



# BILAN D'ACTIVITÉ 2023-2024

## UTOPIAN ETAT ECOLOGIQUE DES RECIFS CORALLIENS DE LA REUNION

26 février 2024

Dans le cadre du programme



Avec le soutien financier de



**AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :**

SOS Corail de la Fondation de la Mer et de l'Initiative Française pour les Récifs Coralliens

**RÉDACTION :**

Léo BROUDIC (BEST RUN)

Mathieu PINAULT (MAREX – ENTROPIE)

**PARTENAIRES SCIENTIFIQUES :**

Lionel BIGOT (UR – ENTROPIE)

Lucie PENIN (UR – ENTROPIE)

Tévamie RUNGASSAMY (RNMR)

Julien WICKEL (MAREX)

Jean Benoit NICET (MAREX)

Margot THIBAUT (BEST RUN – ENTROPIE)

Touria BAJJOUK (IFREMER)

Florence TRENTIN (VieOcéane)

Sylvain PIOCH (UM3 – LAGAM)

**VERSION EN DATE DU :**

26 février 2024

**À CITER SOUS LA FORME :**

Broudic, L., Pinault, M., Claud, R., (2024). UTOPIAN 2023-2024 – Etat Ecologique des récifs coralliens de La Réunion. 24 p + annexes.

## GLOSSAIRE

CONSTRUI : CONcertation pour une résilience et reconSTRUction

CORRAM : CORal Reef Rapid Assessment Method

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DAR : Dépression d'arrière récif

GCRMN : Global Coral Reef Monitoring Network

HR : Hors Réserve

MOUVE : MOUVement des masses d'Eau du complexe récifal de l'Hermitage – La Saline

MSA : Médium Scale Approach

NOTRe : Nouvelle Organisation Territoriale de la République

OFB : Office Française pour la Biodiversité

PAPI : Programme d'Action de Prévention d'Inondation

PLU : Plan Local d'Urbanisme

RAM : Rapid Assessment Method

RNMR : Réserve Naturelle Marine de La Réunion

SAR : Schéma d'Aménagement Régional

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

SEARAM : SEAgass Rapid Assessment Method

SNAP : Stratégie Nationale pour les Aires Protégées

UVC : Underwater Visual Census

ZPG : Zone de Protection Générale

ZPI : Zone de Protection Intégrale

ZPR : Zone de Protection Renforcée

## SOMMAIRE

<b>1 – RÉSUMÉ DES OBJECTIFS DU PROJET</b>	<b>5</b>
<b>2 – PERSONNES PRÉSENTES SUR LE TERRAIN</b>	<b>6</b>
<b>3 – CALENDRIER DES SORTIES SUR LES PLATIERES RÉCIFEAUX</b>	<b>6</b>
<b>4 – MÉTHODES ET PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE</b>	<b>6</b>
<b>5 – RÉSULTATS, DISCUSSIONS</b>	<b>7</b>
5.1. État écologique général des peuplements récifaux de La Réunion	7
5.2. Comparaison des résultats acquis entre secteurs géographiques	11
5.3. Comparaison des résultats acquis entre complexes récifaux	12
5.4. Comparaison des résultats acquis entre niveaux de protection de la RNMR	14
<b>6 – CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES</b>	<b>17</b>
<b>7 – BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>24</b>
<b>8 – ANNEXES</b>	<b>25</b>

## 1- RÉSUMÉ DES OBJECTIFS DU PROJET

Depuis 2021, le projet UTOPIAN s'est fixé trois objectifs : (i) spatialiser et quantifier l'état écologique des récifs coralliens de La Réunion, (ii) comprendre la distribution spatiale de l'état écologique à la lumière des pressions environnementales en hiérarchisant leur importance relative et (iii) accompagner les pouvoirs publics vers une considération de l'état écologique des récifs coralliens dans la planification territoriale. Ce rapport clôt le premier objectif et vient compléter les premières phases du projet. Le projet MOUVE (septembre 2022 - avril 2024) mené parallèlement au programme UTOPIAN, a pour objectif de modéliser les courants et les panaches de dispersion en sortie des principales ravines de l'ouest et apportera des éléments de réponse au second objectif.

L'ensemble épi-récifal (platier), allant de Cap Champagne à Grand Bois a été cartographié selon un effort d'échantillonnage inédit (3 038 stations, Pinault et Broudic, 2023) tout en recherchant des liens de causalité entre les pressions environnementales (naturelles et anthropiques) et l'état écologique du récif de Saint-Pierre – Terre-Sainte (Broudic et Pinault, 2022). La pente externe (1 149 stations du front récifal jusqu'à -15m) et la dépression d'arrière récif (425 dont 92 stations avec présence locale d'herbier) ont été échantillonnées de février à mai 2023, complétant ainsi la couverture spatiale du projet à l'ensemble des récifs de l'île, jusqu'à 15 m de profondeur. Les métriques retenues dans cette étude illustrent à la fois la structure de l'écosystème (architecture 3D, richesse spécifique), sa vitalité écologique (mécanismes de régulation intrinsèques, dynamique démographique) et la richesse et l'abondance des peuplements associés (poisson et macro-invertébrés).

Pour chaque métrique acquise *in situ*, des cartes ont été produites à l'aide d'outils d'interpolation spatiale (krigeage ordinaire, Mathéron, 1963). Des ratios surfaciques ont été calculés sur la base de ces modèles. La représentation de l'information modélisée permet une déduction des zones à forts enjeux écologiques, tout en apportant des pistes de réflexion sur les liens entre perturbations écologiques et pressions naturelles et/ou anthropiques. Des tests statistiques, réalisés à partir des très nombreuses stations d'échantillonnage, ont également permis de comparer l'état écologique des différents complexes récifaux et des niveaux de protection en vigueur de la Réserve Naturelle Marine de La Réunion (RNMR). Les zones de protection intégrale ont pu être échantillonnées après obtention de l'autorisation d'y pénétrer le temps des campagnes de terrain (platier en 2022 et pente externe en 2023).

Ce travail d'acquisition, associé à un effort de bancarisation des données dans BD Récif<sup>®</sup> (référentiel en cours de validation par l'IFREMER) et Sextant<sup>®</sup> et de valorisation *via* un atlas cartographique (2025), fait office d'état écologique initial des récifs de La Réunion, selon les méthodes dites de Rapid Assessment (RAM), et fournit un référentiel régional pour l'ensemble des métriques évaluées. Des projets comme CONSTRUI (CONcertation pour une résilience et reconSTRUction des récifs coralliens), dont un des objectifs est d'ajuster le zonage des réserves de protection forte de la RNMR, ou des projets d'aménagement ayant des impacts attendus sur le milieu récifal, pourront s'appuyer sur ce travail pour concilier leurs objectifs avec la préservation des zones à fort enjeu écologique.

Des travaux sont par ailleurs en cours pour trouver un compromis entre parcimonie d'échantillonnage (réduction du nombre de stations) et conservation de la précision de l'information (Broudic et al., *in prep*). Les premiers résultats soulignent qu'une réduction d'environ la moitié des stations permettrait de conserver une qualité d'interpolation similaire à l'effort d'échantillonnage actuel et faciliterait la réplication de l'évaluation des récifs de l'île selon les mêmes méthodes dans un délai à définir (suivis



diachroniques). Les méthodes et indicateurs employés dans cette étude sont également en cours de publication dans des revues scientifiques à portée internationale (Pinault et al., *in prep*).

## **2- PERSONNES PRÉSENTES LORS DES SORTIES SUR LES PENTES EXTERNES**

Léo Broudic (26 sorties)  
 Romain Claud (26 sorties)  
 Mathieu Pinault (3 sorties)

## **3- CALENDRIER DES SORTIES SUR LES PENTES EXTERNES**

Date de sortie	Site	Date de sortie	Site
10/02/2023	Baie de Saint-Leu	16/03/2023	Grand Fond
13/02/2023	Baie de Saint-Leu	23/03/2023	Hermitage – La Saline
14/02/2023	Baie de Saint-Leu	24/03/2023	Baie de Saint-Leu
17/02/2023	Hermitage – La Saline	29/03/2023	Saint-Pierre – Terre-Sainte
23/02/2023	Baie de Saint-Leu	07/04/2023	Hermitage – La Saline
27/02/2023	Baie de Saint-Leu	11/04/2023	Baie de Saint-Leu
28/02/2023	Hermitage – La Saline	12/04/2023	Saint-Pierre – Terre-Sainte
02/03/2023	Hermitage – La Saline	13/04/2023	Hermitage – La Saline
03/03/2023	Hermitage – La Saline	21/04/2023	Saint-Pierre – Terre-Sainte
08/03/2023	Hermitage – La Saline	24/04/2023	Saint-Pierre – Terre-Sainte
13/03/2023	Hermitage – La Saline	24/04/2023	Grand Bois
14/03/2023	La Souris Chaude	12/05/2023	Étang-Salé
15/03/2023	Hermitage – La Saline	15/05/2023	Grande Anse
		<b>TOTAL</b>	<b>26 sorties</b>

## **4- MATÉRIELS ET MÉTHODES**

L'état écologique des récifs coralliens (pente externe, platiers, dépressions d'arrière récif - DAR) de La Réunion a été évalué selon les méthodes CORRAM et SEARAM (Pinault et al., *in prep* ; Pinault, 2023) en quatre campagnes de terrain (Tableau 1). Le plan d'échantillonnage a été adapté au fur et à mesure des apports de connaissance, certaines métriques ont été ajustées et la distance entre les stations a été optimisée. Le tableau des métriques CORRAM et SEARAM évaluées *in situ* est rappelé en annexe 1 et 2.

Les platiers de Saint-Pierre – Terre-Sainte, Colimaçons et Cap Champagne ont été échantillonnés entre septembre et décembre 2021, lors de la première campagne (Broudic et Pinault, 2022). Le reste des platiers de Grand Fond, l'Hermitage – La Saline, Kelonia, Saint-Leu, Pointe au Sel, Étang-Salé, Grand Bois et du bassin de Grande Anse, a nécessité une deuxième phase de terrain, réalisée entre septembre à décembre 2022 (Pinault et Broudic, 2023).

Une troisième campagne a eu lieu de février à mai 2023 sur les pentes externes de Grand Fond, l'Hermitage – La Saline, Souris Chaude, Kelonia, Colimaçons, Saint-Leu, Étang-Salé, Saint-Pierre – Terre-Sainte, Grand Bois et Grande Anse. Enfin, dans la même temporalité que la troisième campagne, une quatrième phase de terrain a eu lieu pour évaluer la faune mobile et l'état écologique des peuplements de substrats meubles (présence locale d'herbier), au sein des DAR de l'Hermitage – La

Saline, Saint-Leu, Étang-Salé et Saint-Pierre, en collaboration avec la RNMR (étude des herbiers de la Réunion – Nicet et al., 2024).

Au total, 4 687 points fixes et 1 679 cheminements aléatoires ont été évalués sur l'ensemble des récifs de La Réunion (Annexe 3). Les zones de protection intégrale ont pu être échantillonnées suite à une demande d'autorisation au Conseil Scientifique de la RNMR, couvrant les campagnes 2 et 3. L'ensemble des surfaces étudiées sont présentées en annexe 4 et 5.

Tableau 1 : Synthèse des campagnes de terrain : taille des mailles, densité de station par hectare et nombre de stations évaluées en distinguant les points fixes des parcours aléatoires.

	Taille des mailles en mètre	Densité de station par hectare		Nombre de stations	
		Points fixes	Cheminement aléatoire	Points fixes	Cheminement aléatoire
<b>Campagne 1</b>	50x50	23,1	4,8	939	193
<b>Campagne 2</b>	60x60	8,3	2,6	2 192	707
<b>Campagne 3</b>	80x80	2,2	1,1	1 131	598
<b>Campagne 4</b>	20x20 (herbier)	46	25,6	115	64
	80x80 (sans herbier)	3,1	1,2	310	117
			<b>Total</b>	<b>4 687</b>	<b>1 679</b>

La spatialisation a été réalisée par des analyses d'interpolation (krigeage ordinaire - pixel de 1 m) sur l'emprise cumulée des pentes externes et platiers pour les peuplements benthiques de substrats durs (récifs coralliens), sur l'emprise des DAR pour les peuplements benthiques de substrats meubles (herbiers et sable nu) et sur l'emprise cumulée des pentes externes, des platiers et des DAR pour la faune mobile associée (poissons et macro-invertébrés, dont le résultat des holothuries sur la DAR et le platier sont en cours de publication par Corbel et al., *in press*). Les emprises ont été calculées à partir de la carte des habitats récifaux de 2016 (Nicet et al., 2016).

Suite à la spatialisation de chaque métrique, des ratios surfaciques ont été calculés sur la base des données interpolées. Une distinction a été faite entre les secteurs géographiques de l'ouest, allant de Grand Fond à Étang-Salé et du sud, allant de Saint-Pierre à Grande Anse. Des comparaisons de moyennes entre secteurs géographiques, complexes récifaux et niveaux de protection ont été réalisées sur les données interpolées. Par souci de symétrie dans le nombre de données par catégorie à comparer, un test de puissance a permis de définir le nombre de stations à sous-échantillonner pour atteindre le seuil de 90%. Ainsi, 65 données ont été tirées aléatoirement sans remise pour réaliser des ANOVA, suivi d'un Tukey HSD et des tests de normalité (Shapiro-test) et d'homoscédasticité (Bartlett) pour valider l'utilisation des ANOVA. Par souci de lisibilité les cartes ont été mises en annexe 6.

## **5- RÉSULTATS, DISCUSSIONS**

### **5.1. État écologique général des peuplements récifaux de La Réunion**

*État écologique des peuplements benthiques de substrats durs (platiers et pentes externes)*

Sur les 836 ha de substrats durs récifaux étudiés au cours de cette étude,  $18\% \pm 16\%$  sont recouverts par des Scléactiniaires ( $10\% \pm 15\%$  sur les platiers et  $25\% \pm 13\%$  sur les pentes externes), soit un cumul de  $150,5 \pm 133,8$  ha. L'abondance de coraux juvéniles moyens sur cette surface est de

1,48 ± 0,60 juv./m<sup>2</sup> (Figure 1). Le genre *Acropora* représente 15% ± 18% du recouvrement total par les Scléactiniaires, (12% ± 24% sur les platiers et 22% ± 13% sur les pentes externes), soit une surface cumulée de 22,6 ± 24,1 ha. Le peuplement corallien est dominé à 57% par des formes encroûtantes, massives, sub-massives ou digitées. Les formes branchues et tabulaires ne représentent que 11% du peuplement corallien, dont la majorité se trouve sur les pentes externes de Saint-Pierre à Grande Anse et dans une moindre mesure sur les bordures de platiers internes à colonies anastomosés.

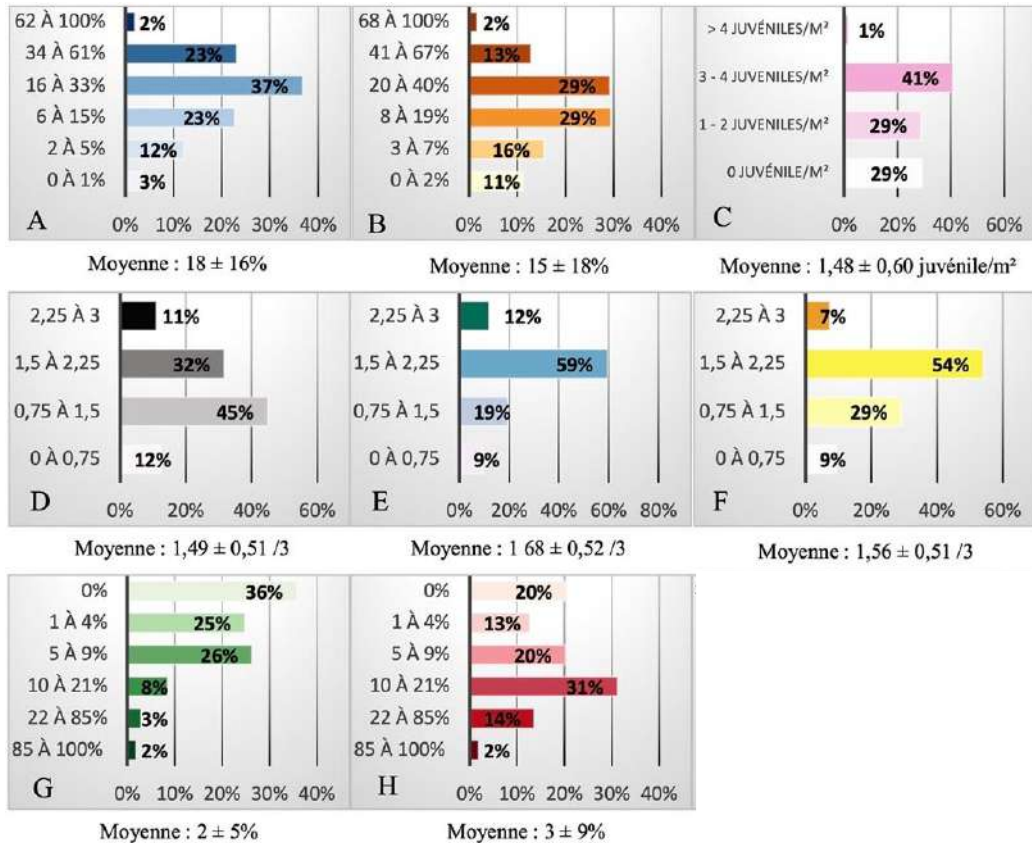


Figure 1 : Ratios surfaciques des métriques d'évaluation des peuplements benthiques sur l'ensemble des 836 ha de substrats durs récifaux étudiés au cours de cette étude. A : Recouvrement corallien, B : Pourcentage du genre *Acropora* au sein du peuplement corallien, C : Densité de coraux juvéniles, D : Complexité structurelle des colonies coralliennes, E : Diamètre des colonies coralliennes, F : État de santé des colonies coralliennes, G : Recouvrement par les algues dressées (> 2cm), H : Recouvrement par la faune sessile benthique non corallienne. La correspondance des scores des graphiques D, E et F avec les caractéristiques écologiques évaluées est explicitée en annexe 1

Les résultats de l'année 2022 du Global Coral Reef Monitoring Network, acquis sur 7 stations de platiers et 7 de pentes externes (12 à 15 m de profondeur) situées entre Saint-Gilles et Saint-Pierre, font état de couvertures coralliennes de 23% ± 14% sur les platiers et 37% ± 8% sur les pentes externes (RNMR, 2022), soit des différences avec la présente étude de +13% sur les platiers et +12% sur les pentes externes. L'installation des stations du GCRMN sur des habitats connus pour leur richesse biologique (platiers à alignements transversaux, platiers à colonies anastomosées et pente externe à éperons sillons – Nicet et al., 2016) pourrait expliquer ces différences. La définition de l'état écologique des récifs de La Réunion selon ces stations sentinelles aboutit à une surestimation des couvertures totales en Scléactiniaires, en omettant de grandes surfaces d'habitats plus pauvres (platiers arasés, dalles de pente externe). Cette hypothèse est appuyée par les résultats de l'année 2018



du Médium Scale Approach (MSA), acquis dans le cadre de la DCE sur 60 stations de pente externe (distribuées de manière systématique tous les 500 m entre 7 et 13 m de profondeur) situées entre Cap Champagne et Grand Bois (Nicet et al., 2019), qui fournissent des couvertures coralliennes de  $18\% \pm 9\%$  sur l'ensemble des stations.

Du point de vue de leur vitalité, les colonies coralliennes des récifs réunionnais présentent de fréquentes nécroses et symptômes de maladies (mais peu de débris sur les pentes externes). Le recouvrement moyen par la faune sessile opportuniste et par les algues dressées ( $> 2\text{cm}$  – excluant le turf), principalement du genre *Dictyota spp.* en pente externe, associé à des *Rhodophyta* dans le sud (*Jania sp.*, *Galaxaura sp.*, *Actinotrichia sp.*) et des assemblages de *Rhodophyta*, *Chlorophyta* et *Ochrophyta* en platier, est respectivement de  $3\% \pm 9\%$  et  $2\% \pm 5\%$ . Pour la faune sessile opportuniste, il peut être précisé que les coraux mous (*Lobophytum*, *Sinularia*, *Sarcophyton*) sont majoritairement présents en pentes externes. Les platiers sont principalement colonisés par une communauté plus diversifiée, associant coraux mous, corallimorphes (*Rhodactis sp.*), anémones (*Gyactis sp.*) et éponges (*Lamellodysidae herbaceae*, *Cliona sp.*). Ces organismes prolifèrent à proximité d'enrichissement du milieu en matière organique. Les patches les plus vastes de corallimorphes et anémones se trouvent au nord de La Saline, sur les zones frontalières entre le platier et la DAR (platier à colonies anastomosées), tandis que *L. herbaceae* est majoritairement présente sur le platier d'Étang-Salé.

Dans les années 1980, le recouvrement corallien était estimé à 65% (60% en platier et 70% en pente externe), dominé par le genre *Acropora* (Faure, 1982, com. pers. G. Faure, 2012). Au vu des présents résultats (recouvrement corallien estimé à 18% dont 10% sur le platier et 25% en pente externe), en l'espace de 40 ans, les récifs de La Réunion ont subi une perte de couverture corallienne estimée à 47%, et plus spécifiquement, une perte de 50% sur le platier et 45% en pente externe. Cette perte semble s'être accélérée à partir de 2000, avec des recouvrements de l'ordre de 50% (suivi GCRMN), traduisant un effet en cascade dans la déstructuration du peuplement corallien depuis 25 ans.

#### État écologique des peuplements benthiques de substrats meubles (DAR)



Figure 2 : Patches d'herbiers relictuels de La Réunion en 2023 - En blanc : surface pré-identifiée par ortho-photographie comme potentiellement colonisée par l'herbier. En vert : Surface réellement colonisée par l'herbier, suite à la vérité terrain de 2023 (adaptée d'après Nicet et al., 2024).

Sur l'ensemble des 103,7 ha de substrats meubles des DAR de La Réunion échantillonnés, seuls deux patches juxtaposés de 1,3 ha et 1,2 ha d'herbiers monospécifiques à *Syringodium isoetifolium* (soit 2,4%

des substrats meubles) ont été observés entre la plage des Brisants et l’Hermitage (Figure 2). Les 2,5 ha d’herbier de 2023 sont proches des 3 ha de 2013. Toutefois, l’herbier se situait alors majoritairement au niveau de la passe de l’Hermitage (Cuvillier, 2016). L’ensemble des métriques mesurées au sein de l’herbier présentaient des valeurs faibles. Toutefois, les deux patchs de l’herbier échantillonnés (sud et nord), étant à l’heure actuelle les seuls reliquats significatifs de l’herbier réunionnais, ces notes fournissent en 2023 le référentiel régional et l’état initial du suivi par la méthode SEARAM à La Réunion.

Il apparaît ainsi que seule une surface de 450 m<sup>2</sup> (< 2% de l’herbier total), situé au sein du patch nord, présente une faible fragmentation (51% à 70% de couverture sans interruption) et que deux patchs de 750 m<sup>2</sup> et 700 m<sup>2</sup> (5,8%), également situés au sein du patch nord, présentent une fragmentation modérée (patchs nombreux et rapprochés couvrant 31% à 50% des substrats meubles). Le reste de l’herbier (92,3%), dont l’ensemble du patch sud, présente une forte fragmentation (petits patchs isolés couvrant 1% à 30% des substrats meubles - Annexe 7).

Les taux de recouvrement au sein des patchs non fragmentés suivent la même tendance spatiale, avec seulement deux zones (2 700 m<sup>2</sup> dans le patch nord et 450 m<sup>2</sup> dans le patch sud) aux taux de recouvrement compris entre 31% et 45%. Le reste de l’herbier (94%) présente des taux de recouvrement inférieurs à 30%. L’étude révèle également des hauteurs de canopée majoritairement comprises entre 4 et 7 cm, avec une tendance au raccourcissement des brins de *Syringodium* (1 à 3 cm) en périphérie des patchs nord et sud. Les pourcentages de colonisation des brins par l’épibiose montrent des taux d’envahissement globalement faibles, mais plus abondants sur les secteurs les plus colonisés par l’herbier (faible fragmentation, fort taux de recouvrement, hauteur de canopée élevée).

