que l'habitat des récifs lagunaires des Bourail est en bonne santé et conforme aux habitats lagunaires peu profonds. Les conséquences du déséquilibre consécutif aux apports en nutriments sur le littoral et de la prolifération d'algues vertes n'affectent pas les stations récifales étudiées pour le moment.

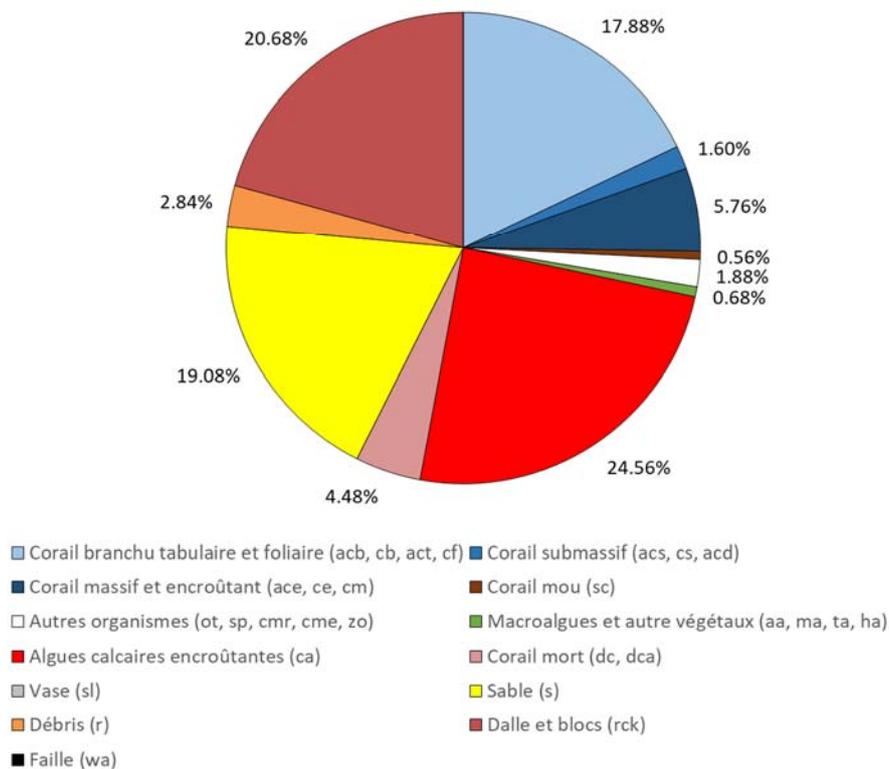


Figure 39 : Caractéristiques moyennes de l'habitat des récifs lagunaires à Bourail en 2019.

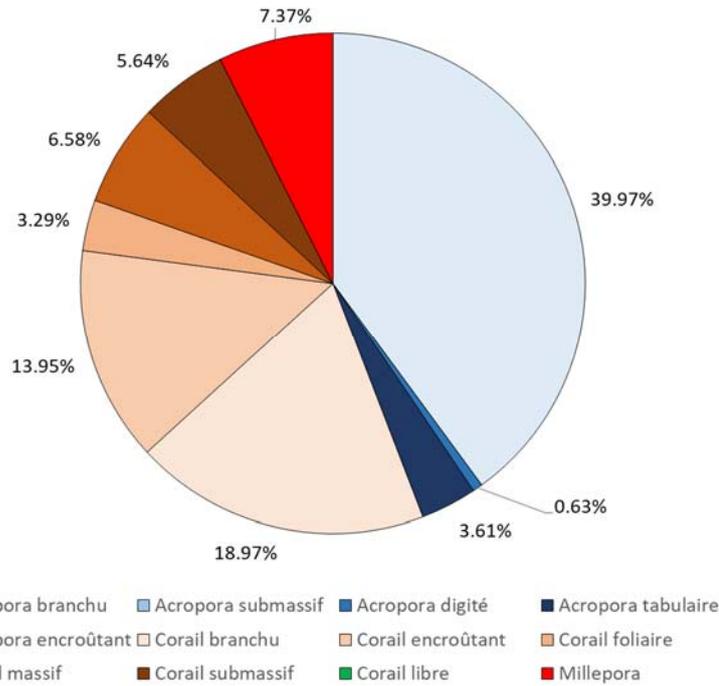


Figure 40 : Caractéristiques moyennes des différentes formes de corail vivant et des *Millepora* à Bourail en 2019.

5.3 Organisation spatiale des communautés et de l'habitat

5.3.1 Différences entre les unités géomorphologiques

Les comparaisons entre les caractéristiques de la pente externe, du récif barrière interne et des récifs lagunaires montrent que les différences observées sont naturelles. Elles s'expliquent par les caractéristiques de l'environnement et les spécificités de la zone d'étude, notamment un lagon étroit et peu profond. L'impact humain reste relativement limité et ne cible pas un habitat en particulier sur les récifs étudiés dans la zone d'étude. Pour rappel la zone la plus littorale affectée par la prolifération d'algues vertes n'a pas été étudiée, les formations coralliennes y étant très peu représentées. Les principaux résultats montrent que :

- En moyenne, le nombre d'espèces de poissons par station est supérieur sur la pente externe, notamment les espèces commerciales (Figure 41). Toutefois, ces variations ne sont pas significatives (Tableau 13). En revanche, cette tendance est significative pour 2 familles commerciales (Scaridae et Acanthuridae) ainsi que pour les Chaetodontidae (Tableau 13, Figure 41). La densité des principales composantes de l'ichtyofaune ne varie pas significativement entre les 3 types de récifs (Tableau 13) mais elle est en moyenne plus faible sur la pente externe pour la totalité de l'ichtyofaune et les espèces commerciales (tendances inverses à la richesse spécifique par station) (Figure 42). De même, la biomasse des principales composantes de l'ichtyofaune ne varie pas significativement entre les 3 types de récifs (Tableau 13) mais, contrairement à la densité elle est en moyenne légèrement plus importante sur le récif barrière pour la totalité de l'ichtyofaune et les espèces commerciales, notamment la pente externe (mêmes tendances que la richesse spécifique par station) (Figure 42).
- Les communautés d'invertébrés ciblées par l'échantillonnage présentent des caractéristiques globalement comparables sur les 3 types de récif, en accord avec leur habitat. Seule la pente

externe se distingue, notamment par une diversité significativement plus faible de bivalves (Figure 43). La forte variabilité inter-station d'un même type de récif ne permet pas de vérifier statistiquement la même tendance qui est observée pour la densité (différences non significative), ainsi que la tendance inverse pour les gastéropodes.

- L'habitat de la pente externe présente des caractéristiques significativement différentes du récif barrière interne, les récifs lagunaires étant intermédiaires (Permanova, $p < 0.05$; Figure 44). La pente externe est caractérisée par un recouvrement significativement supérieur de coraux massifs, submassifs et de coraux mous (Tableau 13, Figure 44). Le récif barrière interne et les récifs lagunaires se distinguent par l'importance du sable et des débris (Tableau 13, Figure 44). Le récif barrière interne se distingue des récifs lagunaires par une plus grande importance des débris tandis que les algues calcaires encroûtantes sont plus abondantes dans les récifs lagunaires (différences non significatives).

Tableau 13 : Comparaison des caractéristiques des différents types de récifs à Bourail en 2019.

PE : pente externe ; BI : récif barrière interne ; RL : récif lagunaire ; NS : non significatif ($p > 0.05$); * : significatif ($0.01 < p \leq 0.05$) ; ** : très significatif ($0.001 < p \leq 0.01$).

Poisson	Sr/station	Densité	Biomasse
Total	NS	NS	NS
Commerciaux	NS	NS	NS
Serranidae	NS	NS	NS
Scaridae	* (RL-BI < PE)	NS	NS
Acanthuridae	* (BI < PE)	NS	NS
Siganidae	NS	NS	NS
Chaetodontidae	** (RL-BI < PE)	NS	NS
Macrobenthos	Sr/station	Densité	
Total	NS	NS	
Eponges	-	NS	
Mollusques			
Gastéropodes	NS	NS	
Bivalves	* PE < (RL-BI)	NS	
Crustacés	NS	NS	
Échinodermes			
Astérides	NS	NS	
Crinoïdes	-	NS	
Echinides	NS	NS	
Holothurides	NS	NS	
Habitat			%recouvrement
Corail branchu, tabulaire et foliaire			NS
Corail submassif			* (RL-BI < PE)
Corail massif et encroûtant			** (RL-BI < PE)
Corail mou			* (RL-BI < PE)
Autres organismes			NS
Macroalgues, autres végétaux, cyanobactéries filamenteuses			NS
Algues calcaires encroûtantes			NS
Corail mort			NS
Sable			* (PE < BI-RL)
Débris			* (PE < BI-RL)
Dalle, blocs et algues calcaires encroûtantes			NS
Crevasses			NS

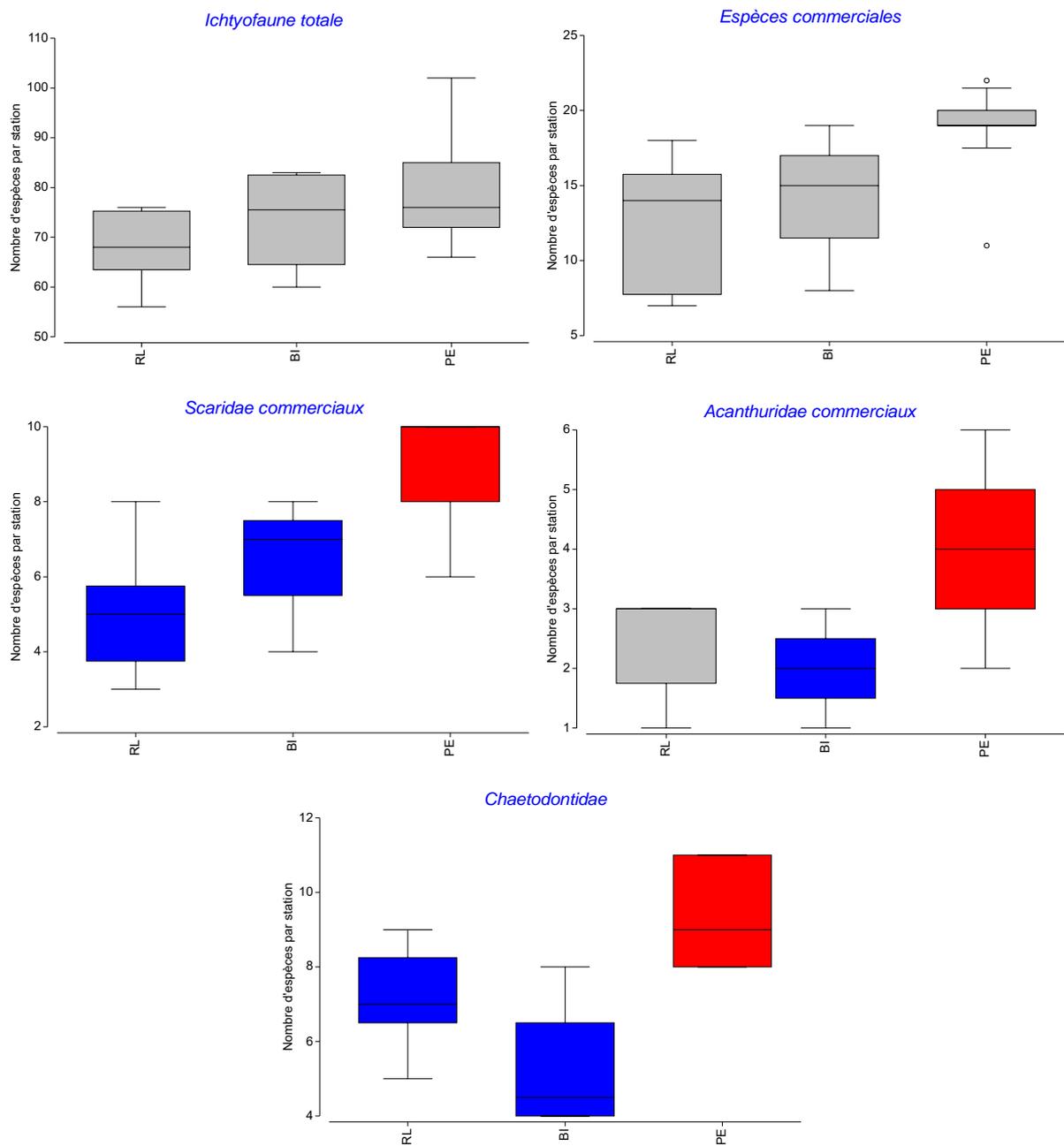


Figure 41 : Variation de la richesse spécifique par station de différentes composantes de l'ichtyofaune entre les types de récifs à Bourail en 2019.

Les box-plot de couleur différente (bleu, rouge) indiquent des différences significatives (Pair-wise test, $p < 0.05$). RL : récif lagunaire ; BI : récif barrière interne ; PE : pente externe.

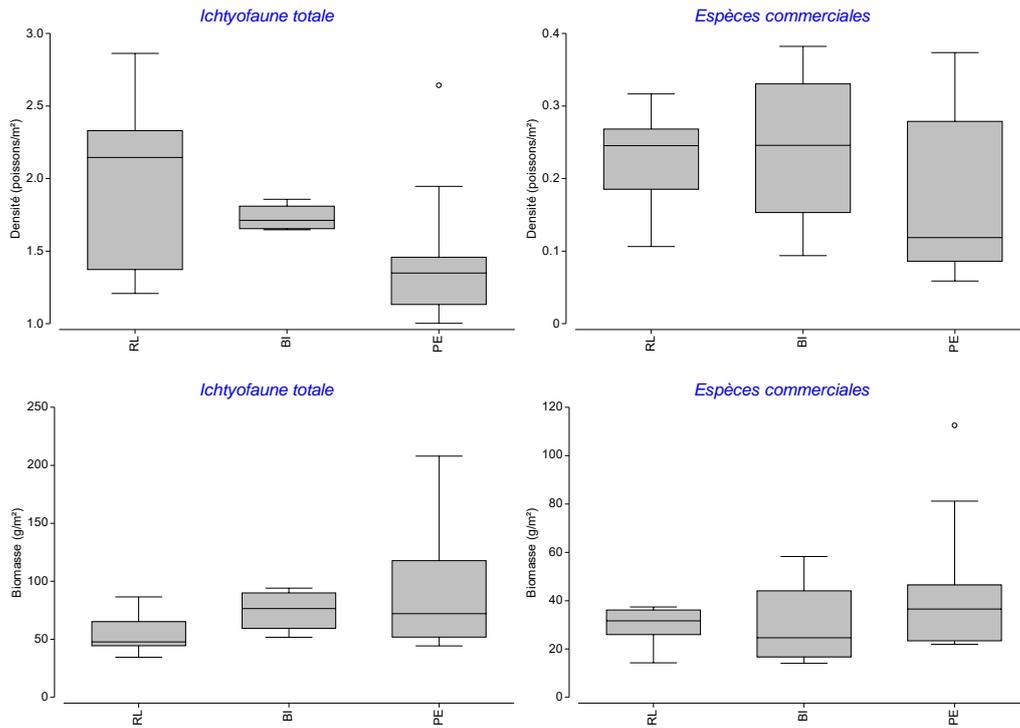


Figure 42 : Variation de la densité et de la biomasse de différentes composantes de l'ichtyofaune entre les types de récifs à Bourail en 2019.

RL : récif lagonaire ; BI : récif barrière interne ; PE : pente externe.

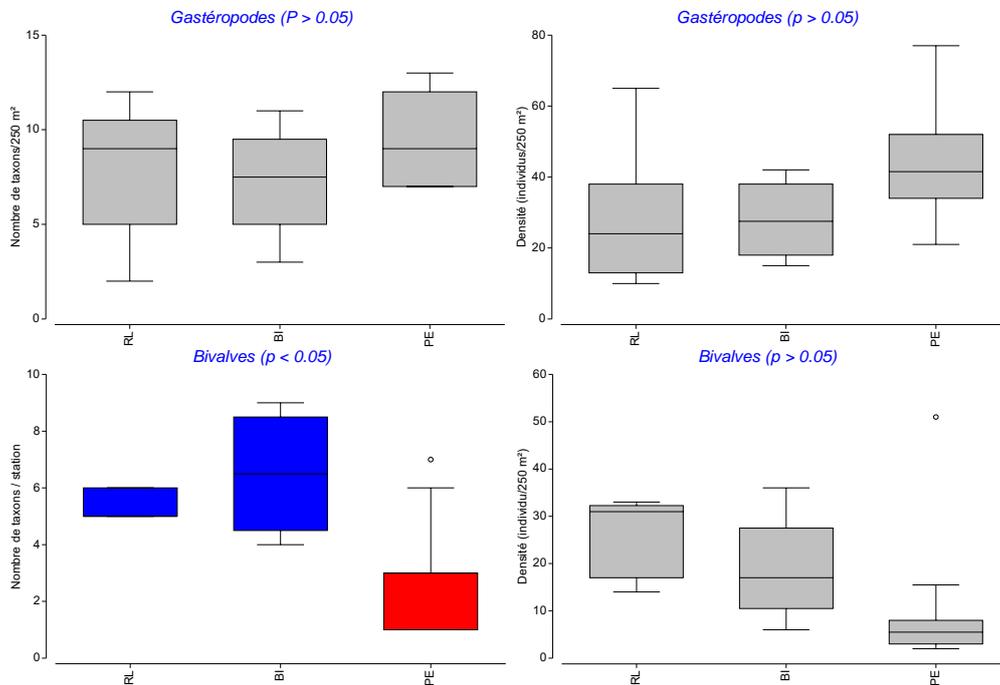


Figure 43 : Variation de la richesse spécifique par station et de la densité des bivalves et des gastéropodes entre les types de récifs à Bourail en 2019.

Les box-plot de couleur différente (bleu, rouge) indiquent des différences significatives (Pair-wise test, $p < 0.05$). RL : récif lagonaire ; BI : récif barrière interne ; PE : pente externe.

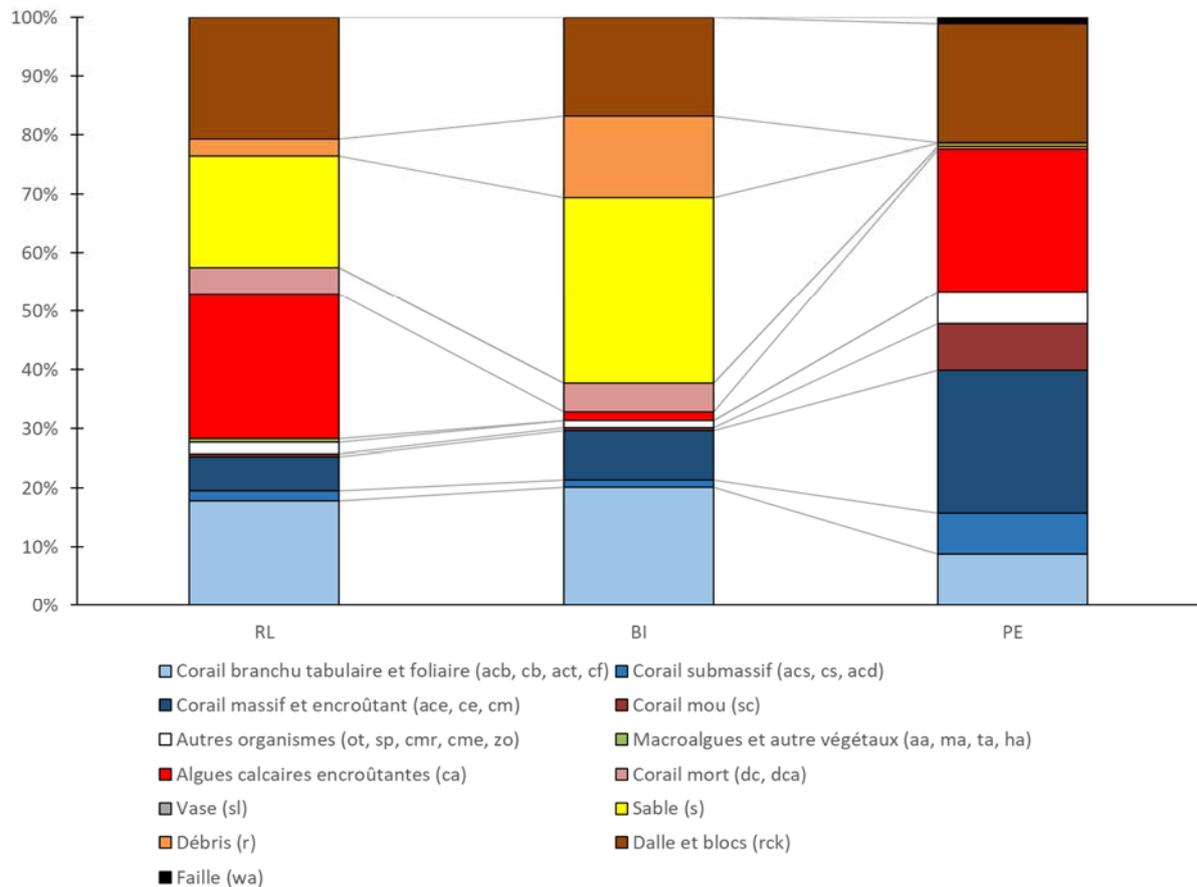


Figure 44 : Comparaison des caractéristiques simplifiées de l’habitat corallien entre les types de récifs à Bourail en 2019.

RL : récif lagunaire ; BI : récif barrière interne ; PE : pente externe.

5.3.2 Structure spatiale des communautés biologiques et de l’habitat

5.3.2.1 Communautés de poissons

En 2019, la structure du peuplement de poissons de la pente externe de Bourail est significativement différente de celles du récif barrière interne et des récifs lagunaires (Permanova, $p < 0.01$; Pair-wise tests, $p < 0.05$).

Une analyse canonique des coordonnées principales confirme cette organisation naturelle (Figure 45). Le modèle est validé ($p < 0.05$) avec 66.7% de bonne classification du type de récif. Les erreurs de classification concernent les formations lagunaires, récifs lagunaires et barrière interne, à une exception près. L’exception est la station BO05 située dans la passe du Cap (Figure 1) qui est identifiées comme pente externe mais qui présente des caractéristiques de récif barrière interne. En effet, l’influence terrigène est très forte sur cette station située proche de la côte et de l’embouchure de la rivière du Cap, ce qui explique ce résultat logique. Les erreurs de classification concernant les formations intra-lagunaires (2 récifs lagunaires et 2 récifs barrières internes) s’expliquent par la similarité des caractéristiques environnementales dans ce lagon peu profond et très étroit.

La communauté de pente externe se distingue par la présence d'espèces typiques des environnements coralliens sous influence océanique (Tableau 14), notamment le requin gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*), des Chaetodontidae (*Chaetodon ornatissimus* et *C. unimaculatus*), des demoiselles (*Chromis iomelas*, *C. vanderbilti*, *Chrysiptera caesifrons*, *Pomacentrus philippinus*) et *Siganus corallinus*.

La communauté du récif barrière interne a été observée sur la façade lagonaire du récif barrière et 1 station lagonaire qui subit une influence océanique plus importante, proche du récif barrière. Cet assemblage se distingue notamment par *Chaetodon vagabundus*, des Mullidae (*Mulloidichthys flavolineatus* et *M. vanicolensis*), 2 Nemipteridae et *Pomacentrus moluccensis* une demoiselle inféodées aux formations coralliennes branchues lagonaires (Tableau 14).

La communauté des récifs lagonaires a été observée sur les stations lagonaires et 3 stations du récif barrière interne où l'influence terrigène est la plus marquée. Elles sont notamment caractérisées par un gobie (*Amblygobius phalaena*), des labres, des demoiselles lagonaires et 2 Siganidae (Tableau 14).

Cette organisation est naturelle. Elle est principalement liée à l'habitat (lagon peu profond et étroit) et aux influences océanique et terrigène. Une communauté de pente externe se distingue des communautés lagonaires qui évoluent progressivement d'un type récif barrière interne vers un type récif lagonaire au fur et à mesure que l'influence terrigène augmente et que l'influence océanique diminue. Par ailleurs, aucun impact anthropique majeur ne vient modifier ces assemblages.

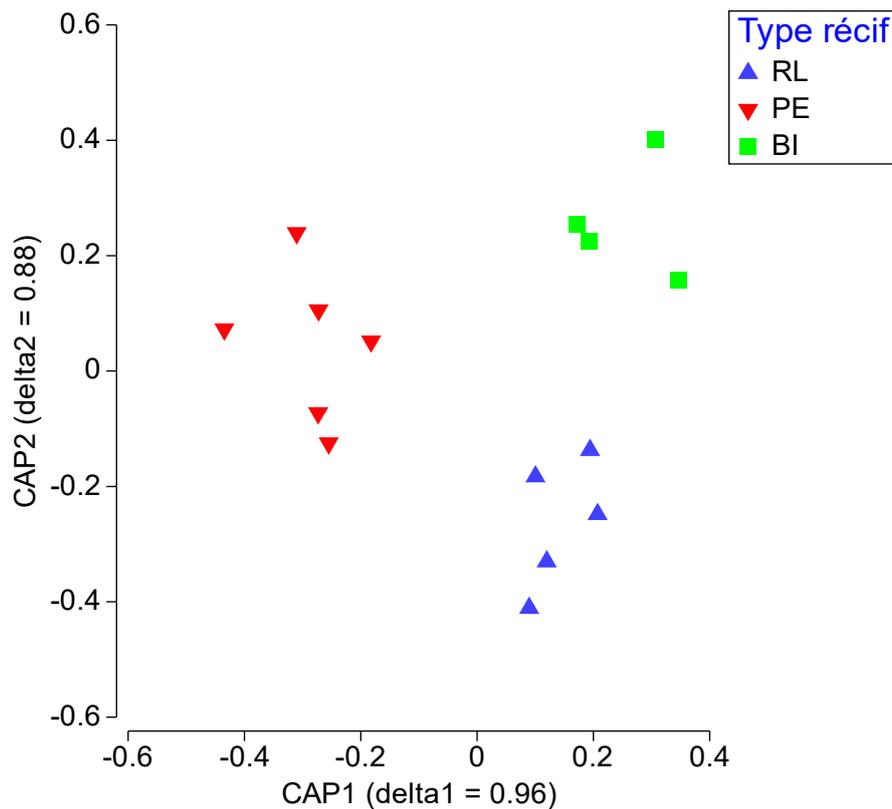


Figure 45 : Analyse Canonique des Coordonnées Principales (CAP) des communautés de poissons sous contrainte du type de récif à Bourail en 2019.

La CAP a été réalisée sur les 9 premières coordonnées principales (88.7% de l'inertie). Le modèle est validé ($p < 0.05$) avec 66.7% de bonne classification. RL : récif lagonaire ; BI : récif barrière interne ; PE : pente externe.

Tableau 14 : Principale espèces caractéristiques des assemblages de poissons à Bourail en 2019.

Les espèces identifiées par CAP (**Figure 45**) ont une corrélation au premier plan factoriel ≥ 0.03 .