#### État écologique des macro-invertébrés et de l’ichtyofaune (DAR - platiers et pentes externes)

Sur les 939 ha étudiés au cours de cette étude (DAR, platiers et pentes externes), la densité moyenne des oursins est de 3,6 ± 1,2 ind./m<sup>2</sup> avec une abondance relative des trois genres/espèces dominants : *Echinothrix spp.* (la distinction entre *E. diadema* et *E. calamaris* n’a pas pu être faite sur le terrain), *Echinometra mathaei* et *Stomopneustes variolaris* respectivement de 50%, 38% et 11% du peuplement total, dont 80% est localisé sur les platiers (Annexe 8). Les espèces *Diadema savignyi*, *Toxopneustes pileolus* et *Heterocentrotus mamillatus* ont été observées respectivement 414 fois, 2 fois et 2 fois. La mortalité d’oursins observée en août 2023 justifierait un nouveau recensement.

La richesse spécifique moyenne des six familles de poissons étudiées (Pomacentridae, Chaetodontidae, Acanthuridae, Labridae, Scaridae et Pomacanthidae) est de 20,5 ± 1,1 espèces par 10 minutes d’observation. En outre, plus de la moitié des surfaces étudiées (52%) possèdent une richesse comprise entre 21 à 26 espèces (Figure 3). Une nouvelle espèce pour la science pourrait avoir été observée et photographiée au niveau du front récifal de chaque complexe récifal (*Plectroglyphidodon cf randalli* – com. pers. Fricke R. 2023). Un prélèvement permettrait de confirmer cette identification. Le signalement de deux nouvelles espèces de Scaridae : *Scarus viridifucatus* et *Scarus russelii*, réalisé proche de la zone de protection intégrale de Saint-Leu, complète la liste officielle des poissons de La Réunion (Fricke et al., 2009).

Concernant les prédateurs apicaux de plus de 20 cm, un déficit drastique est observé sur les platiers, avec 89% de leur surface peuplée par des densités inférieures à 1 individu par 10 minutes d’observation. Sur les pentes externes (524 ha), leur densité moyenne est de 0,5 ± 0,4 ind./10 min.

Cette valeur dissimule une distribution hétérogène (Annexe 6 – Abondance et maturité des prédateurs supérieurs), les plus fortes densités de prédateurs ayant été observées sur les pentes externes de Grand Fond, l’Hermitage – La Saline et Saint-Leu. La majorité des prédateurs possède une occurrence faible (< 3%), traduisant à la fois la difficulté de les observer par des techniques d’observation visuelle en immersion (UVC) et la forte déplétion de leurs populations. Ils sont représentés en majorité par les espèces : *Variola louti* (23%), *Cephalopholis argus* (11%), *Parupeneus cyclostomus* (11%) et *Tylosurus crocodilus* (10% - Annexe 9).

Les Scaridae présentent une densité moyenne de  $3,2 \pm 0,9$  ind./10 min, dont 44% de juvéniles et 56% d’adultes, répartie entre la pente externe (52%), le platier (39%) et la dépression d’arrière récif (9%). La pente externe est composée à 81% d’adultes, avec une dominance des espèces *Chlorurus enneacanthus* (46%) et *Chlorurus sordidus* (18%) ; le platier est dominé par les juvéniles (69%), notamment des espèces : *Chlorurus sordidus* (59%) et *Scarus psittacus* (30%) (Annexe 10).

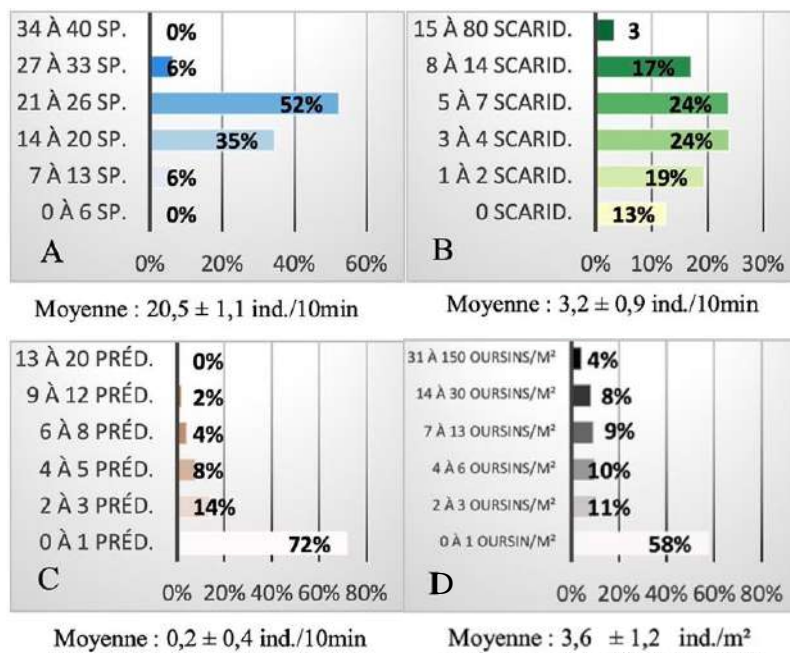


Figure 3 : Ratio surfacique des métriques de la faune mobile sur l'ensemble du récif. A : Diversité du peuplement ichthyologique, B : Abondance des Scaridae, C : Abondance des prédateurs supérieurs, D : Abondance des oursins herbivores

## 5.2. Comparaison des résultats acquis entre secteurs géographiques

L'écart entre l'ouest et le sud, dont une rupture écologique semble se produire entre l'Étang-Salé et Saint-Pierre, s'illustre notamment par des métriques de structure des peuplements coralliens (recouvrement, pourcentage d'*Acropora*, taille des colonies et diversité des morphotypes) significativement plus faibles sur les récifs de l'ouest que du sud (Annexes 11 et 12). L'ouest est ainsi recouvert par  $15\% \pm 16\%$  de Scléactiniaires ( $9\% \pm 15\%$  platiers et  $21\% \pm 13\%$  pente externe) pour  $32\% \pm 17\%$  dans le sud ( $17\% \pm 18\%$  platiers et  $38\% \pm 13\%$  pente externe), avec des pourcentages du genre *Acropora* de  $12\% \pm 18\%$  ( $11\% \pm 23\%$  platiers et  $18\% \pm 14\%$  pente externe), pour  $30\% \pm 19\%$  dans le sud ( $23\% \pm 31\%$  platiers et  $32\% \pm 11\%$  pente externe). Les colonies coralliennes y sont également plus petites (20 à 40 cm de diamètre pour des valeurs moyennes supérieures à 40 cm dans



le sud) et aux morphotypes plus simples (encroûtants, massifs et sub-massifs, tandis que les formes tabulaires, branchues et columnaires dominant sur les pentes externes de Grand Bois et Grande Anse).

Les colonies d'*Acropora muricata* de l'ouest (espèce branchue de platier), devenues rares, présentent par ailleurs de faibles niveaux de vitalité. Elles sont majoritairement colonisées par des algues dressées qui les étouffent, entraînant leur mort. Les densités de coraux juvéniles sont également plus faibles avec une moyenne de  $1,44 \pm 0,66$  juv./m<sup>2</sup> (contre  $2,57 \pm 0,60$  juv./m<sup>2</sup> dans le sud). Cette comparaison par secteur dissimule quelques exceptions au sein des complexes de l'ouest. Face au centre Jacques Tessier (sud de La Saline) se trouve le seul reliquat de platier préservé de l'ouest, possédant des couvertures coralliennes supérieures à 60%, dominées par les *Acropora* tabulaires et branchus. Ce reliquat, comme la pente externe de Grande Anse, semble présenter des états écologiques actuels les proches de ceux décrits par Gérard Faure dans les années 1980 (Faure, 1982).

Les peuplements ichthyologiques, bien que présentant globalement des états écologiques très dégradés à l'échelle de l'île (Annexes 13 et 14), montrent une tendance inverse à celle des peuplements benthiques, avec des peuplements de l'ouest légèrement plus abondants que ceux du sud, notamment en ce qui concerne les Scaridae ( $3,9 \pm 1,0$  ind./10 min contre  $3,2 \pm 0,9$  ind./10 min pour le sud) et les prédateurs apicaux de plus de 20 cm ( $0,5 \pm 0,6$  ind./10 min contre  $0,3 \pm 0,3$  ind./10 min pour le sud). En revanche, cette tendance ne se répercute pas sur les valeurs de richesse spécifique. Cette dernière observation est en faveur d'une pression de pêche supérieure dans le sud de l'île, ciblant préférentiellement les espèces d'intérêt halieutique (prédateurs et, dans une moindre mesure, Scaridae), l'indicateur de richesse spécifique étant moins sensible à cette pression. Cette hypothèse est soutenue par les limites de la RNMR qui coïncident avec la rupture de continuité entre récifs ouest et sud. Les peuplements du sud, non concernés par la réglementation de la RNMR sont soumis à une pêche, tant loisir que professionnelle, plus soutenue, se traduisant *in situ* par des densités de prédateurs apicaux de plus de 20 cm plus faibles que dans l'ouest.

### 5.3. Comparaison des résultats acquis entre complexes récifaux

L'étude des métriques par complexe récifal appuie les observations faites par secteur géographique. Un continuum ouest - sud d'amélioration progressive de l'état des peuplements benthiques s'observe (Figure 4). Afin de permettre la comparaison de Grande Anse, qui ne possède pas de récif frangeant *stricto sensu*, avec les autres complexes, nous avons choisi de ne présenter dans cette partie du rapport que les résultats acquis sur les pentes externes. Les tendances, globalement similaires, observées sur l'ensemble des récifs (platiers et pentes externes) et sur les platiers sont présentées en annexes 15 et 16.

Il apparaît que la pente externe de Grande Anse est la plus préservée de l'île (suivie de peu par celles de Grand Bois, puis de Saint-Pierre – Terre-Sainte), avec  $54\% \pm 23\%$  de couverture corallienne, dont  $44\% \pm 20\%$  d'*Acropora*, des morphotypes complexes et diversifiés (tabulaires, branchus, columnaires), des diamètres de colonies de toutes tailles dont une part élevée de plus de 1 m et une régénération du peuplement assurée par l'une des densités de coraux juvéniles les plus fortes de l'île ( $1,6 \pm 0,8$  juv./m<sup>2</sup>). À l'opposée, la pente externe de Grand Fond présente l'état écologique le plus dégradé, avec  $19\% \pm 14\%$  de couverture corallienne, dont  $11\% \pm 10\%$  d'*Acropora*, des morphotypes simples et peu diversifiés (massifs, sub-massifs et digités) et des diamètres de colonies inférieurs à 40 cm. L'état de santé des colonies coralliennes y est également le plus faible de l'île avec de nombreuses traces de maladies, de nécroses et de mortalité.

Les complexes de l'Hermitage - La Saline, Souris Chaude et Baie de Saint-Leu présentent des états écologiques proches de celui de Grand Fond, mais caractérisés par une progressive amélioration du nord vers le sud, notamment du taux de recouvrement corallien et de l'état de santé des colonies. Seul le complexe d'Étang-Salé (et dans une moindre mesure la baie de Saint-Leu) montre une rupture dans l'amélioration progressive des métriques analysées, avec des taux de recouvrement coralliens, des pourcentages d'*Acropora* et des diamètres de colonies parmi les plus faibles de l'île. Les morphotypes y sont également simples et peu diversifiés et l'état de santé des colonies y est presque aussi dégradé qu'à Grand Fond. Cette spécificité pourrait être liée, en partie, à la connexion entre le bassin de rétention des eaux pluviales et le bassin pirogue et à la proximité de l'embouchure de la rivière Saint-Étienne, dont les effets sur le récif d'Étang-Salé ont déjà été observés par le passé.

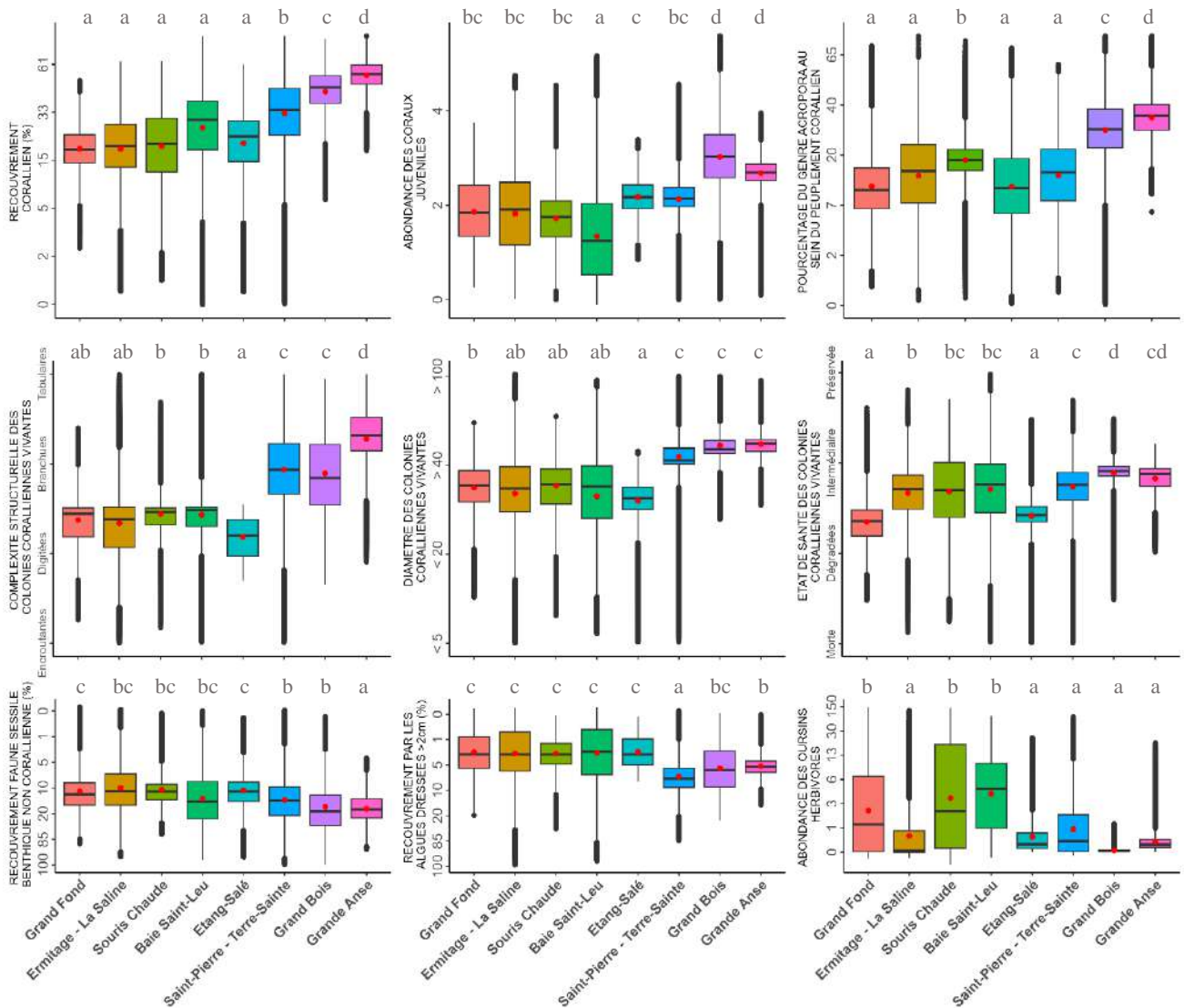


Figure 4 : Comparaison des métriques du peuplement benthique entre les pentes externes des complexes récifaux. Les barres horizontales des boîtes représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile, les points : les données extrêmes, le point rouge : la moyenne.

L'étude des peuplements de poissons de pentes externes par complexe récifal révèle une diminution progressive du nombre de prédateurs apicaux de plus de 20 cm de l'ouest vers le sud (Figure 5), également en cohérence avec les résultats obtenus par secteur géographique. Seule la pente externe de Grande Anse montre des abondances sensiblement identiques à celles observées en baie de Saint-Leu



et à l'Hermitage – La Saline, possiblement en raison de son éloignement du port de plaisance de Saint-Pierre et des conditions environnementales contraignantes, susceptibles de réduire la pression de pêche. Les pentes externes de Saint-Pierre – Terre-Sainte et à *fortiori* de Grand Bois sont quant à elles totalement désertées par les prédateurs.

Si cette tendance est moins marquée pour les Scaridae, les fortes abondances estimées sur le complexe de l'Hermitage - La Saline, le plus vaste de l'île, et les valeurs très faibles estimées sur le complexe de Grande Anse, contribuent à la différence d'abondance observée entre les secteurs ouest et sud.

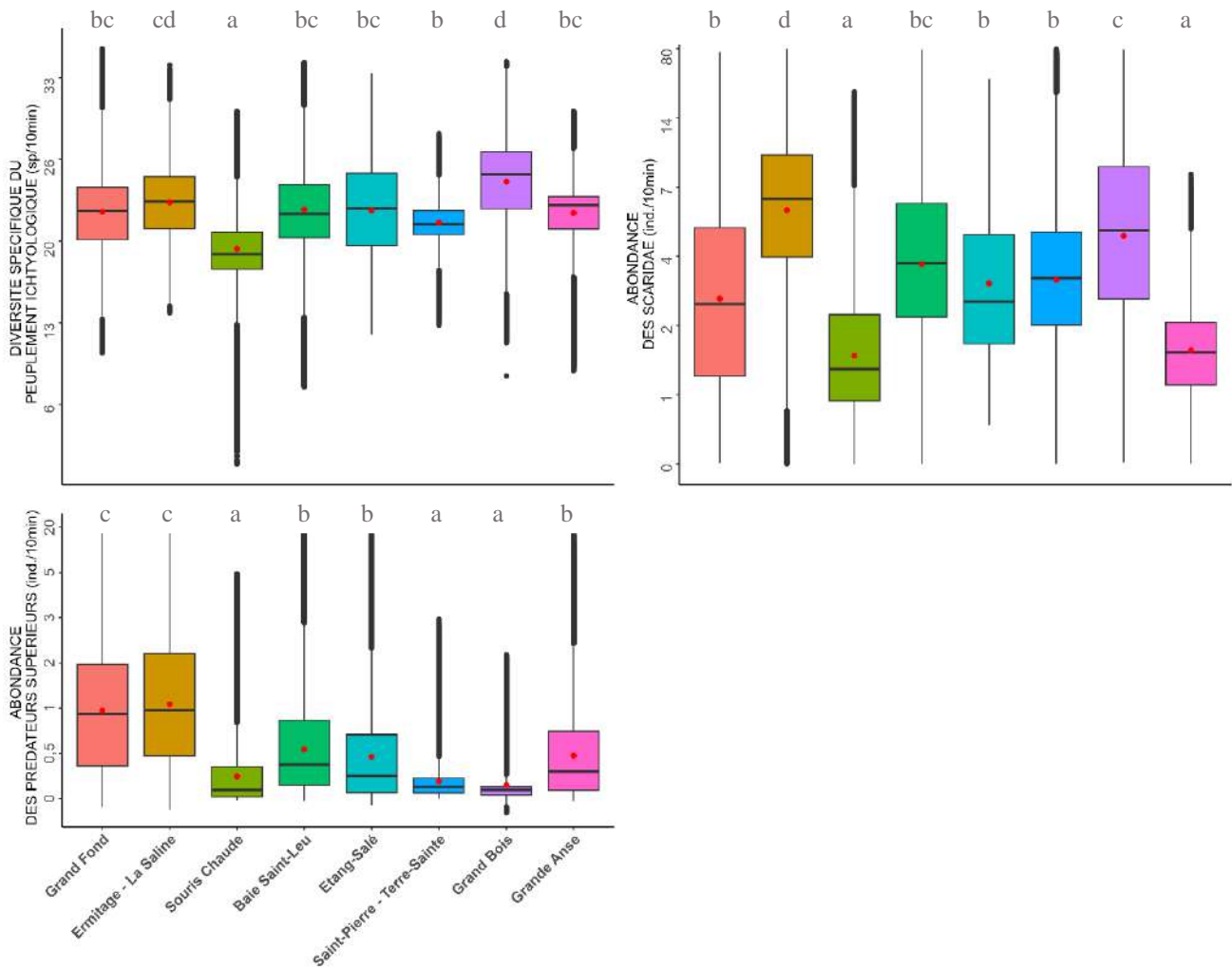


Figure 5 : Comparaison des métriques de la faune mobile entre les pentes externes des complexes récifaux. Les barres horizontales des boîtes représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile, les points : les données extrêmes, le point rouge : la moyenne.

Les richesses spécifiques, en revanche, ne montrent pas de tendance géographique nette. Si une légère augmentation du nombre d'espèces semble visible de l'ouest vers le sud, la station de Grande Anse, située la plus au sud, présente de faibles valeurs. Cette métrique, basée sur le recensement des espèces de 6 familles cibles (Allen et Werner, 2002), peu ciblées par la pêche et fortement inféodées aux habitats, pourrait davantage être influencée par les caractéristiques du milieu que par la pression de pêche. Les tendances sur l'ensemble du récif et sur les platiers sont présentées en annexes 17 et 18.

#### 5.4. Comparaison des résultats acquis entre niveaux de protection de la RNMR

Les différents niveaux de protection se composent respectivement de : 191 ha de zones hors réserve (soit 20% des 939 ha de récifs étudiés, situés dans le sud de l'île), 74 ha de ZPG (9% de l'ensemble récifal étudié et 13% de la surface totale des ZPG), 568 ha de la ZPR (60% de l'ensemble récifal étudié et 34% de la surface totale des ZPR) et 106 ha de la ZPI (11% de l'ensemble récifal étudié et 54% de la surface totale des ZPI) (Annexe 4 et 5).

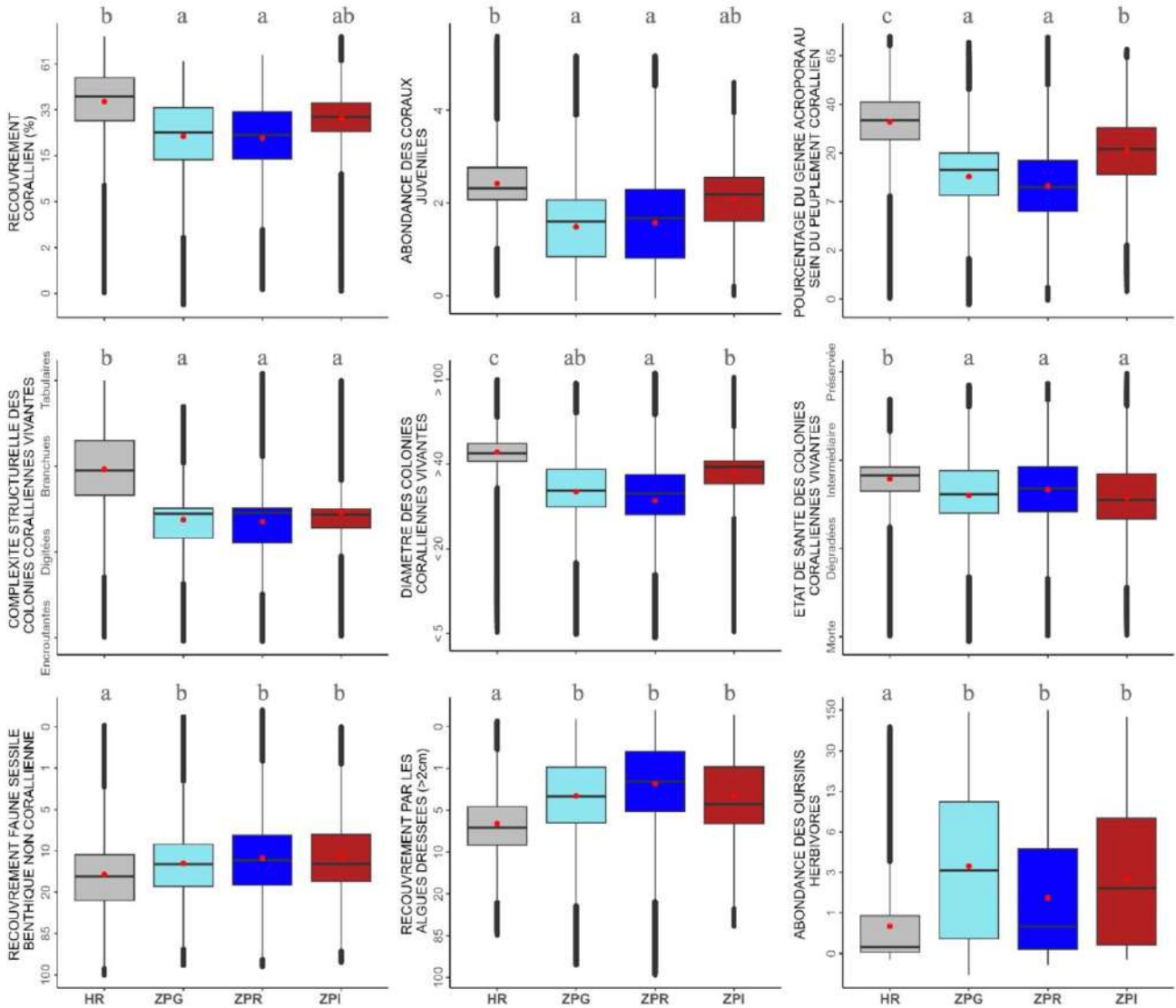


Figure 6 : Comparaison des métriques du peuplement benthique de pente externe entre niveaux de protection. Les barres horizontales des boîtes représentent les 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartiles, les points, les données extrêmes, le point rouge, la moyenne. Gris : HR, Bleu clair : ZPG, bleu foncé : ZPR, rouge : ZPI.