Pente externe (PE)		
Acanthuridae	Lutjanidae	Scaridae
<i>Acanthurus dussumieri</i>	<i>Macolor niger</i>	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
<i>Naso lituratus</i>	Pomacentridae	<i>Scarus frenatus</i>
Carcharhinidae	<i>Chromis agilis</i>	<i>Scarus niger</i>
<i>Carcharhinus amblyrhynchos</i>	<i>Chromis chrysur</i>	Serranidae
Chaetodontidae	<i>Chromis iomelas</i>	<i>Plectropomus laevis</i>
<i>Chaetodon ornatissimus</i>	<i>Chromis margaritifer</i>	Siganidae
<i>Chaetodon reticulatus</i>	<i>Chromis vanderbilti</i>	<i>Siganus corallinus</i>
<i>Chaetodon unimaculatus</i>	<i>Chrysiptera caesifrons</i>	
Cirrhitidae	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>	
<i>Paracirrhites forsteri</i>	<i>Pomacentrus lepidogenys</i>	
Labridae	<i>Pomacentrus philippinus</i>	
<i>Thalassoma lutescens</i>	<i>Stegastes fasciolatus</i>	
Récif barrière interne (BI)		
Chaetodontidae	Nemipteridae	Scaridae
<i>Chaetodon vagabundus</i>	<i>Scolopsis bilineata</i>	<i>Scarus psittacus</i>
Mullidae	<i>Scolopsis lineata</i>	<i>Scarus schlegeli</i>
<i>Mulloidichthys flavolineatus</i>	Pomacentridae	
<i>Mulloidichthys vanicolensis</i>	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	
<i>Parupeneus pleurostigma</i>		
Récif lagunaire (RL)		
Gobiidae	Pomacentridae	Siganidae
<i>Amblygobius phalaena</i>	<i>Chrysiptera taupou</i>	<i>Siganus punctatus</i>
Labridae	<i>Pomacentrus adelus</i>	<i>Siganus spinus</i>
<i>Halichoeres hortulanus</i>	<i>Stegastes nigricans</i>	
<i>Halichoeres trimaculatus</i>	Serranidae	
<i>Thalassoma hardwicke</i>	<i>Epinephelus merra</i>	

5.3.2.2 Communautés de macroinvertébrés

En 2019, la structure des communautés de macroinvertébrés épibenthiques de Bourail de la pente externe est significativement différente de celles du récif barrière interne et des récifs lagunaires (Permanova, $p < 0.01$; Pair-wise tests, $p < 0.05$).

Une analyse canonique des coordonnées principales confirme cette organisation naturelle (Figure 46). Le modèle est validé ($p < 0.01$) avec 66.7% de bonne classification du type de récif. Les erreurs de classification concernent les formations lagunaires, récifs lagunaires et barrière interne, à une exception près. Comme pour les poissons, l'exception est la station BO05 située dans la passe du Cap (Figure 1) qui est identifiée comme pente externe mais qui présente des caractéristiques de récif barrière interne. En effet, l'influence terrigène est très forte sur cette station située proche de la côte et de l'embouchure de la rivière du Cap, ce qui explique ce résultat logique. Les erreurs de classification concernant les formations intra-lagunaires s'explique par la similarité des caractéristiques environnementales dans ce lagon peu profond et étroit.

La communauté de pente externe se distingue par la présence d'espèces typiques des environnements coralliens océaniques soumis à un hydrodynamisme significatif, notamment des gastéropodes, comme

le troca (*Rochia nilotica*), des petits crabes du genre *Trapezia* associés aux coraux branchus vivants, des crinoïdes (fort hydrodynamisme), et l'oursin crayon (*Heterocentrotus mamillatus*) (Tableau 15).

La communauté du récif barrière interne a été observée sur les stations lagunaires qui subissent une influence océanique plus importante, donc généralement les plus proches de la pente externe. Cet assemblage se distingue notamment par l'abondance des *Arca* et des vers spirobranches (*Spirobranchus giganteus*) encastrés dans les coraux massifs, ainsi que des oursins foreurs (*Echinometra mathaei*) encastrés dans la dalle corallienne (Tableau 15).

La communauté des récifs lagunaires a été observée sur les stations où l'influence terrigène est la plus marquée et l'influence océanique la plus faible. Elle est notamment caractérisée par la porcelaine *Monetaria moneta*, des bivalves, des étoiles de mer et des ophiures typiques de ces formations lagunaires peu profondes (Tableau 15).

Cette organisation est naturelle. Elle est principalement liée à l'habitat et aux influences océanique et terrigène. Une communauté de pente externe se distingue des communautés lagunaires qui évoluent progressivement d'un type récif barrière interne vers un type récif lagunaire au fur et à mesure que l'influence terrigène augmente et que l'influence océanique diminue. Par ailleurs, aucun impact anthropique majeur ne vient modifier ces assemblages.

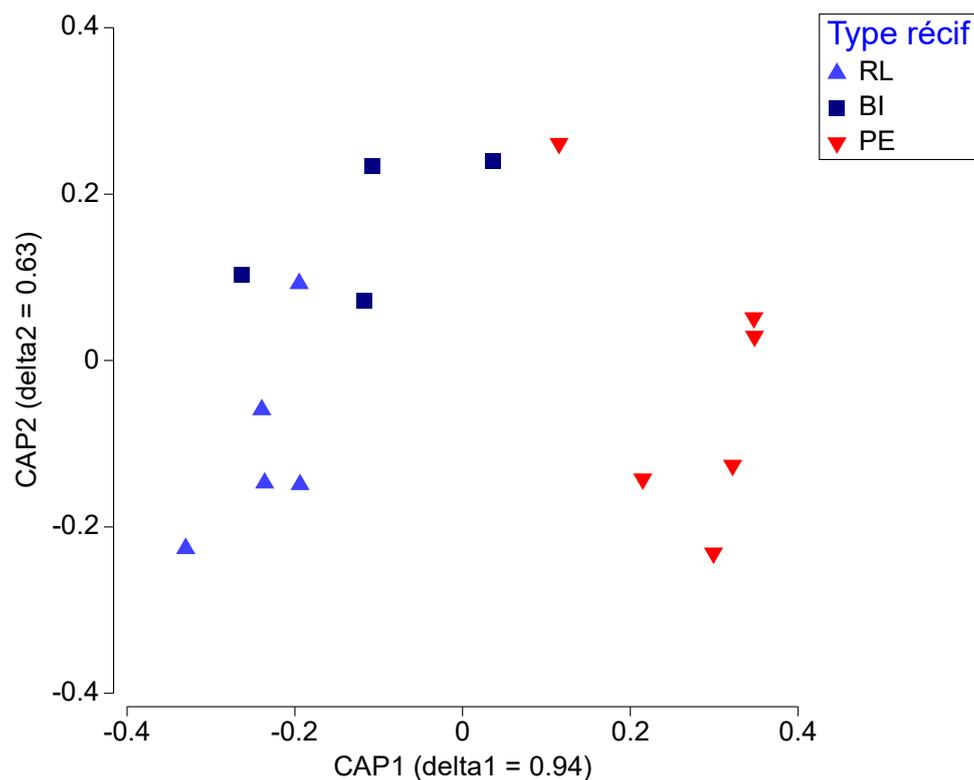


Figure 46 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la structure des communautés de macroinvertébrés sous contrainte du type de récif à Bourail en 2019.

La CAP a été réalisée sur les 4 premières coordonnées principales (65.4% de l'inertie). Le modèle est validé ($p < 0.01$) avec 66.7% de bonne classification. RL : récif lagunaire ; BI : récif barrière interne ; PE : pente externe.

Tableau 15 : Taxons caractéristique des assemblages de macroinvertébrés à Bourail en 2019.

Les taxons identifiés par CAP (Figure 46) ont une corrélation au premier plan factoriel ≥ 0.05 .

Pente externe		
Gastéropodes	Nudibranches	Astérides
<i>Astraliium rhodostomum</i>	<i>Phyllidiella pustulosa</i>	<i>Gomophia egyptiaca</i>
<i>Conus</i> spp	Crustacés	Crinoïdes
<i>Drupa ricinus</i>	<i>Trapezia flavopunctata</i>	<i>Comanthus</i> spp
<i>Drupa rubusidaeus</i>	<i>Trapezia rufopunctata</i>	Echinides
<i>Drupella cornus</i>	<i>Trapezia septata</i>	<i>Heterocentrotus mamillatus</i>
<i>Rochia nilotica</i>		Ophiures
<i>Tectus fenestratus</i>		<i>Ophiothrix</i> spp
<i>Turbo setosus</i>		
Récif barrière interne		
Gastéropodes	Annélides	Echinides
<i>Coralliophila violacea</i>	<i>Spirobranchus giganteus</i>	<i>Echinometra mathaei</i>
Bivalves		
<i>Arca</i> spp		
Récif lagunaire		
Gastéropodes	Crustacés	Astérides
<i>Latirus polygonus</i>	<i>Trapezia cymodoce</i>	<i>Echinaster luzonicus</i>
<i>Monetaria moneta</i>	Annélides	<i>Linckia laevigata</i>
<i>Vasum turbinellus</i>	<i>Loimia medusa</i>	Ophiurides
Bivalves		Ophiures indéterminées
<i>Isognomon isognomon</i>		
<i>Pteria</i> spp		

5.3.2.3 Habitat

En 2019, la structure de l'habitat de la pente externe de Bourail est significativement différente de celles du récif barrière interne et des récifs lagunaires (Permanova, $p < 0.05$; Pair-wise tests, $p < 0.05$).

Une analyse canonique des coordonnées principales sous contrainte du type de récif confirme cette organisation naturelle (Figure 47). Le modèle est validé ($p < 0.01$) avec 66.7% de bonne classification du type de récif. Toutes les stations de pente externe sont bien classées. Les erreurs de classification concernent principalement les récifs lagunaires (4 stations) et une station de récif barrière interne classée en récif lagunaire. Ces erreurs s'expliquent par une plus grande similarité des caractéristiques environnementales intra-lagunaires dans ce lagon peu profond et très étroit.

L'habitat de type pente externe présente des caractéristiques typiques de cet environnement (Figure 47, Figure 48). Il se distingue par certaines formes coralliennes : les *Acropora* submassifs, les *Acropora* digités, les coraux encroûtants et les coraux massifs, les *Millepora* et les coraux mous. Les algues calcaires encroûtantes sont également nombreuses sur certaines stations.

L'habitat du récif barrière interne et des récifs lagunaires est typique d'un lagon étroit et peu profond sous influences terrigène et océanique et où l'hydrodynamisme est limité (Figure 47, Figure 49). Ces récifs se distinguent par des formations coralliennes branchues, des coraux morts en place recouverts d'algues filamenteuses et du sable.

Cette organisation est naturelle. Aucun impact anthropique majeur ne vient modifier ces assemblages sur les stations étudiées. Ce résultat confirme que les conséquences du déséquilibre consécutif aux apports en nutriments sur le littoral et de la prolifération d'algues vertes n'affectent pas les stations récifales étudiées en 2019.

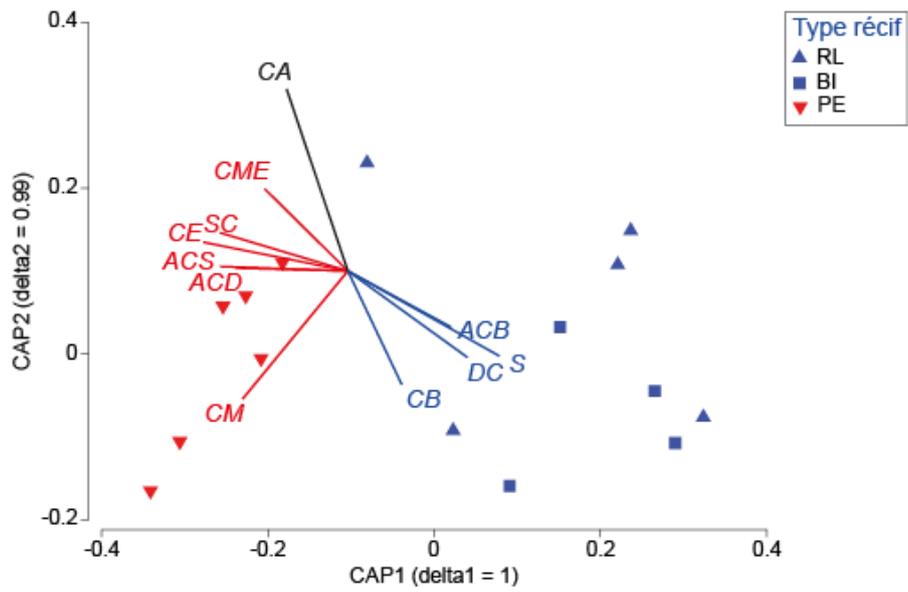


Figure 47 : Analyse Canonique des Coordonnées Principales (CAP) de la structure de l'habitat sous contrainte du type de récif à Bourail en 2019.

La CAP a été réalisée sur les 3 premières coordonnées principales (85.2% de l'inertie). Le modèle est validé ($p < 0.01$) avec 66.7% de bonne classification. RL : récif lagunaire ; BI : récif barrière interne ; PE : pente externe.



Figure 48 (1/2)

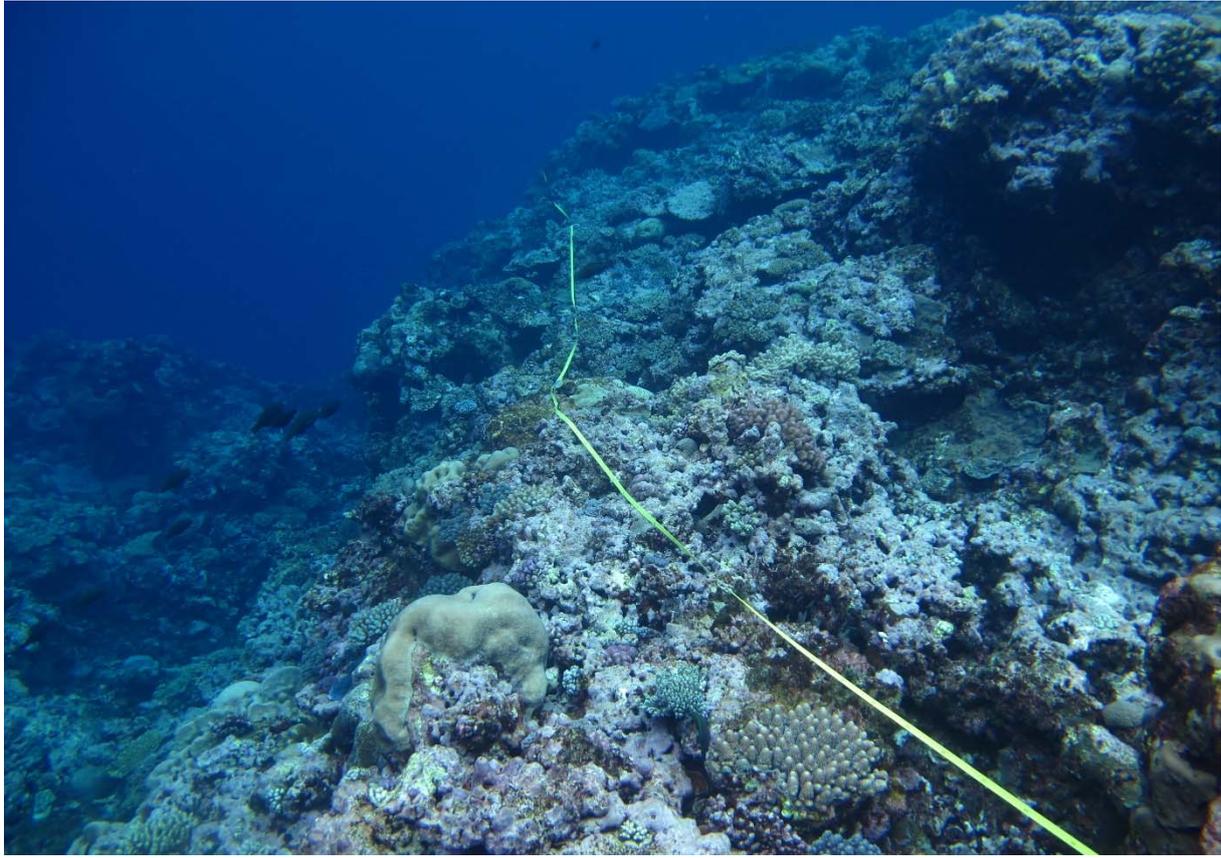


Figure 48 : Photographies représentatives des habitats de pente externe à Bourail en 2019.

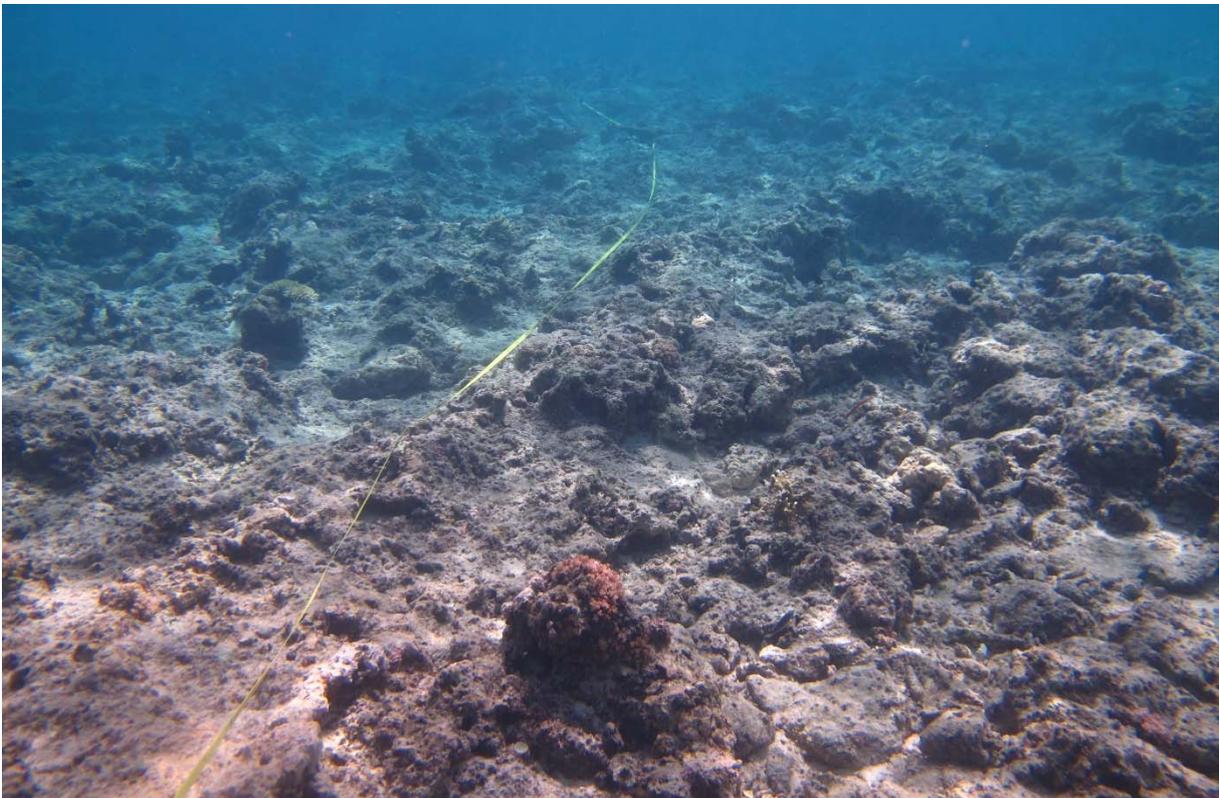
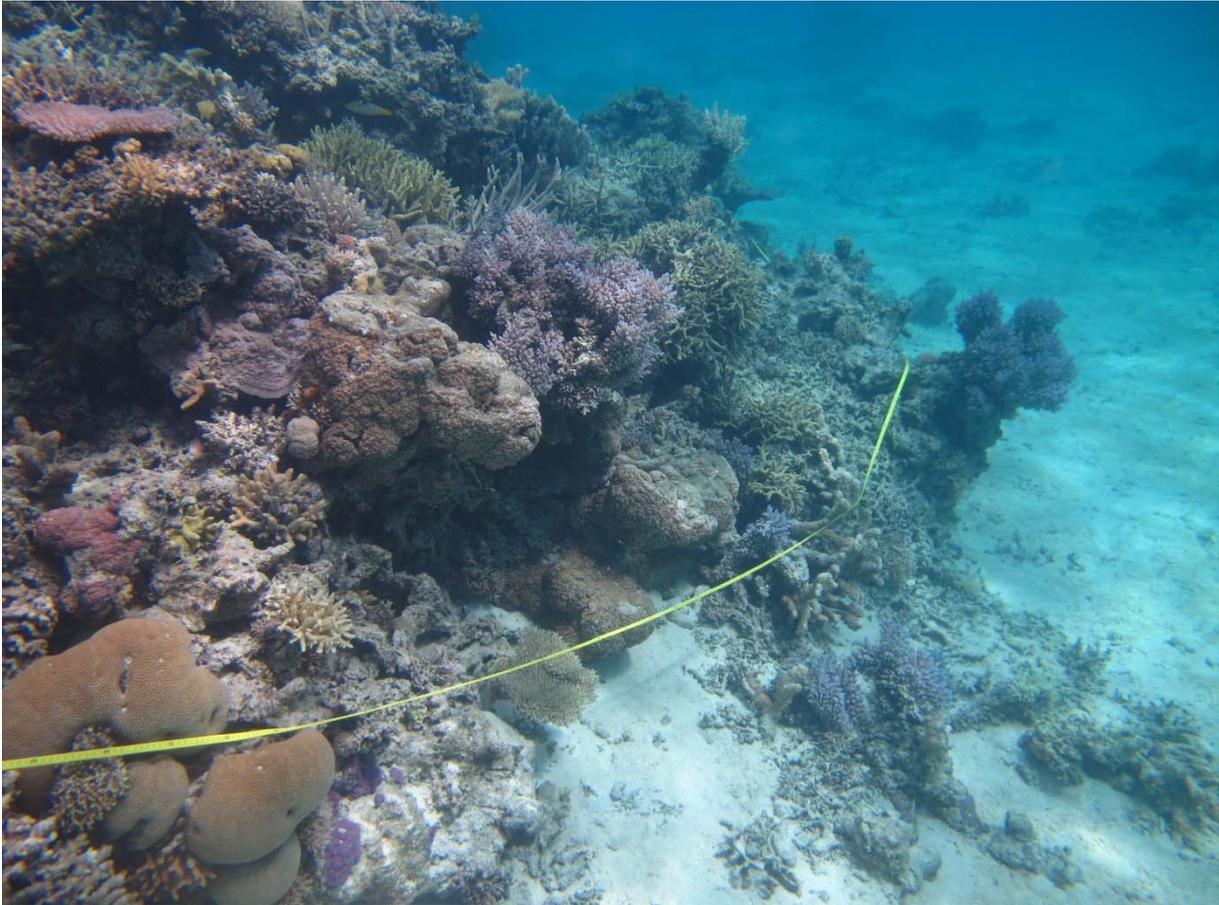


Figure 49 (1/3)

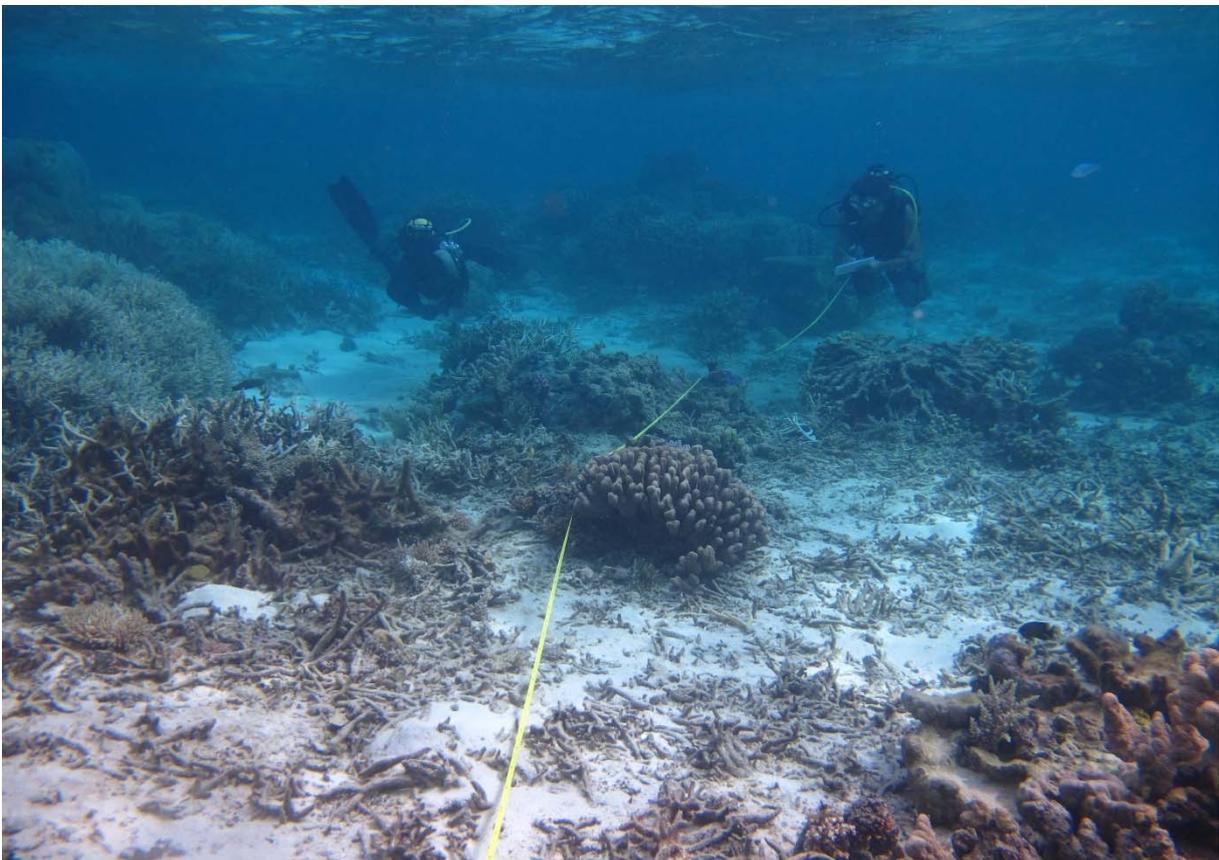
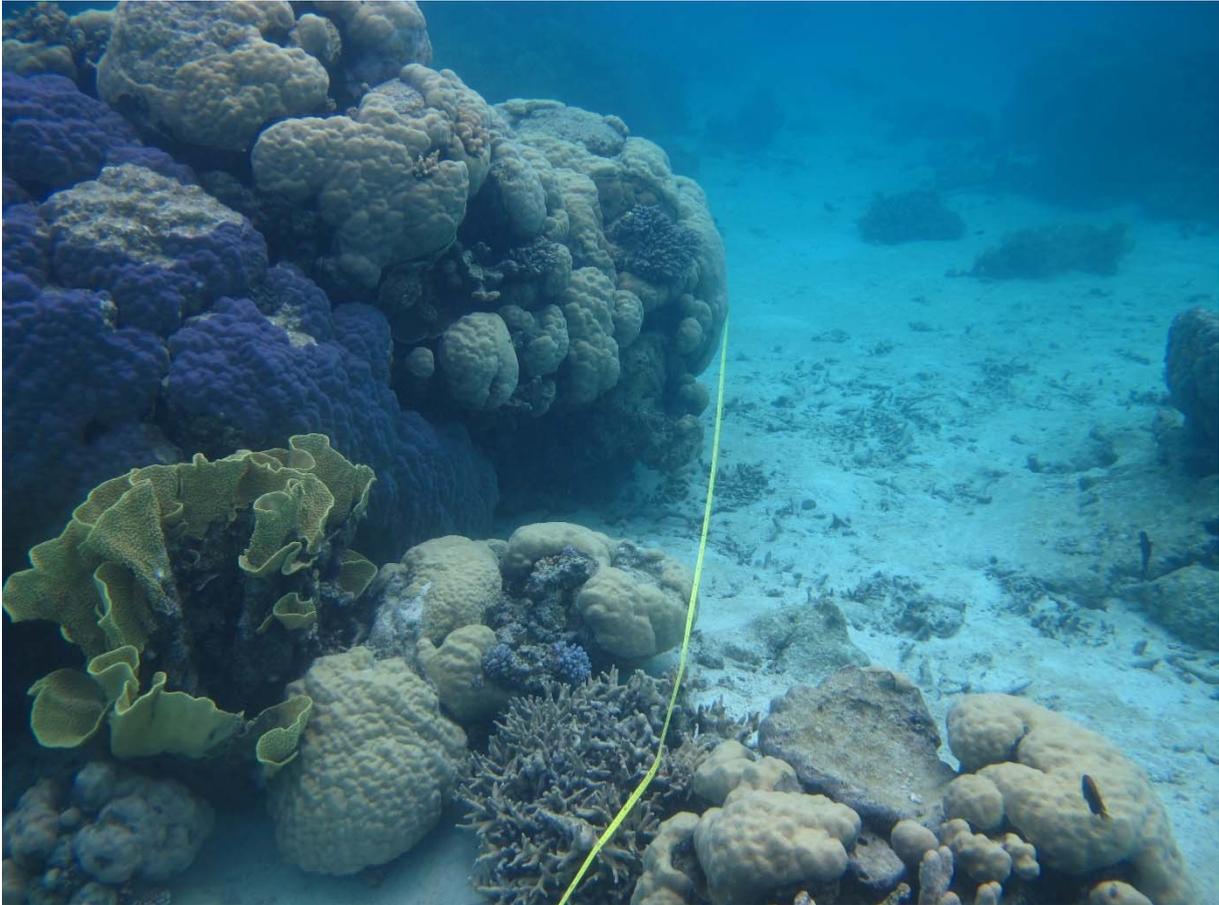