La comparaison des métriques d'évaluation des peuplements benthiques par niveau de protection fournit également des résultats cohérents avec les observations précédentes, à savoir que les récifs sud, non concernés par la RNMR, sont à ce jour les mieux préservés en matière de peuplements benthiques (Figure 6). Toutefois, si l'on étudie l'effet des niveaux de protection à l'échelle des complexes récifaux, les zones de protection intégrale apparaissent plus structurées du point de vue de leurs peuplements coralliens : taux de recouvrement, pourcentage d'*Acropora*, diamètre des colonies, complexité des morphotypes (Annexe 19). L'approche cartographique confirme cette tendance, avec de petits patchs aux peuplements coralliens bien préservés dans les zones de protection intégrale de l'Hermitage, La

Saline, la Varangue et la pente externe de la Pointe des Châteaux (Annexe 6). Pour le récif de Saint-Leu, la seule zone où le peuplement corallien est encore dominant (bon état écologique) se situe dans la zone sanctuaire de la Varangue. Bien que ces zones soient encore préservées, le suivi de l'effet réserve souligne une diminution du recouvrement corallien à travers le temps, ce qui témoigne d'une dégradation en cours (Bigot et al., 2022).

La comparaison des métriques relatives aux peuplements de poissons n'a été réalisée que sur les pentes externes en raison des valeurs trop faibles de Scaridae et de prédateurs apicaux mesurées sur les platiers. Les résultats de la figure 7 sont également en accord avec les résultats précédents : les peuplements ichthyologiques sont globalement plus abondants et de plus grande taille (davantage d'adultes) dans les ZPR et les ZPI que dans les ZPG et hors réserve, avec des richesses spécifiques relativement stables (Figure 7). Ces observations, notamment en ce qui concerne les Scaridae et les prédateurs supérieurs, semble être appuyé par le suivi de l'effet réserve qui constat une biomasse de poissons exploitables plus importante dans les zones de protection renforcée et sanctuaire (Bigot et al., 2022).

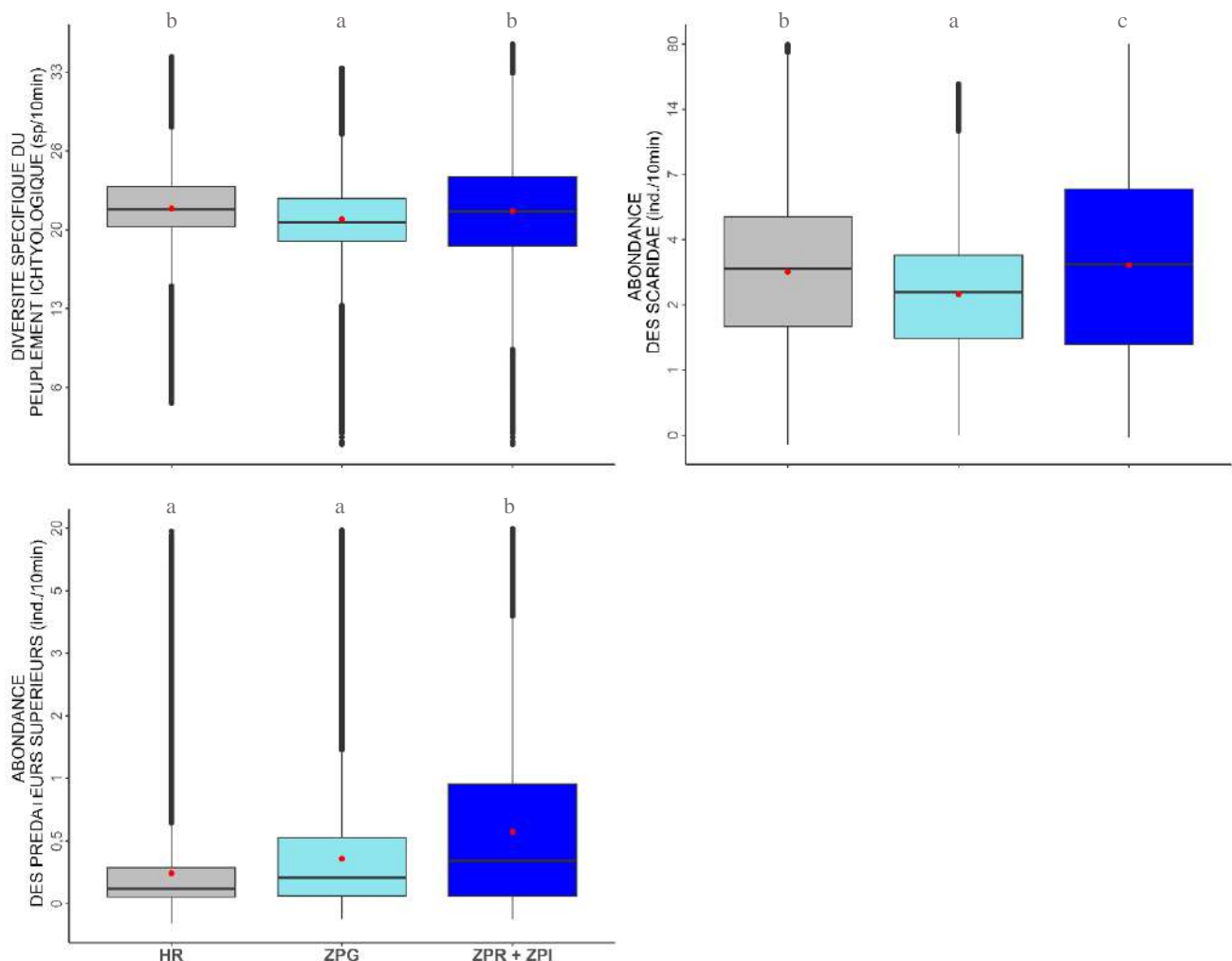


Figure 7 : Comparaison des métriques de la faune mobile en pente externe entre niveaux de protection. Les barres horizontales des boites représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartile, les points : les données extrêmes, le point rouge : la moyenne. Gris : Hors Réserve, bleu clair : Zones de Protection Générale, bleu foncé : Zones de Protection Renforcée + Zones de Protection Intégrale.

Sur les pentes externes, des densités moyennes de Scaridae de  $3,3 \pm 0,8$  ind./10 min ont été évaluées hors réserves, pour  $2,1 \pm 0,6$  ind./10 min dans les ZPG et  $3,9 \pm 0,80$  ind./10 min dans les ZPR et ZPI rassemblées. Les tendances sont les mêmes pour les prédateurs apicaux, avec  $0,4 \pm 0,2$  ind./10 min hors réserve,  $0,8 \pm 0,3$  ind./10 min dans les ZPG et  $1,3 \pm 0,5$  ind./10 min dans les ZPR et ZPI. En outre, les ZPR et ZPI abritent des richesses spécifiques cumulées plus importantes que les ZPG et les zones hors réserve (Annexe 20 et 21). Il est à noter qu'un requin corail (*Triaenodon obesus*) a été observé à deux reprises dans la même zone, située au sein d'une ZPR et que le seul individu de requin bouledogue (*Carcharhinus leucas*) observé au cours de cette étude était un juvénile (120 cm), situé hors réserve.

Cette réduction des stades de maturité et des abondances de prédateurs et de Scaridae hors réserve et en ZPG appuie une fois de plus l'hypothèse de surexploitation des ressources halieutiques. L'analyse à plus fine échelle, réalisée par niveau de protection et par complexe récifal (Annexe 22), confirme une plus forte abondance de Scaridae adulte dans la ZPI Varangue que dans le reste du récif de Saint-Leu et une plus forte abondance de prédateurs apicaux dans la ZPI de l'Hermitage que dans le reste du complexe de l'Hermitage - La Saline.

## **6- CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

Les métriques d'évaluation des récifs coralliens mesurées sur les complexes récifaux de La Réunion fournissent globalement une image contrastée entre un sud de l'île recelant encore des zones de récifs préservées, bien que surexploitées par une pêche non régulée, et un secteur ouest très dégradé, marqué par des peuplements coralliens rares et en mauvaise santé (Figure 9A). L'influence de l'hydrodynamisme sur le renouvellement des masses d'eau et sur leur oxygénation pourrait en effet atténuer les effets néfastes du bassin versant (meilleur renouvellement des eaux récifales et transport des sédiments fins vers le large, *via* les fausses passes) et des phénomènes de blanchissement corallien dans le sud de l'île (meilleur mélange des eaux de surface, favorisant le maintien d'une T°C inférieure à celles mesurées dans l'ouest de l'île – Figure 8, à l'origine de phénomènes de blanchissement globalement de plus faible ampleur - Nicet et al., 2016). À ce titre, les pentes externes de Grand Bois et Grande Anse, exposées à un hydrodynamisme intense, présentent des peuplements coralliens stables (grandes colonies aux morphotypes complexes et diversifiés) et en bonne santé, qui fournissent, pour cet habitat, un état écologique de référence à La Réunion (Figure 9E), comparable aux observations faites dans les années 2000 sur l'ensemble des récifs de l'île (Figure 9F).

Ce diagnostic général dissimule pourtant certaines exceptions dans l'ouest de l'île, où les zones de protection renforcée de la RNMR se démarquent par des peuplements coralliens plus structurés. Un secteur peu étendu, situé devant le centre Jacques Tessier, au sud de La Saline, montre des peuplements coralliens resplendissants (Figure 9B). À l'inverse, le sud possède également certains secteurs dégradés, notamment les zones de platiers exposées aux eaux pluviales urbaines des agglomérations de Saint-Pierre et Le Tampon (buses "Bora Bora", "Petite Sirène" et canal "Sorema"), situées en amont du complexe de Saint-Pierre – Terre-Sainte (Broudic et Pinault, 2022). Ces zones sont marquées par une prolifération algale et d'organismes benthiques opportunistes et par de nombreux symptômes de maladies et de nécroses des colonies coralliennes.

Le complexe récifal d'Étang-Salé présente également des peuplements particulièrement dégradés par rapport à sa situation géographique. Le platier récifal est sous l'influence du bassin de rétention des eaux pluviales qui concentre des quantités importantes de matière organique dissoute (Cuet et al., 2024), Le peuplement benthique de pente externe pourrait quant à lui être sous l'influence de l'étang du Gol



et de la rivière Saint-Etienne, plus vaste système hydrographique pérenne de la côte ouest, drainant de fortes charges particulières, sur les récifs situés en aval de la courantologie générale (composante principale allant du sud vers l'ouest) a déjà été décrit par le passé (Cuet et al., 1986 ; ARVAM, 2001 ; Pinault et Nicet, 2008).

Les coulées de boue observées dans la DAR de Saint-Leu lors du passage de la tempête tropicale Berguita (janvier 2018), en raison des très fortes pentes, au-dessus de 800 m d'altitude, où la présence de sols très sensibles à l'érosion et la pratique de techniques agricoles agressives, de maraîchage et de sarclage qui mettent les sols à nus, se reproduisent après chaque épisode pluvieux, lors desquels, les sols sont emportés, les fortes pentes favorisant les départs de terre (Chaput, 2021).

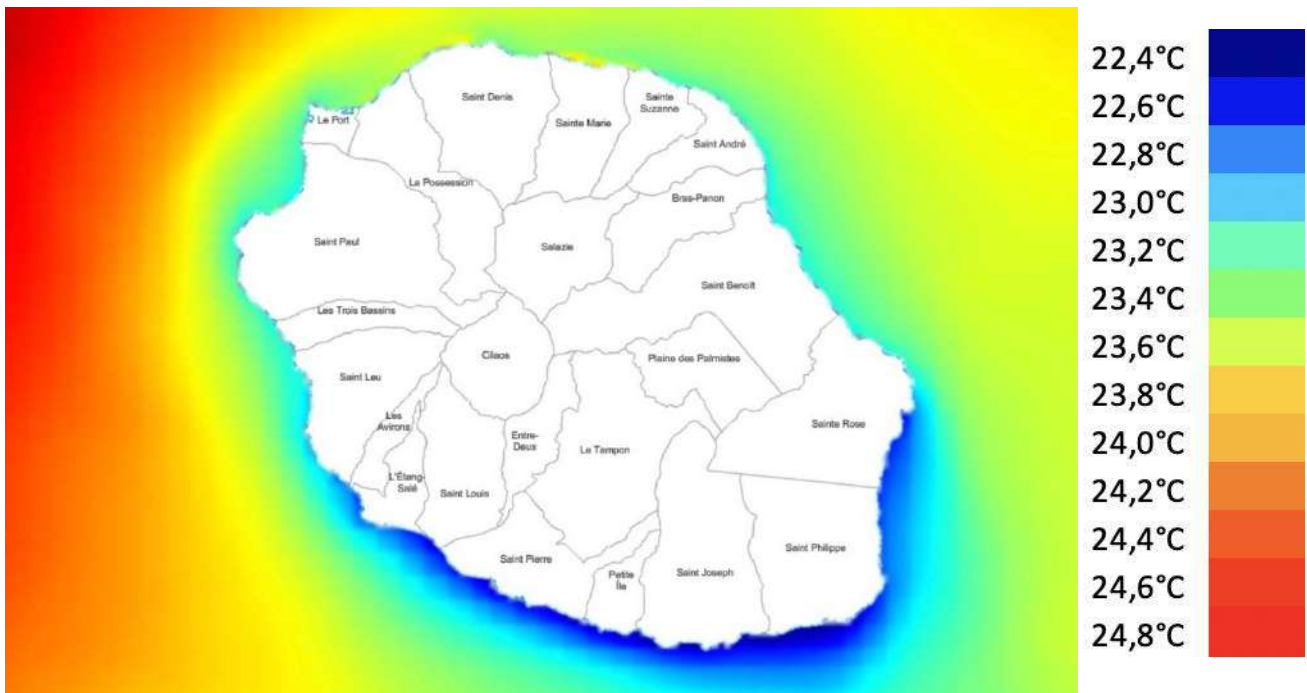


Figure 8 : Température moyenne des eaux de surface 2009-2012 selon le modèle HydroRUN<sup>®</sup>

Ces exceptions, tantôt en faveur (RNMR), mais souvent au détriment des récifs de l'île, illustrent qu'outre les effets globaux du changement climatique, à l'origine d'un continuum de dégradation allant du sud vers l'ouest, les pratiques agricoles, les politiques publiques et les choix d'aménagement, sans prise en compte des spécificités territoriales de La Réunion (fortes pentes, ruissellement, érosion, crues, confinement des eaux lagunaires) contribuent fortement à cette dégradation. À l'inverse, la protection renforcée des secteurs récifaux de pente externe et de platier tend à amoindrir les effets du changement climatique sur le long terme, notamment par le maintien de mécanismes de régulation et d'entretien de l'écosystème *via* ses peuplements associés (régulation "bottom up" de la croissance algale par les herbivores, régulation "top down" des populations opportunistes par les prédateurs apicaux).

L'étude du reliquat d'herbier situé entre la plage des Brisants et de l'Hermitage, marqué par d'importants signes de dégradation (Nicet et al., 2024), semble également révéler des causes tant globales (tendance à la réduction des patches d'herbiers à l'échelle de l'île) que locales (dégradation du platier adjacent, apports des ravines Saint-Gilles et Hermitage). Les résultats concernant les peuplements de poissons vont aussi dans le sens d'une forte surexploitation à l'échelle de l'île, atténuée par la présence de zones de protection forte (ZPR et ZPI) de la RNMR, témoignant une fois de plus de



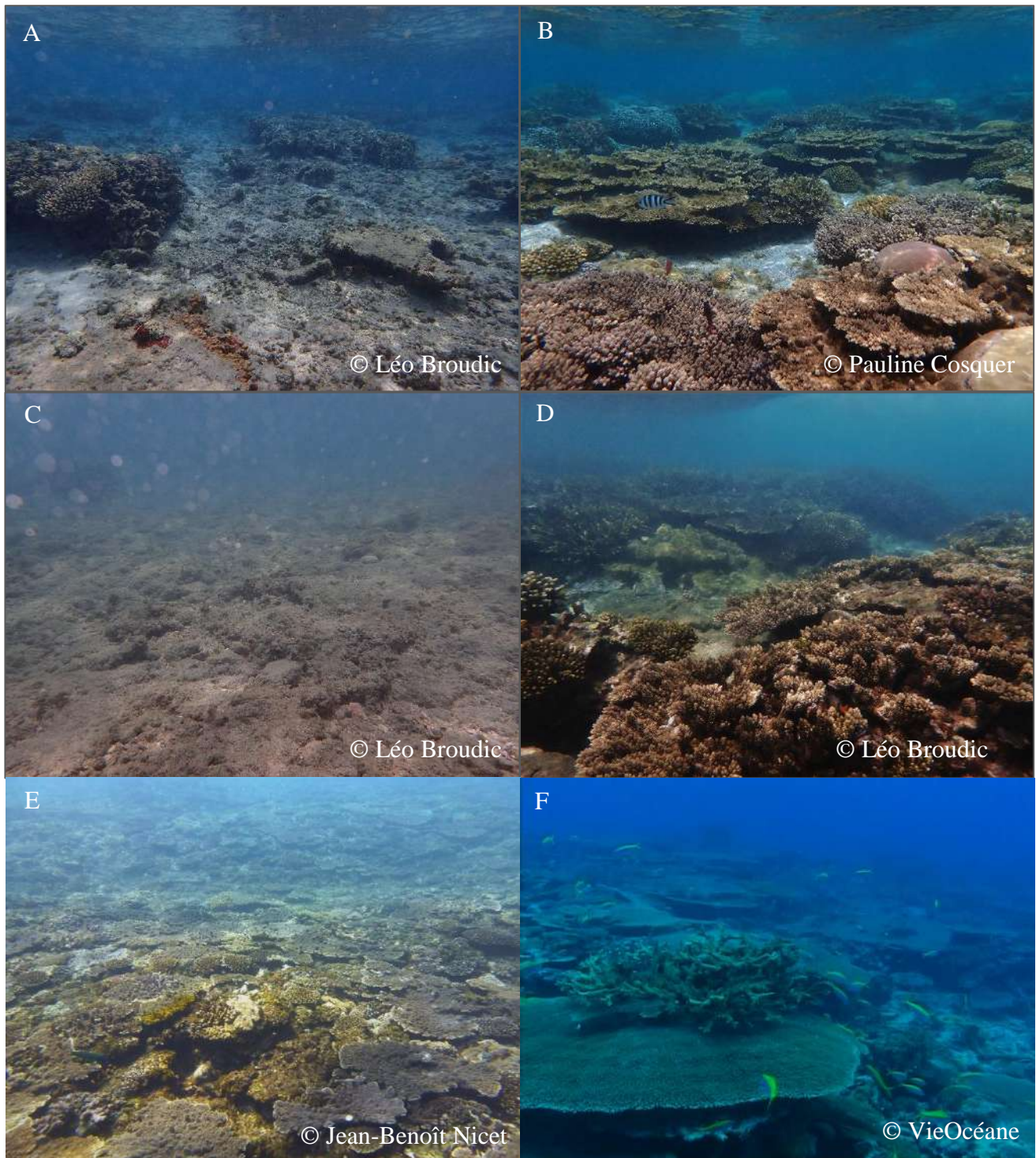


Figure 9 : Photos représentatives des états de santé extrêmes observés sur deux habitats distincts (A-D) et une photo de l'état écologique de référence des récifs de La Réunion en 2022 (E). A et B : Platier à éléments dispersés (A : Hermitage au nord de la passe, station BE\_0958 et B : La Saline, face centre Jacques Tessier, station BE\_0219) ; C et D : Platier externe (C : nord Hermitage, station BE\_0419 et D : Saint-Pierre, station BE\_3937). E : Pente externe de Grande Anse (station BE\_4653). F : Pente externe au sud de la passe de l'Hermitage au début des années 2000 (Vie Océane, 2005).

l'action conjuguée de tendances générales et de spécificités locales. Ces résultats semblent cohérent avec le suivi de l'effet réserve, qui prouve, après 3 suivis espacés de 18 ans, que la biomasse des

poissons exploitées est plus importante dans les ZPR et ZPI par rapport au ZPG, et qu'à travers le temps, la biomasse reste stable dans les ZPR et ZPI alors qu'elle diminue en ZPG (Bigot et al., 2024).

L'action bioérosive très importante des oursins herbivores, principalement du genre *Echinothrix*, accélère le processus érosif des platiers externes et des fronts récifaux (McClanahan et Kurtis, 1991 ; Subhan et al., 2020), amoindrissant leur effet d'atténuation hydrodynamique. Le déséquilibre des mécanismes de régulation et l'absence de recouvrement corallien sur les platiers externes tendent à favoriser l'érosion de la barrière corallienne aux dépens de sa bioconstruction (Figure 9C). La partie nord de la plage de l'Hermitage jusqu'à la plage des Brisants en témoigne, avec une barrière récifale qui laisse, bien qu'atténuée, les vagues déferler sur la plage.

Si des efforts ont été entrepris au cours de 20 dernières années pour prendre en compte la sensibilité des récifs coralliens dans certains projets d'aménagement (ex. effort de raccordement et de mise aux normes des stations d'épuration, projets de détournement des eaux pluviales urbaines de la ville de Saint-Pierre, décanteur lamellaire expérimental de Grand Bois, reconquête de la zone de 50 pas géométriques et restauration des arrière-plages de Saint-Gilles et Saint-Leu) et les politiques publiques réunionnaises (ex. création en février 2007 de la RNMR, signature en juin 2023 de la convention entre la mairie de Saint-Leu, l'État, le Département, le Territoire de l'Ouest (TCO) et la Chambre d'Agriculture pour lutter contre l'érosion), il apparaît que les récifs de l'île sont plus que jamais soumis à la double contrainte de phénomènes globaux, occasionnés par le changement climatique, et de mécanismes locaux aggravés par l'effet cocktail issu : (i) de mauvaises pratiques d'occupation du territoire, (ii) de spécificités géographiques et topographiques rendant l'île extrêmement vulnérable à l'érosion et à l'imperméabilisation des sols et (iii) du climat tropical humide de l'île (ruissellement, crues, coulées de boue, etc.). Pour souligner l'impact des bassins versants, sa responsabilité relative a été estimée à 60% dans la dégradation des récifs coralliens à l'échelle mondiale (Carlson et al., 2019).

Bien que les impacts cumulés visibles sur les récifs ne soient pas directement corrélables avec les politiques publiques des communes situées au droit des complexes récifaux à l'échelle de l'île (effet différent du changement climatique, spécificités topographiques, embouchures éventuelles de ravines, agglomérations situées en amont, ruralité de la commune, etc.), la compréhension de plus en plus fine des relations entre les pressions en vigueur et leurs mécanismes de transmission aux peuplements récifaux permet à la communauté scientifique d'avancer des hypothèses de plus en plus robustes sur les causes cumulées, aboutissant au constat alarmant de dégradation avancée des récifs réunionnais, rappelé par cette étude. Si les effets du changement climatique, *via* les épisodes de blanchissement corallien, survenant en moyenne tous les 4 à 7 ans depuis 1998 à La Réunion, ont considérablement déstructuré les communautés récifales selon un gradient sud – ouest, les effets cumulés de pratiques agricoles agressives, d'imperméabilisation des sols, d'assainissements individuels non conformes, de défrichage des abords de ravines, de stockage de monticules de terres arables nues en saison humide, de canalisation et de dérivation de ravines, entraîne des impacts sur les récifs coralliens d'une gravité proportionnelle à la vulnérabilité du territoire et à l'intensité de ces pressions.

Ainsi, les communes de Saint-Leu et d'Étang-Salé, marquées par un relief pentu en zone agricole pour la première et par la proximité d'un bassin de rétention des eaux pluviales, de la rivière Saint-Etienne et de l'étang du Gol pour la seconde, sont particulièrement impactées par les effets de la mauvaise gestion de leur bassin versant. La commune de Saint-Pierre, bien que partiellement préservée par l'hydrodynamisme local, atténuant les effets du changement climatique et du bassin versant, montre



également des signes de dégradation possiblement imputables aux buses de rejet d'eaux pluviales urbaines. La planète ouest des communes de Saint-Paul et de Trois Bassins n'est pas en reste : bien que marquée par un effet très prégnant du changement climatique, les effets des charges particulières, des sels nutritifs (nitrates, phosphates) et des autres polluants drainés par les ravines Saint-Gilles et Hermitage semblent avoir significativement contribué à l'état de dégradation très avancé de ses récifs (Cuet et al., 2024, localisation et quantification de l'impact en cours d'estimation par le projet MOUVE).

La loi MAPTAM du 27 janvier 2014 attribue aux communes une compétence exclusive et obligatoire relative à la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GeMAPI), incluant les Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI). La loi NOTRe (Nouvelle Organisation Territoriale de la République) du 7 août 2015 a acté le transfert en totalité et de façon automatique de la GeMAPI des communes vers l'échelon intercommunal à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2018. Les collectivités de commune de La Réunion sont ainsi en charge de cette responsabilité, incluant d'importants enjeux de sécurité des populations résidentes, mais également environnementaux, en matière de gestion des milieux aquatiques et des ravines.

Les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU), traduisent, à l'échelle des intercommunalités ou de la commune, un projet global d'aménagement et d'urbanisme. En conformité avec le Schéma d'Aménagement Régional (SAR) et le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT), les PLU fixent en conséquence les règles d'aménagement et d'utilisation des sols. Ces documents cadres, évalués et révisés tous les 10 ans, doivent intégrer pleinement la notion du continuum terre-mer en considérant les contraintes socio-écologiques spécifiques à chaque territoire. Les projets d'urbanisation, agricoles et de développement économique se doivent d'anticiper les impacts du bassin versant sur le milieu récifal, et par extension, d'anticiper la mise en danger des citoyens et citoyennes, qui plus est, dans un contexte de changements globaux et d'intensification des événements extrêmes. La barrière récifale est une protection physique contre les fortes houles et les cyclones qui permet la sécurité des populations littorales de La Réunion.

En parallèle, la Stratégie Nationale des Aires Protégées (SNAP 2020-2030) vise à favoriser le développement d'un réseau cohérent d'aires protégées sur le territoire national. Elle a pour objectifs : (i) de couvrir au moins 30% du territoire national et des espaces maritimes associés par un réseau cohérent d'aires terrestres et maritimes protégées, (ii) de mettre sous protection forte au moins 10% de l'ensemble du territoire national et des espaces maritimes associés et (iii) de mettre sous protection 100% des récifs coralliens français à l'horizon 2025, par la mise en œuvre de 18 mesures et de trois plans d'action nationaux triennaux en faveur de la biodiversité. À La Réunion, le projet CONSTRUI (2023-2024 - financé par l'Office Française pour la Biodiversité (OFB), via l'appel à projets ReCorEA) vise à fournir un diagnostic complet des enjeux de conservation des habitats récifaux, en vue d'une mise en conformité des politiques publiques avec les objectifs de la SNAP, devant se traduire, à terme, par une mise en protection forte de nouvelles zones de récifs coralliens et d'herbiers marins. Les récifs de la commune de Saint-Pierre et de Petite-Ile devront également passer sous protection d'ici 2025.

Ce contexte historique d'exigences croissantes en faveur de la biodiversité et de la conservation des milieux naturels impose aux politiques publiques de revoir leurs priorités en matière d'investissements et de communication auprès de leurs contribuables et administrés. Cette évolution des mentalités et des attentes sociétales devrait s'inscrire dans les prochains programmes électoraux et marquer le début de l'imprégnation locale vers une transition écologique. Pourtant, en 2024, les actions réellement en

faveur de l'environnement, impliquant l'évaluation d'une relation de causalité avérée entre lesdites actions et les bénéfices reçus par l'environnement (séquence ERC renforcée par la LOI n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, introduisant la notion de "pas de perte nette de biodiversité"), tardent à être entreprises. Les documents cadres, en cours de révision, n'intègrent pas à hauteur de l'enjeu cette nécessaire transition dans les pratiques d'occupation des territoires et de gouvernance stratégique à moyen / long terme.

Or la situation est urgente, car, si les effets du changement climatique participent, à l'échelle de l'île, à la déstructuration des écosystèmes, la présente étude illustre les effets cumulatifs et synergiques de politiques publiques locales aveugles aux conséquences de leurs programmes d'aménagement et d'occupation sur les milieux naturels, notamment les récifs coralliens, situés en aval de toute activité menée sur le bassin versant. En tant que réceptacle final des intrants, tant domestiques qu'industriels et agricoles, incluant les commerces, voiries, travaux publics et transports, l'état écologique des récifs de La Réunion, spatialisé dans cette étude, renseigne avec précision sur les conséquences néfastes de cet aveuglement, quelle que soit la commune considérée. En apportant une approche diachronique à cette spatialisation, les pouvoirs publics auront un outil d'arbitrage quant à l'impact, négatif ou positif des aménagements réalisés sur le bassin versant.

**RESUME NON TECHNIQUE :**

Au terme du programme UTOPIAN, réalisé sur l'intégralité des ensembles géomorphologiques récifaux de la côte jusqu'à 15 m de profondeur, il apparaît que les facteurs d'atténuation ou au contraire d'amplification des effets cumulés du changement climatique et de l'occupation des bassins versants sont : (i) la situation géographique sur un gradient sud – ouest et (ii) les caractéristiques topographiques et hydrographiques des communes adjacentes aux récifs coralliens. Soumises à ces facteurs de manière inégale, les communes disposent aujourd'hui des services offerts par des récifs plus ou moins dégradés. Si les mécanismes d'auto-organisation et de régulation des écosystèmes récifaux sont aujourd'hui connus et documentés, nécessitant localement (i) la préservation des peuplements associés aux récifs coralliens impliqués dans la régulation de la croissance algale (herbivores) et le maintien des populations opportunistes en deçà des seuils de pullulation (prédateurs apicaux) et (ii) la réduction des apports nutritifs inorganiques et de la turbidité des eaux, contribuant à déséquilibrer la balance compétitive pour la colonisation des substrats durs, en faveur des peuplements algaux et de la faune benthique opportuniste (éponges, ascidies, corallimorphes, coraux mous) et au détriment des peuplements coralliens, très peu de mesures effectives ont été évaluées positivement sur ces mécanismes au cours de cette étude. Outre la question écologique, la dégradation en cours des récifs coralliens entraîne une mise en danger directe de la population réunionnaise installée sur le littoral, dont la protection contre l'érosion côtière (fortes houles et cyclones) est assurée par la barrière récifale. À ce jour, l'unique mesure dont les effets bénéfiques, tant sur les peuplements benthiques qu'ichtyologiques ont pu être mesurés de manière significative sur les récifs de La Réunion est la mise en protection forte, *via* les zones de protection renforcée et les zones de protection intégrale de la Réserve Naturelle Marine de La Réunion.

**ATOUTS, LIMITES ET PISTES D'AMELIORATIONS METHODOLOGIQUES :**

L'application des méthodes RAM (CORRAM et SEARAM) dans le cadre de l'évaluation de l'état écologique des récifs coralliens de La Réunion s'est révélée parfaitement adaptée : (i) à la surface relativement réduite des récifs de l'île, (ii) à leur faible profondeur et (iii) à leur facilité d'accès depuis la côte (platiers et DAR) ou à partir de ports de plaisance (pentes externes). En outre, la représentation spatialisée des résultats (krigeage ordinaire), fournit des résultats à la fois fiables (excellente autocorrélation spatiale) et intuitive d'interprétation. Toutefois, la stratégie d'échantillonnage appliquée lors des présentes campagnes (maillage intégral de la zone récifale entre 0 et 15 m de profondeur) représente d'importantes contraintes en matière de reproductibilité du protocole, dans le cadre d'un réseau de surveillance pérenne. En outre, certaines métriques, notamment relatives à l'évaluation de la faune associée aux récifs (poissons et invertébrés) ont nécessité des ajustements au cours de l'échantillonnage et mériteraient encore certaines améliorations. C'est dans cette volonté d'amélioration constante de l'outil qu'un travail d'optimisation de l'effort d'échantillonnage est en cours (Broudic et al., *in prep*), indiquant qu'une réduction de moitié du nombre de stations permettrait une conservation de l'information. Des travaux d'intercalibration des données d'abondance (conversion des indiv./10 min en indiv./100 m<sup>2</sup>) et un ajustement des données estimées *in situ* (ajout d'espèces cibles et de la longueur totale des individus afin d'en estimer la biomasse) devraient contribuer à améliorer la répliquabilité et la robustesse des résultats acquis de cette étude.



## 7 – BIBLIOGRAPHIE

- Allen, G. R., Werner, T. B. 2002. Coral reef fish assessment in the 'coral triangle' of southeastern Asia. *Environmental Biology of Fishes*, 65, 209-214.
- ARVAM, 2001. Suivi environnemental du milieu marin dans le cadre de l'aménagement du « bassin pirogue ». Lagon de l'Étang-Salé – La Réunion. Tranche conditionnelle n°3. 27p
- Bigot L., Bruggemann H., Audineau L., Bureau S., Chabanet P., Cauvin B., Dijoux G., Durville P., Guillaume M.M.M, Haas J., Hans R., Mulochau T., Penin L., Rungassamy T., Wickel J. 2022. Point 2 du suivi de l'effet réserve sur les peuplements ichthyologiques et benthiques récifaux de La Réserve Naturelle Marine de La Réunion - État des lieux 14 ans après la création de la RNMR. Rapport final UR / UMR ENTROPIE pour le compte de la RNMR. 90
- Broudic, L., Pinault, M. 2022. UTOPIAN – Identification des zones d'enjeu prioritaires de conservation au sein des platiers récifaux de La Réunion. 29 p + annexes.
- Broudic, L., Pinault, M., Claud, R., Bajjouk, T., Mazé, C., Bergerot, B. 2024. Mapping coral reefs by spatial interpolation of fixed point on four fringing reefs on Réunion Island. *In prep*
- Carlson, R.R., Foo, S.A., Asner, G.P., 2019. Land Use Impacts on Coral Reef Health: A Ridge-to-Reef Perspective. *Front. Mar. Sci.* 6, 562. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00562>
- Chaput, M. 2021. Analyse des ruissellements à l'origine des arrivées terrigènes dans le lagon de Saint-Leu – Modélisation hydrologique et sédimentaire sur le bassin versant de la Ravine du Cap (Saint-Leu, La Réunion). Rapport final. BRGM/RP-70615-FR, 67 p.
- Corbel, S., Frouin, P., Conand, C., Rungassamy, T., Pinault, M., Broudic, L. 2024. Characterisation of holothurian communities in Réunion's reef complex within the Natural Marine Reserve. *In prep*
- Cuet, P., Conand, J.Y., Delacroix, P., Gabrie, C., Ribes, S. 1986. L'environnement récifal de l'Étang-Salé – Qualité des eaux et études des peuplements – Rap SIGH, 25p.
- Cuet, P., Mangion, P., Bigot, L., Bureau, S., Nicet, J.B., Pinault, M., Martinot, P., Tedetti, M., Lagoutte, E., Cordier, E., Rouet, P., Benoit, Y., Stamenoff, P., Turquet, J. 2024. Mise en œuvre du Réseau de Contrôle d'Enquête « substrats durs » sur les masses d'eau côtières dites « récifales » (MER) à La Réunion. (REC Substrats durs-Réunion) – Rapport final. 151 p.
- Cuvillier. 2016. Dynamique et fonctionnement des herbiers marins dans un complexe récifal anthropisé (île de la Réunion, océan Indien). *Ecologie, Environnement*. Université de la Réunion, 2016. Français. NNT : 2016LARE0037. tel-01485579
- Fricke, R., Mulochau, T., Durville, P., Chabanet, P., Tessier, E., Letourneur, Y. 2009. Annotated checklist of the fish species (Pisces) of La Réunion, including a Red List of threatened and declining species. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A, Neue Serie*, 2, 1-168.
- Mathéron, G., 1963. Principles of geostatistics. *Econ. Geol.* 58, 1246–1266
- McClanahan, T. R., Kurtis, J. D. (1991). Population regulation of the rock-boring sea urchin *Echinometra mathaei* (de Blainville). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 147(1), 121-146.
- Nicet J.B., Bureau S., Pinault M., Wickel J., 2019. Suivi DCE de l'état de santé 2019 des pentes externes des récifs frangeants de La Réunion – contrôle d'enquête. Rapport MAREX/ENTROPIE pour le compte de l'AFB et de l'OLE, 33 pages.
- Nicet, J.B., Pennober, G., Buckleen, M., Wickel, J., Bigot, L., Chabanet, P., Obura, D., 2016. Intensité et impact du blanchissement corallien massif de 2016 sur les récifs coralliens français de l'océan Indien. Projet BECOMING 2016. Rapport MAREX, ESPACEDEV, ENTROPIE, UR, IRD, SEAS-OI, CORDIO, AAMP, PNMM, PNMG, TAAF, RNMR, DEAL Réunion, RNB, IFRECOR, UE, 89 pages.
- Nicet, J.B., Mouquet, P., Tollis, S., Bigot, L. 2016. Cartographie des habitats des récifs coralliens de La Réunion. Elaboration des fiches d'habitats marins et cartographie associée. Préfiguration de la Trame Bleue Marine. Rapport Université / Pareto pour le compte de la DEAL Réunion, 64 pages + annexes.

- Pinault, M., 2023. Mise en place d'un réseau de surveillance des herbiers marins de La Réunion selon la méthode SEARAM - Formation et application. 33 p
- Pinault, M., Broudic, L. 2023. UTOPIAN 2022-2023 – Identification des zones d'enjeu de conservation des récifs de la Réunion. 17 p + annexes.
- Pinault, M., Broudic, L., Nicet, J.B., Wickel, J., Rungassamy, T., Pioch, S., Bergerot, B., 2024. CORRAM : a new Rapid Assessment Method for Coral Reef ecosystems. *In prep*
- Pinault, M, Nicet, JB., 2008. Extension et modernisation de la station d'épuration de l'Étang-Salé. Étude d'impact, écosystèmes maritimes. 44p.
- Subhan, B., Hudhayani, N. N., Ervinia, A., Santoso, P., Arafat, D., Khairudi, D., Madduppa, H. (2020). Coral recruitment on concrete blocks at Gosong Pramuka, Kepulauan Seribu, Jakarta. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 404, No. 1, p. 012045). IOP Publishing.
- Vie Océane (2005). Cités océanes. Film documentaire réalisé par J.M. Bou – E-max production. 25 min. <https://www.youtube.com/watch?v=NW8YMtYZOtU>

8. ANNEXES

Annexe 1 : Métriques CORRAM mesurées in situ (tiré de Pinault et al., in prep)

Ecology function assessed by the metric	Metric	Semi-quantitative associated score
<b>SCLERACTINIA</b>		
<b>1. Cover coral</b>		
Coral polyps synthesize their calcareous skeleton in the form of calyces, which accumulate on top of each other to form, strengthen and grow the reef. They are its founding organisms <sup>12,3</sup> . Coral reef monitoring is therefore based primarily on the percentage of hard substrate covered by living coral colonies. The higher a habitat's coral cover, the greater its bio-constructive activity <sup>4,5,6,7</sup> .	What percentage of hard substrate is covered by living coral communities?  <b>Estimate the percentage of cover</b> <b>Semi-quantitative score</b>	0. 0% 0.5. 1% 1. 2 to 5% 1.5. 6 to 15% 2. 16 to 33% 2.5. 34 to 61% 3. 62 to 100%
<b>2. Percentage Acropora</b>		
Under favorable abiotic conditions, the genera Acropora and Isopora (Acroporinae) grow rapidly, becoming dominant genera in the coral stand <sup>8,9</sup> . In the Indopacific, high coverage by these genera reflects a high stage of ecological succession (theoretical climax stage) <sup>10</sup> . Because of their low tolerance to variations in abiotic conditions (notably rising water temperatures), their low proportion generally reflects the chronic and/or acute action of natural and/or anthropogenic pressures <sup>11,12</sup> .	What percentage of live coral cover is represented by the genera Acropora and Isopora?  <b>Estimate the percentage of cover</b>	0. 0% 0.5. 1 to 2% 1. 3 to 7% 1.5. 8 to 19% 2. 20 to 40% 2.5. 41 to 67% 3. 68 to 100%
<b>3. Juvenile density</b>		
The density of juvenile corals (1 to 2 cm in diameter <sup>13</sup> ) is an indicator of the capacity for settlement (colonization) or population renewal (resilience). A high density is indicative of strong demographic dynamics <sup>14,15</sup> . By settling on hard substrates not occupied by adult coral colonies (limiting density regulation), recruits enter into competition with other organisms in the benthic community (notably algae) and may be consumed by excavating species. This ecological balance can be disturbed by natural and/or anthropogenic pressures, resulting in lower density values (increased mortality) <sup>12,16,17,18</sup> .	What is the density of juvenile corals (1 to 2 cm) observed on hard substrates not occupied by adult coral colonies?  <b>Estimate the number of juvenile</b>	0. 0 juvenile 1. 1 to 2 juveniles 2. 3 to 4 juveniles 3. > 4 juveniles
<b>4. Structural complexity</b>		
As they grow, corals can adopt a variety of spatial organizations. Diversified forms provide a high level of complexity, allowing many associated species to establish themselves <sup>19,20,21</sup> . There is a link between coral architecture and the ecological structure of the ecosystem. Coral reefs can be classified according to a succession of morphotypes of increasing complexity. These morphological facies are reliable predictors of several aspects of reef conservation value, including coral species richness and the presence of rare coral species <sup>12,22</sup> .	Which growth forms (morphotypes) are most common in coral reefs?  <b>Assign a semi-quantitative value</b>	0. Where present, coral stands are dominated by massive, sub-massive, encrusting forms with low relief 1. In addition to the above morphotypes, coral stands feature foliose, digitate or corymbose forms, with more pronounced relief. 2. Coral morphotypes are diversified and tend to grow vertically: columnar and thick-branched forms appear 3. Coral morphotypes are highly diversified, with branching and/or tabular forms dominating the population and providing a wide range of habitats.
<b>5. Colony size</b>		
Although growth rates vary widely between species, it is recognized that the larger a coral colony, the older, more resistant and more fertile it is <sup>23,17</sup> . The size classes of living colonies therefore provide information, based on the growth rates of the species concerned, on the time elapsed since the last major disturbance of the ecosystem, resulting in potential or proven mortality (dead colonies) of the largest colonies <sup>16,23,24</sup> . They also provide information on the ability of living colonies to survive future pressures.	How are the size classes of living colonies distributed within the coral population?  <b>Assign a semi-quantitative value</b>	0. Where present, living colonies are homogeneous in size, with diameters mostly under 5 cm and no colony larger than 40 cm. 1. Living coral colonies are homogeneous in size, with diameters mostly less than 10-15 cm and no colony larger than 40 cm. 2. Living coral colonies are heterogeneous in size, with small, medium and large colonies over 40 cm. 3. Living coral colonies are heterogeneous in size, with small, medium and large colonies over 100 cm
<b>6. Health condition</b>		
Exposure of a living coral colony to a stress or pathogen can cause multiple physiological responses of increasing severity, ranging from reduced fertility and growth, to depigmentation (fluorescence, bleaching) or the appearance of tissue necrosis <sup>25,26</sup> . This general state of health can be revealed by external, visible and recognizable characteristics. The presence of dead colonies, the final stage in physiological responses, indicates a general disturbance in the abiotic characteristics of the environment <sup>4,14,17</sup> .	What is the general state of health of coral colonies (necrosis, debris, mortality) and what is the prevalence of disease within the population?  <b>Assign a semi-quantitative value</b>	0. Coral colonies show numerous signs of necrosis and disease. Some may be bleached. Many colonies are already dead, with an accumulation of debris. 1. Coral colonies show frequent necrosis and disease symptoms, but few colonies are dead and debris is scarce. 2. Coral colonies show rare necrosis and/or disease symptoms and very few dead colonies (i.e. < 5) and debris are observed. 3. No colonies are dead, necrotic, bleached, broken or infected. Coral stands show maximum vitality.
<b>NON-CORAL SESSILE FAUNA (SPONGES, ZOANTHARIAE, ALCYONARIAE, GORGONARIAE, ANTIPATHARIAE, ETC.)</b>		
<b>7. Non coral sessile benthic fauna cover</b>		
Non-coral sessile benthic fauna (sponges, zoanthariae, alcyonariae, gorgonariae, antipathariae, ascidians, etc.) compete with other species in the benthic community <sup>28,29,30</sup> . However, these heterotrophic organisms, feeding on organic particles suspended in seawater, can withstand high turbidities, beyond the tolerance thresholds of coral and algal species. Their presence on coral reefs is therefore linked to the attenuation of light intensity with depth, or as a result of chronic degradation of water quality (turbidity, suspended organic matter) <sup>30,31</sup> .	What percentage of hard substrates is covered by non-coral sessile fauna?  <b>Estimate the percentage of cover</b>	0. 85 to 100% 0.5. 22 to 84% 1. 10 to 21% 1.5. 5 to 9% 2. 3 to 4% 2.5. 1 to 2% 3. 0%
<b>ALGAE</b>		
<b>8. Erect Algae cover (&gt;2cm)</b>		
Algae are primary producers, feeding on inorganic nutrient salts (nitrates, phosphates). They colonize the hard substrates of euphotic zones and compete with other species in the benthic community <sup>32</sup> . This competition may be unbalanced in their favor following the disappearance of herbivores or an excessive supply of nutrient salts <sup>33,34,35</sup> . They then invade hard substrates and can smother and poison coral colonies, drastically reducing their vitality and rate of recovery <sup>10,4</sup> . In addition to their proven role as competitors for coral populations, macroalgae are also monitored as part of water quality bio-monitoring networks (fleshy macroalgal index) <sup>34</sup> .	What percentage of hard substrate is covered by erect algae (> 2 cm in height)?  <b>Estimate the percentage of cover</b>	0. 85 to 100% 0.5. 22 to 84% 1. 10 to 21% 1.5. 5 to 9% 2. 3 to 4% 2.5. 1 to 2% 3. 0%