Figure 49 (2/3)

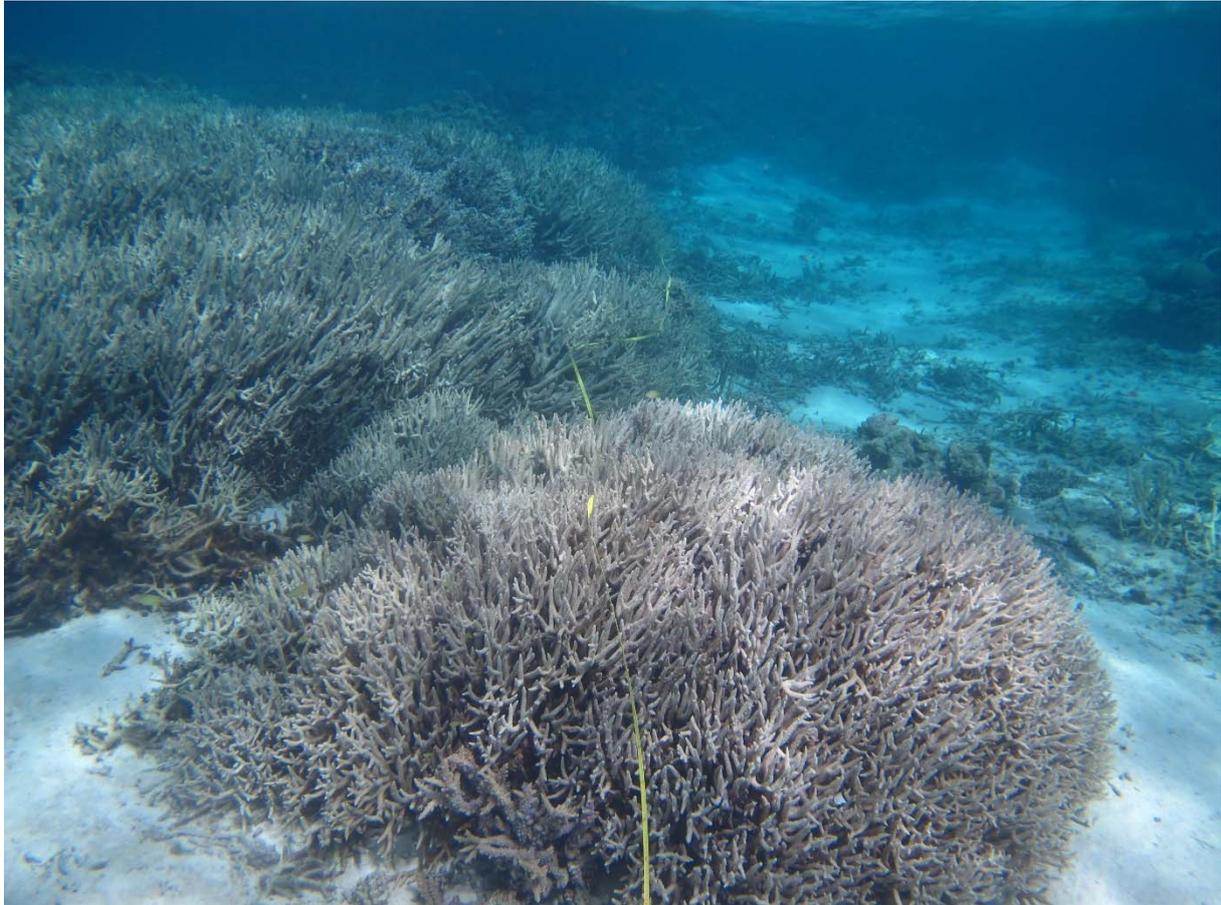


Figure 49 : Photographies représentatives des habitats du récif barrière interne et des récifs lagunaires à Bourail en 2019.

6 Maintien de l'intégrité entre 2007 et 2019

L'évaluation du maintien de l'intégrité des récifs coralliens de Bourail a été faite à partir des données des 13 stations ayant été échantillonnées lors des missions de 2007, 2014 et 2019 (Tableau 1). Ces comparaisons ont été réalisées à partir des listes de références poissons et invertébrés utilisées en 2007 (cf. annexes § 11 et 12). Une seconde série d'analyses a été effectuée en utilisant les listes complètes (poissons et invertébrés) sur les 15 stations échantillonnées en 2014 et 2019.

6.1 Communautés de poissons

6.1.1 Evolutions de 2007 à 2019 (liste restreinte)

Indices globaux

Le nombre total d'espèces de poissons de la liste restreinte (cf. annexe §11) a varié significativement entre 2007 et 2019 (χ^2 , $p < 0.05$) sur les stations échantillonnées au cours des 3 campagnes (Tableau 16). Il a été supérieur en 2014 et 2019 par rapport à 2007 (Fisher exact test, $p < 0.05$). 48.7% des espèces (112 espèces) ont été recensées au cours des 3 suivis, 25.7% (59 espèces) au cours de 2 suivis et 25.7% (59 espèces) au cours d'un seul suivi. Les 5 familles les plus diversifiées sont les mêmes en 2007, 2014 et 2019 (Tableau 16). La corrélation du rang des familles entre les 3 échantillonnages est extrêmement significative (corrélation de Spearman > 0.85 ; $p \leq 0.001$), ce qui indique que leur importance relative n'a pas varié entre 2007 et 2019 (Figure 50).

Tableau 16 : Richesse spécifique des familles de poissons échantillonnées en 2007, 2014 et 2019, à partir de la liste de référence en annexe (cf. § 11).

Famille	2007	2014	2019	Famille	2007	2014	2019
Acanthuridae	17	18	17	Monacanthidae	1	1	1
Aulostomidae	0	1	1	Mullidae	8	9	9
Balistidae	3	5	6	Muraenidae	0	1	1
Blenniidae	2	1	2	Nemipteridae	3	3	3
Caesionidae	1	2	2	Ostraciidae	1	1	1
Carangidae	0	4	5	Pempheridae	0	1	1
Carcharhinidae	1	2	2	Pomacanthidae	7	6	5
Chaetodontidae	20	21	23	Pomacentridae	13	20	20
Chanidae	0	0	1	Scaridae	14	15	18
Dasyatidae	0	0	1	Scombridae	0	1	0
Echeneidae	0	0	1	Scorpaenidae	1	0	0
Gobiidae	1	1	1	Serranidae	6	9	11
Haemulidae	1	2	3	Siganidae	4	6	5
Holocentridae	4	3	5	Sphyraenidae	0	0	1
Labridae	22	27	25	Tetraodontidae	3	2	3
Lethrinidae	4	10	7	Zanclidae	1	1	1
Lutjanidae	3	7	7	TOTAL	142	181	190
Microdesmidae	1	1	1				

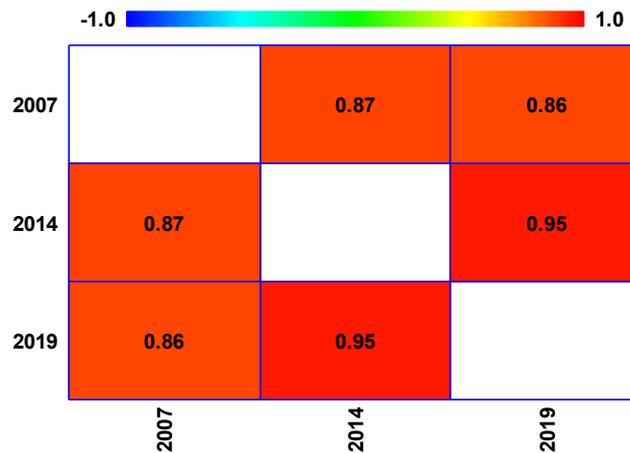


Figure 50 : Corrélation de Spearman du rang de la richesse spécifique des principales familles de poissons de la liste restreinte en 2007, 2014 et 2019.

La richesse spécifique par station (liste restreinte, cf. §11) a augmenté extrêmement significativement entre 2007 et 2014-2019, sans interaction, ce qui indique des patterns similaires sur les différents types de récif (Figure 51). Des variations similaires sont observées pour les espèces commerciales et la Scaridae commerciaux (Figure 51). Toutefois, l'interaction est significative pour les Scaridae où les variations sur la pente externe diffèrent de celles du récif barrière interne et des récifs lagunaires (Figure 51). Seules les différences entre 2007 et 2019 sont significatives pour les Serranidae commerciaux, ainsi qu'entre 2007 et 2014 pour les Acanthuridae commerciaux (Figure 51). Les variations temporelles ne sont pas significatives pour les Siganidae commerciaux et les Chaetodontidae (Figure 51). La richesse spécifique par station a donc globalement augmenté entre 2007 et 2014, puis elle s'est stabilisée en 2019.

Les patterns de variation de densité sont globalement similaires à ceux de la richesse taxonomique, mais plus marqués. La densité totale (liste restreinte, cf. §11) a augmenté significativement entre 2007, 2014 et 2019, sans interaction ce qui indique des patterns similaires sur les différents types de récif (Figure 52). Des variations similaires sont observées pour les espèces commerciales et les Scaridae (Figure 52). Elles sont moins marquées pour les Serranidae et les Acanthuridae commerciaux ainsi que pour les Chaetodontidae, les différences entre 2014 et 2019 n'étant pas significatives (Figure 52). Les Siganidae commerciaux ne présentent pas de variations temporelles de densité significatives (Figure 52).

Les patterns de variation de biomasse sont également globalement similaires à ceux de la richesse taxonomique et de la densité. La biomasse totale (liste restreinte, cf. §11) a augmenté significativement entre 2007 et 2014-2019, sans interaction ce qui indique des patterns similaires sur les différents types de récif (Figure 53). Des variations similaires sont observées pour les espèces commerciales, les Scaridae et les Acanthuridae commerciaux (Figure 53). Toutefois, l'interaction est significative pour les Scaridae où les variations sur la pente externe diffèrent de celles du récif barrière interne et des récifs lagunaires (Figure 53). La biomasse des Serranidae commerciaux a augmenté significativement entre 2014 et 2019 (Figure 53). Les Siganidae commerciaux et les Chaetodontidae ne présentent pas de variations temporelles de biomasse significatives (Figure 53).

Les évolutions indiquent un développement important des communautés entre 2007 et 2014, puis une stabilisation en 2014 en raison de l'absence de perturbations majeures durant la période.

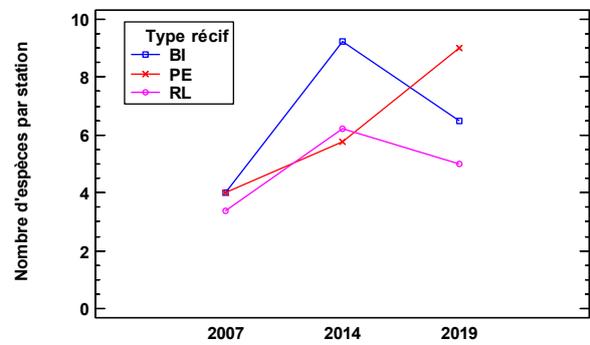
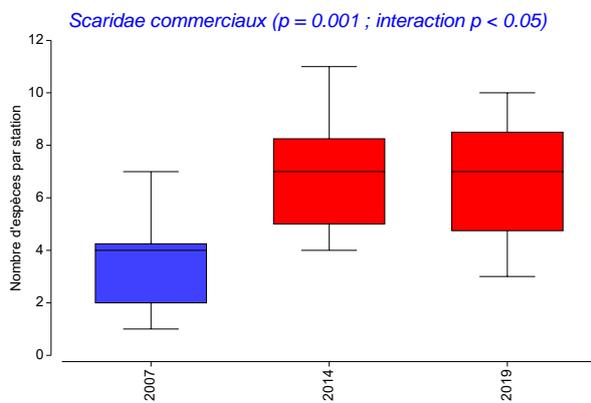
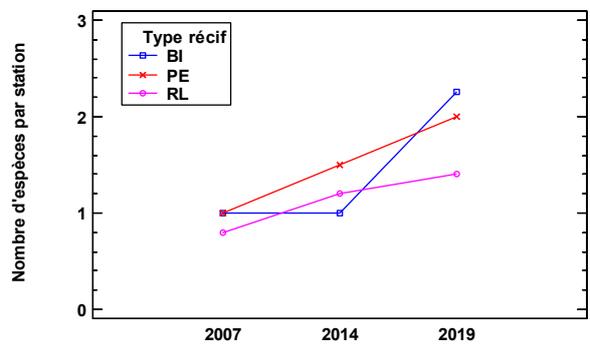
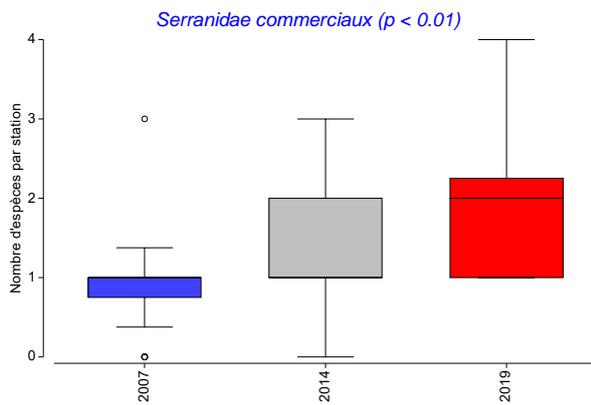
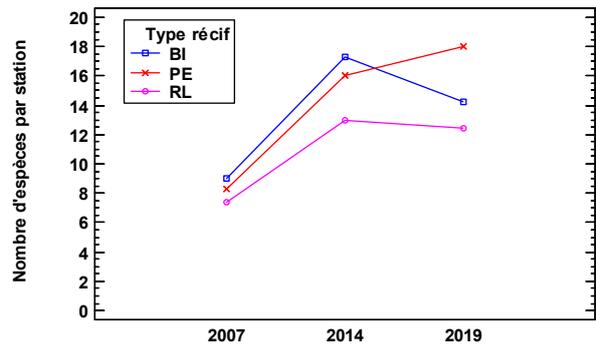
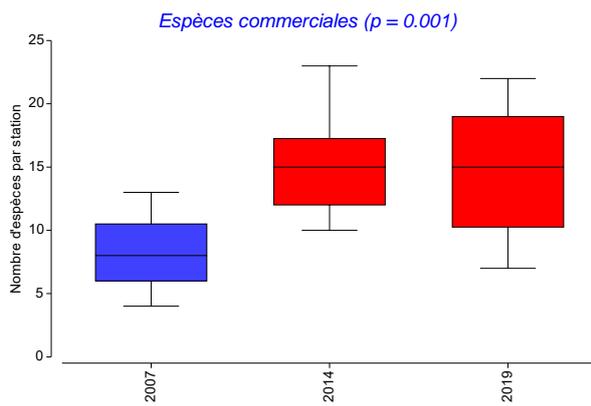
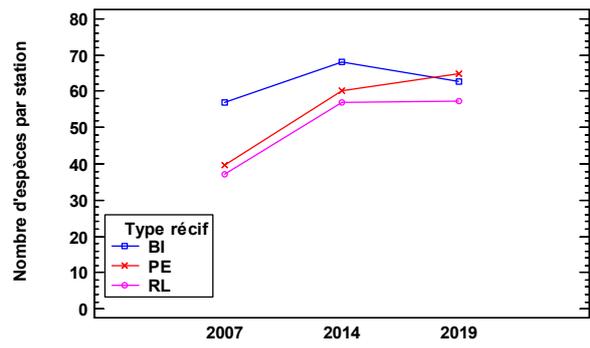
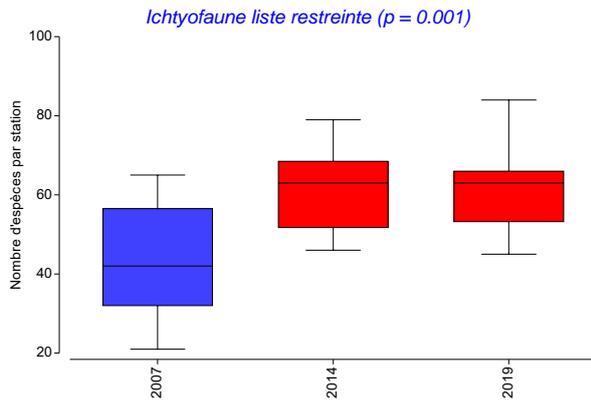


Figure 51 (1/2)

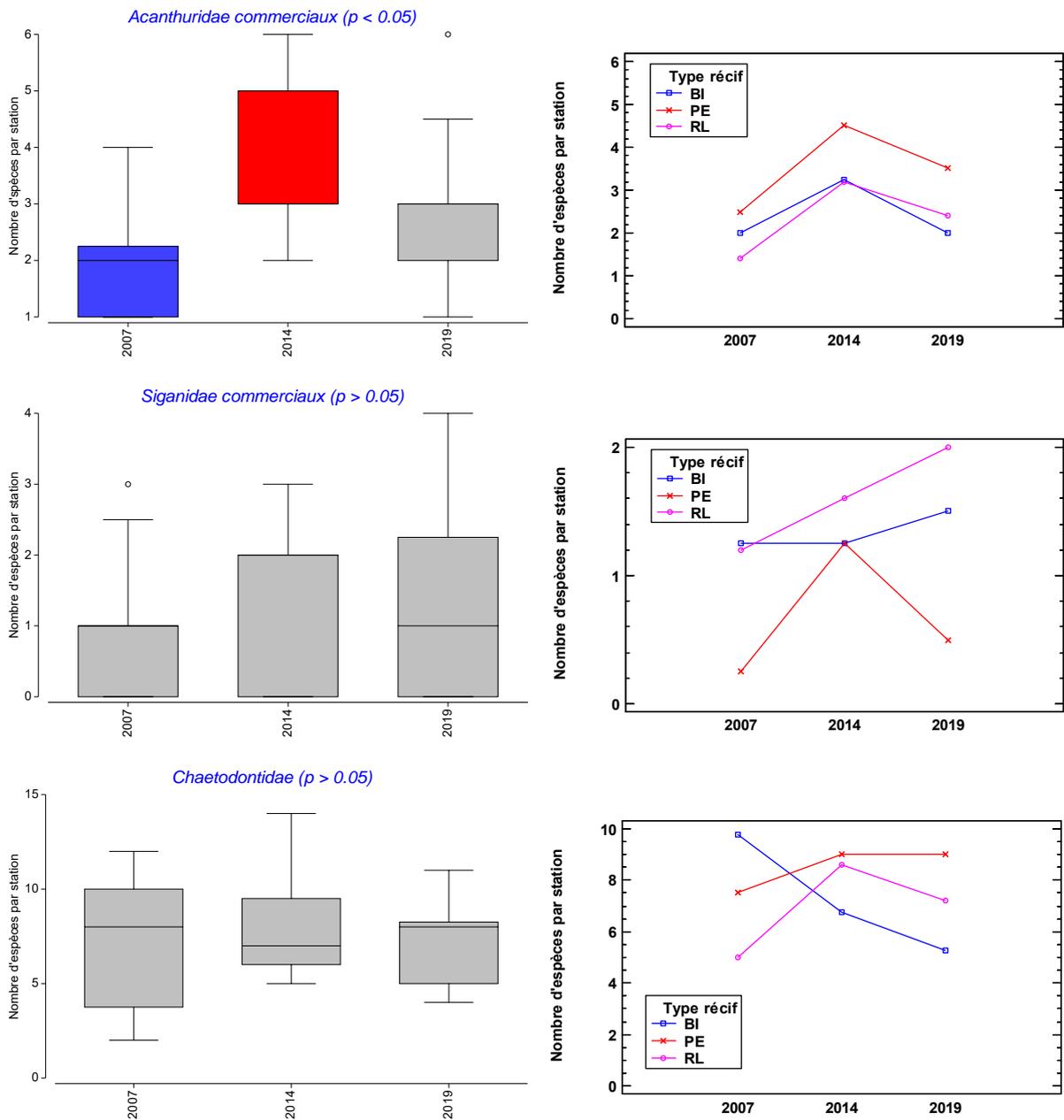


Figure 51 : Variations de la richesse spécifique par station des principales composantes des communautés de poissons de Bourail entre 2007 et 2019.

Des box-plots de couleurs différentes (bleu, rouge) indiquent des différences significatives. BI : récif barrière interne ; PE : pente externe ; RL : récif lagunaire.

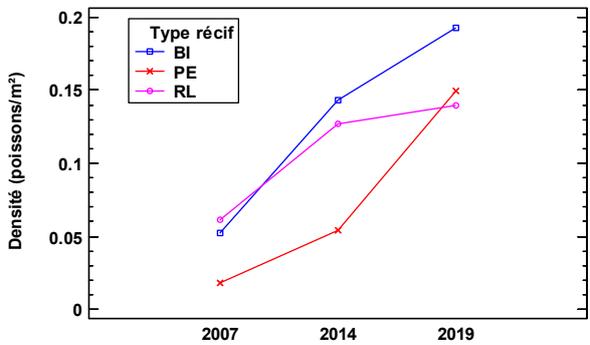
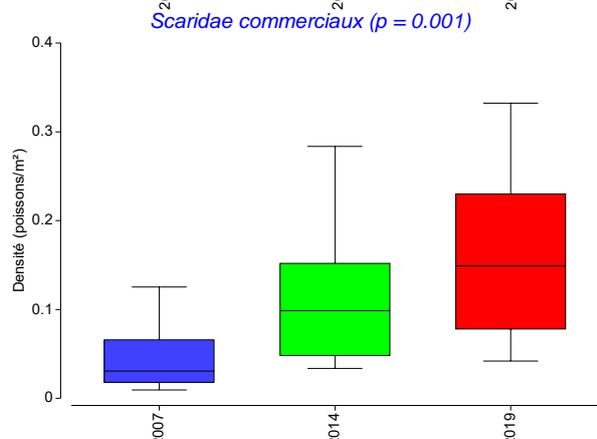
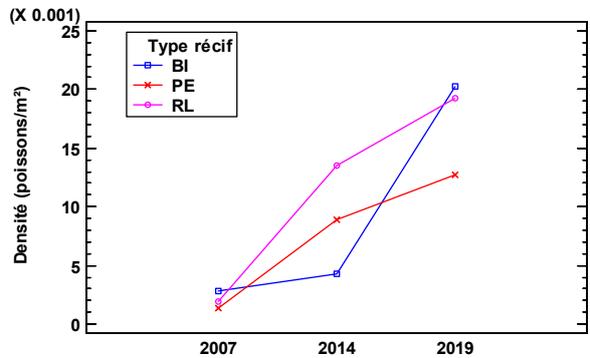
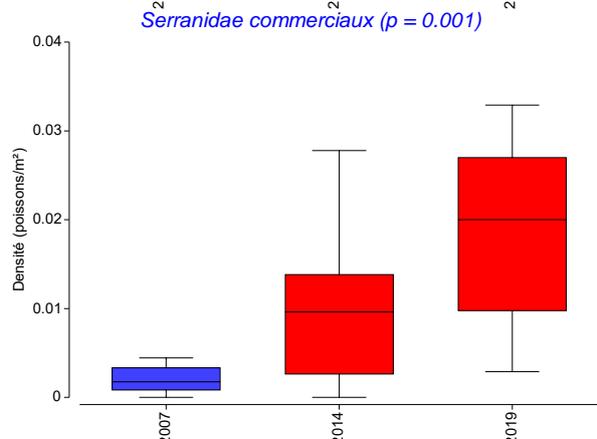
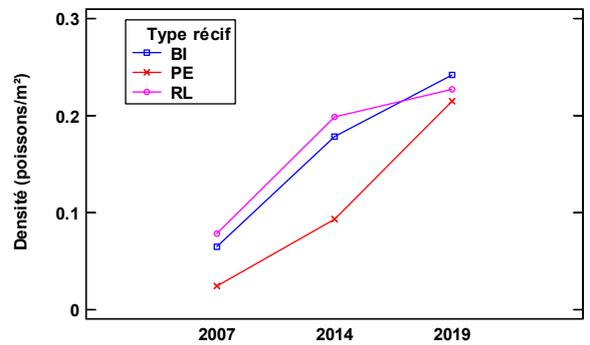
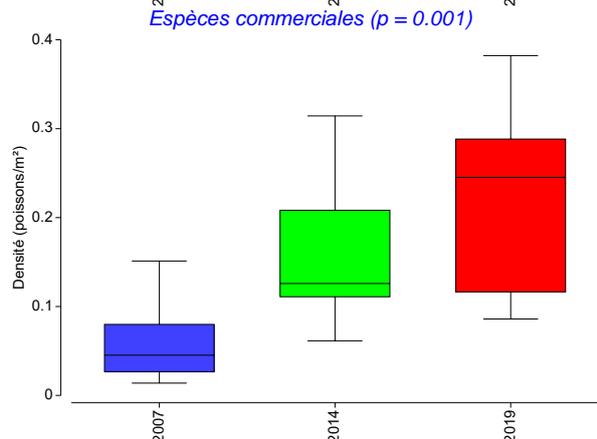
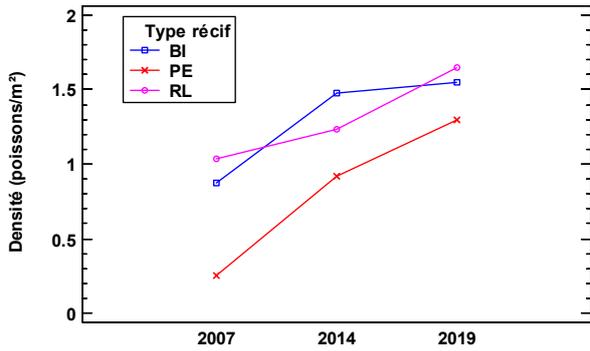
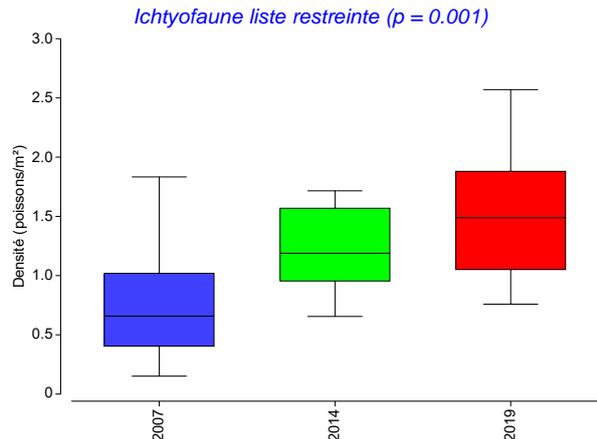


Figure 52 (1/2)

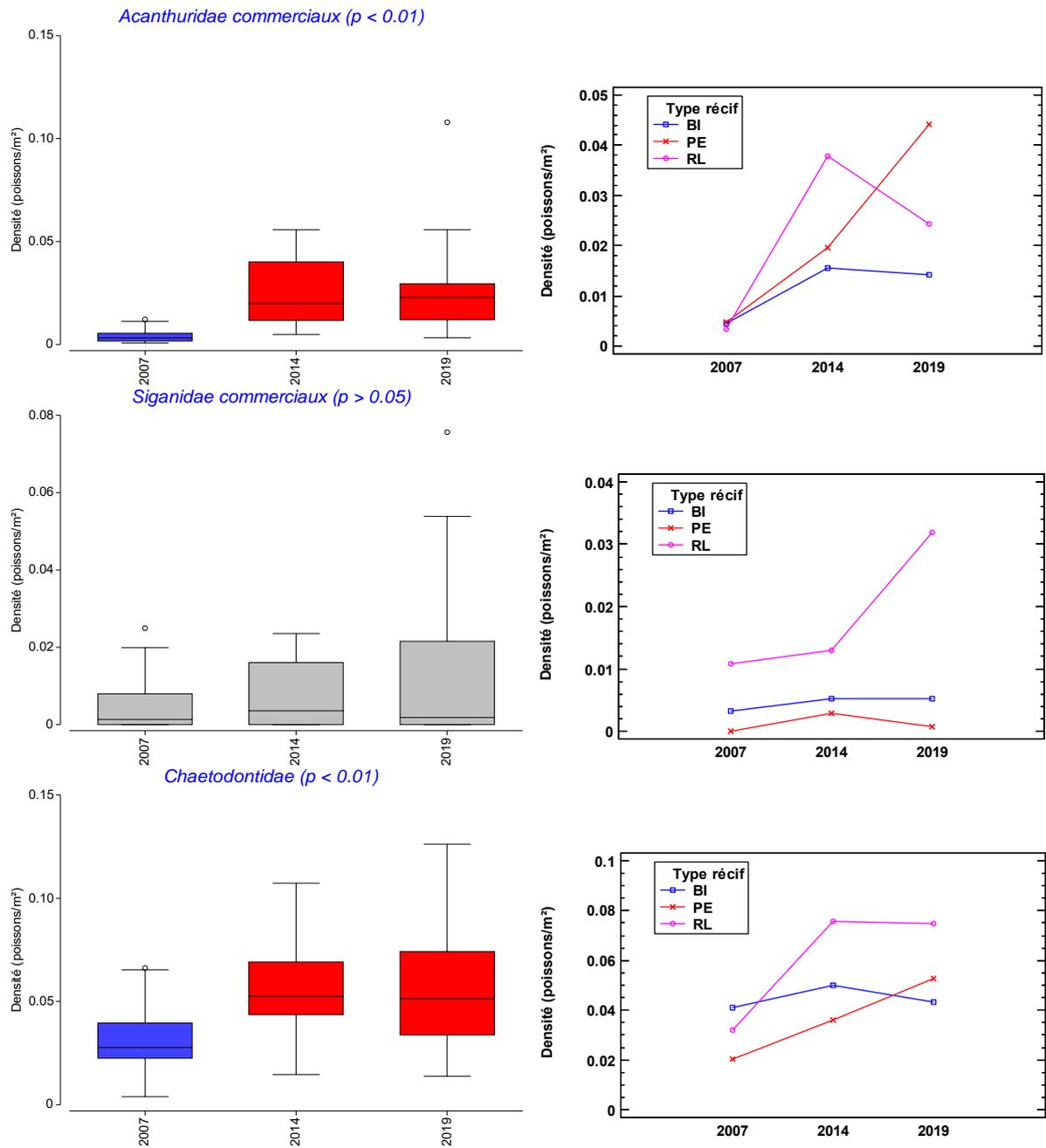


Figure 52 : Variations de la densité des principales composantes des communautés de poissons de Bourail entre 2007 et 2019.