FISH COMMUNITIES			
<b>9. Specific diversity of fish populations</b>			
<p>The specific diversity of a stand can be represented as the number of species living in a habitat (species richness) and the distribution of individuals within these species (specific equitability)<sup>36</sup>. The result is a composite indicator, sensitive to both the number of species recorded and the equitability of the distribution of the total number of individuals between the different species<sup>37,38</sup>. This means that a reduction in species richness associated with a proliferation of opportunistic species, likely to represent the majority of the total population, will lead to a drop in species diversity characteristic of regressive ecological successions<sup>39</sup>.</p>	<p>What is the specific diversity of the fish population?</p>	<p>0. 0 sp 0.5. 1 to 6 sp 1. 7 to 13 sp 1.5. 14 to 20 sp 2. 21 to 26 sp 2.5. 27 to 33 sp 3. 34 to 40 sp</p>	
	<p>Score estimated during a random 10 min per station</p>		
<b>10. Abundance and maturity of reef top predators</b>			
<p>In the early stages of ecological succession, organisms tend to be small in size, with simple life-history traits and high rates of reproduction ('bottom-up' regulation). As the ecosystem develops, the selective advantage shifts towards organisms, which have greater storage capacities and more complex life histories ('top down' regulation)<sup>40,41,42</sup>. In addition, fisheries exploitation and its highly targeted impact on apical carnivores could have an effect on the structure of populations, in particular through the disappearance of the regulatory role of predators on populations small juvenile and adult populations<sup>43,44,45,46</sup>.</p>	<p>What is the representation (relative size) of top predators &gt;20 cm?</p>	<p>0. 0 predator 0.5. 1 predator 1. 2 to 3 predators 1.5. 4 to 5 predators 2. 6 à 8 predators 2.5. 9 to 12 predators 3. 13 to 20 predators</p>	
	<p>Score estimated during a random 10 min per station</p>		
<b>11. Abundance and maturity of parrotfish</b>			
<p>Herbivorous organisms, including a range of fish and invertebrate species and invertebrates, play an important role in regulating the competitive balance between algae and corals. By feeding on algae, they can prevent macro-algae from invading the corals and causing them to suffocate<sup>47</sup>. Among these herbivores are (family Scaridae) feed by scraping (scrapers) or digging up (excavators) part of the bedded substrate, thereby a space favourable to the installation of coral recruits<sup>48,49</sup>. These species are recognised for their important role in ecological resilience processes<sup>50,51</sup>. However, they are heavily targeted by traditional fishing<sup>47</sup>.</p>	<p>What is the representation (relative size) of parrot fish (Scaridae)?</p>	<p>0. 0 scaridae 0.5. 1 scaridae 1. 2 scaridae 1.5. 3 to 4 scaridae 2. 5 to 7 scaridae 2.5. 8 to 14 scaridae 3. 15 to 80 scaridae</p>	
	<p>Score estimated during a random 10 min per station</p>		
<b>MACRO INVERTEBRATES</b>			
<b>12. Abundance herbivorous sea urchins</b>			
<p>Sea urchins, belonging to the genera <i>Echinometra</i>, <i>Diadema</i>, <i>Stomopneustes</i> and <i>Echinothrix</i>, are strict herbivores in the benthic community, helping to regulate the growth of algal felts<sup>48</sup>. Their ecological role is crucial to the competitive balance between algal and coral communities<sup>49,50,51</sup>. However, their proliferation within an ecosystem may reflect a disruption in the mechanisms regulating their populations, following the disappearance of their natural predators or the dystrophic development of algal communities (eutrophication)<sup>49</sup>.</p>	<p>What is the cumulative density of sea urchin species belonging to the genera <i>Echinometra</i>, <i>Diadema</i>, <i>Stomopneustes</i> and <i>Echinothrix</i> on hard substrates?</p>	<p>0. 0 sea urchin 0.5. 1 sea urchin 1. 2 to 3 sea urchins 1.5. 4 to 6 sea urchins 2. 7 à 13 sea urchins 2.5. 14 to 30 sea urchins 3. 31 to 150 sea urchins</p>	
	<p>Estimate the number of sea urchins</p>		
<b>13. Abundance of holothurians on or near hard substrate</b>			
<p>Many species of molluscs (bivalves, gastropods, (bivalves, gastropods, cephalopods), crustaceans (lobsters, cicadas, prawns, crabs) and echinoderms (sea urchins, sea cucumbers) are the subject of a more or less regulated trade and linked to a variety of human activities (fishing, aquarium collection, etc.)<sup>53,54</sup>. These organisms, particularly holothurians, play an important role in the processes of ecological resilience by participating in the recycling of organic matter (detritivores, grazers of algal felting)<sup>55</sup>. They promote oxygenation and transforms detrital matter into fine particles, preventing the accumulation of decomposing organisms and combating certain bacteria and parasites. Their overexploitation contributes to reducing the ecosystem's capacity for resistance and regeneration ecosystem in the face of natural or man-made pressures anthropogenic<sup>56</sup>.</p>	<p>14. What is the abundance of holothurians on or near a hard substrate?</p>	<p>0. 0 holothurian 0.5. 1 holothurian 1. 2 à 3 holothurians 1.5. 4 à 6 holothurians 2. 7 à 13 holothurians 2.5. 14 à 30 holothurians 3. 31 à 160 holothurians</p>	
	<p>Estimate the number of holothurians</p>		



Annexe 2 : Métriques SEARAM mesurées in situ (tiré de Pinault et al., in prep)

PEUPLEMENTS BENTHIQUES DE SUBSTRATS MEUBLES (HERBIERS À PHANÉROGAME MARINES)		
<b>Fragmentation de l'herbier</b>		
La notion de fragmentation englobe tout phénomène artificiel de morcellement d'un habitat, susceptible d'empêcher une ou plusieurs espèces de se déplacer comme elles le devraient et le pourraient au sein du même habitat non fragmenté. Cette notion amène celles de rupture de continuité, de barrières et de corridors écologiques. Les impacts de la fragmentation sur les organismes et les stratégies de remédiation déployées dépendent des espèces concernées. Toutefois, dans l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, la fragmentation écologique est considérée comme une des premières causes d'atteinte à la biodiversité, avant la pollution <sup>106</sup> .	Quel est le degré de fragmentation de l'herbier (surface et espacement des patchs, surface cumulée) ?  <b>Score estimé au cours d'un cheminement aléatoire de 10 mn (≈ 500 m<sup>2</sup>)</b>	<b>0.</b> Lorsqu'il est présent, l'herbier est très fragmenté. Les patchs sont petits, peu nombreux, distants de plusieurs dizaines de mètres et couvrent moins de 10% de l'habitat. <b>1.</b> L'herbier est fragmenté. Les patchs sont nombreux, de petites tailles, distants de plusieurs mètres et couvrent 11 à 40% de l'habitat. <b>2.</b> L'herbier est peu fragmenté. Les patchs sont coalescents et couvrent 41 à 70% de l'habitat. <b>3.</b> L'herbier est continu et couvre plus de 70% de l'habitat.
<b>Recouvrement par l'herbier (patchs)</b>		
En se développant, l'herbier tend à couvrir une part croissante du substrat, pouvant aller jusqu'à son recouvrement total <sup>107</sup> . Inversement, lorsqu'il se dégrade, l'herbier tend à couvrir un pourcentage significativement plus faible de substrat <sup>108</sup> , cet indicateur est ainsi largement utilisé dans les réseaux de surveillance <sup>109</sup> . Cette réponse structurelle peut en revanche prendre plusieurs années et être la conséquence de pressions déjà en œuvre lors de l'évaluation des impacts du projet <sup>110</sup> .	Quel pourcentage des substrats meubles est recouvert par les feuilles de l'herbier, toutes espèces de phanérogames confondues ?  <b>Score moyen estimé au sein de 5 quadrats de 50 x 50 cm</b>	<b>0.</b> <1% <b>1.</b> 1 à 20% <b>2.</b> 21 à 40% <b>3.</b> > 40%
<b>Hauteur de l'herbier (patchs)</b>		
La longueur des feuilles de l'herbier est un indicateur structurel de l'état de conservation des peuplements de phanérogames marines largement employé dans les réseaux de surveillance <sup>108</sup> . Toutefois, si cet indicateur montre une baisse significative sur les sites dégradés <sup>108</sup> , il dépend grandement des espèces concernées et des facteurs de stress naturels, comme la pression d'herbivorie. Sa variation peut également prendre plusieurs années et être la conséquence de pressions déjà en œuvre lors de l'évaluation des impacts du projet <sup>110</sup> .	Quelle est la hauteur de l'espèce dominante de phanérogame ?  <b>Score moyen estimé au sein de 5 quadrats de 50 x 50 cm</b>	<b>0.</b> <1 cm <b>1.</b> 1 à 5 cm <b>2.</b> 6 à 10 cm <b>3.</b> > 10 cm
<b>Épibiose de l'herbier (patchs)</b>		
Bien qu'une forte biomasse d'épibiontes sur les feuilles de phanérogames marines ne soit pas considérée comme un indicateur fiable de dégradation de l'écosystème <sup>108</sup> , elle indique en revanche un temps de renouvellement foliaire plus long <sup>113</sup> et peut être favorisée par un apport en nitrates dans le milieu <sup>114</sup> . En outre, une forte colonisation des pieds de phanérogames par les épibiontes réduit leur capacité photosynthétique, limitant de fait leur activité physiologique <sup>115</sup> . Une forte proportion de pieds de phanérogames colonisés par les épibiontes témoigne donc d'un possible enrichissement du milieu en nitrate et d'un ralentissement des mécanismes physiologiques de l'herbier (croissance, renouvellement foliaire, reproduction, etc.).	Quelle est la proportion de pieds de phanérogames colonisés par les épibiontes ?  <b>Score moyen estimé au sein de 5 sous-quadrats de 10 x 10 cm</b>	<b>0.</b> > 60% <b>1.</b> 31 à 60% <b>2.</b> 10 à 30% <b>3.</b> < 10%
PEUPLEMENTS ICHTYOLOGIQUES		
<b>Diversité spécifique des peuplements de poissons</b>		
La diversité spécifique d'un peuplement peut être représentée comme le croisement du nombre d'espèces vivant dans un habitat (richesse spécifique) et de la répartition des individus au sein de ces espèces (équité spécifique) <sup>37</sup> . Il en résulte un indicateur composite, sensible à la fois au nombre d'espèces recensées et à l'équité de distribution de l'effectif total entre les différentes espèces <sup>38,39</sup> . Ainsi, une diminution de la richesse spécifique associée à une prolifération d'espèces opportunistes, entrainera une baisse de la diversité spécifique, caractéristique de successions écologiques régressives <sup>40</sup> .	Quelle est la diversité spécifique des six familles de poissons les plus communément observées sur les récifs coralliens ?  <i>Cf: Tableau des six familles les plus communément observées sur les récifs coralliens selon Allen et Werner (2002)<sup>103</sup></i>  <b>Score estimé au cours d'un cheminement aléatoire de 10 mn (≈ 500 m<sup>2</sup>)</b>	<b>0.</b> Moins de 10 espèces sont observées. <b>1.</b> Moins de 25 espèces sont observées. <b>2.</b> Plus de 25 espèces sont observées, mais l'effectif total du peuplement est marqué par la prolifération (≥ 20%) des espèces opportunistes: <i>Stegastes spp.</i> , <i>Acanthurus triostegus</i> , <i>A. nigrofuscus</i> et <i>Ctenochaetus striatus</i> . <b>3.</b> Plus de 25 espèces appartenant aux six familles sont observées et les espèces opportunistes ne présentent aucune prolifération (< 20% du peuplement).
<b>Abondance et maturité des prédateurs supérieurs récifaux</b>		
Lors des stades précoces des successions écologiques, les organismes tendent à présenter de petites tailles, à avoir de simples traits d'histoire de vie et de forts taux de reproduction (régulation « bottom-up »). Quand l'écosystème se développe, l'avantage sélectif se déplace vers les plus grands organismes, qui ont de plus grandes capacités de stockage et des histoires de vie plus complexes (régulation "top down") <sup>41,42,43</sup> . En outre, l'exploitation halieutique et son impact très ciblé sur les carnivores apicaux, pourrait avoir une action sur la structure des peuplements, notamment par la disparition du rôle régulateur des prédateurs sur les populations juvéniles et adultes de petite taille <sup>44,45,46,47</sup> .	Quelle est l'abondance et la taille des prédateurs supérieurs récifaux ?  <i>Cf: Tableau des espèces de prédateurs supérieurs récifaux de La Réunion selon Fricke et al. (2009)<sup>105</sup></i>  <b>Score estimé au cours d'un cheminement aléatoire de 10 mn (≈ 500 m<sup>2</sup>)</b>	<b>0.</b> Aucun prédateur supérieur n'est observé. <b>1.</b> Certaines espèces sont présentes, mais aucun individu supérieur ou égal à 35 cm n'est observé. <b>2.</b> Entre 1 et 10 individus de taille supérieure ou égale à 35 cm sont observés, quel que soit le nombre de petits individus (juvéniles). <b>3.</b> Plus de 10 individus de taille supérieure ou égale à 35 cm sont observés, quel que soit le nombre de petits individus (juvéniles).
<b>Abondance et maturité des poissons perroquets</b>		
Les organismes herbivores, comprenant une gamme d'espèces de poissons et d'invertébrés, jouent un rôle important dans la régulation de l'équilibre compétitif entre algues et coraux. Ils contribuent à empêcher les macroalgues d'envahir les coraux et de provoquer leur étouffement <sup>50</sup> . Parmi ces herbivores, les poissons perroquets (famille des Scaridae) s'alimentent en raclant (scrapers) ou en arrachant (excavateurs) une partie du substrat enalgué, libérant ainsi un espace favorable à l'installation des recrues coralliennes <sup>51,52</sup> . Ces espèces sont ainsi reconnues pour leur rôle important dans les processus de résilience écologique <sup>53,54</sup> . Elles sont toutefois fortement ciblées par la pêche traditionnelle <sup>50</sup> .	Quelle est l'abondance et la taille des poissons perroquets (Scaridae) ?  <b>Score estimé au cours d'un cheminement aléatoire de 10 mn (≈ 500 m<sup>2</sup>)</b>	<b>0.</b> Aucun poisson perroquet n'est observé. <b>1.</b> Les poissons perroquets sont présents, mais aucun individu de taille supérieure ou égale à 25 cm n'est observé. <b>2.</b> Entre 1 et 10 individus de taille supérieure ou égale à 25 cm sont observés, quel que soit le nombre de petits individus (juvéniles). <b>3.</b> Plus de 10 individus de taille supérieure ou égale à 25 cm sont observés, quel que soit le nombre de petits individus (juvéniles).

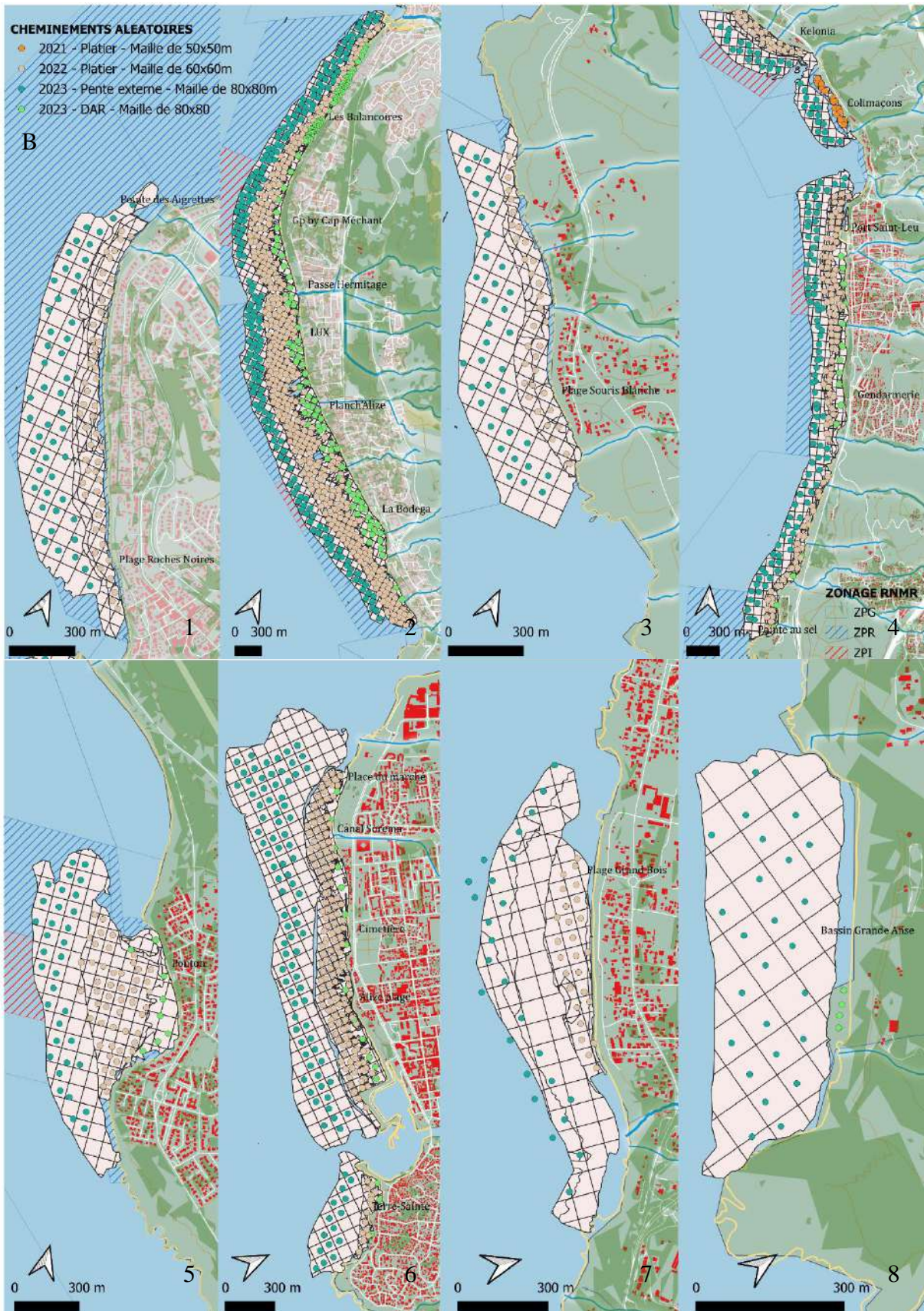
PEUPELEMENTS DE MACRO-INVERTÉBRÉS		
<b>Densité des oursins herbivores</b>		
<p>Les oursins, appartenant aux genres <i>Echinometra</i>, <i>Diadema</i>, <i>Stomopneustes</i> et <i>Echinothrix</i>, sont des herbivores stricts de la communauté benthique qui participent à la régulation de la croissance du feutrage algal<sup>55</sup>. Leur rôle écologique est primordial dans l'équilibre compétitif entre peuplements algaux et coralliens<sup>56,57,58</sup>. Toutefois, leur prolifération au sein d'un écosystème peut traduire une perturbation des mécanismes de régulation de leurs populations suite à une disparition de leurs prédateurs naturels ou à un développement de nature dystrophique des peuplements algaux (eutrophisation)<sup>59</sup>.</p>	<p>Quelle est la densité cumulée des espèces d'oursins appartenant aux genres <i>Echinometra</i>, <i>Diadema</i>, <i>Stomopneustes</i> et <i>Echinothrix</i> ?</p> <p><b>Score moyen estimé au sein de 5 points fixes de 100 m<sup>2</sup></b></p>	<p>0. &gt; 350 ind/100 m<sup>2</sup>            1,5. &lt; 3 ind/100 m<sup>2</sup>            3. 3 à 350 ind/100 m<sup>2</sup></p>
<b>Abondance des macro-invertébrés</b>		
<p>De nombreuses espèces de mollusques (bivalves, gastéropodes, céphalopodes), crustacés (langoustes, cigales, crevettes, crabes), et d'échinodermes (oursins, holothuries) font l'objet d'un commerce plus ou moins réglementé et lié à diverses activités humaines (pêche, aquariophilie, collection, etc.)<sup>63,64</sup>. Ces organismes, généralement de taille moyenne à grande, jouent un rôle important dans les processus de résilience écologique en participant au maintien des mécanismes de régulation des récifs coralliens et de recyclage de la matière organique (détritivores, filtreurs, prédateurs d'acanthaster, broueteurs du feutrage algal, etc.)<sup>65</sup>. Leur surexploitation participe à la réduction des capacités de résistance et de résilience de l'écosystème face à la présence de pressions d'origine naturelle ou anthropique<sup>66</sup>.</p>	<p>Quelle est l'abondance des espèces de macro-invertébrés pouvant faire l'objet de prélèvements (pêche, collection, braconnage, aquariophilie, etc.) ?</p> <p><i>Cf: Tableau des espèces de macro-invertébrés pouvant faire l'objet de prélèvements</i></p> <p><b>Score estimé au cours d'un cheminement aléatoire de 10 mn (≈ 500 m<sup>2</sup>)</b></p>	<p>0. 0 ind/10 mn            1. 1 à 5 ind/10 mn            2. 6 à 15 ind/10 mn            3. &gt; 15 ind/10 mn</p>



Annexe 3 : Effort d'échantillonnage pour l'évaluation de l'état écologique de La Réunion. A : Points fixes, B : Cheminement aléatoire. 1 : Grande Fond, 2 : Hermitage – La Saline, 3 : Souris Chaude, 4 : Baie de Saint-Leu, 5 : Etang-Salé, 6 : Saint-Pierre – Terre-Sainte, 7 : Grand Bois, 8 : Grande Anse









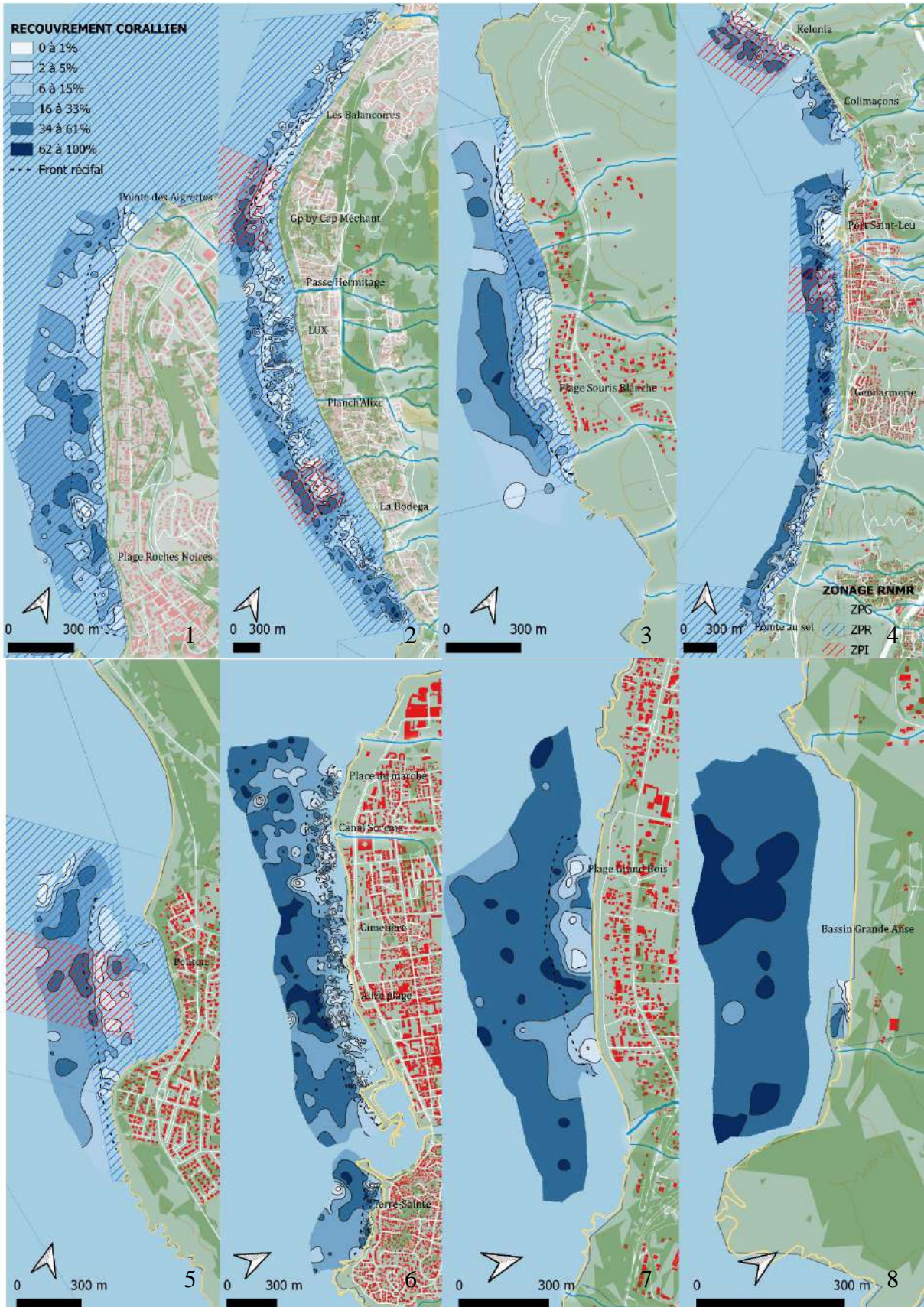
Annexe 4 : Surface en hectare des complexes récifaux étudiées selon la distinction dépression d'arrière récif, platier et pente externe (surfaces calculées selon la carte des habitats récifaux de Nicet et al. 2016).