Des box-plots de couleurs différentes (bleu, vert, rouge) indiquent des différences significatives. BI : récif barrière interne ; PE : pente externe ; RL : récif lagunaire.

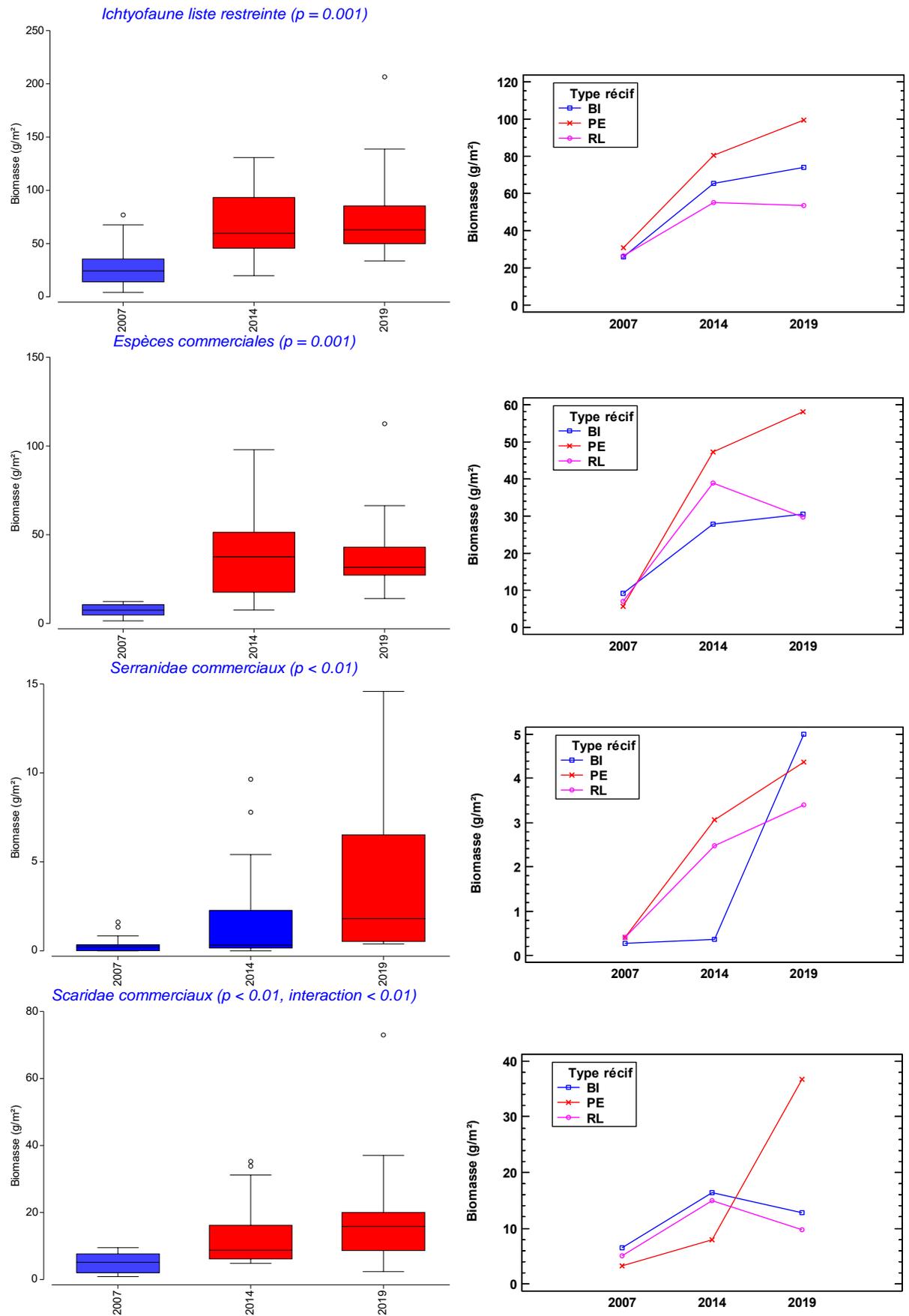


Figure 53 (1/2)

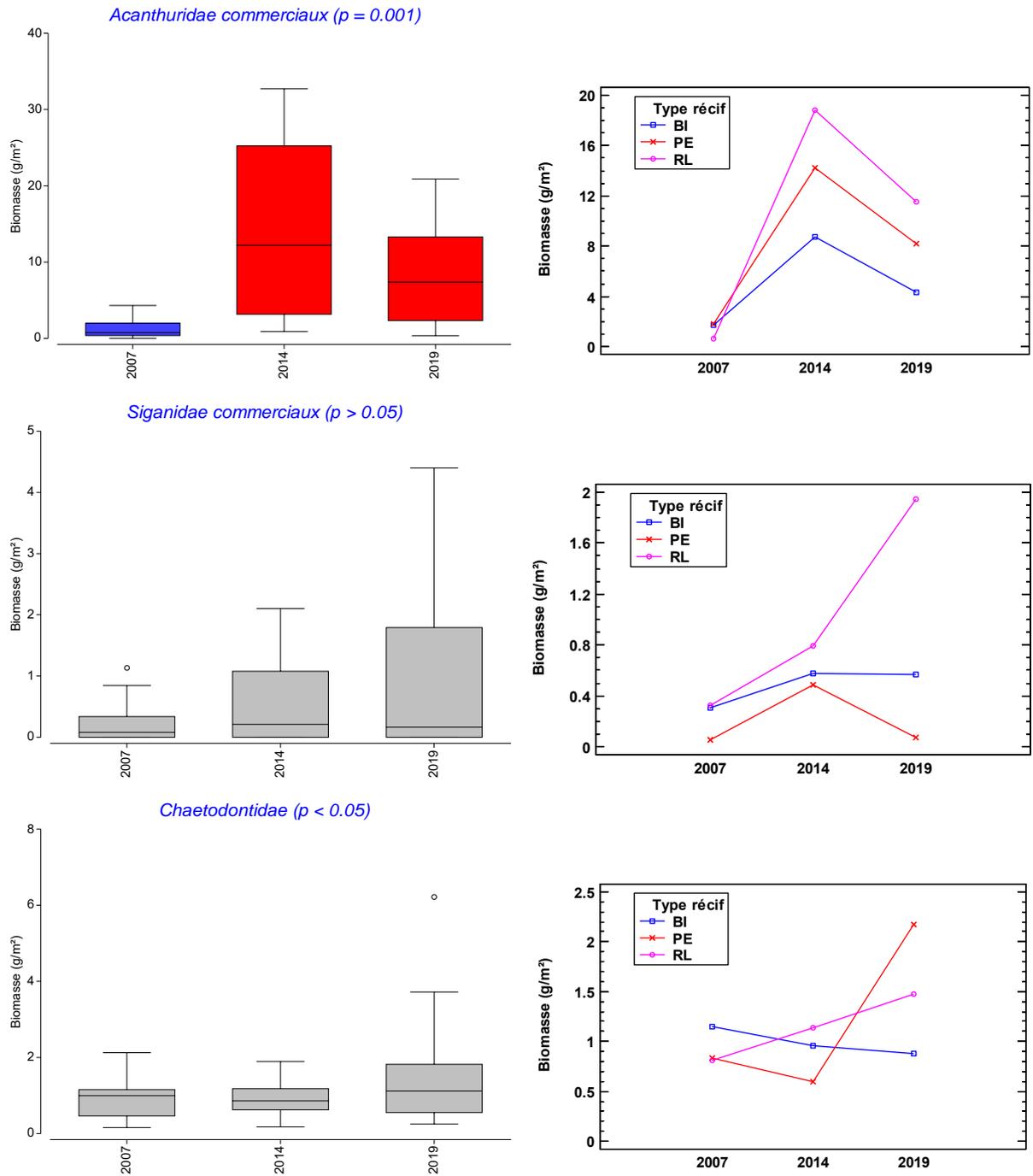


Figure 53 : Variations de la biomasse des principales composantes des communautés de poissons de Bourail entre 2007 et 2019.

Des box-plots de couleurs différentes (bleu, rouge) indiquent des différences significatives. BI : récif barrière interne ; PE : pente externe ; RL : récif lagunaire.

Espèces emblématiques

Le requin gris (*Carcharhinus amblyrhynchos*) est la seule espèce emblématique observée sur les stations échantillonnées au cours des 3 campagnes, le requin à ailerons blancs du lagon (*Triaenodon obesus*) étant observé en 2014 et 2019. La fréquence et l'abondance des requins ont augmenté entre 2007 et 2014 puis elles se sont stabilisées en 2019 (Tableau 17).

Les autres espèces emblématiques recensées n'ont été observées qu'en 2014 ou 2019 (Tableau 17). La fréquence d'observation des Napoléons et leur abondance ont augmenté entre 2014 et 2019. Le perroquet à bosse n'a été recensé qu'en 2019.

Quand elles sont observées, la taille des espèces emblématiques indique la présence d'individus matures.

Tableau 17 : Fréquence, abondance et taille des espèces emblématiques observées en 2007, 2014 et 2019 dans la zone d'étude.

Espèce	Fréquence			Nombre			Taille moyenne (maximum) (cm)		
	07	14	19	07	14	19	07	14	19
Requins	1	6	7	1	6	12	130	118 (175)	114 (150)
Napoléon	0	3	6	0	6	9	-	56 (85)	45 (85)
Perroquet à bosse	0	0	1	0	0	12	-	-	77 (95)

Structure des peuplements (liste restreinte)

La Permanova réalisée sur la structure des communautés (liste restreinte) entre 2007 et 2019 indique un effet extrêmement significatif ($p < 0.001$) du facteur année et du facteur type de récif. En revanche, l'interaction n'est pas significative ce qui indique que les variations temporelles de structure ont été de même nature sur la pente externe, le récif barrière interne et les récifs lagunaires qui conservent leurs spécificités. La structure des communautés en 2007 est significativement différente de celle de 2014 et 2019. Par ailleurs, la structure sur la pente externe diffère significativement de celles du récif barrière interne et des récifs lagunaires.

Une CAP sous contrainte du facteur année confirme ce résultat (Figure 54). Le premier axe discrimine les assemblages de 2007 de ceux de 2014 et 2019. Les erreurs de classification concernent principalement les structures de 2014 et 2019 tandis que celles de 2007 sont très bien discriminées (92% de classification correcte). La discrimination entre types de récifs est maintenue les 3 années d'échantillonnage (Figure 55). Les différences de structure entre les 3 années s'expliquent essentiellement par l'apparition d'espèces en 2014 et 2019 qui n'avaient pas ou plus rarement été observées en 2007. Les différences entre 2014 et 2019 sont analysées dans le §6.1.2.

Au regard de ces observations, cette évolution temporelle peut donc être considérée comme naturelle et la pression anthropique n'a pas augmenté entre 2007 et 2019 au point d'impacter l'organisation des communautés échantillonnées. Elle traduit également l'absence de perturbation majeure pendant la période. En revanche, elle ne permet pas de statuer sur les évolutions littorales et les conséquences potentielles des proliférations d'algues observées ces dernières années. A l'heure actuelle ces proliférations n'ont pas encore eu d'impact détectable sur les stations échantillonnées, situées au large du littoral affecté.

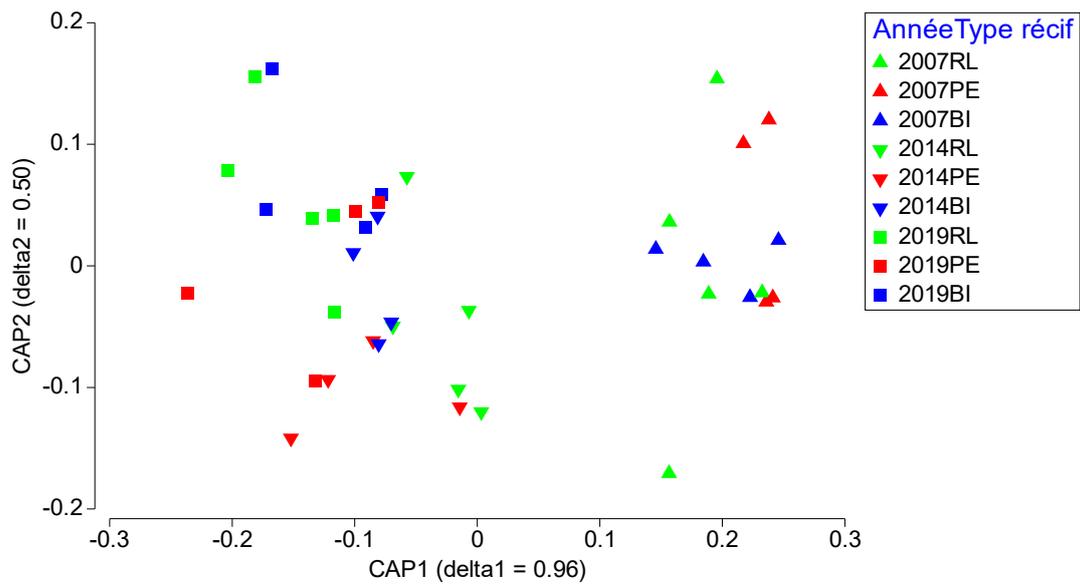


Figure 54 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la structure des communautés de poissons (liste restreinte) en 2007, 2014 et 2019 sous la contrainte du facteur année.

L'analyse canonique a été réalisée sur les 9 premiers axes (71.9% de l'inertie) de l'analyse en coordonnées principales de la matrice espèce/année_station, sous contrainte du facteur année. Une validation croisée du modèle indique un pourcentage de classification correct et stable de 76.9% ($p = 0.001$). PE : pente externe ; BI : récif barrière interne ; RL : récif lagonaire.

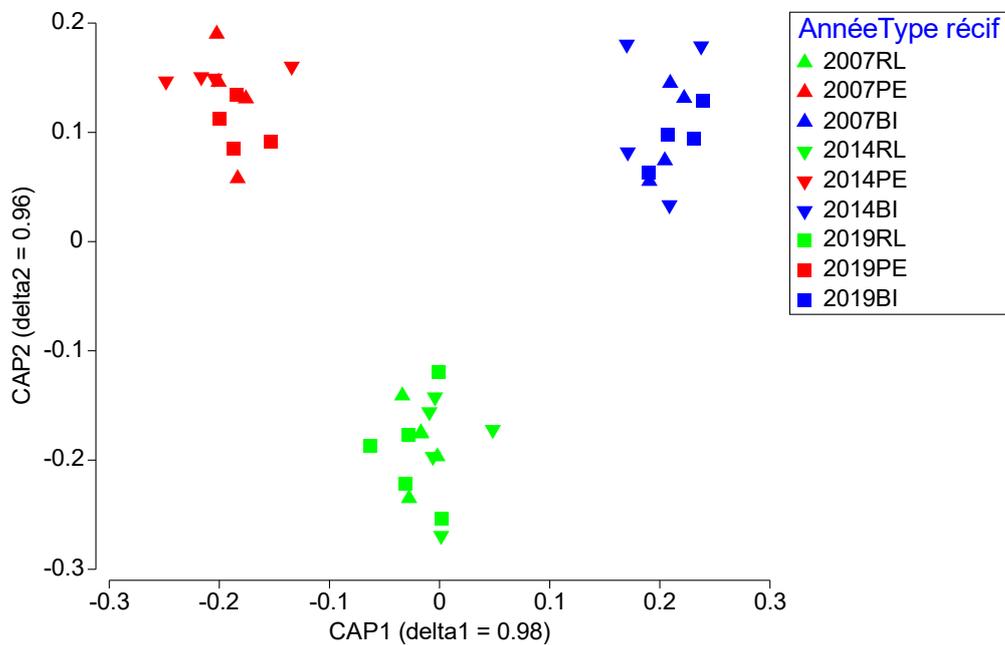


Figure 55 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la structure des communautés de poissons (liste restreinte) en 2007, 2014 et 2019 sous la contrainte du type de récif.

L'analyse canonique a été réalisée sur les 30 premiers axes (100% de l'inertie) de l'analyse en coordonnées principales de la matrice espèce/année_station, sous contrainte du facteur type de récif. Une validation croisée du modèle indique un pourcentage de classification correct et stable de 84.6% ($p = 0.001$). PE : pente externe ; BI : récif barrière interne ; RL : récif lagonaire.

6.1.2 Evolution (liste complète) entre 2014 et 2019

L'ensemble des espèces de poissons a été échantillonné à partir de 2014 (cf. §4.3). Une analyse comparative complémentaire de l'ensemble de l'ichtyofaune est donc réalisée dans cette partie entre les résultats de 2014 et ceux de 2019 sur les 15 stations échantillonnées ces 2 années.

Indices globaux

Le nombre total d'espèces de poissons recensé n'a pas varié significativement entre 2014 (266 espèces) et 2019 (262 espèces) (Fisher exact test, $p > 0.05$). Il en est de même pour le nombre d'espèces par station, la densité et la biomasse (Figure 56).

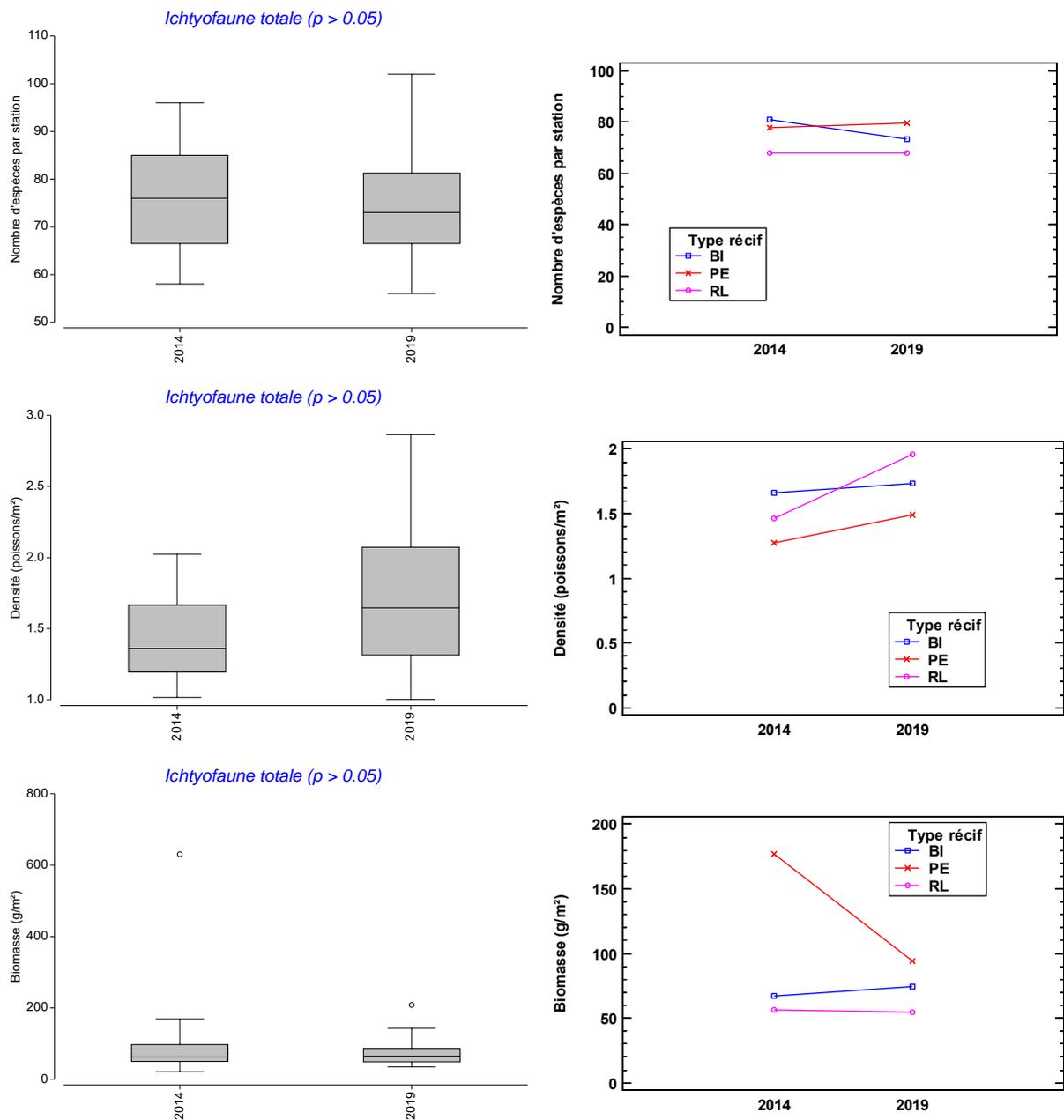


Figure 56 : Nombre d'espèces par station, densité et biomasse de l'ensemble de l'ichtyofaune de Bourail en 2014 et 2019.

Structure des communautés

La structure des communautés de poissons n'a pas évolué significativement entre 2014 et 2019 (Permanova, $p > 0.05$). Les différences entre la pente externe d'une part et le récif barrière interne et les récifs lagunaires d'autre part sont maintenues au cours de la période. Ces résultats sont confirmés par une CAP sous contrainte du facteur année et une CAP sous contrainte du facteur type de récif. Le premier modèle (contrainte année) n'est pas validé ($p > 0.05$) ce qui indique que l'année d'échantillonnage (2014 ou 2019) n'est pas un facteur discriminant de la structure des communautés. En revanche, le second modèle (contrainte type de récif) est validé ($p = 0.001$) (Figure 57). Il confirme que les structures de communautés en fonction du type de récif (96.7% de bonne classification) ne se sont pas modifiées entre 2014 et 2019. Il montre également une plus grande variabilité pour les récifs lagunaires (90% de bonne classification) que pour le récif barrière interne et la pente externe (100% de bonne classification).

Ces résultats confirment la relative stabilité des caractéristiques des communautés de poissons entre 2014 et 2019 mise en évidence à partir de l'analyse réalisée sur la liste restreinte (cf. §6.1.1).

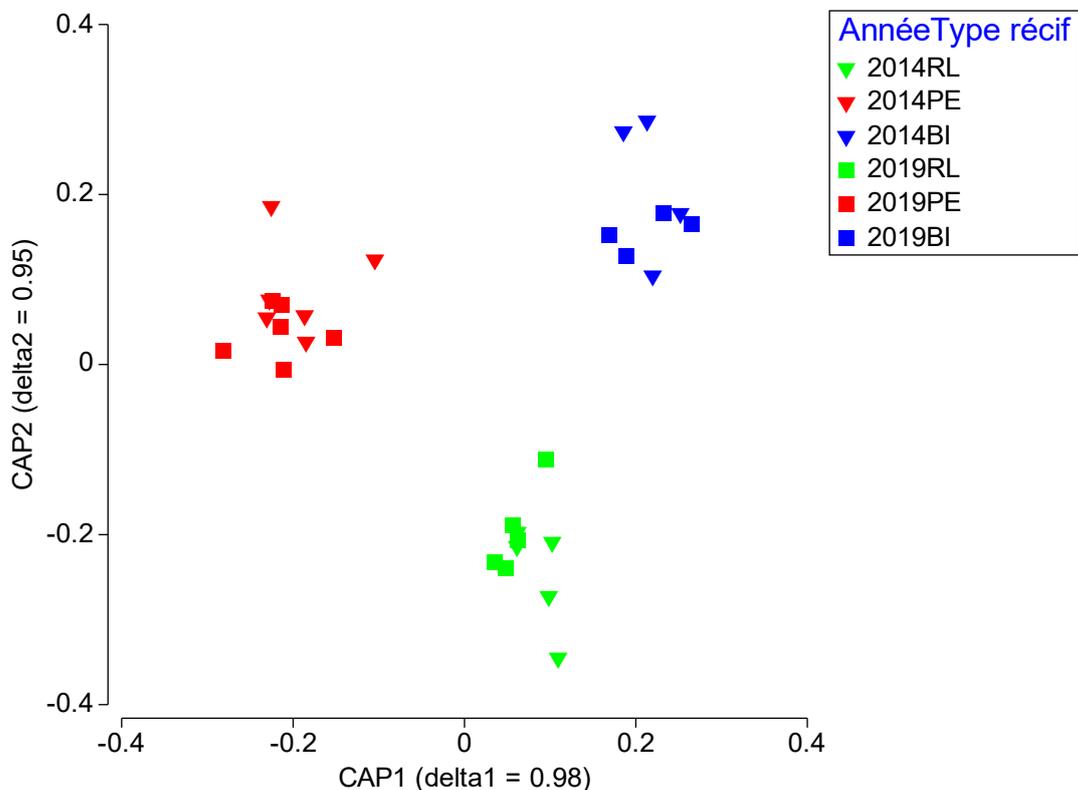


Figure 57 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la structure des communautés de poissons (liste complète) en 2014 et 2019 sous la contrainte du type de récif.