	Grand Fond	Hermitage – La Saline	Souris Chaude	Baie de Saint-Leu	Etang-Salé	Saint-Pierre – Terre-Sainte	Grand Bois	Grande Anse	Total
<b>Dépression d'arrière récif</b>		73,0		11,7	8,6	10,4			103,7
<b>Platier</b>	22,3	162,3	14,2	55,0	15,5	33,6	8,8		311,7
<b>Pente externe</b>	37,4	161,9	33,2	109,0	33,1	95,4	37,7	16,1	523,8
<b>Total</b>	59,7	397,2	47,4	175,7	57,2	139,4	46,5	16,1	939,2

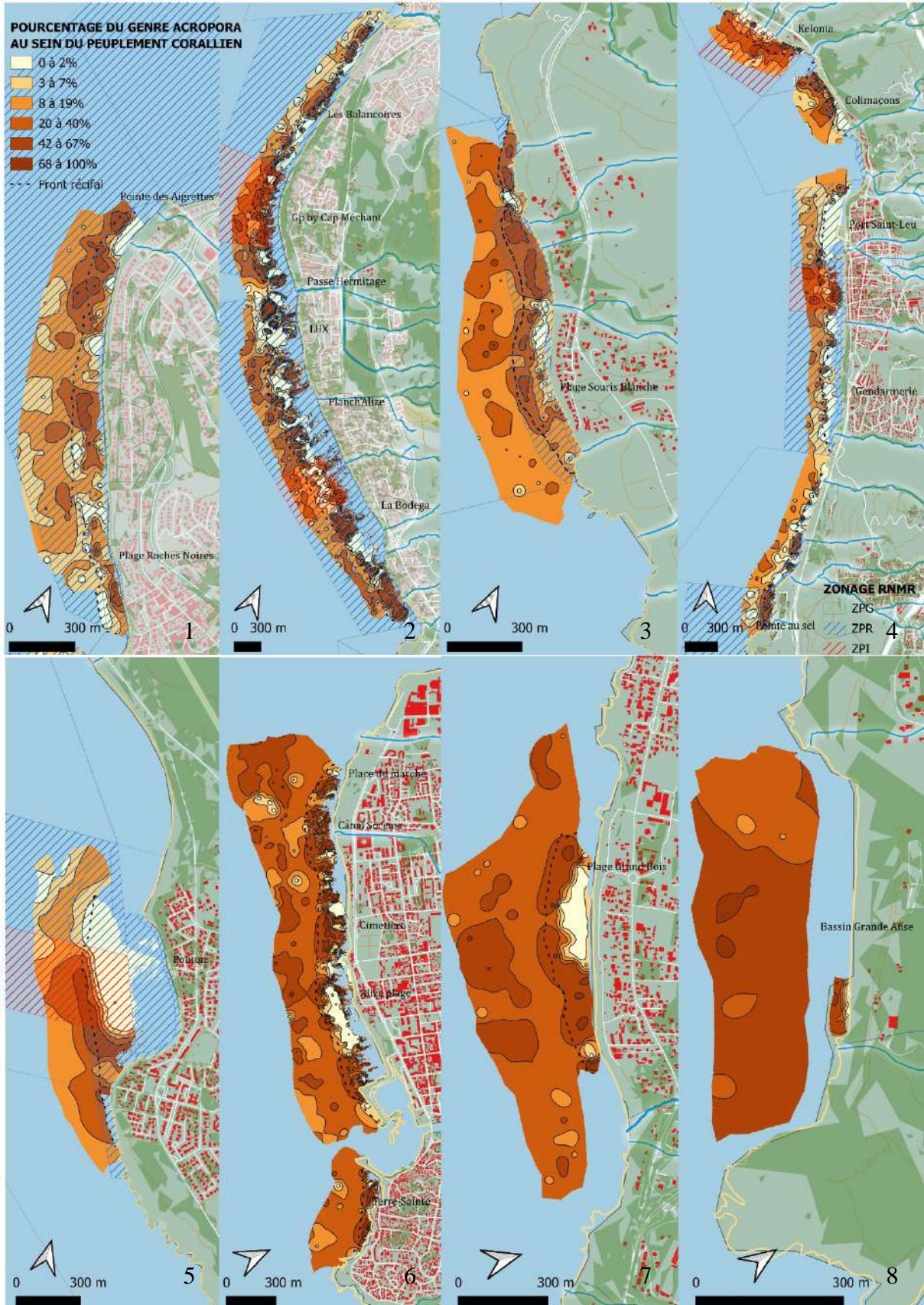
Annexe 5 : Surface en hectare traduit en proportion relative des zones de protections étudiées et proportion des surfaces étudiées selon les surfaces totales des zones de protection (hors zone d'étude) selon la distinction hors réserve, zone de protection générale (ZPG), zone de protection renforcée (ZPR) et zone de protection intégrale (ZPI) (surfaces calculées selon la carte des habitats récifaux de Nicet et al. 2016).

	Surface	Proportion relatif	Surface total	Surface échantillonnée	% de surface étudiée
<b>HR</b>	191,0	20%			
<b>ZPG</b>	74,2	9%	581,4	74,2	13%
<b>ZPR</b>	567,6	60%	1 657,7	567,6	34%
<b>ZPI</b>	106,2	11%	196,9	106,2	54%
<b>Total</b>	939	100%	2 436,1	748,0	31%

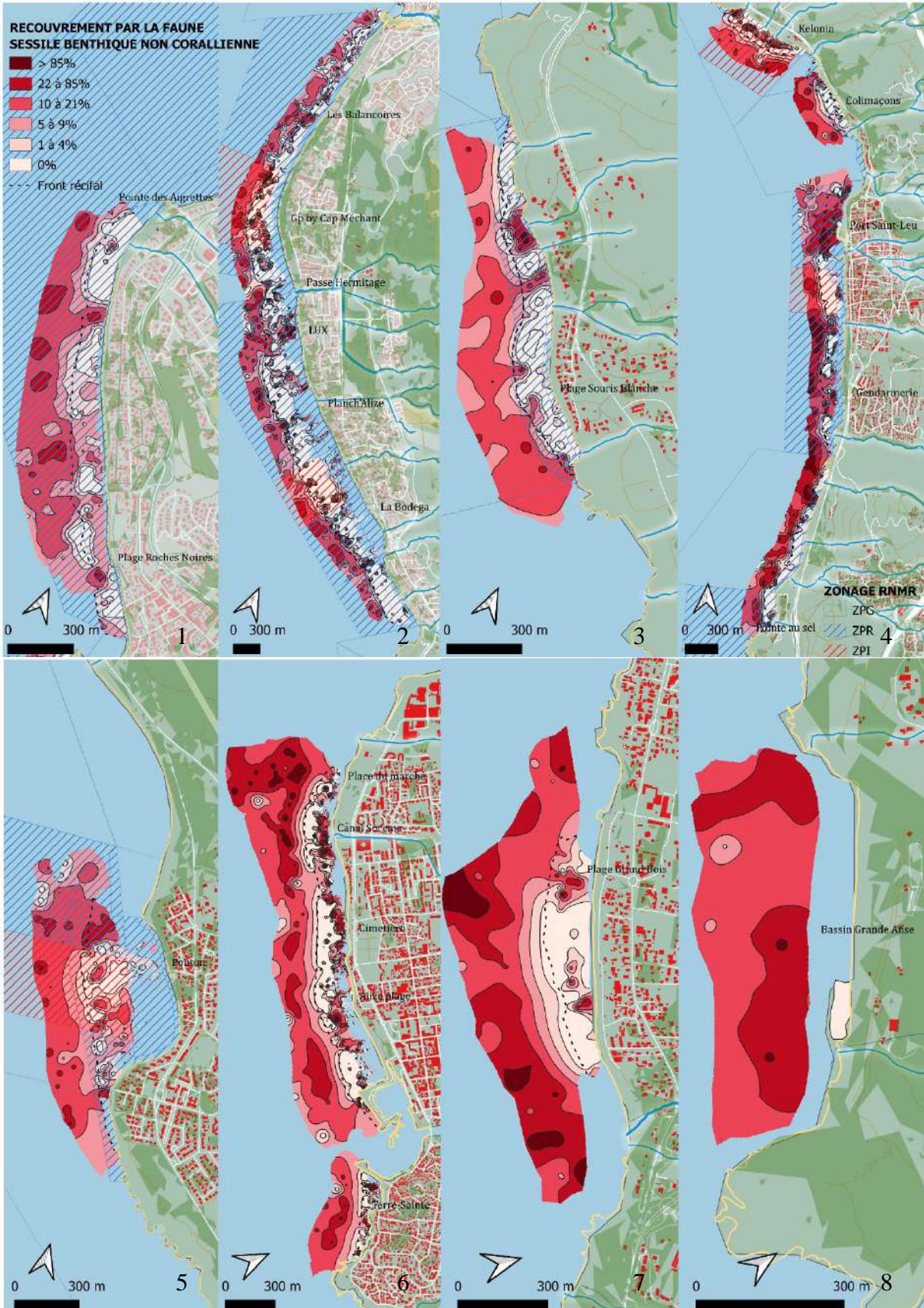
Annexe 6 : Spatialisation de l'état écologique des récifs coralliens selon la méthode CORRAM. 1 : Grande Fond, 2 : Hermitage – La Saline, 3 : Souris Chaude, 4 : Baie de Saint-Leu, 5 : Etang-Salé, 6 : Saint-Pierre – Terre-Sainte, 7 : Grand Bois, 8 : Grande Anse







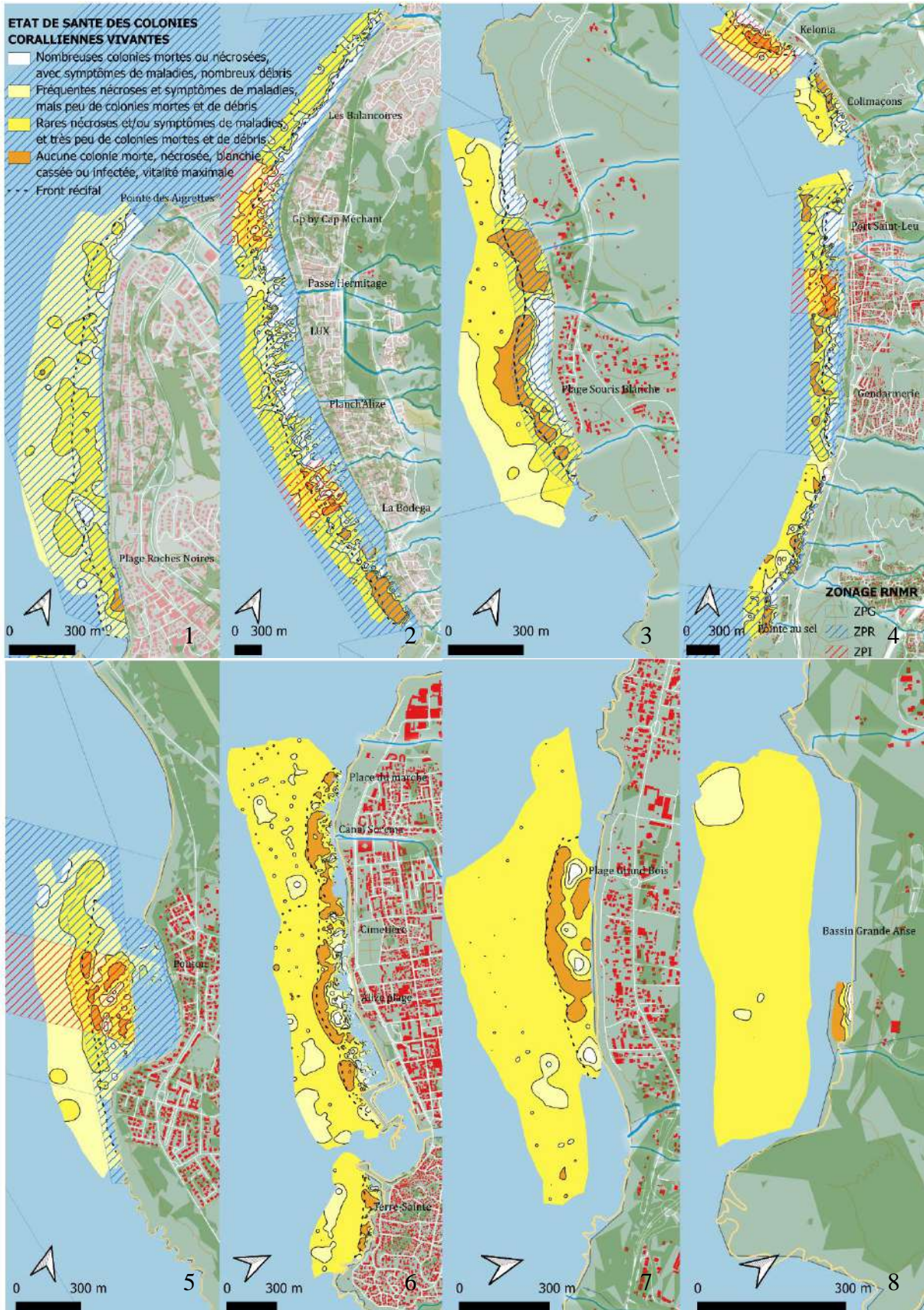




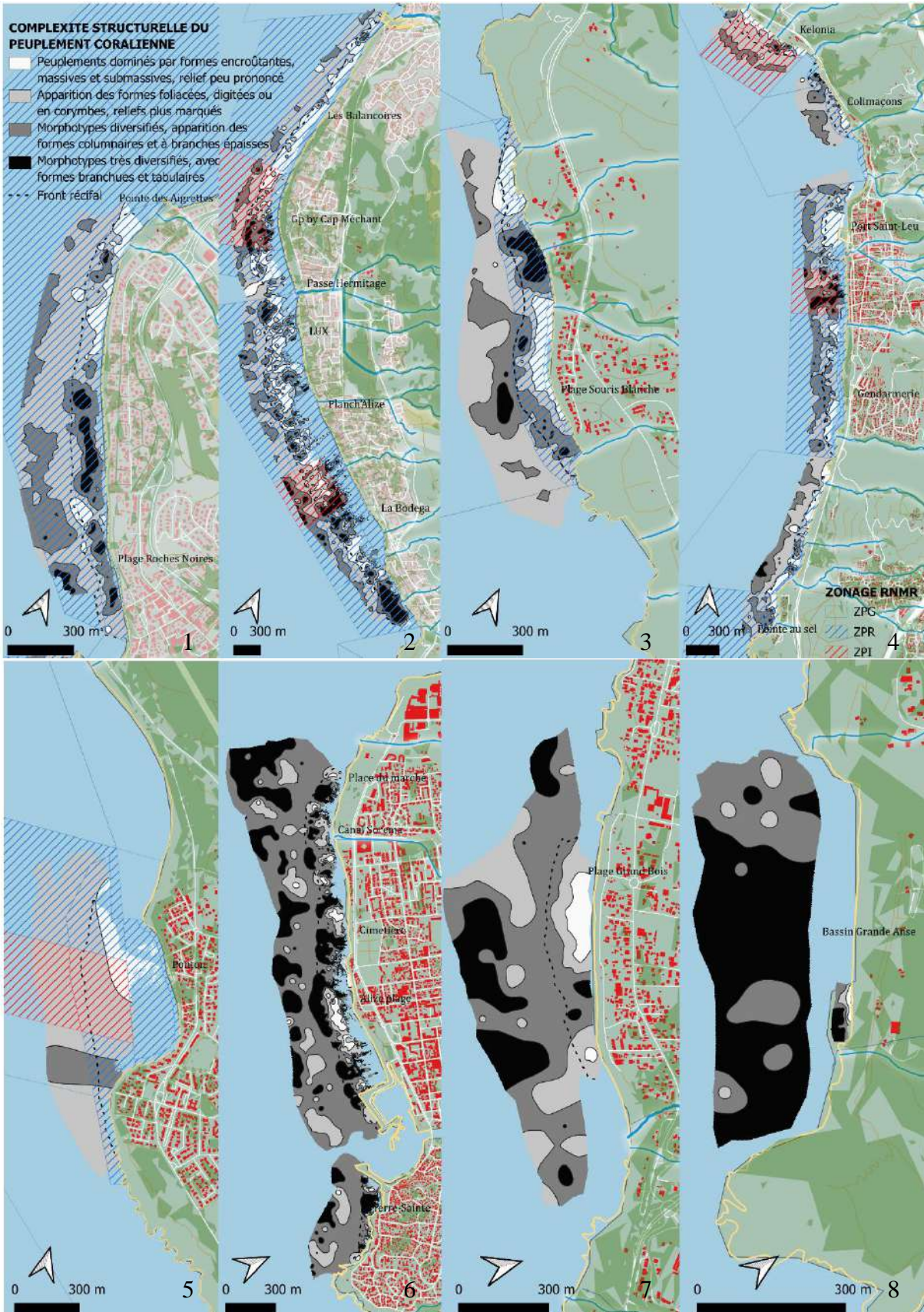




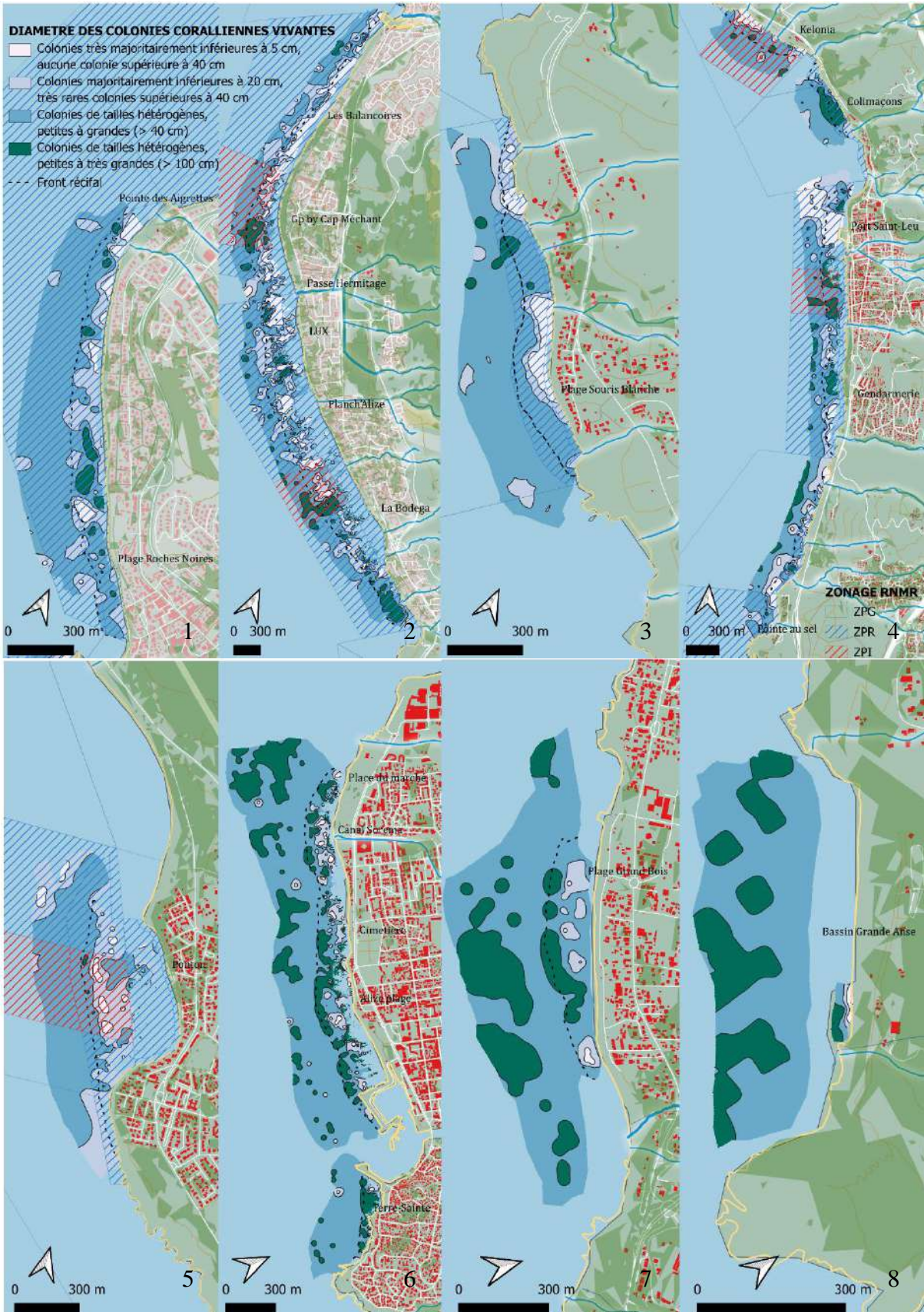




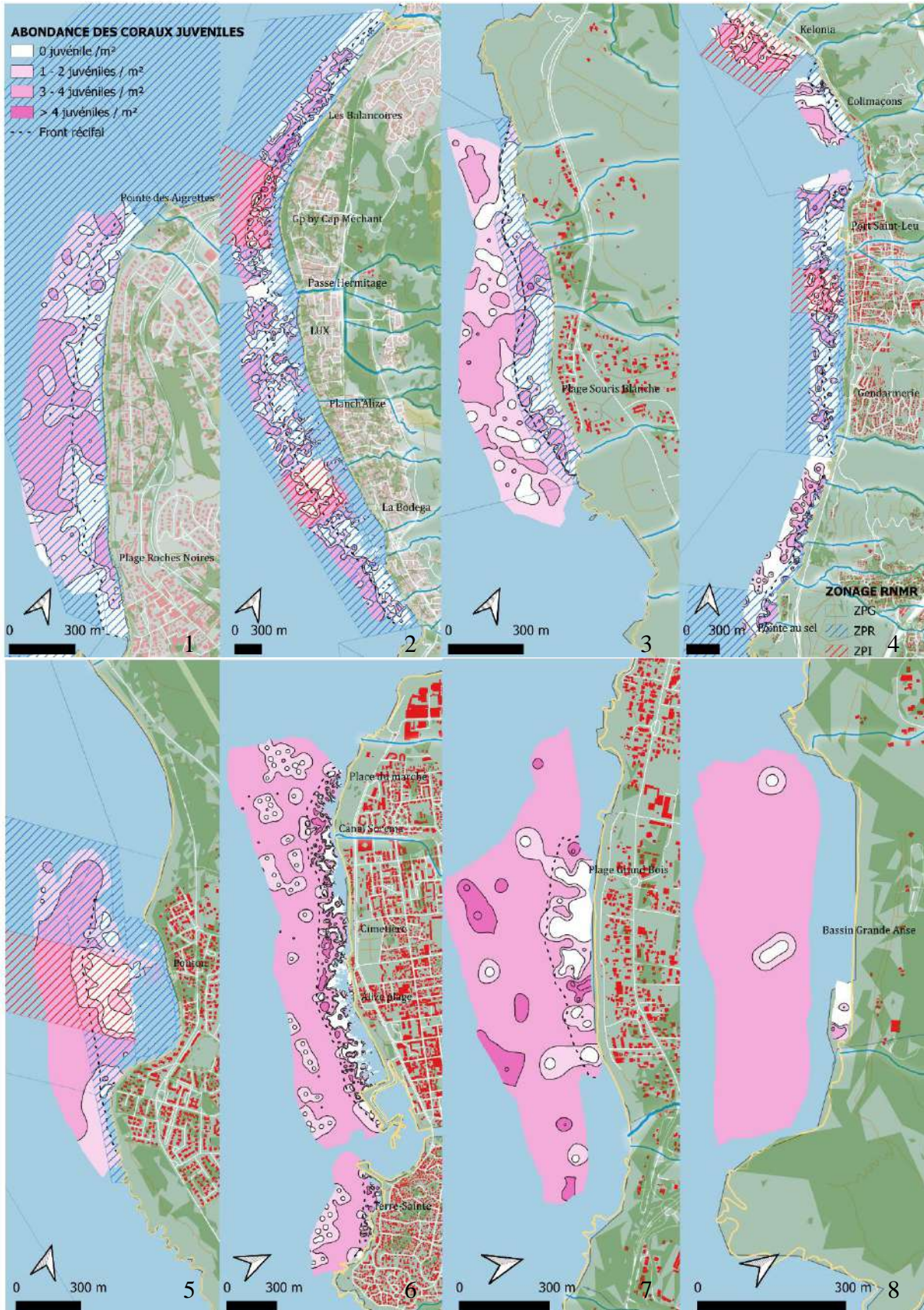




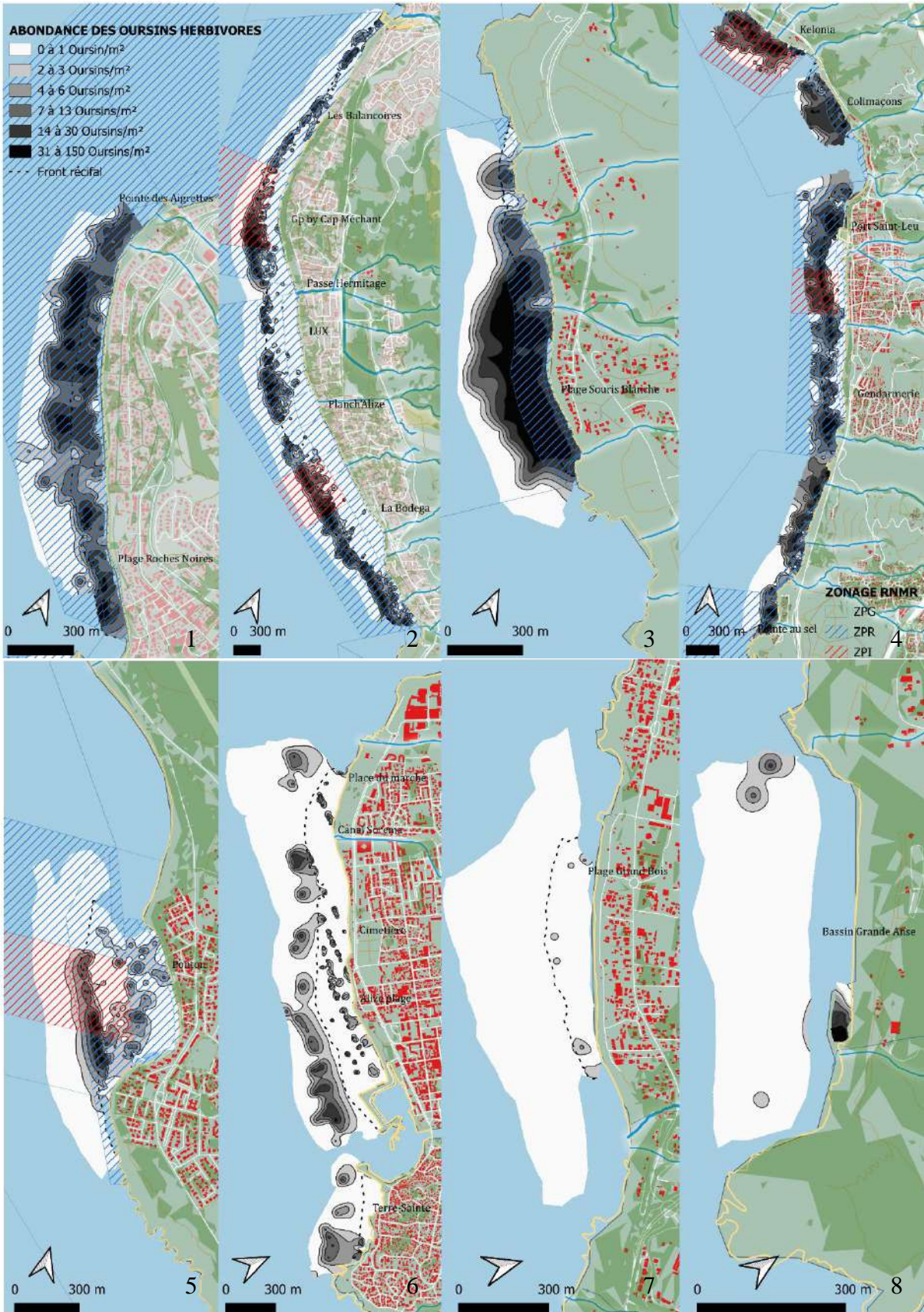




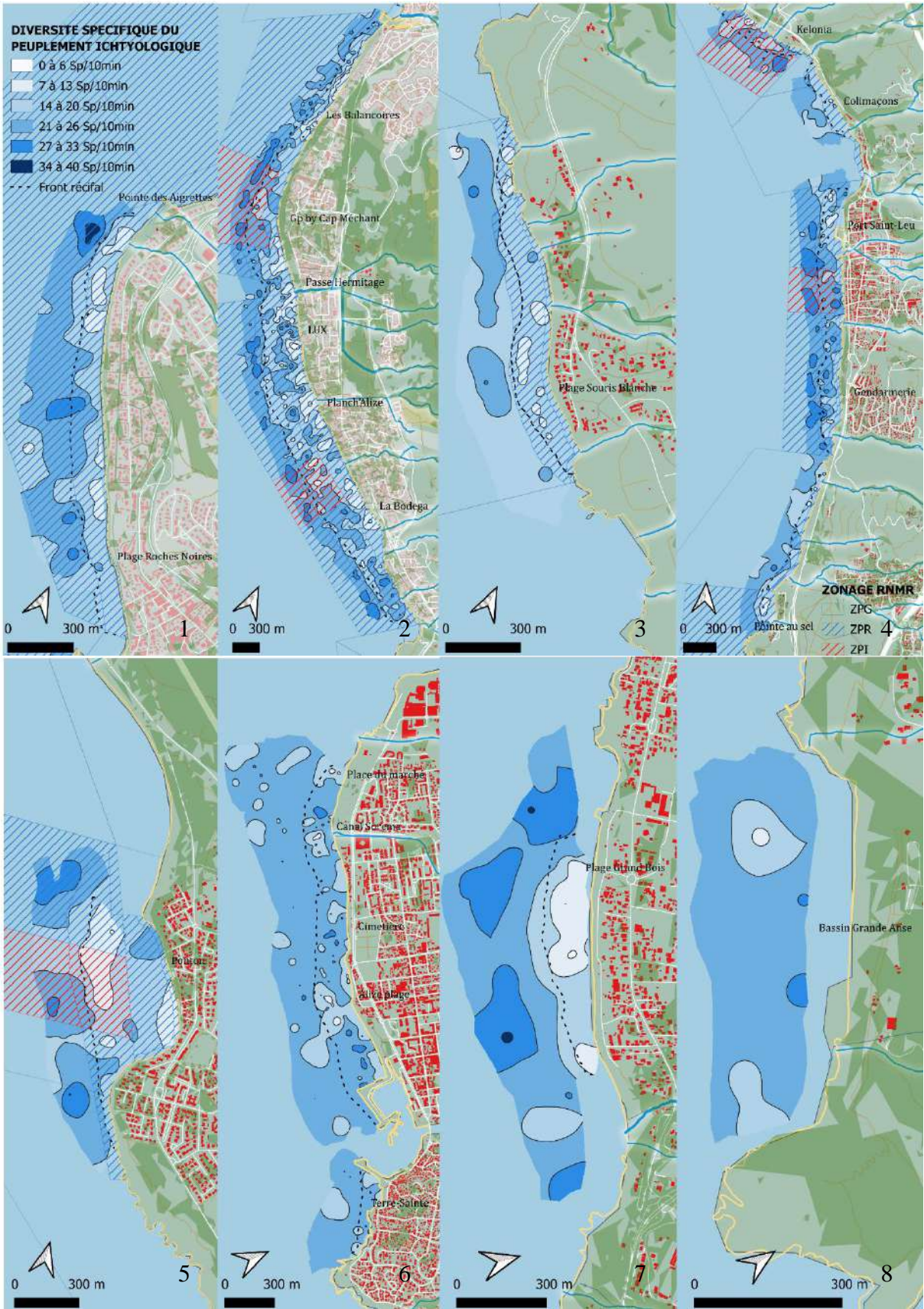




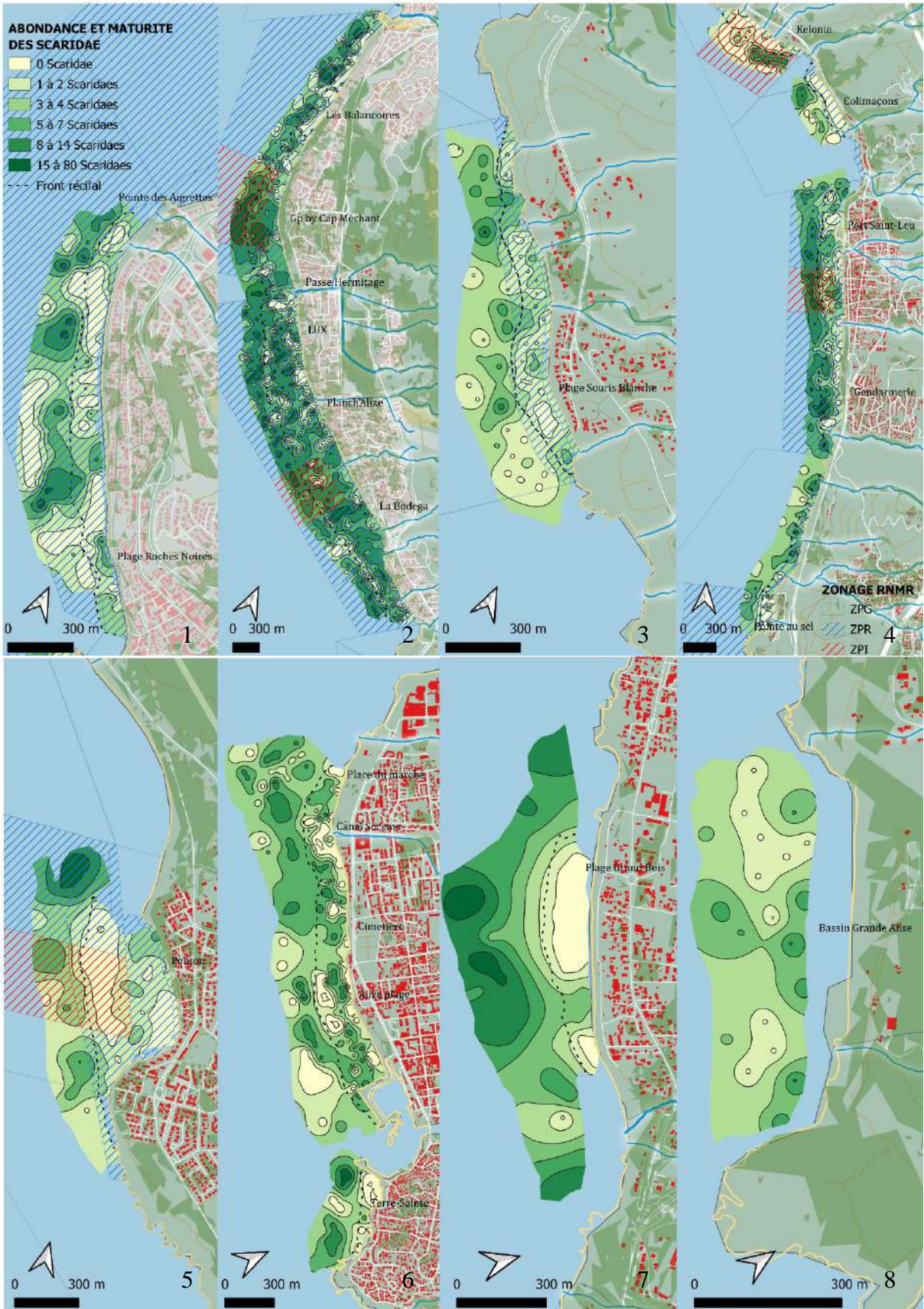




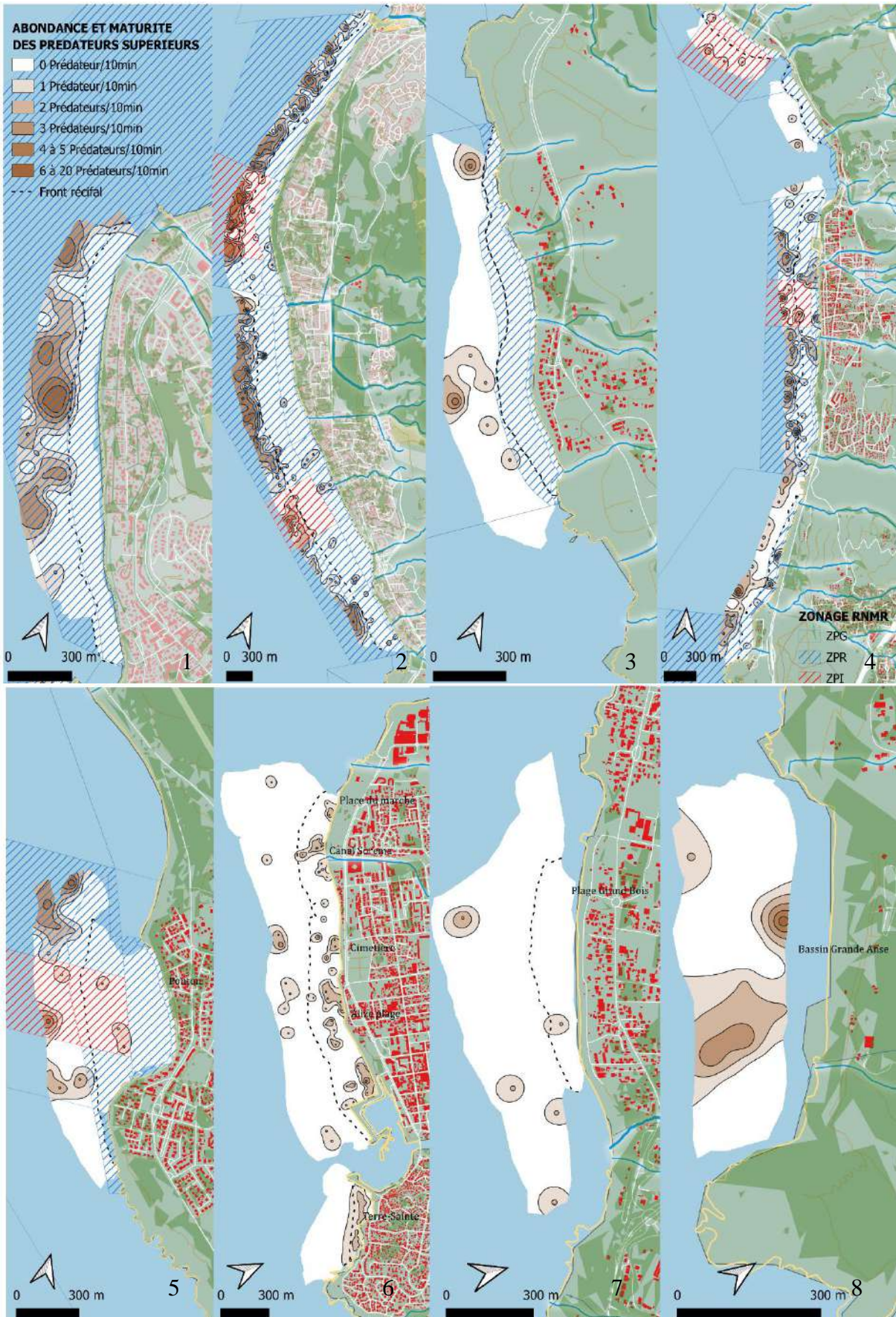




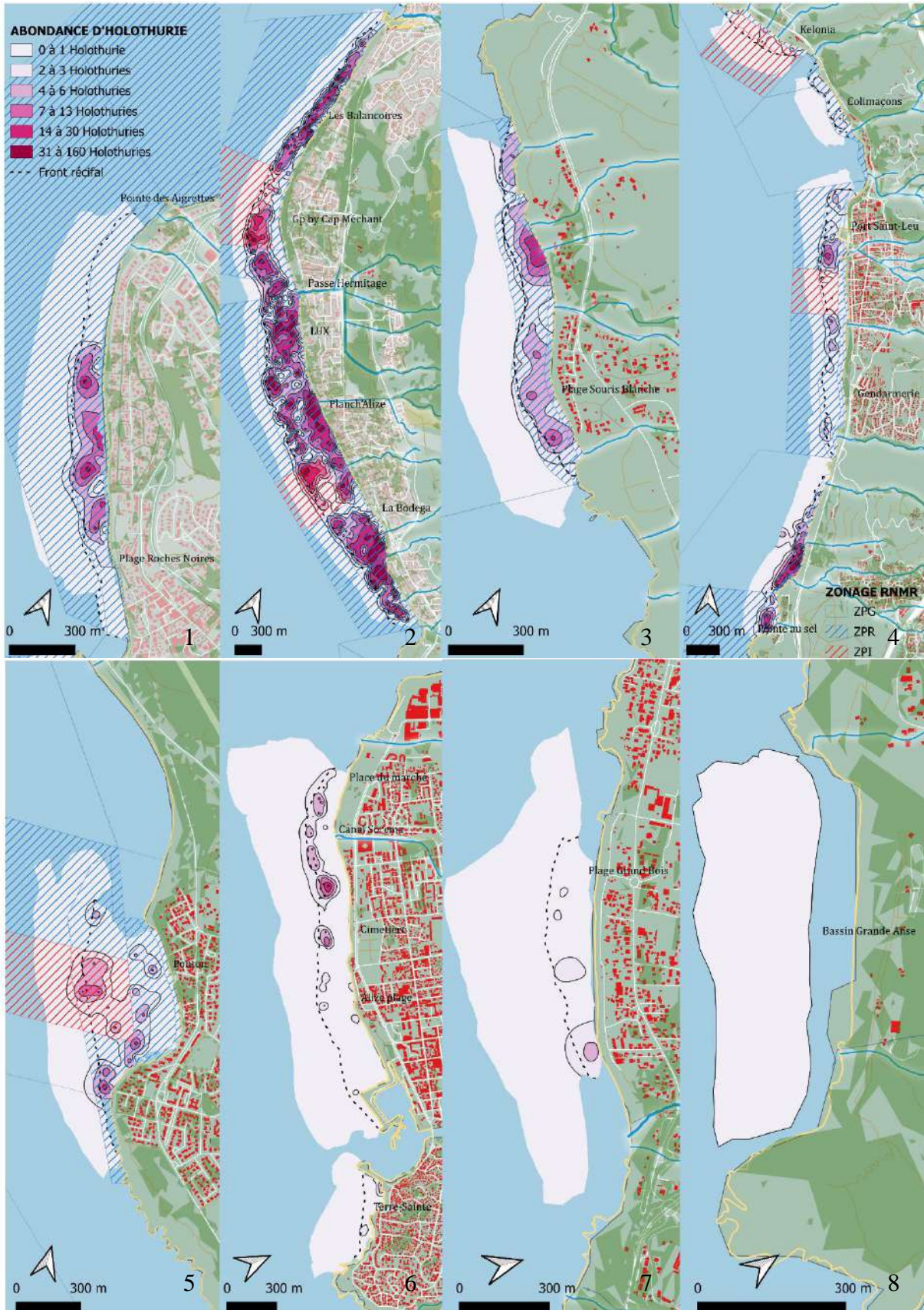






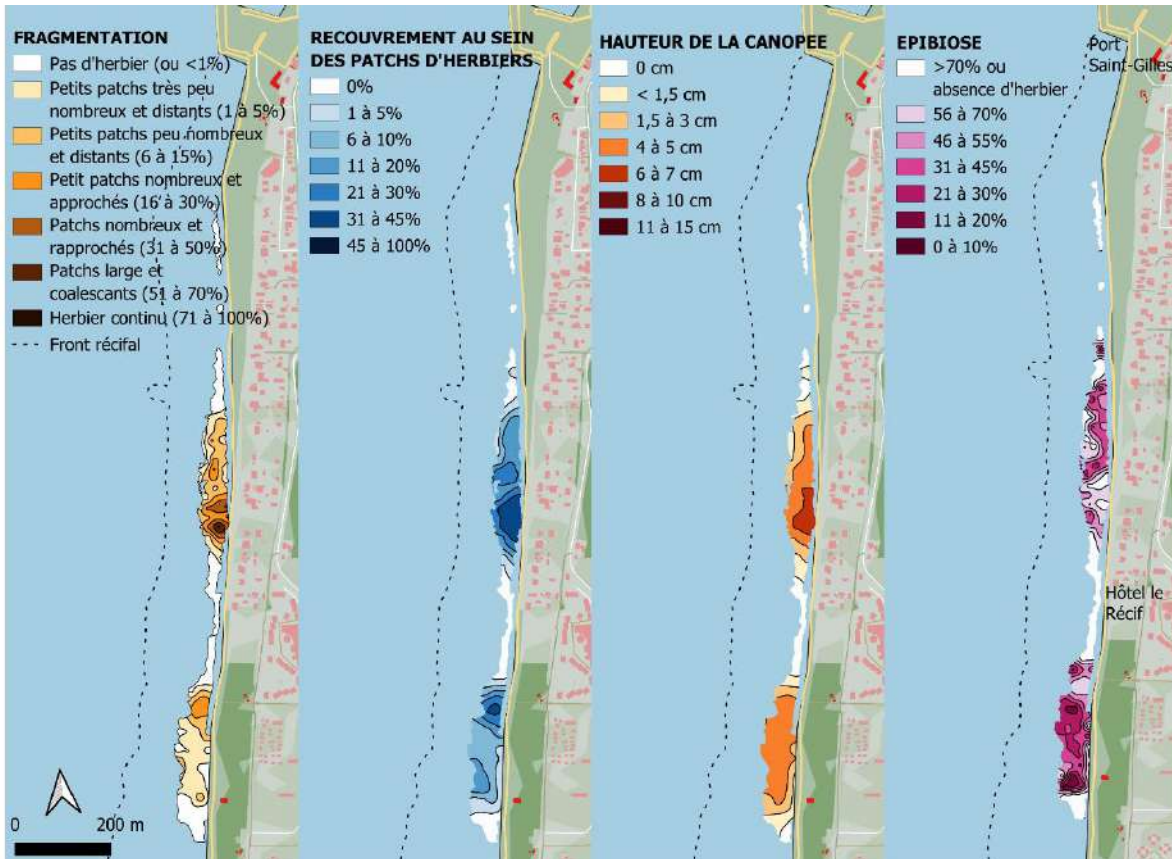








Annexe 7 : Spatialisation de l'état écologique des herbiers marins à *Syringodium* de La Réunion, situé entre la plage des Brisants et l'Hermitage.