L'analyse canonique a été réalisée sur les 11 premiers axes (79.8% de l'inertie) de l'analyse en coordonnées principales de la matrice espèce/année_station, sous contrainte du facteur type de récif. Une validation croisée du modèle indique un pourcentage de classification correct et stable de 96.7% ($p = 0.001$). PE : pente externe ; BI : récif barrière interne ; RL : récif lagunaire.

6.2 Macroinvertébrés

6.2.1 Evolutions (liste restreinte) de 2007 à 2019

Indices globaux

Le nombre total de taxons d'invertébrés (liste restreinte, cf. annexe §12) n'a pas varié significativement entre 2007 et 2019 (χ^2 , $p > 0.05$) sur les stations échantillonnées au cours des 3 campagnes (Tableau 18). Seulement 22.0% des taxons (13 taxons) ont été recensés lors des trois campagnes d'échantillonnage, 30.5% (18 taxons) ont été échantillonnées en 2007-2014 et 2007-2019, 2014 et 2019 étant les deux campagnes qui présentent les diversités les plus similaires (47.5% de taxons commun, 28 taxons). 35.6% des taxons (21 taxons) n'ont été recensés qu'une seule campagne : 5 en 2007, 7 en 2014 et 9 en 2019. Les gastéropodes cibles ont toujours été les plus diversifiées (Tableau 18). La diversité des principaux groupes est restée globalement comparable au cours des 3 campagnes. Toutefois, les nudibranches, les astérides et les échinides ont été relativement plus rares en 2007 (Tableau 18). La corrélation du rang des familles entre les 3 échantillonnages est significative (corrélations de Spearman > 0.8 ; $p < 0.05$), ce qui indique que leur importance relative n'a pas varié entre 2007 et 2019 (Figure 58).

Tableau 18 : Richesse taxonomique des groupes d'invertébrés échantillonnés entre 2007 et 2019.

La richesse taxonomique est évaluée à partir d'une liste de référence (cf. §12).

Groupe	2007	2014	2019
Gastéropodes	7	9	9
Bivalves	6	7	8
Nudibranches	0	2	3
Crustacés	1	2	3
Astérides	4	6	7
Echinides	4	7	6
Holothurides	5	5	4
TOTAL cible	28	40	42

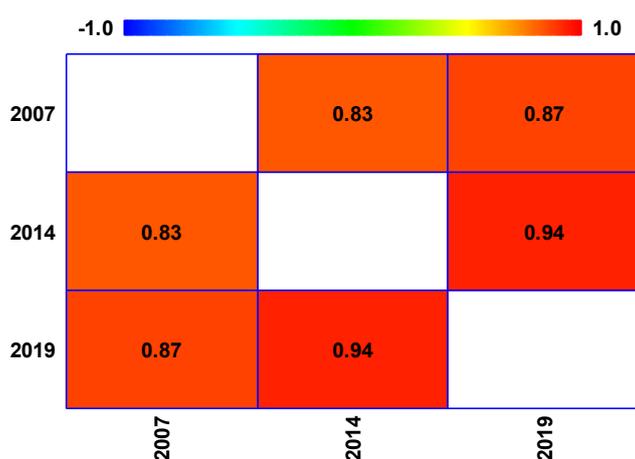


Figure 58 : Corrélation de Spearman du rang de la richesse spécifique des principales familles de macroinvertébrés cibles en 2007, 2014 et 2019.

La richesse taxonomique totale par station (liste restreinte, cf. §12) a augmenté extrêmement significativement entre 2007 et 2014-2019, sans interaction ce qui indique des patterns similaires sur les différents types de récif (Figure 59). Par ailleurs, il n'y a pas de différence significative entre les types de récifs. Un pattern similaire est observé pour les Gastéropodes (Figure 59). Un pattern temporel plus marqué est observé pour les bivalves, la richesse taxonomique par station de 2019 étant significativement supérieure à celle de 2014 (Figure 59). Par ailleurs, les bivalves ont été significativement plus diversifiés sur le récif barrière interne au cours de la période (Figure 59). Les variations temporelles n'ont pas été significatives pour les échinides qui restent significativement plus diversifiés sur le récif barrière interne au cours de la période (Figure 59). Les variations ont été non significatives pour les astérides et les holothurides (Figure 59).

Les patterns de variation de densité sont globalement similaires à ceux de la richesse taxonomique. La densité totale (liste restreinte, cf. §12) a augmenté significativement entre 2007 et 2014-2019, sans interaction ce qui indique des patterns similaires sur les différents types de récif (Figure 60). Par ailleurs, il n'y a pas de différence significative entre les types de récifs. Un pattern similaire est observé pour les gastéropodes et les astérides (Figure 60). Pour les bivalves (interaction significative), les variations temporelles ont été significatives sur les récifs lagunaires et la pente externe uniquement, les densités de 2019 étant supérieures à celles de 2007 (Figure 60). Les variations ne sont significatives pour la densité des échinides et des holothurides, malgré des profils moyens qui semblent différents pour les échinides sur la pente externe, en raison de la très forte variabilité inter-station (Figure 60).

La densité des bédouilles est restée relativement stable (Figure 61). En revanche, la taille moyenne des bédouilles diminue depuis 2007, les différences entre 2007 et 2019 étant significatives (Figure 61). En effet, la distribution de fréquence des tailles a été significativement modifiée (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.05$). La proportion des petits spécimens a augmenté entre 2007 et 2019 (Figure 62). Ces résultats traduisent très probablement des variations interannuelles de recrutement ou de croissance.

La densité des trocas est restée relativement stable (Figure 63) et significativement plus importante sur la pente externe au cours de la période (distribution naturelle). La taille moyenne des trocas n'a pas changé significativement entre 2007 et 2019 (Figure 63). La distribution de fréquence des tailles des trocas n'a pas évolué significativement (Kolmogorov-Smirnov, $p > 0.05$) ce qui confirme la relative stabilité des populations depuis 2007.

Les évolutions mettent en évidence l'absence de dégradation des populations durant la période.

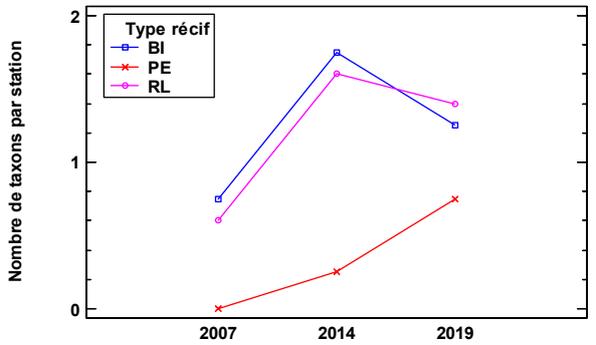
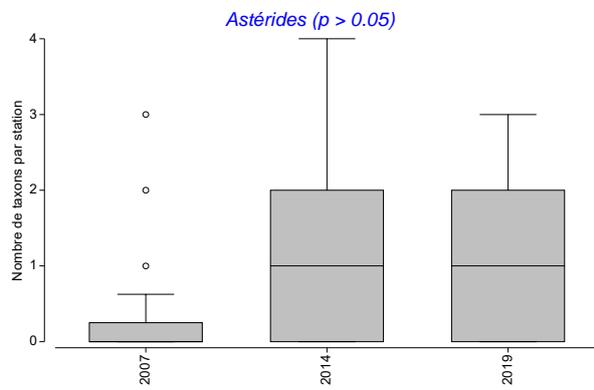
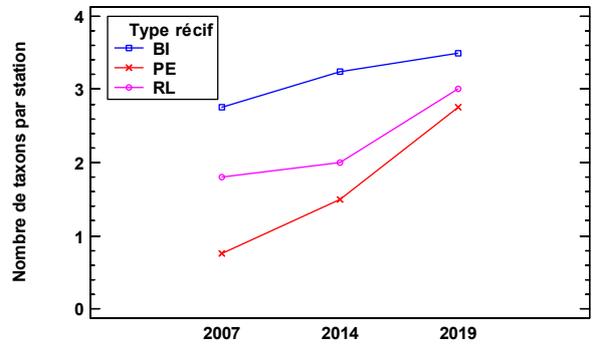
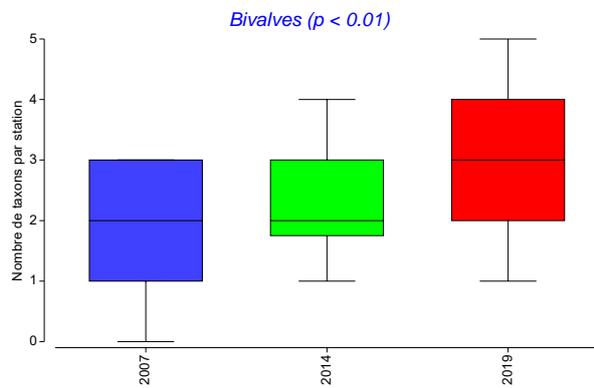
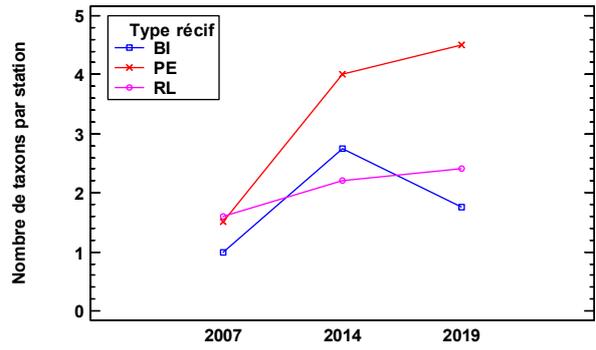
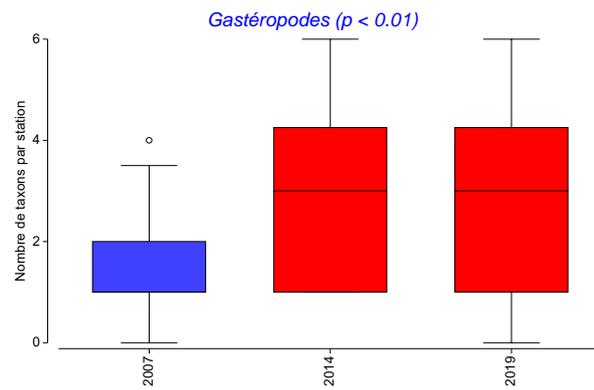
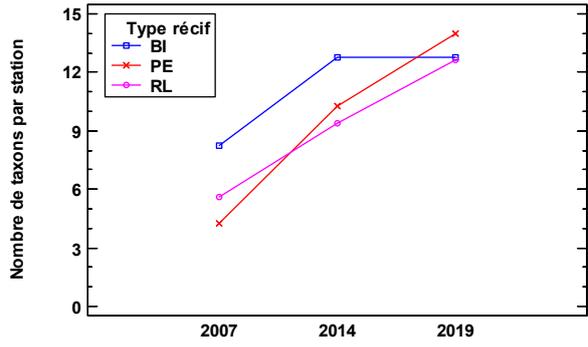
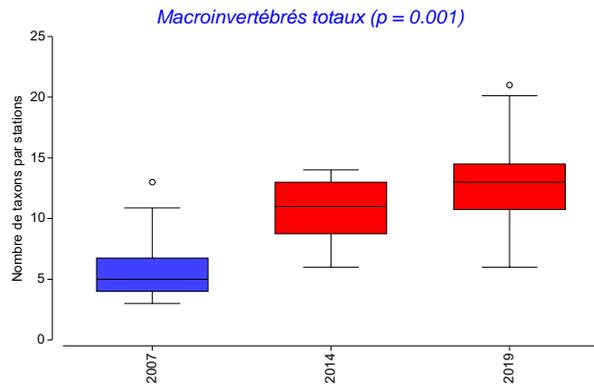


Figure 59 (1/2)

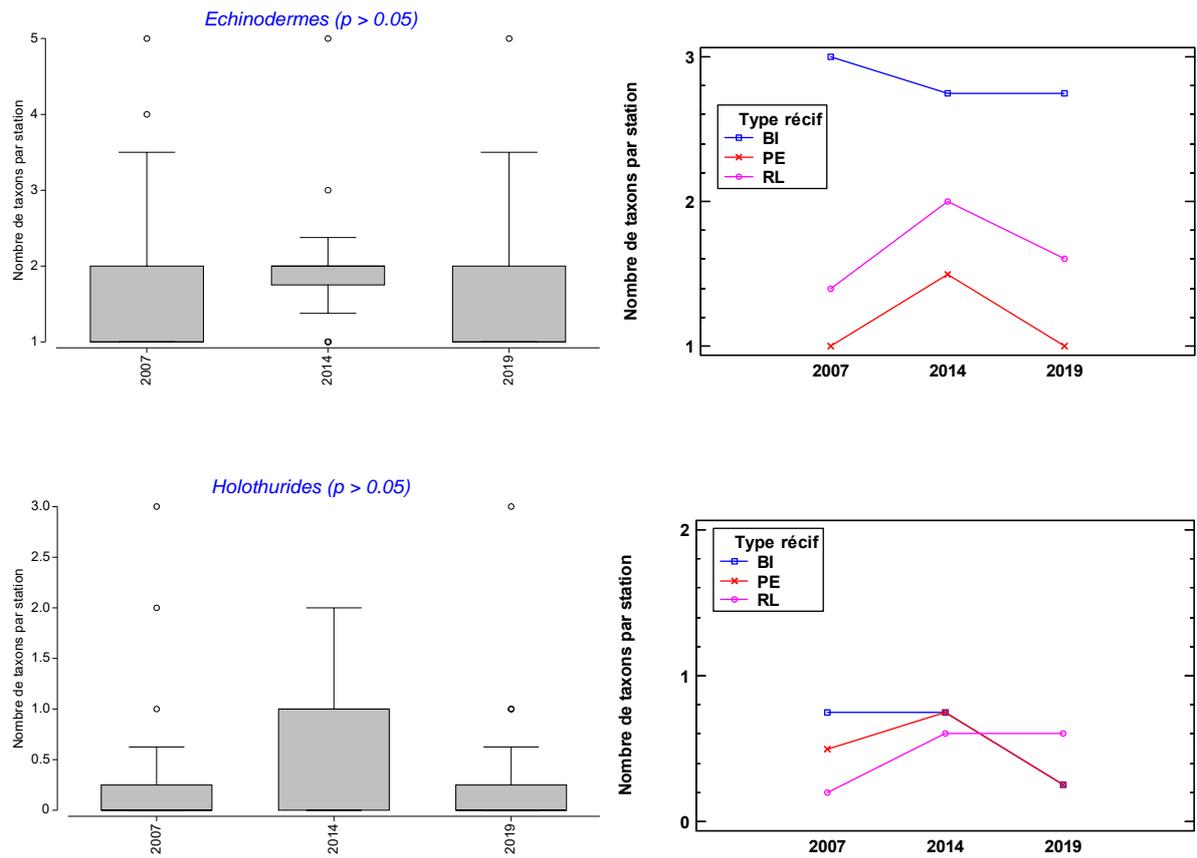


Figure 59 : Variations de la richesse taxonomique par station des principales composantes des communautés d'invertébrés de Bourail entre 2007 et 2019.

Des box-plots de couleurs différentes (bleu, vert, rouge) indiquent des différences significatives. BI : récif barrière interne ; PE : pente externe ; RL : récif lagunaire.

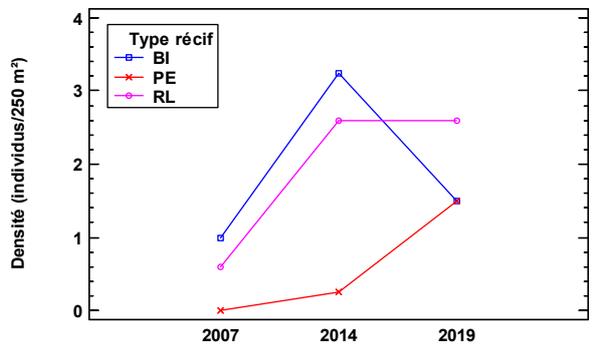
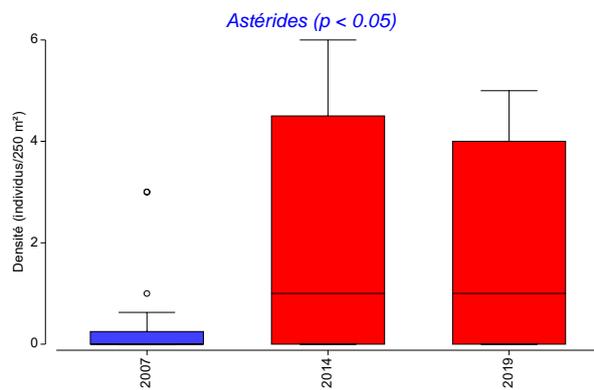
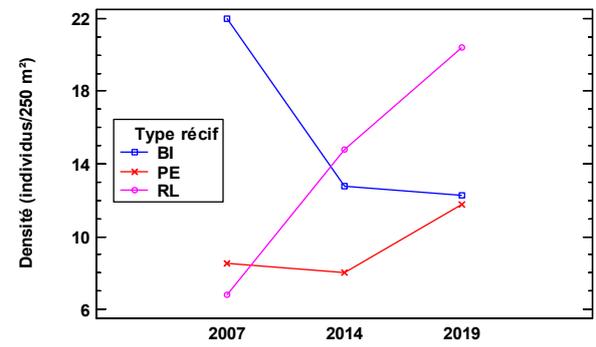
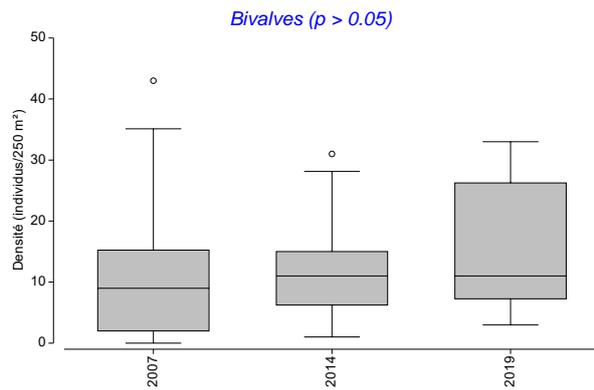
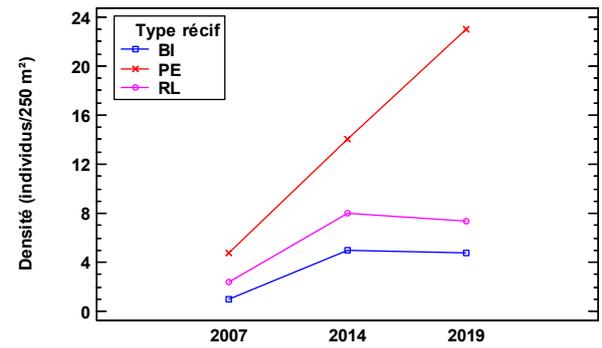
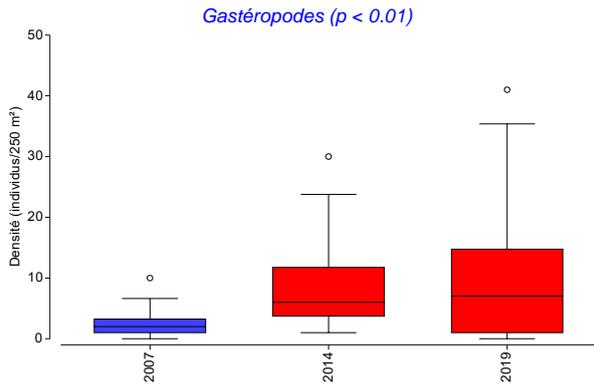
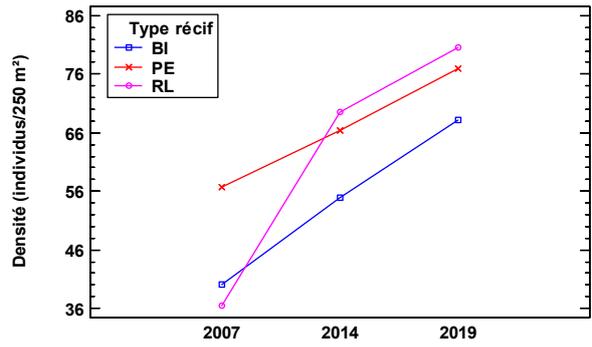
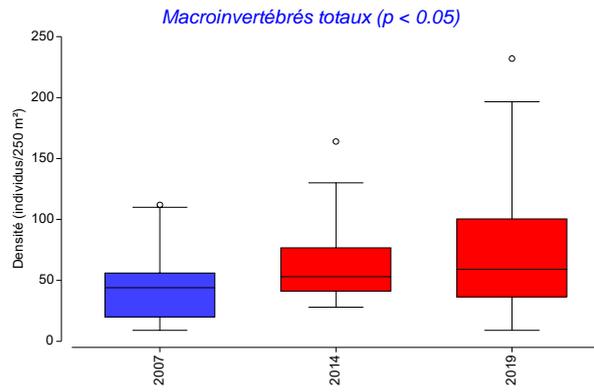


Figure 60 (1/2)

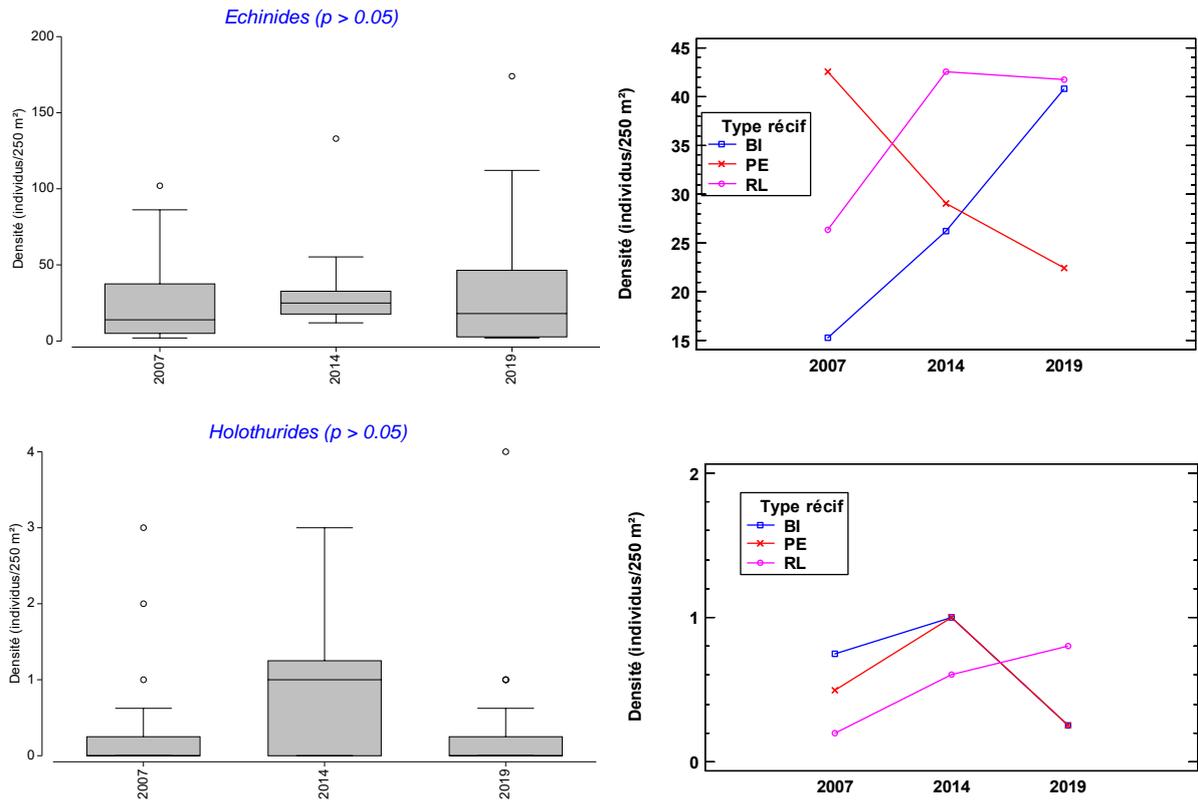


Figure 60 : Variations de la densité des principales composantes des communautés d'invertébrés de Bourail entre 2007 et 2019.

Des box-plots de couleurs différentes (bleu, rouge) indiquent des différences significatives. BI : récif barrière interne ; PE : pente externe ; RL : récif lagonaire.

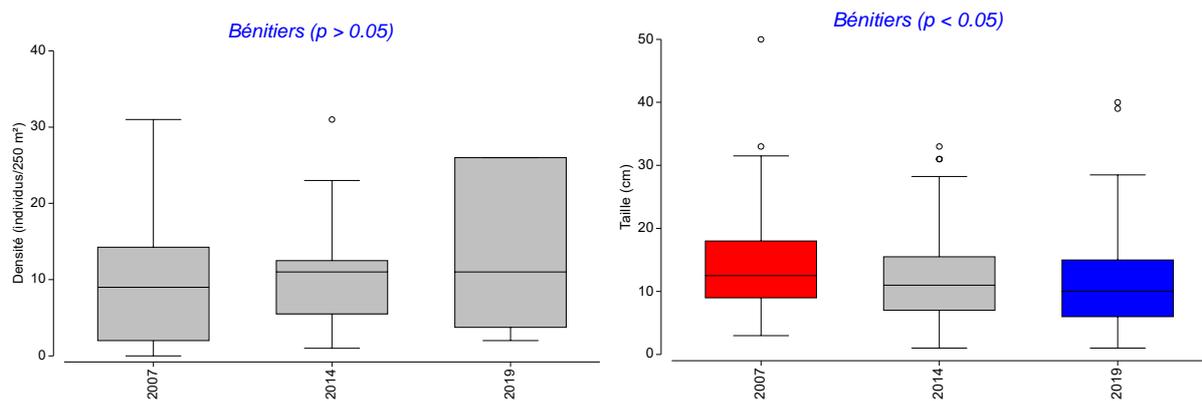


Figure 61 : Variations de la densité et de la taille moyenne des bécitiers entre 2007 et 2019 à Bourail.

Des box-plots de couleurs différentes (bleu, rouge) indiquent des différences significatives.

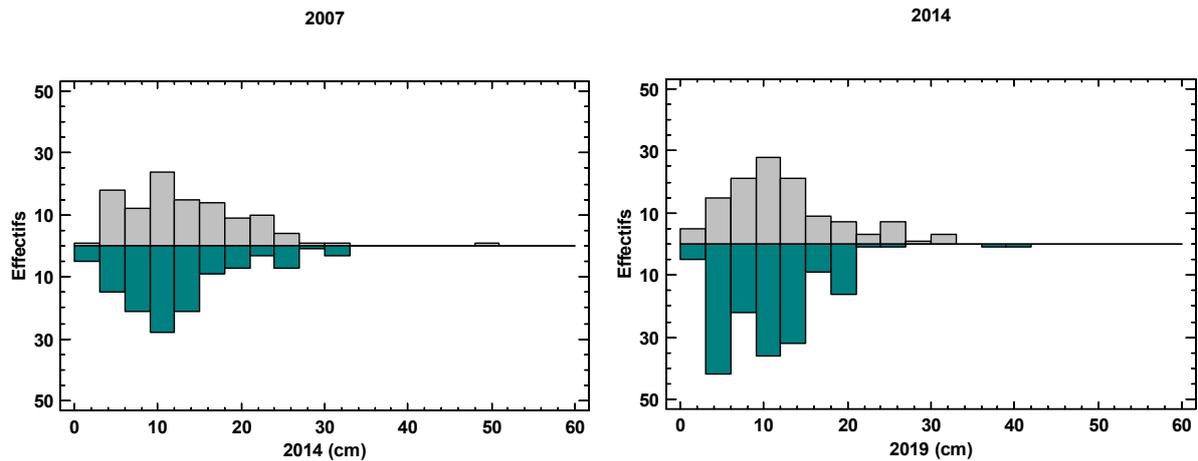


Figure 62 : Distribution de fréquence des tailles des bénitiers en 2007, 2014 et 2019 à Bourail.

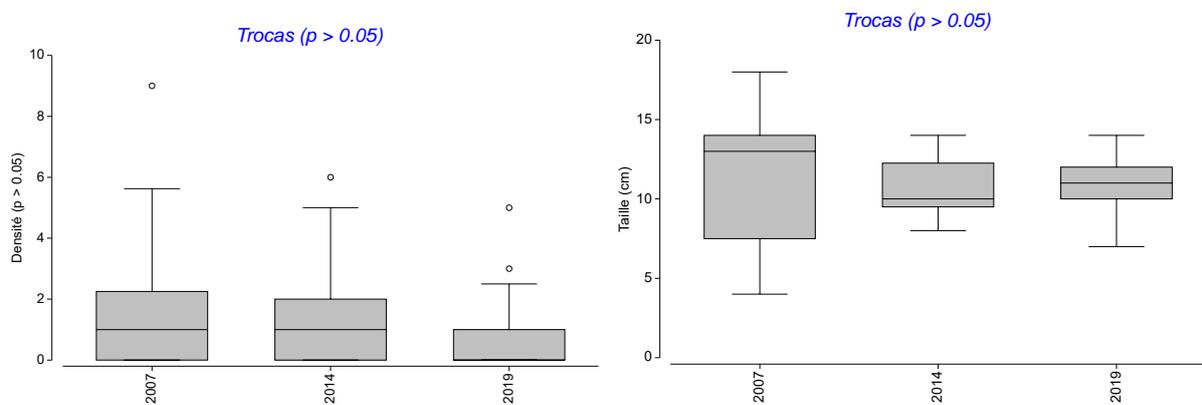


Figure 63 : Variations de la densité et de la taille moyenne des trocas entre 2007 et 2019 à Bourail.

Structure des peuplements (liste restreinte)

La Permanova réalisée sur la structure des communautés (liste restreinte) entre 2007 et 2019 indique un effet extrêmement significatif ($p < 0.001$) du facteur année et du facteur type de récif. En revanche, l'interaction n'est pas significative ce qui indique que les variations temporelles de structure ont été de même nature sur la pente externe, le récif barrière interne et les récifs lagunaires qui conservent leurs spécificités. Une CAP sous contrainte du facteur type de récif confirme ce résultat (Figure 64). Le premier axe discrimine les assemblages de pente externe de ceux des formations intra-lagonaires. Le second axe discrimine les 2 types de formations intra-lagonaires (récif barrière interne et récif lagunaire). Cette discrimination est maintenue les 3 années d'échantillonnage. Les erreurs de classification concernent principalement les formations intra-lagonaires qui présentent une plus grande similarité entre elles qu'avec la pente externe. Les différences de structure entre les 3 années s'expliquent essentiellement par l'apparition d'espèces en 2014 qui n'avaient pas ou plus rarement été observées en 2007, notamment des astérides (cf. Wantiez, et al., 2015b pour plus de précisions). Les différences entre 2014 et 2019 sont analysées dans le §6.2.2.

Au regard de ces observations, cette évolution temporelle peut donc être considérée comme naturelle et la pression anthropique n'a pas augmenté entre 2007 et 2019 au point d'impacter les communautés

échantillonnées. Elle traduit également l'absence de perturbation majeure pendant la période. En revanche, elle ne permet pas de statuer sur les évolutions littorales et les conséquences potentielles des proliférations d'algues vertes observées ces dernières années. A l'heure actuelle ces proliférations n'ont pas encore eu d'impact détectable sur les stations échantillonnées, situées au large du littoral affecté.

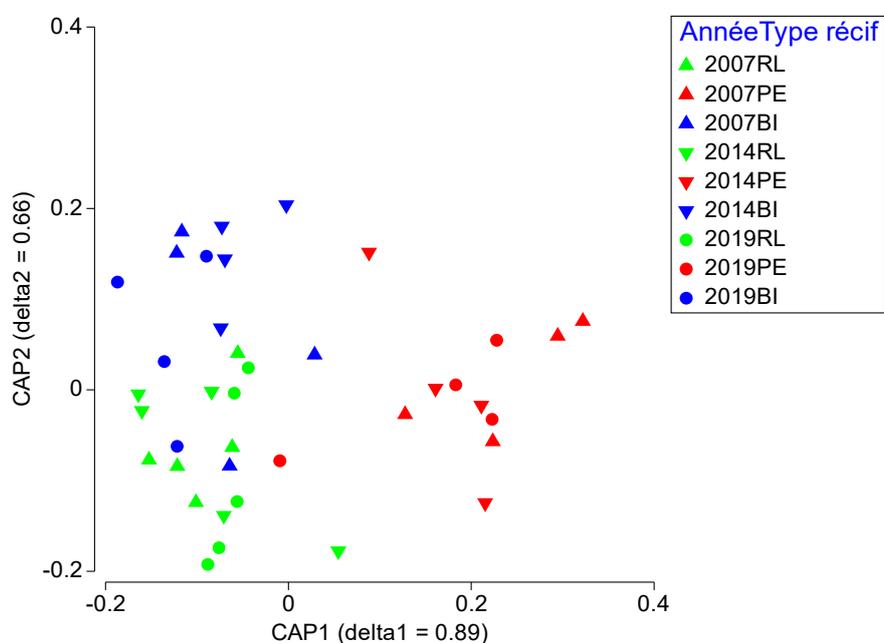


Figure 64 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la matrice taxons (liste restreinte)/station en 2007, 2014 et 2019.

L'analyse canonique a été réalisée sur les 11 premiers axes extraits (93.9% de l'inertie) de l'analyse en coordonnées principales de la matrice espèce/année_station, sous contrainte du facteur type de récif. Une validation croisée du modèle indique un pourcentage de classification correct et stable de 69.2%, ce qui est satisfaisant ($p = 0.001$). PE : pente externe ; BI : récif barrière interne ; RL : récif lagonaire.

6.2.2 Evolution (liste complète) entre 2014 et 2019

Indices globaux

La prise en compte de l'ensemble des espèces de macroinvertébrés épibenthiques à partir de 2014 permet de préciser les évolutions temporelles pour certaines métriques analysées dans ce paragraphe (macroinvertébrés totaux, gastéropodes, bivalves, crustacés).

Le nombre total de taxons d'invertébrés a augmenté significativement entre 2014 (71 taxons) et 2019 (98 taxons) (Fisher exact test, $p < 0.05$). Au total, 42.0% des taxons (50 taxons) ont été recensés lors des deux campagnes d'échantillonnage, 17.6% (21 taxons) ont été échantillonnés uniquement en 2014 et 40.3% (48 taxons) uniquement en 2019. Les gastéropodes ont toujours été les plus diversifiées (Tableau 19). La diversité des principaux groupes est restée globalement comparable au cours des 3 campagnes. Toutefois, les crustacés ont été plus diversifiés en 2019 (Tableau 19). Par ailleurs, la

corrélation du rang des familles entre les 2 échantillonnages n'est pas significative (corrélation de Spearman, $p > 0.05$), un certain nombre de groupes ayant une diversité similaire.

Tableau 19 : Richesse taxonomique des groupes d'invertébrés échantillonnés à Bourail en 2014 et en 2019.

La richesse taxonomique est évaluée à partir d'une liste de référence (cf. §12).

Groupe	2014	2019
Gastéropodes	26	30
Bivalves	10	16
Nudibranches	5	7
Crustacés	3	19
Astérides	7	7
Echinides	7	6
Holothurides	5	5
TOTAL	71	98

La richesse taxonomique totale par station (liste complète) a augmenté extrêmement significativement entre 2014 et 2019, sans interaction ce qui indique des patterns similaires sur les différents types de récif (Figure 65). Les différences entre 2014 et 2019 n'étaient pas significatives avec la liste restreinte (cf. §6.2.1). Par ailleurs comme pour la liste restreinte, il n'y a pas de différence significative entre les types de récifs. La richesse spécifique par station des gastéropodes n'a pas varié significativement entre 2014 et 2019 (Figure 65), comme pour la liste restreinte. La richesse spécifique des bivalves a été significativement supérieure en 2019 (Figure 65), comme pour la liste restreinte. Le même pattern a été observé pour les crustacés (Figure 65).

Les patterns de variation de densité sont globalement similaires à ceux de la richesse taxonomique. La densité totale a augmenté significativement entre 2014 et 2019, sans interaction ce qui indique des patterns similaires sur les différents types de récif (Figure 66). Par ailleurs, il n'y a pas de différence significative entre les types de récifs. Les différences entre 2014 et 2019 n'étaient pas significatives avec la liste restreinte (cf. §6.2.1). Un pattern similaire est observé pour les gastéropodes, les bivalves et les crustacés (Figure 66). En revanche, les variations de densité des éponges clones n'ont pas été significatives entre 2014 et 2019.

Les évolutions ne mettent en évidence aucune dégradation des populations durant la période. Il semble que les communautés se sont développées en absence de perturbations majeures, notamment les crustacés.

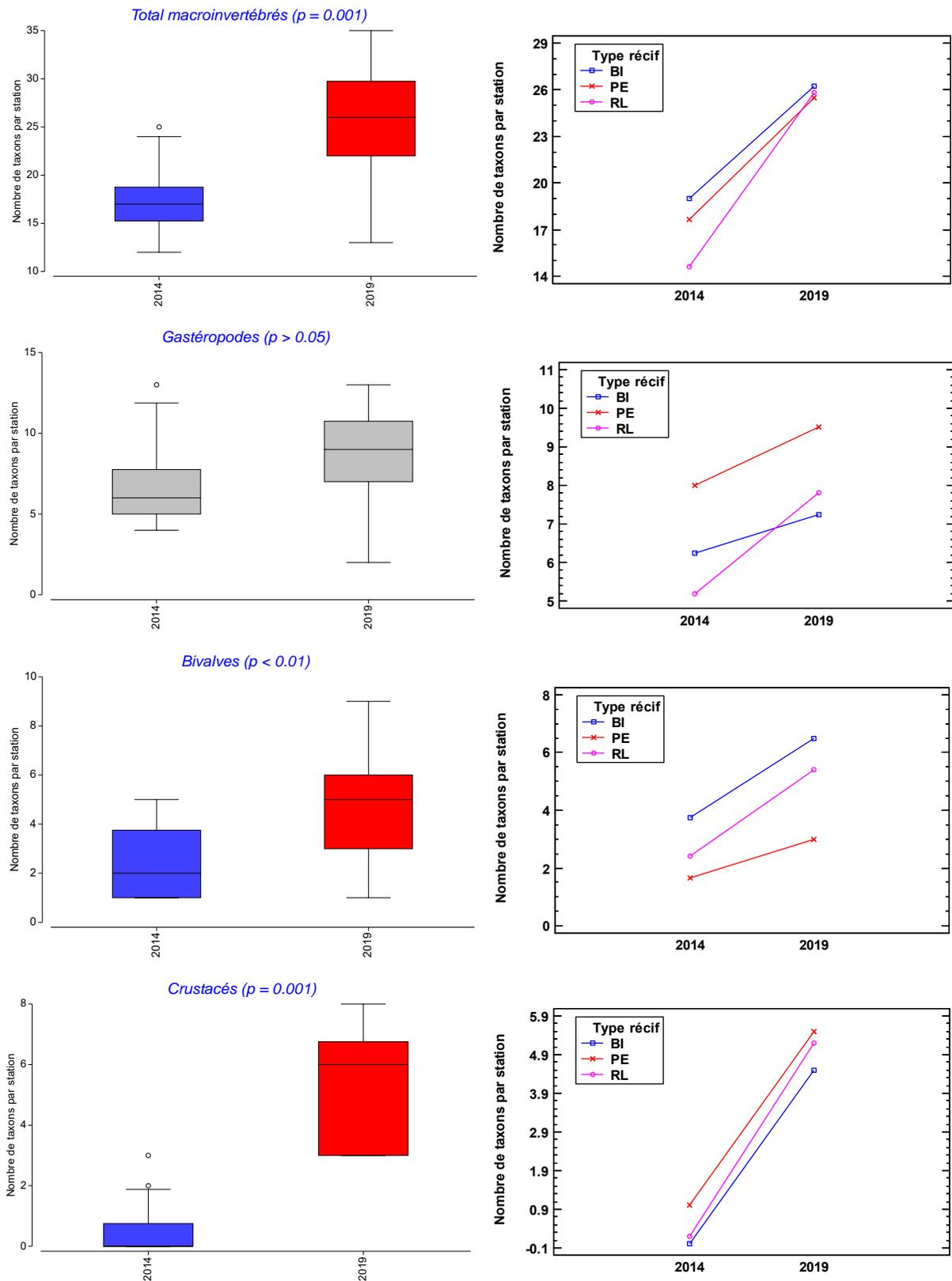


Figure 65 : Variations de la richesse taxonomique par station des principales composantes des communautés d'invertébrés (liste complète) de Bourail entre 2014 et 2019.

Des box-plots de couleurs différentes (bleu, rouge) indiquent des différences significatives. BI : récif barrière interne ; PE : pente externe ; RL : récif lagunaire.

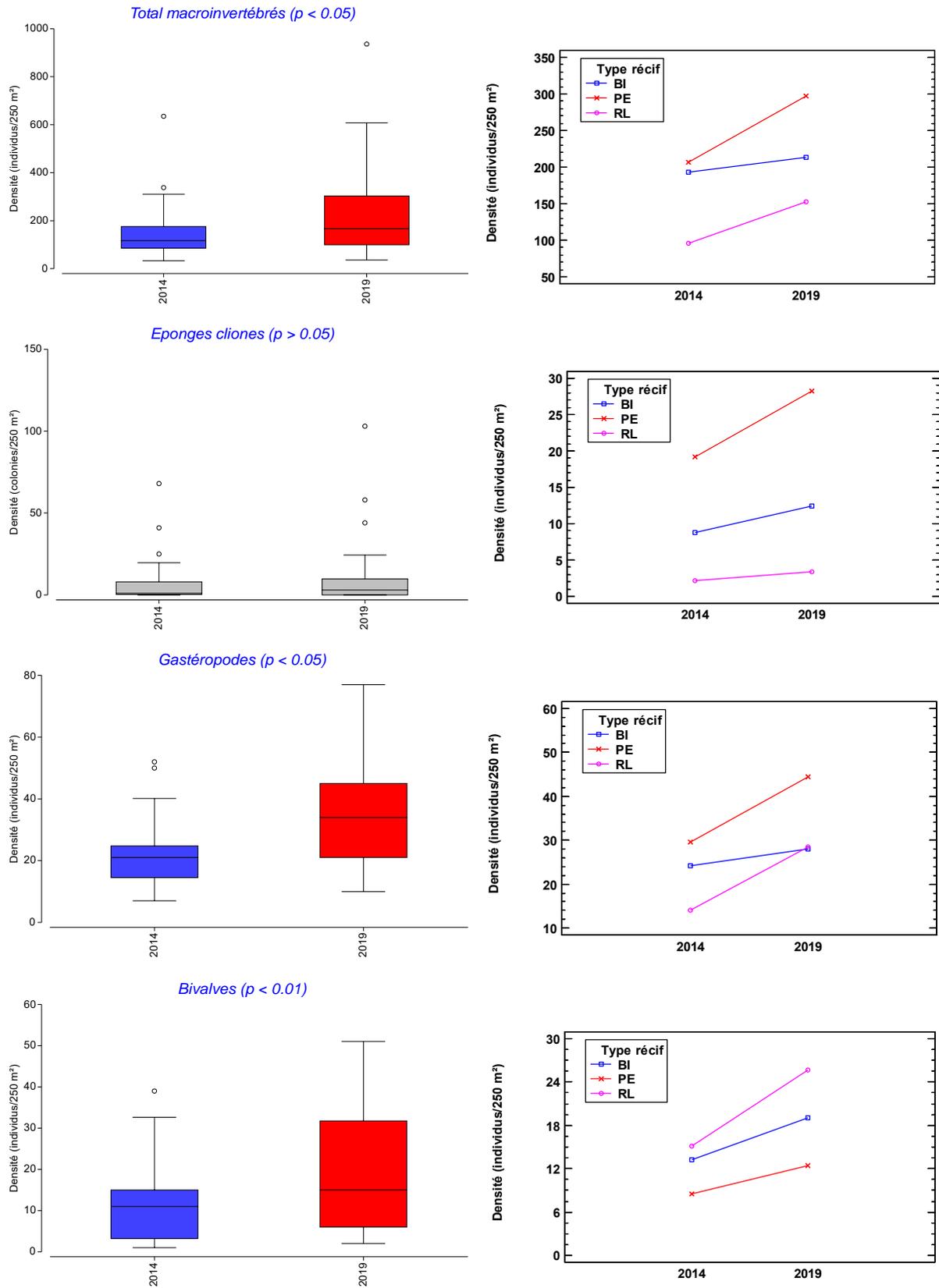


Figure 66 (1/2)

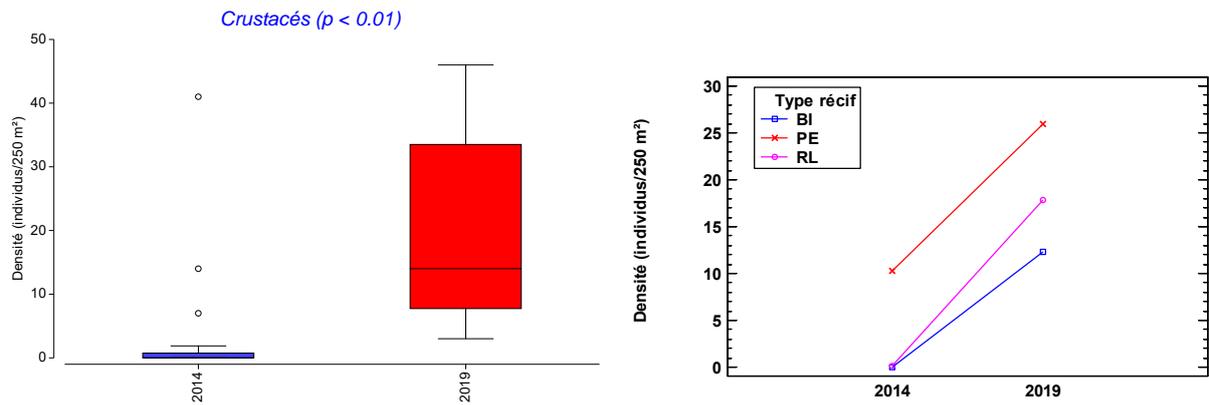


Figure 66 : Variations de la densité des principales composantes des communautés d'invertébrés (liste complète) de Bourail entre 2014 et 2019.

Des box-plots de couleurs différentes (bleu, rouge) indiquent des différences significatives. BI : récif barrière interne ; PE : pente externe ; RL : récif lagunaire.

Structure des peuplements (liste complète)

La Permanova réalisée sur la structure des communautés (liste complète) en 2007 et 2019 indique un effet extrêmement significatif ($p < 0.001$) du facteur année et du facteur type de récif. En revanche, l'interaction n'est pas significative ce qui indique que les variations temporelles de structure ont été de même nature sur la pente externe, le récif barrière interne et les récifs lagunaires qui conservent leurs spécificités. Une CAP sous contrainte du facteur type de récif confirme ce résultat (Figure 67). Le premier plan factoriel discrimine les assemblages de pente externe, du récif barrière interne et des récifs lagunaires. Cette discrimination naturelle est conservée entre 2014 et 2019. Comme avec la liste restreinte (cf. §6.2.1), les erreurs de classification concernent principalement les formations intra-lagunaires qui présentent une plus grande similarité entre elles qu'avec la pente externe. Les différences de structure entre les 2 années s'expliquent essentiellement par le remplacement d'espèces entre 2014 et 2019, notamment des échinodermes, et par la diversification des crustacés en 2019 (Tableau 20).

Ces observations confirment les analyses de la liste restreinte. L'évolution temporelle est naturelle et la pression anthropique n'a pas augmenté entre 2007 et 2019 au point d'impacter l'organisation des communautés échantillonnées. Elle confirme les effets bénéfiques de l'absence de perturbation majeure pendant la période. Toutefois, elle ne permet pas de statuer sur les évolutions littorales et les conséquences potentielles des proliférations d'algues vertes observées ces dernières années. A l'heure actuelle ces proliférations n'ont pas encore eu d'impact détectable sur les stations échantillonnées, situées au large du littoral affecté.

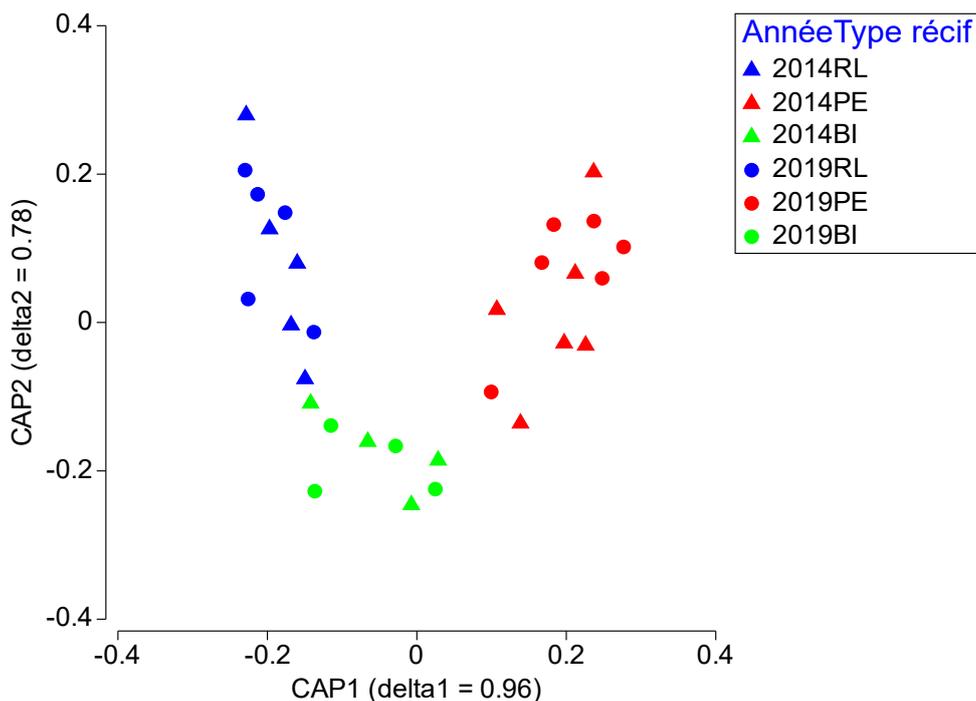


Figure 67 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la matrice taxons (liste complète)/station en 2014 et 2019.

L'analyse canonique a été réalisée sur les 11 premiers axes extraits (86.4% de l'inertie) de l'analyse en coordonnées principales de la matrice espèce/année_station, sous contrainte du facteur type de récif. Une validation croisée du modèle indique un pourcentage de classification correcte et stable de 80%, ce qui est excellent ($p = 0.001$). PE : pente externe ; BI : récif barrière interne ; RL : récif lagunaire.

6.3 Habitat

L'échantillonnage de l'habitat n'a pas évolué au cours de la période. Par conséquent, le maintien de l'intégrité a été vérifié à partir des 13 stations étudiées en 2007, 2014 et 2019 (cf. §4.3).

6.3.1 Caractéristiques générales

Les caractéristiques de l'habitat ont évolué significativement entre 2007 et 2019 (Permanova, $p = 0.001$), l'interaction avec le facteur type de récif étant significative (Permanova, $p < 0.05$). L'évolution temporelle a été significative sur la pente externe et les récifs lagunaires entre 2007 et 2014, les caractéristiques de 2019 n'étant pas significativement différentes de celles de 2014. En revanche, l'habitat n'a pas évolué significativement sur le récif barrière interne (Figure 68). L'évolution de l'habitat sur la pente externe et les récifs lagunaires au cours de la période est essentiellement due à une augmentation significative des algues calcaires encroûtantes aux dépens de la dalle corallienne sur laquelle elles se sont développées. Par ailleurs, les coraux morts en place y sont plus nombreux en 2014 et les débris moins nombreux en 2019. Les formations coralliennes vivantes se sont également développées sur ces 2 types de formation, notamment les formes fragiles sur le récif lagunaire et les formes résistantes sur la pente externe.

Tableau 20 : Principaux taxons macrobenthiques typiques des assemblages de 2014 et 2019 sur les 3 types de récif échantillonnés à Bourail.

Assemblages 2014		
Gastéropodes	Bivalves	Astérides
<i>Charonia tritonis</i>	<i>Hippopus hippopus</i>	<i>Culcita novaeguineae</i>
<i>Chicoreus brunneus</i>	<i>Pinctada margaritifera</i>	<i>Nardoa novaecaledoniae</i>
<i>Conus capitaneus</i>	Aplysies	Echinides
<i>Cryptoplax larvaeformis</i>	<i>Aplysia parvula</i>	<i>Echinothrix calamaris</i>
<i>Lambis lambis</i>	Nudibranches	<i>Echinothrix diadema</i>
<i>Morula uva</i>	<i>Chelidonura inornata</i>	Holothurides
<i>Peristernia reincarnata</i>	<i>Phyllidia ocellata</i>	<i>Actinopyga mauritiana</i>
<i>Tutufa rubeta</i>	Platyhelminthes	<i>Bohadschia argus</i>
	Pseudocerotidae indéterminés	<i>Stichopus chloronotus</i>
Assemblages 2019		
Gastéropodes	Nudibranches	Annélides
<i>Astraea spp</i>	<i>Chromodoris elisabethina</i>	<i>Sabellastarte spp</i>
<i>Cerithium nodulosum</i>	<i>Glossodoris rufomarginata</i>	Astérides
<i>Chicoreus microphyllus</i>	<i>Phyllidia coelestis</i>	<i>Fromia indica</i>
<i>Conus leopardus</i>	<i>Phyllidia picta</i>	<i>Linckia laevigata</i>
<i>Conus miles</i>	Crustacés	Echinides
<i>Drupina grossularia</i>	<i>Alpheus lottini</i>	<i>Diadema savignyi</i>
<i>Lambis truncata</i>	<i>Alpheus spp</i>	Holothurides
<i>Mitra spp</i>	<i>Calcinus minutus</i>	<i>Holothuria edulis</i>
<i>Monetaria caputserpentis</i>	<i>Cymo quadrilobatus</i>	<i>Holothuria lessoni</i>
<i>Monetaria moneta</i>	<i>Cymo spp</i>	<i>Holothuria whitmaei</i>
<i>Peristernia nassatula</i>	<i>Paguritta spp</i>	Ophiurides
<i>Thais spp</i>	<i>Panulirus spp</i>	Ophiures indéterminés
Bivalves	<i>Percnon planissimum</i>	
<i>Chama spp</i>	<i>Periclimenes spp</i>	
<i>Isognomon isognomon</i>	<i>Saron neglectus</i>	
<i>Pteria spp</i>	<i>Saron spp</i>	
<i>Saccostrea cucullata</i>	<i>Trapezia bidentata</i>	
<i>Spondylus spp</i>	<i>Trapezia flavopunctata</i>	
<i>Streptopinna saccata</i>	<i>Trapezia septata</i>	
<i>Tridacna derasa</i>	<i>Trapezia spp</i>	

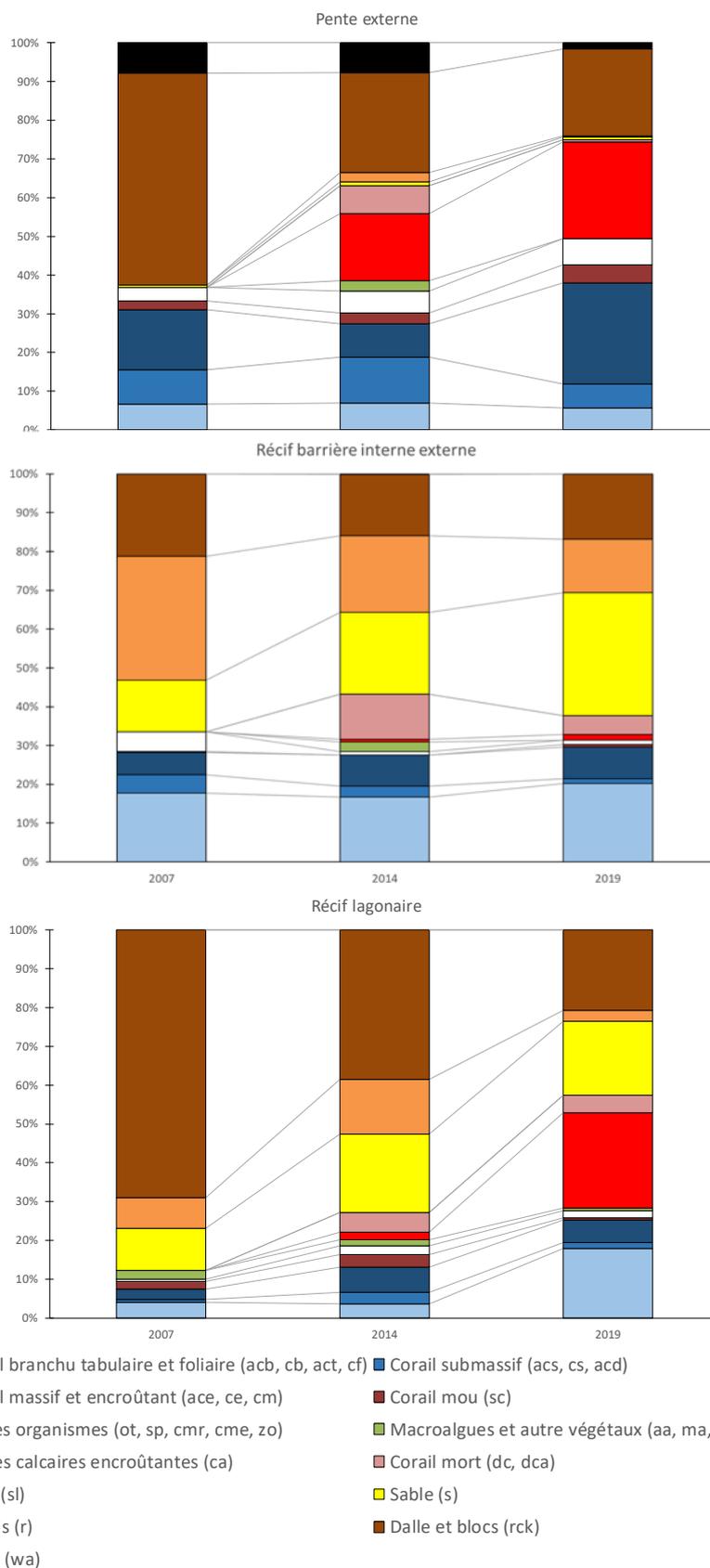


Figure 68 : Evolution des caractéristiques de l'habitat entre 2007 et 2019 sur les différents types de récifs de Bourail.

6.3.2 Structure de l'habitat

La Permanova réalisée sur la structure détaillée de l'habitat entre 2007 et 2019 indique un effet extrêmement significatif ($p = 0.001$) du facteur année, significatif du facteur type de récif ($p < 0.05$) et une interaction significative ($p < 0.05$) entre ces 2 facteurs. Ce résultat indique que les variations temporelles de structure ont été significatives entre 2007 et 2014 sur la pente externe et les récifs lagunaires, les caractéristiques de 2019 n'étant pas significativement différentes de celles de 2014. En revanche, l'habitat n'a pas évolué significativement sur le récif barrière interne. Ces résultats confirment les évolutions des caractéristiques générales (cf. § 6.3.1).

Une analyse canonique des coordonnées principales (CAP) confirme ces évolutions (Figure 69). Les habitats de 2007 se distinguent par l'importance du substrat non vivant (débris et dalle corallienne), des coraux submassifs et des *Millepora*. Les *Acropora submassifs* et le corail mort en place recouvert d'algues filamenteuses sont plus représentés en 2014. En 2019 l'habitat corallien de Bourail se distingue par l'importance des *Acropora* branchus, du corail encroûtant et des algues calcaires.

Au regard de ces observations, l'évolution temporelle de l'habitat de Bourail peut être considérée comme naturelle. Elle correspond à une absence de perturbation majeure durant la période sur les récifs échantillonnés.

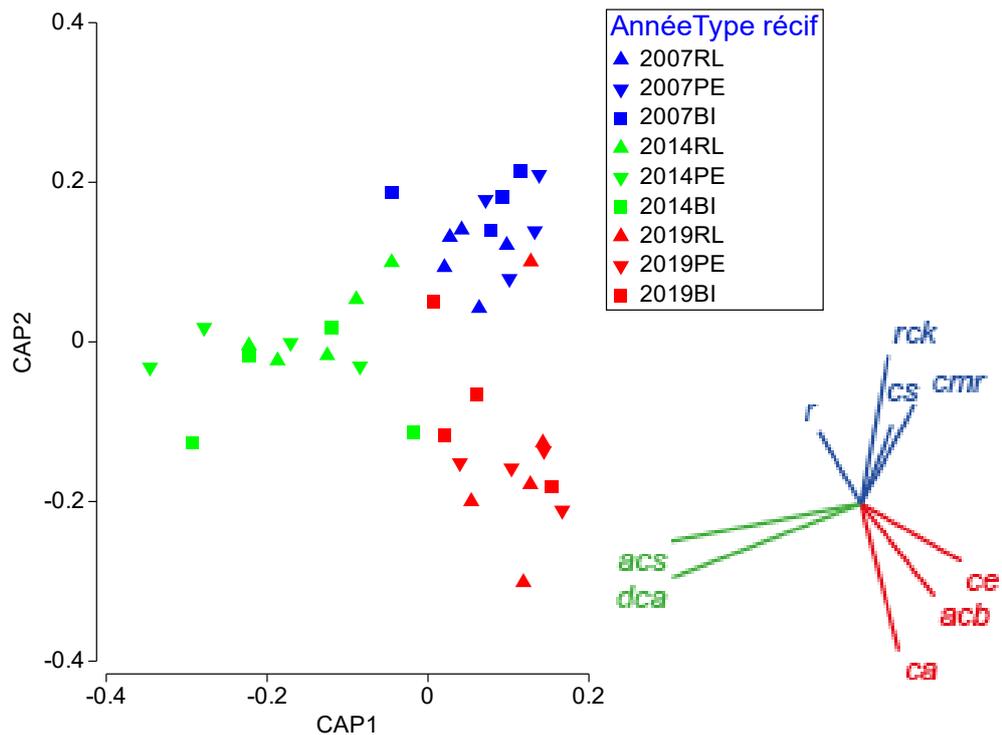


Figure 69 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la matrice habitat/année_station sous contrainte du facteur année à Bourail entre 2007 et 2019.

L'analyse canonique a été réalisée sur les 14 premiers axes extraits (99.5% de l'inertie) de l'analyse en coordonnées principales de la matrice espèce/année_station. Une validation croisée du modèle indique un pourcentage de classification correcte et stable de 79.5% ($p = 0.001$). PE : pente externe ; BI : récif barrière interne ; RL : récifs lagunaires. Les codes habitat figurent dans le **Tableau 2**.

7 Bilan et conclusions

Le bilan de santé réalisé en 2019 montre que les écosystèmes coralliens des récifs de Bourail sont en bonne santé et qu'ils ne sont affectés par aucun impact anthropique majeur. Toutefois, les écosystèmes étudiés ont des caractéristiques proches des régions les plus anthropisées de Nouvelle-Calédonie en raison des spécificités de ces formations (lagon étroit et peu profond), mais aussi des effets de la présence humaine. Ainsi, la biomasse des poissons correspond à un minimum pour la Nouvelle-Calédonie, notamment pour les espèces commerciales. De même, les plus grosses espèces de bécasses et les populations d'holothuries sont peu abondantes. Les espèces de poissons emblématiques sont présentes (Napoléon, requins et perroquet à bosse) et moyennement fréquentes. En revanche, les populations de trocas sont probablement en bonne santé au regard des individus observés dans un habitat qui n'est pas préférentiel. Le bilan de 2014 indiquait le caractère spécifique du lagon de Bourail (étroit et peu profond), son rôle de nursery et la rareté des habitats préférentiels pour les adultes de nombreuses espèces. Il est confirmé en 2019. De plus, la superficie des zones récifo-lagonaires étant réduite, l'effort de pêche est concentré notamment sur la pente externe du récif barrière des zones qui ne sont pas protégées. A Bourail, l'habitat corallien est diversifié et dominé par une composante biotique majoritairement corallienne, ces colonies étant diversifiées. La composante non vivante du substrat est principalement constituée de dalle corallienne et de sable. Les différences observées entre les différents types de récifs étudiés sont naturelles et elles s'expliquent par les caractéristiques de l'environnement et les spécificités de la zone d'étude. L'impact humain reste relativement limité et ne cible pas un habitat en particulier. Par ailleurs, la zone littorale affectée par la prolifération d'algues vertes n'a pas été étudiée, les formations coralliennes y étant très peu représentées. Les communautés de poissons et les communautés macrobenthiques de la pente externe se distinguent de celle du récif barrière interne et des récifs lagonaires. Cette organisation est liée à celle de l'habitat et à l'importance relative des influences océanique et terrigène. Elle montre que les conséquences du déséquilibre consécutif aux apports en nutriment sur le littoral et de la prolifération d'algues vertes n'affectent pas les stations récifales étudiées pour le moment.

Le maintien de l'intégrité a été vérifié entre 2007 et 2019. Les évolutions observées indiquent un développement important des communautés de poissons et de macroinvertébrés et une évolution positive de l'habitat entre 2007 et 2014, puis une relative stabilisation en 2019. Ces évolutions sont maintenues au niveau structurel, les assemblages de poissons, de macroinvertébrés et la structure de l'habitat ont évolué entre 2007 et 2014 puis ils se sont stabilisés en 2019. L'organisation spatiale n'a pas été modifiée par ces évolutions temporelles qui sont naturelles et liées à l'absence de perturbations majeures durant la période. Par ailleurs, la pression anthropique n'a pas été suffisante pour remettre en cause cette organisation au niveau des stations étudiées. En revanche, ces résultats ne permettent pas de statuer sur les évolutions littorales et les conséquences potentielles des proliférations d'algues observées ces dernières années. A l'heure actuelle ces proliférations n'ont pas encore eu d'impact détectable sur les stations échantillonnées, situées au large du littoral affecté.

Les tableaux de bords ressources et biodiversité confirment les résultats des analyses approfondies présentées précédemment (Tableau 21,

Tableau 22). Bien que l'indicateur saumonée soit mauvais, les ressources en poissons sont globalement considérées comme préservées et soumises à un impact anthropique limité à Bourail. En effet, les indicateurs sont tous soit stables soit en progression et les niveaux spécifiques sont moyens en raison des spécificités du lagon de Bourail où l'habitat préférentiel de ces espèces lagonaires adultes est rare. Il n'est notamment pas favorable au développement de la saumonée, espèce qui n'est généralement pas ciblée par la pêche à Bourail où elle a la réputation d'être potentiellement toxique.

Globalement, les ressources en poissons sont préservées. A ce jour, les indicateurs disponibles pour les ressources en invertébrés ne concernent que les trocas (densité et taille), espèce qui n'a pas été recensée dans son habitat préférentiel et pour laquelle les seuils fournis ne sont valables que pour son habitat préférentiel. Toutefois, les observations détaillées rendent compte de ressources en invertébrés soumises à un impact anthropique limité, à l'exception des holothuries et des grosses espèces de bécards. Le tableau de bord biodiversité indique un bon état de santé et des communautés, conforme aux caractéristiques du lagon de Bourail (lagon étroit et peu profond).

En conclusion, le bilan de santé réalisé en 2019 fait état d'un écosystème en bonne santé. Il n'y a pas d'impact anthropique significatif majeur décelable. L'intégrité s'est maintenue depuis 2007 avec une stabilité des communautés et de l'habitat depuis 2014, période exempte de perturbation majeure.

Tableau 21 : Tableau de bord du statut des ressources dans la zone d'étude.

La couleur indique l'état de l'indicateur en 2019 et la flèche son évolution entre 2014 et 2019 : bon (vert), moyen (jaune), médiocre (orange) et mauvais (rouge).

Indicateur	Interprétation	
Densité de <i>Plectropomus leopardus</i>	↗	Saumonée rare Habitat adulte non préférentiel
Biomasse de <i>Plectropomus leopardus</i>	↗	
Biomasse des Serranidae	→	Peuplement stable Habitat adulte non préférentiel
Densité des Lethrinidae	↗	Peuplement en développement Habitat adulte non préférentiel
Biomasse des Lethrinidae	↗	
Densité des <i>Naso</i> spp	→	Peuplement stable et en bonne santé
Biomasse des <i>Naso</i> spp	→	
Synthèse ressources	Poissons	Statut bon pour les espèces dont l'habitat des adultes est représenté Communautés peu impactées

Tableau 22 : Tableau de bords du statut de la biodiversité dans la zone d'étude.

La couleur indique l'état de l'indicateur en 2014 et la flèche son évolution entre 2014 et 2019 : état de référence (bleu)², bon (vert), moyen (jaune), médiocre (orange) et mauvais (rouge). Sr : nombre d'espèces.

Maintien d'un ensemble de peuplements et d'espèces représentatif de l'écosystème		
Indicateur	Interprétation	
Sr de poissons par station	→	Communautés en bonne santé et stables
Sr des Chaetodontidae par station	→	Communautés en bonne santé et stables
Conservation des espèces et habitats emblématiques, menacés localement, ou sous statut spécial, ou endémiques		
Indicateur	Interprétation	
Fréquence d'occurrence de <i>Cheilinus undulatus</i>	↗	40% Très satisfaisant
Taille max de <i>Cheilinus undulatus</i>	↗	75 cm
Fréquence d'occurrence des requins	→	40%
Synthèse biodiversité		Communautés en bonne santé relativement au type de récif

² Pour les requins uniquement

8 Références bibliographiques

Andrefouet, S. 2007. *Définition des points de suivi du récif corallien de Nouvelle-Calédonie inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO.* Nouméa : Convention Sciences de la Mer Biologie Marine IRD, 2007. 27.

Andrefouet, S et Wantiez, L. 2010. Characterizing the diversity of coral reef habitats and fish communities found in a UNESCO World Heritage Site: The strategy developed for lagoons of New Caledonia. *Marine Pollution Bulletin.* 2010, Vol. 61, 612-620.

English, S, Wilkinson, C et V, Baker. 1997. *Survey manual for tropical marine resources. 2nd edition.* Townsville, Australia : Australian Institute for Marine Science, 1997.

Juhel, JB, et al. 2019. Isolation and no-entry marine reserves mitigate anthropogenic impacts on grey reef shark behavior. *Scientific Reports.* 2019, Vol. 9.

Kulbicki, M et Sarramegna, S. 1999. Comparison of density estimates derived from strip transect and distance sampling for underwater visual censuses: a case study of Chaetodontidae and Pomacanthidae. *Aquatic Living Ressources.* 1999, Vol. 12, 315-325.

Menu, S, Hebert, P et Services provinciaux. 2006. *Les lagons de Nouvelle-Calédonie. Diversité récifale et écosystèmes associés. Dossier de présentation en vue de l'inscription sur la liste du Patrimoine Mondial de l'UNESCO au titre d'un bien naturel.* Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Ministère de l'Outre Mer, Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, Province Sud, Province Nord, Province des Iles Loyauté, 2006.

Purcell, SW. 2010. *Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach.* s.l. : FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 520, 2010.

Purcell, SW, Gossuin, H et Agudo, NS. 2009. *Status and management of sea cucumber fishery of La Grande Terre, New Caledonia.* Penang, Malaisie : World Fish Center, 2009. Studies and Reviews 1901.

Wantiez, L. 2010. *Plan de suivi opérationnel de l'ensemble du Bien récifal et lagonaire de Nouvelle-Calédonie inscrit au patrimoine mondial.* Nouméa : Université de la Nouvelle-Calédonie, Aquarium des Lagons, 2010. p. 63.

Wantiez, L, Bouilleret, F et Virly, S. 2007c. *Communautés biologiques et habitats coralliens de Bourail. Etat initial.* Nouméa : Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, Université de la Nouvelle-Calédonie, 2007c.

Wantiez, L, et al. 2011. *Rapport du site Nouvelle-Calédonie. Programme PAMPA.* Nouméa : Ifremer, 2011.

Wantiez, L, Frolla, P et Goroparawa, D. 2015b. *Communautés biologiques et habitats coralliens de Bourail (Zone Côtière Ouest). Etat des lieux 2014. Maintien de l'intégrité du bien.* Nouméa : Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, Université de la Nouvelle-Calédonie, 2015b.

9 Liste des figures

Figure 1 : Localisation des stations échantillonnées en 2019.	11
Figure 2 : Diamètre des trocas et longueur des bénitiers.	13
Figure 3 : Diagramme du type boîte à moustaches.	14
Figure 4 : Fréquence d'observation des requins sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	19
Figure 5 : Fréquence d'observation des Napoléons sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	19
Figure 6 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse des poissons sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	21
Figure 7 : Biomasse des poissons commerciaux sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	22
Figure 8 : Richesse spécifique par station (Sr/sta) et densité des Chaetodontidae sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	22
Figure 9 : Richesse taxonomique par station et densité des macroinvertébrés épibenthiques sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.	25
Figure 10 : Densité des bénitiers sur les stations échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.	26
Figure 11 : Histogramme de distribution de fréquence des tailles des bénitiers échantillonnés sur les récifs de Bourail en 2019.	26
Figure 12 : Caractéristiques moyennes des habitats coralliens échantillonnés à Bourail en 2019. ...	27
Figure 13 : Pourcentage des différentes formes de corail vivant et des Millepora des habitats coralliens échantillonnés à Bourail en 2019.	28
Figure 14 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse des poissons sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	30
Figure 15 : Biomasse des poissons commerciaux sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	31
Figure 16 : Richesse spécifique par station et densité des Chaetodontidae sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	31
Figure 17 : Fréquence d'observation des requins et des Napoléons sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	32
Figure 18 : Richesse taxonomique par station et densité des macroinvertébrés épibenthiques sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.	34

Figure 19 : Densité des bénitiers sur les stations de pente externe échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.....	35
Figure 20 : Histogramme de distribution de fréquence des tailles des bénitiers échantillonnés sur la pente externe à Bourail en 2019.	35
Figure 21 : Caractéristiques moyennes de l’habitat de la pente externe à Bourail en 2019.	36
Figure 22 : Caractéristiques moyennes des différentes formes de corail vivant sur la pente externe à Bourail en 2019.	37
Figure 23 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse des poissons sur les stations de récif barrière interne échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	39
Figure 24 : Biomasse des poissons commerciaux sur les stations de récif barrière interne échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	40
Figure 25 : Richesse spécifique par station et densité des Chaetodontidae sur les stations de récif barrière interne échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	40
Figure 26 : Fréquence d’observation des requins et des Napoléons sur les stations du récif barrière interne échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	41
Figure 27 : Richesse taxonomique par station et densité des macroinvertébrés épibenthiques sur les stations du récif barrière interne dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	43
Figure 28 : Densité des bénitiers sur les stations du récif barrière interne échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	43
Figure 29 : Histogramme de distribution de fréquence des tailles des bénitiers échantillonnés sur le récif barrière interne à Bourail en 2019.	44
Figure 30 : Caractéristiques moyennes de l’habitat du récif barrière interne à Bourail en 2019.....	45
Figure 31 : Caractéristiques moyennes des différentes formes de corail vivant sur le récif barrière interne à Bourail en 2019.	45
Figure 32 : Richesse spécifique par station, densité et biomasse des poissons sur les stations de récif lagunaire échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	47
Figure 33 : Biomasse des poissons commerciaux sur les stations de récif lagunaire échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	48
Figure 34 : Richesse spécifique par station et densité des Chaetodontidae sur les stations de récif lagunaire échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	48
Figure 35 : Fréquence d’observation des requins et des Napoléons sur les récifs lagunaires échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2011.	49
Figure 36 : Richesse taxonomique par station et densité des macroinvertébrés épibenthiques sur les stations de récif intermédiaire lagunaire dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.....	51

Figure 37 : Densité des bénitiers sur les stations de récif lagonaire intermédiaire échantillonnées dans différents sites de Nouvelle-Calédonie depuis 2010.	52
Figure 38 : Histogramme de distribution de fréquence des tailles des bénitiers échantillonnés sur les récifs lagonaire de Bourail en 2019.....	52
Figure 39 : Caractéristiques moyennes de l'habitat des récifs lagonaire à Bourail en 2019.....	53
Figure 40 : Caractéristiques moyennes des différentes formes de corail vivant à Bourail en 2019...	54
Figure 41 : Variation de la richesse spécifique par station de différentes composantes de l'ichtyofaune entre les types de récifs à Bourail en 2019.....	56
Figure 42 : Variation de la densité et de la biomasse de différentes composantes de l'ichtyofaune entre les types de récifs à Bourail en 2019.....	57
Figure 43 : Variation de la richesse spécifique par station et de la densité des bivalves et des gastéropodes entre les types de récifs à Bourail en 2019.....	57
Figure 44 : Comparaison des caractéristiques simplifiées de l'habitat corallien entre les types de récifs à Bourail en 2019.	58
Figure 45 : Analyse Canonique des Coordonnées Principales (CAP) des communautés de poissons sous contrainte du type de récif à Bourail en 2019.....	59
Figure 46 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la structure des communautés de macroinvertébrés sous contrainte du type de récif à Bourail en 2019.	61
Figure 47 : Analyse Canonique des Coordonnées Principales (CAP) de la structure de l'habitat sous contrainte du type de récif à Bourail en 2019.	63
Figure 48 : Photographies représentatives des habitats de pente externe à Bourail en 2019.....	64
Figure 49 : Photographies représentatives des habitats du récif barrière interne et des récifs lagonaire à Bourail en 2019.	67
Figure 50 : Corrélation de Spearman du rang de la richesse spécifique des principales familles de poissons de la liste restreinte en 2007, 2014 et 2019.	69
Figure 51 : Variations de la richesse spécifique par station des principales composantes des communautés de poissons de Bourail entre 2007 et 2019.	71
Figure 52 : Variations de la densité des principales composantes des communautés de poissons de Bourail entre 2007 et 2019.....	73
Figure 53 : Variations de la biomasse des principales composantes des communautés de poissons de Bourail entre 2007 et 2019.....	75
Figure 54 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la structure des communautés de poissons (liste restreinte) en 2007, 2014 et 2019 sous la contrainte du facteur année.	77
Figure 55 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la structure des communautés de poissons (liste restreinte) en 2007, 2014 et 2019 sous la contrainte du type de récif.	77

Figure 56 : Nombre d'espèces par station, densité et biomasse de l'ensemble de l'ichtyofaune de Bourail en 2014 et 2019.....	78
Figure 57 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la structure des communautés de poissons (liste complète) en 2014 et 2019 sous la contrainte du type de récif.	79
Figure 58 : Corrélation de Spearman du rang de la richesse spécifique des principales familles de macroinvertébrés cibles en 2007, 2014 et 2019.	80
Figure 59 : Variations de la richesse taxonomique par station des principales composantes des communautés d'invertébrés de Bourail entre 2007 et 2019.	83
Figure 60 : Variations de la densité des principales composantes des communautés d'invertébrés de Bourail entre 2007 et 2019.	85
Figure 61 : Variations de la densité des de la taille moyenne des bécotiers entre 2007 et 2019 à Bourail.	85
Figure 62 : Distribution de fréquence des tailles des bécotiers en 2007, 2014 et 2019 à Bourail.	86
Figure 63 : Variations de la densité des de la taille moyenne des trocas entre 2007 et 2019 à Bourail.	86
Figure 64 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la matrice taxons (liste restreinte)/station en 2007, 2014 et 2019.	87
Figure 65 : Variations de la richesse taxonomique par station des principales composantes des communautés d'invertébrés (liste complète) de Bourail entre 2014 et 2019.	89
Figure 66 : Variations de la densité des principales composantes des communautés d'invertébrés (liste complète) de Bourail entre 2014 et 2019.....	91
Figure 67 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la matrice taxons (liste complète)/station en 2014 et 2019.....	92
Figure 68 : Evolution des caractéristiques de l'habitat entre 2007 et 2019 sur les différents type de récifs de Bourail.	94
Figure 69 : Analyse canonique des coordonnées principales (CAP) de la matrice habitat/année_station sous contrainte du facteur année à Bourail entre 2007 et 2019. 95	

10 Liste des tableaux

Tableau 1 :	Positions et caractéristiques des stations échantillonnées à Bourail en 2019.	10
Tableau 2 :	Catégories de substrats retenues pour l'échantillonnage.	13
Tableau 3 :	Liste alphabétique des familles et des espèces de poissons échantillonnées à Bourail en 2019.....	16
Tableau 4 :	Richesse spécifique par station, densité et biomasse moyennes des communautés de poissons sur les stations échantillonnées à Bourail en 2019.	20
Tableau 5 :	Liste des espèces macrobenthiques épigées échantillonnées sur les récifs de Bourail en 2019.....	24
Tableau 6 :	Richesse taxonomique par station et densité du macrobenthos épibenthique sur les récifs de Bourail en 2019.....	25
Tableau 7 :	Richesse spécifique par station, densité et biomasse moyennes des communautés de poissons sur les stations de pente externe échantillonnées à Bourail en 2019.	29
Tableau 8 :	Richesse taxonomique par station et densité du macrobenthos épibenthique sur la pente externe à Bourail en 2019.....	33
Tableau 9 :	Richesse spécifique par station, densité et biomasse moyennes des communautés de poissons sur les stations de récif barrière interne échantillonnées à Bourail en 2019.	38
Tableau 10 :	Richesse taxonomique par station et densité du macrobenthos épibenthique sur le récif barrière interne de Bourail en 2019.....	42
Tableau 11 :	Richesse spécifique par station, densité et biomasse moyennes des communautés de poissons sur les stations de récif lagonaire échantillonnées à Bourail en 2019.	46
Tableau 12 :	Richesse taxonomique par station et densité du macrobenthos épibenthique sur les récifs lagonaire de Bourail en 2019.	50
Tableau 13 :	Comparaison des caractéristiques des différents types de récifs à Bourail en 2019.....	55
Tableau 14 :	Principale espèces caractéristiques des assemblages de poissons à Bourail en 2019. .	60
Tableau 15 :	Taxons caractéristique des assemblages de macroinvertébrés à Bourail en 2019.....	62
Tableau 16 :	Richesse spécifique des familles de poissons échantillonnées en 2007, 2014 et 2019, à partir de la liste de référence en annexe (cf. § 11).	68
Tableau 17 :	Fréquence, abondance et taille des espèces emblématiques observées en 2007, 2014 et 2019 dans la zone d'étude.	76
Tableau 18 :	Richesse taxonomique des groupes d'invertébrés échantillonnés entre 2007 et 2019.	80
Tableau 19 :	Richesse taxonomique des groupes d'invertébrés échantillonnés en 2014 et en 2019.	88
Tableau 20 :	Principaux taxons macrobenthiques typique des assemblages de 2014 et 2019 sur les 3 types de récif échantillonnés à Bourail.	93

Tableau 21 : Tableau de bord du statut des ressources dans la zone d'étude.....	97
Tableau 22 : Tableau de bords du statut de la biodiversité dans la zone d'étude.	98

11 Annexe : référentiel poissons utilisé en 2007

ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>achilles</i>	CARANGIDAE	<i>Pseudocaranx</i>	<i>dentex</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>albipectoralis</i>	CARANGIDAE	<i>Scomberoides</i>	<i>lysan</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>blochii</i>	CARANGIDAE	<i>Scomberoides</i>	<i>tol</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>dussumieri</i>	CARANGIDAE	<i>Selar</i>	<i>crumenophthalmus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>guttatus</i>	CARANGIDAE	<i>Trachinotus</i>	<i>baillonii</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>lineatus</i>	CARANGIDAE	<i>Trachinotus</i>	<i>blochii</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>mata</i>	CARCHARHINIDAE	<i>Carcharhinus</i>	<i>albimarginatus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>nigricans</i>	CARCHARHINIDAE	<i>Carcharhinus</i>	<i>amblyrhynchus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>nigricauda</i>	CARCHARHINIDAE	<i>Carcharhinus</i>	<i>melanopterus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>nigrofuscus</i>	CARCHARHINIDAE	<i>Carcharhinus</i>	<i>plumbeus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>olivaceus</i>	CARCHARHINIDAE	<i>Galeocerdo</i>	<i>cuvier</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>pyroferus</i>	CARCHARHINIDAE	<i>Negaprion</i>	<i>acutidens</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	spp	CARCHARHINIDAE	Requins	spp
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>thompsoni</i>	CARCHARHINIDAE	<i>Triaenodon</i>	<i>obesus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>triostegus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>auriga</i>
ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>xanthopterus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>baronessa</i>
ACANTHURIDAE	<i>Ctenochaetus</i>	<i>binotatus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>bennetti</i>
ACANTHURIDAE	<i>Ctenochaetus</i>	<i>cyanocheilus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>citrinellus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Ctenochaetus</i>	spp	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>ephippium</i>
ACANTHURIDAE	<i>Ctenochaetus</i>	<i>striatus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>flaviostris</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	<i>annulatus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>kleinii</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	<i>brachycentron</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>lineolatus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	<i>brevirostris</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>lunula</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	<i>caesius</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	<i>hexacanthus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>melannotus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	<i>lituratus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>mertensii</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	<i>lopezi</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>ornatissimus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	spp	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>pelewensis</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	<i>tonganus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	<i>unicornis</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>rafflesii</i>
ACANTHURIDAE	<i>Naso</i>	<i>vlamingii</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>reticulatus</i>
ACANTHURIDAE	<i>Paracanthurus</i>	<i>hepatus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>semeion</i>
ACANTHURIDAE	<i>Prionurus</i>	<i>maculatus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>speculum</i>
ACANTHURIDAE	<i>Zebrosoma</i>	<i>scopas</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>trifascialis</i>
ACANTHURIDAE	<i>Zebrosoma</i>	<i>velifer</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>
AULOSTOMIDAE	<i>Aulostomus</i>	<i>chinensis</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>unimaculatus</i>
BALISTIDAE	<i>Balistapus</i>	<i>undulatus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodon</i>	<i>vagabundus</i>
BALISTIDAE	<i>Balistoides</i>	<i>conspicillum</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Coradion</i>	<i>altivelis</i>
BALISTIDAE	<i>Balistoides</i>	<i>viridescens</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Forcipiger</i>	<i>flavissimus</i>
BALISTIDAE	<i>Melichthys</i>	<i>vidua</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Forcipiger</i>	<i>longirostris</i>
BALISTIDAE	<i>Rhinecanthus</i>	<i>aculeatus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Hemitaenichthys</i>	<i>polylepis</i>
BALISTIDAE	<i>Rhinecanthus</i>	<i>rectangulus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Heniochus</i>	<i>acuminatus</i>
BALISTIDAE	<i>Sufflamen</i>	<i>Bursa</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Heniochus</i>	<i>chrysopterus</i>
BALISTIDAE	<i>Sufflamen</i>	<i>chrysopterus</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Heniochus</i>	<i>monoceros</i>
BALISTIDAE	<i>Sufflamen</i>	<i>fraenatum</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Heniochus</i>	<i>singularius</i>
BALISTIDAE	<i>Ecsenius</i>	<i>bicolor</i>	CHAETODONTIDAE	<i>Heniochus</i>	<i>varius</i>
BLENNIIDAE	<i>Meiacanthus</i>	<i>atrodoresalis</i>	CHANIDAE	<i>Chanos</i>	<i>chanos</i>
CAESIONIDAE	<i>Caesio</i>	<i>caeruleaurea</i>	DASYATIDAE	<i>Dasyatis</i>	<i>kuhlii</i>
CAESIONIDAE	Caesionidae	spp	DASYATIDAE	<i>Dasyatis</i>	<i>sephen</i>
CAESIONIDAE	<i>Pterocaesio</i>	<i>marri</i>	DASYATIDAE	Raies	spp
CARANGIDAE	<i>Atule</i>	<i>mate</i>	DASYATIDAE	<i>Taeniura</i>	<i>lymma</i>
CARANGIDAE	Carangidae	spp	DASYATIDAE	<i>Taeniura</i>	<i>meyeni</i>
CARANGIDAE	<i>Carangoides</i>	<i>chrysochrysis</i>	DIODONTIDAE	<i>Diodon</i>	<i>hystrix</i>
CARANGIDAE	<i>Carangoides</i>	<i>dinema</i>	ECHENEIDAE	<i>Echeneis</i>	<i>naucrates</i>
CARANGIDAE	<i>Carangoides</i>	<i>ferdau</i>	GINGLYMOSTOMATIDAE	<i>Nebrius</i>	<i>ferrugineus</i>
CARANGIDAE	<i>Carangoides</i>	<i>fulvoguttatus</i>	GOBIIDAE	<i>Amblygobius</i>	<i>phalaena</i>
CARANGIDAE	<i>Carangoides</i>	<i>orthogrammus</i>	HAEMULIDAE	<i>Diagramma</i>	<i>pictum</i>
CARANGIDAE	<i>Caranx</i>	<i>ignobilis</i>	HAEMULIDAE	<i>Plectorhinchus</i>	<i>chaetodonoides</i>
CARANGIDAE	<i>Caranx</i>	<i>lugubris</i>	HAEMULIDAE	<i>Plectorhinchus</i>	<i>gibbosus</i>
CARANGIDAE	<i>Caranx</i>	<i>melampygus</i>	HAEMULIDAE	<i>Plectorhinchus</i>	<i>lessonii</i>
CARANGIDAE	<i>Caranx</i>	<i>papuensis</i>	HAEMULIDAE	<i>Plectorhinchus</i>	<i>lineatus</i>
CARANGIDAE	<i>Caranx</i>	<i>sexfasciatus</i>	HAEMULIDAE	<i>Plectorhinchus</i>	<i>obscurus</i>
CARANGIDAE	<i>Decapterus</i>	<i>russelli</i>	HAEMULIDAE	<i>Plectorhinchus</i>	<i>orientalis</i>
CARANGIDAE	<i>Elagatis</i>	<i>bipinnulata</i>	HAEMULIDAE	<i>Plectorhinchus</i>	<i>picus</i>
CARANGIDAE	<i>Gnathanodon</i>	<i>speciosus</i>	HAEMULIDAE	<i>Plectorhinchus</i>	spp
CARANGIDAE	<i>Megalaspis</i>	<i>cordyla</i>	HOLOCENTRIDAE	<i>Myripristis</i>	spp

HOLOCENTRIDAE	<i>Neoniphon</i>	<i>sammara</i>	LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>kasmira</i>
HOLOCENTRIDAE	<i>Neoniphon</i>	spp	LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>lutjanus</i>
HOLOCENTRIDAE	<i>Sargocentron</i>	<i>caudimaculatum</i>	LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>monostigma</i>
HOLOCENTRIDAE	<i>Sargocentron</i>	<i>spiniferum</i>	LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>quinquelineatus</i>
HOLOCENTRIDAE	<i>Sargocentron</i>	spp	LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>rivulatus</i>
KYPHOSIDAE	<i>Kyphosus</i>	<i>cinerascens</i>	LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>russellii</i>
KYPHOSIDAE	<i>Kyphosus</i>	spp	LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>sebae</i>
KYPHOSIDAE	<i>Kyphosus</i>	<i>vaigiensis</i>	LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	spp
LABRIDAE	<i>Bodianus</i>	<i>axillaris</i>	LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>vitta</i>
LABRIDAE	<i>Bodianus</i>	<i>loxozonus</i>	LUTJANIDAE	<i>Macolor</i>	<i>macularis</i>
LABRIDAE	<i>Bodianus</i>	<i>perditio</i>	LUTJANIDAE	<i>Macolor</i>	<i>niger</i>
LABRIDAE	<i>Bodianus</i>	spp	LUTJANIDAE	<i>Symphorus</i>	<i>nematophorus</i>
LABRIDAE	<i>Cheilinus</i>	<i>chlorourus</i>	MICRODESMIDAE	<i>Nemateleotris</i>	<i>magnifica</i>
LABRIDAE	<i>Cheilinus</i>	<i>fasciatus</i>	MICRODESMIDAE	<i>Ptereleotris</i>	<i>evides</i>
LABRIDAE	<i>Cheilinus</i>	spp	MICRODESMIDAE	<i>Ptereleotris</i>	<i>microlepis</i>
LABRIDAE	<i>Cheilinus</i>	<i>trilobatus</i>	MONACANTHIDAE	<i>Aluterus</i>	<i>scriptus</i>
LABRIDAE	<i>Cheilinus</i>	<i>undulatus</i>	MONACANTHIDAE	<i>Oxymonacanthus</i>	<i>longirostris</i>
LABRIDAE	<i>Cheilio</i>	<i>inermis</i>	MUGILIDAE	Mugilidae	spp
LABRIDAE	<i>Choerodon</i>	<i>fasciatus</i>	MULLIDAE	<i>Mulloidichthys</i>	<i>flavolineatus</i>
LABRIDAE	<i>Choerodon</i>	<i>graphicus</i>	MULLIDAE	<i>Mulloidichthys</i>	<i>vanicolensis</i>
LABRIDAE	<i>Choerodon</i>	spp	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	<i>barberinoides</i>
LABRIDAE	<i>Cirrhilabrus</i>	<i>punctatus</i>	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	<i>barberinus</i>
LABRIDAE	<i>Coris</i>	<i>aygula</i>	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	<i>ciliatus</i>
LABRIDAE	<i>Coris</i>	<i>gaimard</i>	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	<i>crassilabris</i>
LABRIDAE	<i>Epibulus</i>	<i>insidiator</i>	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	<i>cyclostomus</i>
LABRIDAE	<i>Gomphosus</i>	<i>varius</i>	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	<i>heptacanthus</i>
LABRIDAE	<i>Halichoeres</i>	<i>hortulanus</i>	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	<i>indicus</i>
LABRIDAE	<i>Halichoeres</i>	<i>margaritaceus</i>	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	<i>multifasciatus</i>
LABRIDAE	<i>Halichoeres</i>	<i>trimaculatus</i>	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	<i>pleurostigma</i>
LABRIDAE	<i>Hemigymnus</i>	<i>fasciatus</i>	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	<i>spilurus</i>
LABRIDAE	<i>Hemigymnus</i>	<i>melapterus</i>	MULLIDAE	<i>Parupeneus</i>	spp
LABRIDAE	<i>Hemigymnus</i>	spp	MULLIDAE	<i>Upeneus</i>	<i>tragula</i>
LABRIDAE	<i>Labroides</i>	<i>bicolor</i>	MURAENIDAE	<i>Gymnothorax</i>	spp
LABRIDAE	<i>Labroides</i>	<i>dimidiatus</i>	MYLIOBATIDAE	<i>Aetobatus</i>	<i>narinari</i>
LABRIDAE	<i>Novaculichthys</i>	<i>taeniourus</i>	NEMIPYTERIDAE	<i>Scolopsis</i>	<i>bilineata</i>
LABRIDAE	<i>Stethojulis</i>	<i>bandanensis</i>	NEMIPYTERIDAE	<i>Scolopsis</i>	<i>temporalis</i>
LABRIDAE	<i>Stethojulis</i>	<i>strigiventer</i>	NEMIPYTERIDAE	<i>Scolopsis</i>	<i>trilineata</i>
LABRIDAE	<i>Thalassoma</i>	<i>amblycephalum</i>	OSTRACIIDAE	<i>Ostracion</i>	<i>cubicus</i>
LABRIDAE	<i>Thalassoma</i>	<i>hardwicke</i>	OSTRACIIDAE	<i>Ostracion</i>	<i>meleagris</i>
LABRIDAE	<i>Thalassoma</i>	<i>lunare</i>	PEMPHERIDAE	<i>Parapriacanthus</i>	<i>ransonneti</i>
LABRIDAE	<i>Thalassoma</i>	<i>lutescens</i>	PEMPHERIDAE	<i>Pempheris</i>	<i>oualensis</i>
LABRIDAE	<i>Thalassoma</i>	<i>nigrofasciatum</i>	PLATACIDAE	<i>Platax</i>	spp
LABRIDAE	<i>Thalassoma</i>	<i>purpureum</i>	POMACANTHIDAE	<i>Centropyge</i>	<i>bicolor</i>
LABRIDAE	<i>Thalassoma</i>	<i>quinquevittatum</i>	POMACANTHIDAE	<i>Centropyge</i>	<i>bispinosus</i>
LETHRINIDAE	<i>Gnathodentex</i>	<i>aureolineatus</i>	POMACANTHIDAE	<i>Centropyge</i>	<i>flavissimus</i>
LETHRINIDAE	<i>Gymnocranius</i>	<i>euanus</i>	POMACANTHIDAE	<i>Centropyge</i>	<i>heraldi</i>
LETHRINIDAE	<i>Gymnocranius</i>	<i>grandoculis</i>	POMACANTHIDAE	<i>Centropyge</i>	<i>loriculus</i>
LETHRINIDAE	<i>Gymnocranius</i>	<i>sp_undescribed</i>	POMACANTHIDAE	<i>Centropyge</i>	<i>tibicen</i>
LETHRINIDAE	<i>Gymnocranius</i>	spp	POMACANTHIDAE	<i>Centropyge</i>	<i>vrolkii</i>
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>atkinsoni</i>	POMACANTHIDAE	<i>Chaetodontoplus</i>	<i>conspicillatus</i>
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>genivittatus</i>	POMACANTHIDAE	<i>Genicanthus</i>	<i>watanabei</i>
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>harak</i>	POMACANTHIDAE	<i>Pomacanthus</i>	<i>imperator</i>
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>lentjan</i>	POMACANTHIDAE	<i>Pomacanthus</i>	<i>semicirculatus</i>
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>miniatus</i>	POMACANTHIDAE	<i>Pomacanthus</i>	<i>sexstriatus</i>
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>nebulosus</i>	POMACANTHIDAE	<i>Pygoplites</i>	<i>diacanthus</i>
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>obsoletus</i>	POMACANTHIDAE	<i>Abudefduf</i>	<i>sexfasciatus</i>
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>olivaceus</i>	POMACENTRIDAE	<i>Abudefduf</i>	spp
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>rubrioperculatus</i>	POMACENTRIDAE	<i>Abudefduf</i>	<i>whitleyi</i>
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	spp	POMACENTRIDAE	<i>Amblyglyphidodon</i>	<i>curacao</i>
LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>xanthochilus</i>	POMACENTRIDAE	<i>Amblyglyphidodon</i>	<i>leucogaster</i>
LETHRINIDAE	<i>Monotaxis</i>	<i>grandoculis</i>	POMACENTRIDAE	<i>Amphiprion</i>	<i>akindynos</i>
LETHRINIDAE	<i>Monotaxis</i>	spp	POMACENTRIDAE	<i>Amphiprion</i>	<i>clarkii</i>
LUTJANIDAE	<i>Aphareus</i>	<i>furca</i>	POMACENTRIDAE	<i>Amphiprion</i>	<i>melanopus</i>
LUTJANIDAE	<i>Aprion</i>	<i>virescens</i>	POMACENTRIDAE	<i>Amphiprion</i>	<i>perideraion</i>
LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>adeti</i>	POMACENTRIDAE	<i>Amphiprion</i>	spp
LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>argentimaculatus</i>	POMACENTRIDAE	<i>Chromis</i>	<i>atripectoralis</i>
LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>bohar</i>	POMACENTRIDAE	<i>Chromis</i>	<i>chrysura</i>
LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>fulviflamma</i>	POMACENTRIDAE	<i>Chromis</i>	<i>fumea</i>
LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>fulvus</i>	POMACENTRIDAE	<i>Chromis</i>	<i>hypsilepis</i>
LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>gibbus</i>	POMACENTRIDAE	<i>Chromis</i>	<i>vanderbilti</i>

POMACENTRIDAE	<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>	SERRANIDAE	<i>Cephalopholis</i>	<i>argus</i>
POMACENTRIDAE	<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>	SERRANIDAE	<i>Cephalopholis</i>	<i>boenak</i>
POMACENTRIDAE	<i>Chrysiptera</i>	<i>taupou</i>	SERRANIDAE	<i>Cephalopholis</i>	<i>leopardus</i>
POMACENTRIDAE	<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>	SERRANIDAE	<i>Cephalopholis</i>	<i>miniata</i>
POMACENTRIDAE	<i>Dascyllus</i>	<i>reticulatus</i>	SERRANIDAE	<i>Cephalopholis</i>	<i>sonnerati</i>
POMACENTRIDAE	<i>Dascyllus</i>	<i>trimaculatus</i>	SERRANIDAE	<i>Cephalopholis</i>	<i>spp</i>
POMACENTRIDAE	<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>	SERRANIDAE	<i>Cephalopholis</i>	<i>urodeta</i>
POMACENTRIDAE	<i>Neopomacentrus</i>	<i>violascens</i>	SERRANIDAE	<i>Cromileptes</i>	<i>altivelis</i>
POMACENTRIDAE	<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>areolatus</i>
POMACENTRIDAE	<i>Pomacentrus</i>	<i>bankanensis</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>coeruleopunctatus</i>
POMACENTRIDAE	<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>coioides</i>
POMACENTRIDAE	<i>Pomacentrus</i>	<i>maluccensis</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>cyanopodus</i>
POMACENTRIDAE	<i>Stegastes</i>	<i>albifasciatus</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>marginalis</i>
POMACENTRIDAE	<i>Stegastes</i>	<i>spp</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>fuscoguttatus</i>
PRIACANTHIDAE	<i>Priacanthus</i>	<i>hamrur</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>hexagonatus</i>
PSEUDOCROMIDAE	<i>Pictichromis</i>	<i>coralensis</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>lanceolatus</i>
PTEREOLEOTRIDAE	<i>Nemateleotris</i>	<i>magnifica</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>macrospilus</i>
RHINCODONTIDAE	<i>Stegostoma</i>	<i>fasciatum</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>maculatus</i>
SCARIDAE	<i>Bolbometopon</i>	<i>muricatum</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>malabarius</i>
SCARIDAE	<i>Calotomus</i>	<i>carolinus</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>merra</i>
SCARIDAE	<i>Cetoscarus</i>	<i>oscellatus</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>ongus</i>
SCARIDAE	<i>Chlorurus</i>	<i>frontalis</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>polyphkadion</i>
SCARIDAE	<i>Chlorurus</i>	<i>microrhinus</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>rivulatus</i>
SCARIDAE	<i>Chlorurus</i>	<i>sordidus</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>spp</i>
SCARIDAE	<i>Hipposcarus</i>	<i>longiceps</i>	SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>tauvina</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>altipinnis</i>	SERRANIDAE	<i>Plectropomus</i>	<i>laevis</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>bleekeri</i>	SERRANIDAE	<i>Plectropomus</i>	<i>leopardus</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>chameleon</i>	SERRANIDAE	<i>Pseudanthias</i>	<i>spp</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>dimidiatus</i>	SERRANIDAE	<i>Variola</i>	<i>louti</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>flavipectoralis</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>argenteus</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>forsteni</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>corallinus</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>frenatus</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>doliatus</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>ghobban</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>fuscescens</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>globiceps</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>lineatus</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>longipinnis</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>puellus</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>niger</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>punctatus</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>oviceps</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>spinus</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>psittacus</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>spp</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>rivulatus</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>vermiculatus</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>rubroviolaceus</i>	SIGANIDAE	<i>Siganus</i>	<i>vulpinus</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>schlegeli</i>	SPARIDAE	<i>Acanthopagrus</i>	<i>berda</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>spinus</i>	SPHYRAENIDAE	<i>Sphyraena</i>	<i>barracuda</i>
SCARIDAE	<i>Scarus</i>	<i>spp</i>	SPHYRAENIDAE	<i>Sphyraena</i>	<i>obtusata</i>
SCOMBRIDAE	<i>Acanthocybium</i>	<i>solandri</i>	SPHYRAENIDAE	<i>Sphyraena</i>	<i>spp</i>
SCOMBRIDAE	<i>Euthynnus</i>	<i>affinis</i>	TETRAODONTIDAE	<i>Arothron</i>	<i>hispidus</i>
SCOMBRIDAE	<i>Gymnosarda</i>	<i>unicolor</i>	TETRAODONTIDAE	<i>Arothron</i>	<i>meleagris</i>
SCOMBRAIDAE	<i>Katsuwonus</i>	<i>pelamis</i>	TETRAODONTIDAE	<i>Arothron</i>	<i>nigropunctatus</i>
SCOMBRIDAE	<i>Scomberomorus</i>	<i>commerson</i>	TETRAODONTIDAE	<i>Canthigaster</i>	<i>bennetti</i>
SCORPAENIDAE	<i>Pterois</i>	<i>volitans</i>	TETRAODONTIDAE	<i>Canthigaster</i>	<i>spp</i>
SCORPAENIDAE	Rasc. poules	<i>spp</i>	TETRAODONTIDAE	<i>Canthigaster</i>	<i>valentini</i>
SERRANIDAE	Anthiinae	<i>spp</i>	ZANCLIDAE	<i>Zanclus</i>	<i>cornutus</i>
SERRANIDAE	<i>Anyperodon</i>	<i>leucogrammicus</i>			

12 Annexe : référentiel invertébrés utilisé en 2007

ASTERIDE	<i>Acanthaster cf solaris</i>	ECHINIDE	<i>Paraselenia graciosa</i>
ASTERIDE	Astérides indéterminées	ECHINIDE	<i>Phyllacanthus imperialis</i>
ASTERIDE	<i>Celerina heffernani</i>	ECHINIDE	<i>Tripneustes gratilla</i>
ASTERIDE	<i>Echinaster luzonicus</i>	GASTEROPODE	<i>Arestorides argus</i>
ASTERIDE	<i>Fromia indica</i>	GASTEROPODE	<i>Bursa</i> spp
ASTERIDE	<i>Fromia milleporella</i>	GASTEROPODE	<i>Charonia tritonis</i>
ASTERIDE	<i>Fromia monilis</i>	GASTEROPODE	<i>Conus leopardus</i>
ASTERIDE	<i>Fromia pacifica</i>	GASTEROPODE	<i>Conus</i> spp
ASTERIDE	<i>Gomophia egyptiaca</i>	GASTEROPODE	<i>Cypraea</i> spp
ASTERIDE	<i>Linckia guildingi</i>	GASTEROPODE	<i>Cypraea tigris</i>
ASTERIDE	<i>Linckia laevigata</i>	GASTEROPODE	<i>Drupa</i> spp
ASTERIDE	<i>Linckia multifora</i>	GASTEROPODE	<i>Lambis lambis</i>
ASTERIDE	<i>Mithrodia clavigera</i>	GASTEROPODE	<i>Lambis truncata</i>
ASTERIDE	<i>Nardoa gomophia</i>	GASTEROPODE	<i>Murex</i> spp
ASTERIDE	<i>Nardoa novaecaledoniae</i>	GASTEROPODE	<i>Ovula ovum</i>
ASTERIDE	<i>Neoferdina cumingi</i>	GASTEROPODE	<i>Purpura persica</i>
BIVALVE	<i>Atrina vexillum</i>	GASTEROPODE	<i>Tectus niloticus</i>
BIVALVE	Bivalves indéterminés	GASTEROPODE	<i>Tectus pyramis</i>
BIVALVE	<i>Hippopus hippopus</i>	GASTEROPODE	<i>Tectus</i> spp
BIVALVE	<i>Hytissa hyotis</i>	HOLOTHURIDE	<i>Actinopyga echinites</i>
BIVALVE	Mytilidae indéterminés	HOLOTHURIDE	<i>Actinopyga lecanora</i>
BIVALVE	<i>Pedum spondyloideum</i>	HOLOTHURIDE	<i>Actinopyga mauritiana</i>
BIVALVE	<i>Pinctada margaritifera</i>	HOLOTHURIDE	<i>Actinopyga palauensis</i>
BIVALVE	Pinnidae indéterminés	HOLOTHURIDE	<i>Bohadschia argus</i>
BIVALVE	<i>Spondylus</i> spp	HOLOTHURIDE	<i>Bohadschia vitiensis</i>
BIVALVE	<i>Tridacna derasa</i>	HOLOTHURIDE	<i>Euapta godeffroyi</i>
BIVALVE	<i>Tridacna crocea</i>	HOLOTHURIDE	<i>Holothuria atra</i>
BIVALVE	<i>Tridacna maxima</i>	HOLOTHURIDE	<i>Holothuria coluber</i>
BIVALVE	<i>Tridacna</i> spp	HOLOTHURIDE	<i>Holothuria edulis</i>
BIVALVE	<i>Tridacna squamosa</i>	HOLOTHURIDE	<i>Holothuria fuscogilva</i>
CRINOÏDES	Crinoïdes indéterminés	HOLOTHURIDE	<i>Holothuria fuscopunctata</i>
CRUSTACE	<i>Carpilius convexus</i>	HOLOTHURIDE	<i>Holothuria nobilis</i>
CRUSTACE	<i>Odontodactylus scyllarus</i>	HOLOTHURIDE	<i>Holothuria scabra</i>
CRUSTACE	<i>Panulirus longipes bispinosus</i>	HOLOTHURIDE	Holothurides indéterminés
CRUSTACE	<i>Panulirus</i> spp	HOLOTHURIDE	<i>Opheodesoma australiensis</i>
CRUSTACE	<i>Panulirus versicolor</i>	HOLOTHURIDE	<i>Pearsonothuria graeffei</i>
CRUSTACE	<i>Stenopus hispidus</i>	HOLOTHURIDE	<i>Stichopus chloronotus</i>
CRUSTACE	<i>Trapezia rufopunctata</i>	HOLOTHURIDES	<i>Stichopus horrens</i>
CRUSTACE	<i>Trapezia</i> spp	HOLOTHURIDE	<i>Thelenota ananas</i>
ECHINIDE	<i>Diadema savignyi</i>	HOLOTHURIDE	<i>Thelenota anax</i>
ECHINIDE	<i>Diadema setosum</i>	NUDIBRANCHE	<i>Chromodoris elisabethina</i>
ECHINIDE	Echinides indéterminés	NUDIBRANCHE	<i>Chromodoris lochi</i>
ECHINIDE	<i>Echinometra mathaei</i>	NUDIBRANCHE	<i>Coriocella nigra</i>
ECHINIDE	<i>Echinostrephus aciculatus</i>	NUDIBRANCHE	<i>Halgerda</i> spp
ECHINIDE	<i>Echinothrix calamaris</i>	NUDIBRANCHE	<i>Phyllidia coelestis</i>
ECHINIDE	<i>Echinothrix diadema</i>	NUDIBRANCHE	<i>Phyllidia elegans</i>
ECHINIDE	<i>Heterocentrotus mamillatus</i>	NUDIBRANCHE	<i>Phyllidiella pustulosa</i>
ECHINIDE	<i>Mespilia globulus</i>	OPIHURIDES	Ophiures indéterminés