Annexe 8 : Abondance et proportion des espèces d'oursins herbivores rencontrés lors des campagnes de terrain, avec une distinction entre les compartiments récifaux

Espèce	Abondance	%
<b>Pente externe</b>	<b>6005</b>	<b>17%</b>
<i>Echinometra mathaei</i>	3468	58%
<i>Echinothrix diadema</i>	529	9%
<i>Stomopneustes variolaris</i>	2008	33%
<b>Platier</b>	<b>27860</b>	<b>80%</b>
<i>Diadema savignyi</i>	372	1%
<i>Echinometra mathaei</i>	9367	34%
<i>Echinothrix calamaris</i>	15	0%
<i>Echinothrix diadema</i>	16630	60%
<i>Heterocentrotus mamillatus</i>	2	0%
<i>Stomopneustes variolaris</i>	1474	5%
<b>Dépression d'arrière récif</b>	<b>975</b>	<b>3%</b>
<i>Diadema savignyi</i>	42	4%
<i>Echinometra mathaei</i>	534	55%
<i>Echinothrix diadema</i>	120	12%
<i>Stomopneustes variolaris</i>	277	28%
<i>Toxopneustes pileolus</i>	2	0%



Annexe 9 : Abondance et proportion des espèces de prédateurs supérieurs rencontrés lors des campagnes de terrain, avec une distinction entre les compartiments récifaux

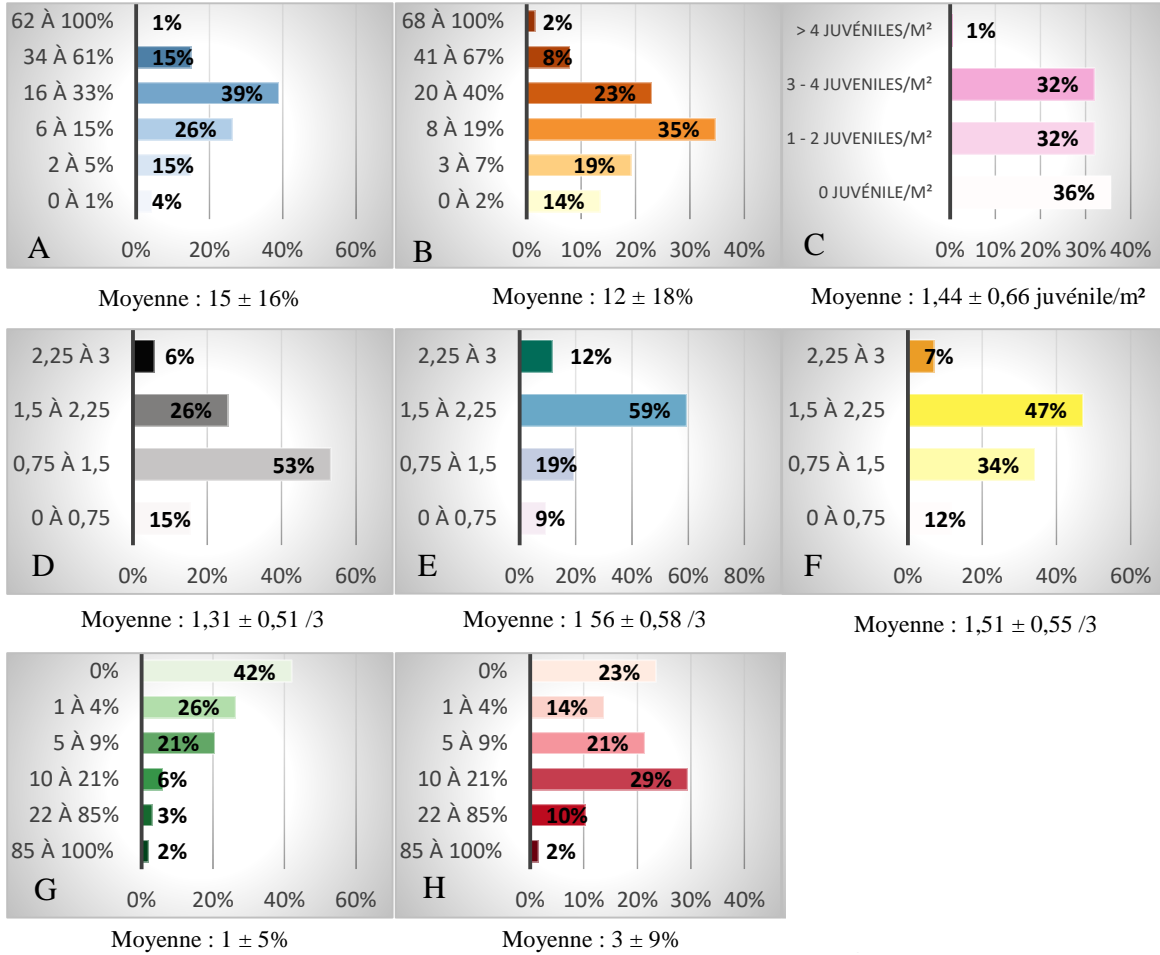
Espèce	Abondance	%	Espèce	Abondance	%
<b>Pente externe</b>	<b>717</b>	<b>77%</b>	<i>Malacanthus latovittatus</i>	1	0%
<i>Ablennes hians</i>	1	0%	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	76	11%
<i>Aetobatus ocellatus</i>	2	0%	<i>Plectorhinchus pica</i>	1	0%
<i>Aphareus furca</i>	28	4%	<i>Plectorhinchus sp</i>	1	0%
<i>Caranx melampygus</i>	53	7%	<i>Scomberoides lysan</i>	1	0%
<i>Caranx sexfasciatus</i>	1	0%	<i>Seriola rivoliana</i>	1	0%
<i>Caranx sp</i>	6	1%	<i>Sphyaena acutipinnis</i>	46	6%
<i>Cephalopholis argus</i>	78	11%	<i>Sphyaena barracuda</i>	6	1%
<i>Cephalopholis sonnerati</i>	17	2%	<i>Thunnus albacares</i>	6	1%
<i>Elagatis bipinnulata</i>	1	0%	<i>Trachinotus baillonii</i>	1	0%
<i>Epinephelus fasciatus</i>	10	1%	<i>Triaenodon obesus</i>	2	0%
<i>Epinephelus flavocaeruleus</i>	10	1%	<i>Tylosurus crocodilus</i>	70	10%
<i>Epinephelus macrospilos</i>	20	3%	<i>Variola louti</i>	164	23%
<i>Epinephelus multinotatus</i>	1	0%	<b>Platier</b>	<b>160</b>	<b>17%</b>
<i>Epinephelus sp</i>	1	0%	<i>Caranx melampygus</i>	28	18%
<i>Epinephelus spilotoceps</i>	14	2%	<i>Carcharhinus leucas</i>	1	1%
<i>Epinephelus tauvina</i>	3	0%	<i>Epinephelus macrospilos</i>	14	9%
<i>Gnathanodon speciosus</i>	1	0%	<i>Epinephelus merra</i>	73	46%
<i>Gymnothorax favagineus</i>	1	0%	<i>Epinephelus tauvina</i>	2	1%
<i>Gymnothorax flavimarginatus</i>	1	0%	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	1	1%
<i>Gymnothorax javanicus</i>	2	0%	<i>Strongylura leiura</i>	32	20%
<i>Gymnothorax meleagris</i>	7	1%	<i>Trachinotus baillonii</i>	4	3%
<i>Gymnothorax sp</i>	3	0%	<i>Tylosurus crocodilus</i>	4	3%
<i>Hemiramphus far</i>	2	0%	<i>Variola louti</i>	1	1%
<i>Lethrinus mahsena</i>	1	0%	<b>Dépression d'arrière récif</b>	<b>52</b>	<b>6%</b>
<i>Lethrinus nebulosus</i>	2	0%	<i>Caranx melampygus</i>	3	6%
<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	4	1%	<i>Caranx sexfasciatus</i>	22	42%
<i>Lutjanus bohar</i>	6	1%	<i>Epinephelus merra</i>	21	40%
<i>Lutjanus fulvus</i>	35	5%	<i>Lethrinus nebulosus</i>	3	6%
<i>Lutjanus kasmira</i>	27	4%	<i>Platybelone platyura</i>	1	2%
<i>Lutjanus rivulatus</i>	3	0%	<i>Tylosurus crocodilus</i>	2	4%

Annexe 10: Abondance et proportion des espèces de Scaridae rencontrés lors des campagnes de terrain, avec une distinction entre les compartiments récifaux

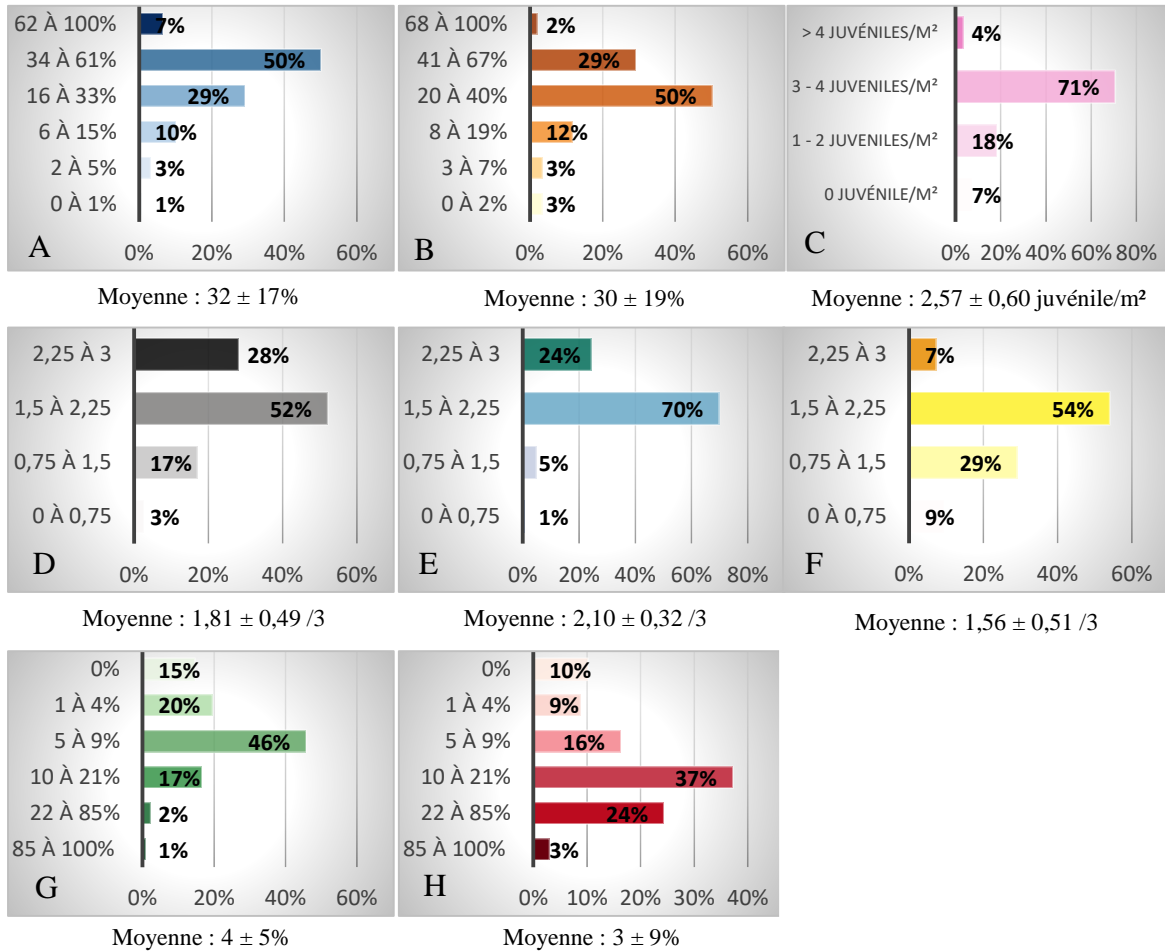
Espèce	Juvenile	%	Adulte	%	Total	%
<b>Pente externe</b>	<b>1041</b>	<b>19%</b>	<b>4432</b>	<b>81%</b>	<b>5473</b>	<b>100%</b>
<i>Chlorurus enneacanthus</i>	304	29%	2033	46%	2337	43%
<i>Chlorurus sordidus</i>	519	50%	807	18%	1326	24%
<i>Scarus scaber</i>	23	2%	616	14%	639	12%
<i>Scarus psittacus</i>	134	13%	339	8%	473	9%
<i>Scarus frenatus</i>	22	2%	164	4%	186	3%
<i>Scarus falcipinnis</i>	15	1%	156	4%	171	3%
<i>Calotomus carolinus</i>	17	2%	115	3%	132	2%
<i>Scarus globiceps</i>	7	1%	124	3%	131	2%
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0	0%	48	1%	48	1%
<i>Scarus ghobban</i>	0	0%	22	0%	22	0%
<i>Scarus russelii</i>	0	0%	4	0%	4	0%
<i>Chlorurus strongylocephalus</i>	0	0%	1	0%	1	0%
<i>Scarus niger</i>	0	0%	1	0%	1	0%
<i>Scarus tricolor</i>	0	0%	1	0%	1	0%
<i>Scarus viridifucatus</i>	0	0%	1	0%	1	0%
<b>Platier</b>	<b>2787</b>	<b>69%</b>	<b>1266</b>	<b>31%</b>	<b>4053</b>	<b>100%</b>
<i>Chlorurus sordidus</i>	1648	59%	525	41%	2173	54%
<i>Scarus psittacus</i>	823	30%	515	41%	1338	33%
<i>Scarus scaber</i>	246	9%	68	5%	314	8%
<i>Scarus frenatus</i>	29	1%	57	5%	86	2%
<i>Calotomus carolinus</i>	5	0%	69	5%	74	2%
<i>Scarus falcipinnis</i>	33	1%	5	0%	38	1%
<i>Scarus ghobban</i>	3	0%	15	1%	18	0%
<i>Chlorurus enneacanthus</i>	0	0%	12	1%	12	0%
<b>Dépression d'arrière récif</b>	<b>714</b>	<b>79%</b>	<b>194</b>	<b>21%</b>	<b>908</b>	<b>100%</b>
<i>Chlorurus sordidus</i>	439	61%	46	24%	485	53%
<i>Scarus psittacus</i>	210	29%	92	47%	302	33%
<i>Scarus scaber</i>	38	5%	3	2%	41	5%
<i>Scarus ghobban</i>	9	1%	25	13%	34	4%
<i>Calotomus carolinus</i>	2	0%	21	11%	23	3%
<i>Scarus frenatus</i>	6	1%	7	4%	13	1%
<i>Scarus falcipinnis</i>	6	1%	0	0%	6	1%
<i>Leptoscarus vaigiensis</i>	4	1%	0	0%	4	0%



Annexe 11 : Ratio surfacique des métriques du peuplement benthique sur l'ensemble du récif de l'ouest. A : Recouvrement corallien, B : Pourcentage du genre Acropora au sein des communautés coralliennes, C : Densité de coraux juvéniles, D : Complexité structurale des colonies coralliennes, E : Diamètre des colonies coralliennes, F : Etat de santé des colonies coralliennes, G : Recouvrement par les algues dressées (>2cm) et H : Recouvrement par la faune sessile benthique non corallienne

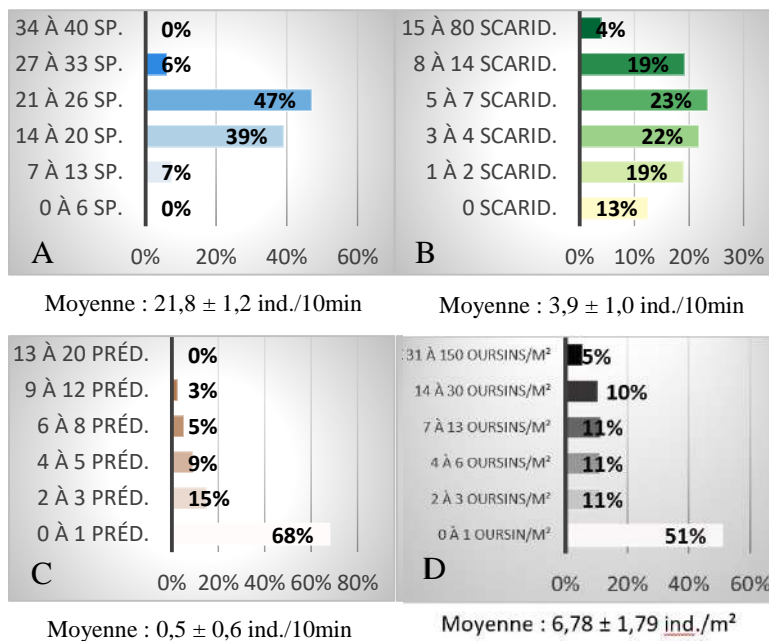


Annexe 12 : Ratio surfacique des métriques du peuplement benthique sur l'ensemble du récif du sud.  
 A : Recouvrement corallien, B : Pourcentage du genre Acropora au sein des communautés coralliennes, C : Densité de coraux juvéniles, D : Complexité structurale des colonies coralliennes, E : Diamètre des colonies coralliennes, F : Etat de santé des colonies coralliennes, G : Recouvrement par les algues dressées (>2cm) et H : Recouvrement par la faune sessile benthique non corallienne

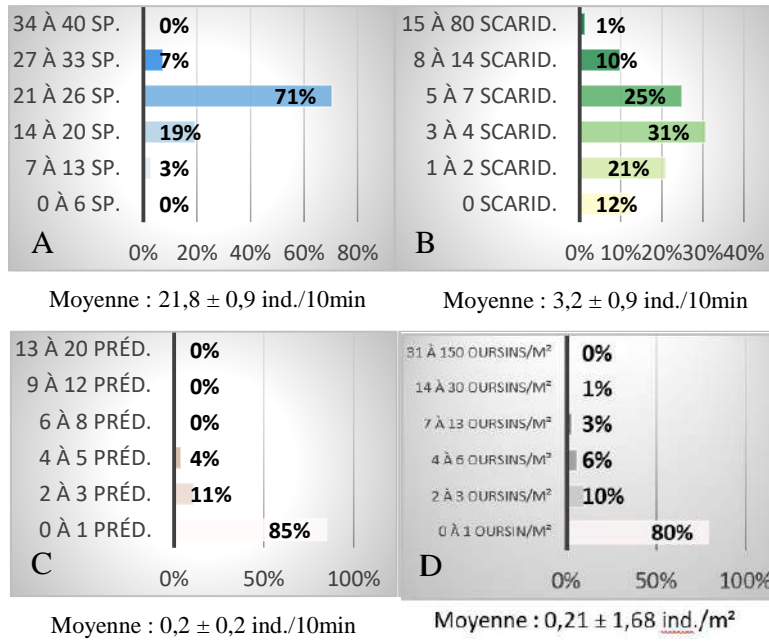




Annexe 13 : Ratio surfacique des métriques de la faune mobile sur l'ensemble des récifs du secteur l'ouest. A : Diversité du peuplement ichthyologique, B : Abondance des Scaridae, C : Abondance des prédateurs supérieurs, D : Densité d'oursins herbivores

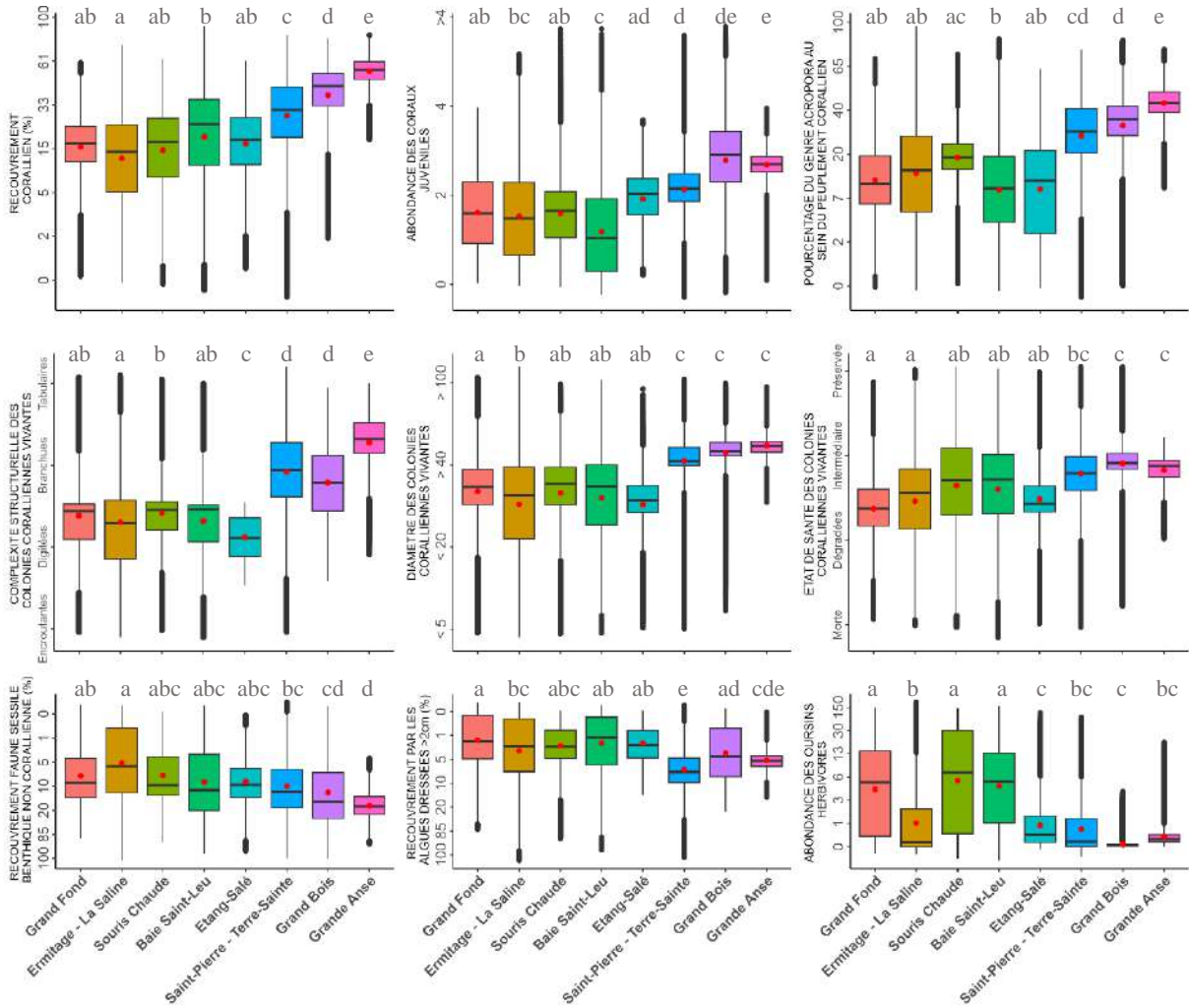


Annexe 14 : Ratio surfacique des métriques de la faune mobile sur l'ensemble des récifs du secteur sud. A : Diversité du peuplement ichthyologique, B : Abondance et maturité des Scaridae, C : Abondance et maturité des prédateurs supérieurs, D : Densité d'oursins herbivores

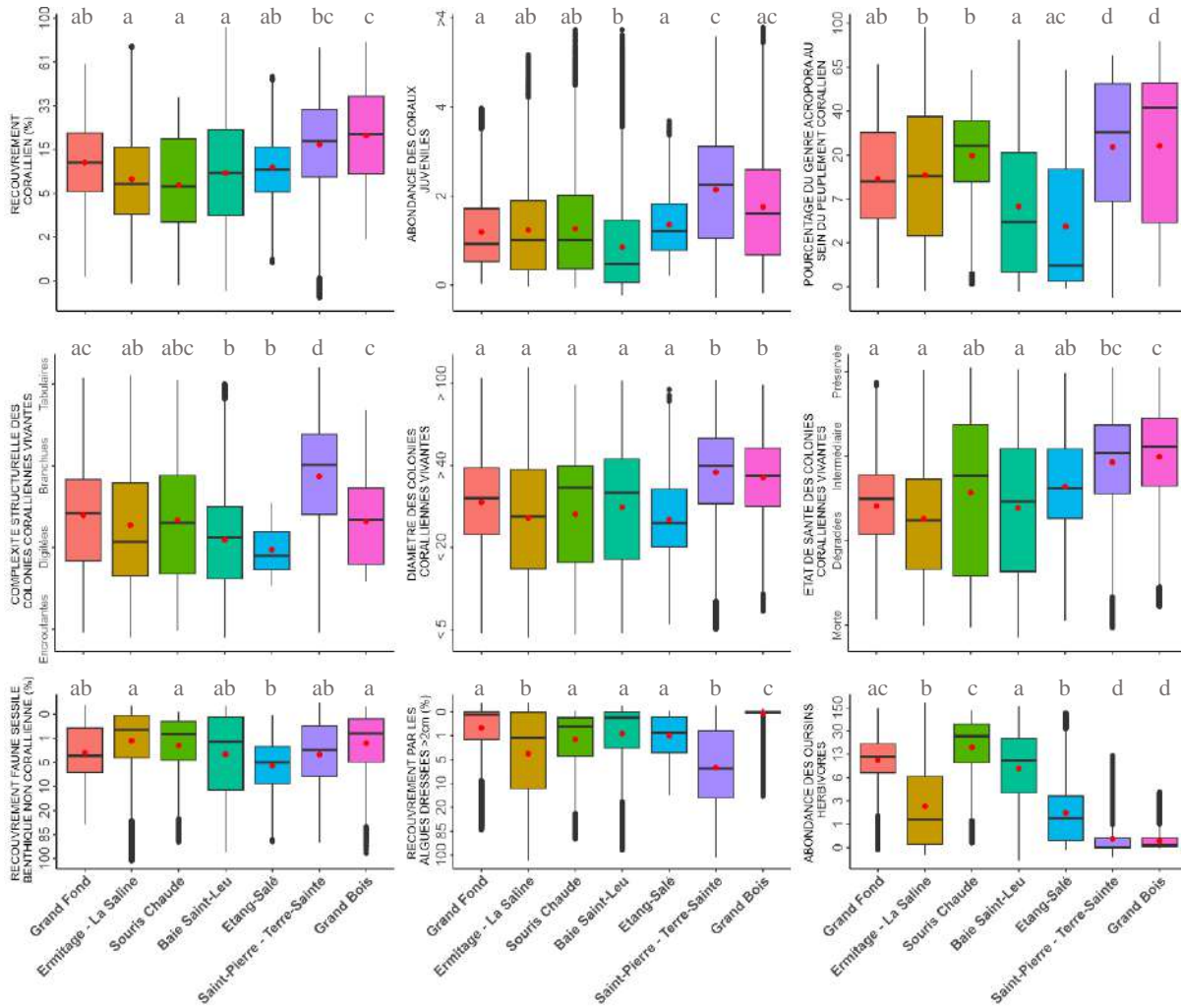




Annexe 15 : Comparaison des métriques du peuplement benthique entre les complexes récifaux (platier + pente externe). Les barres horizontales représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartile, les points : les données extrêmes, le point rouge : la moyenne.

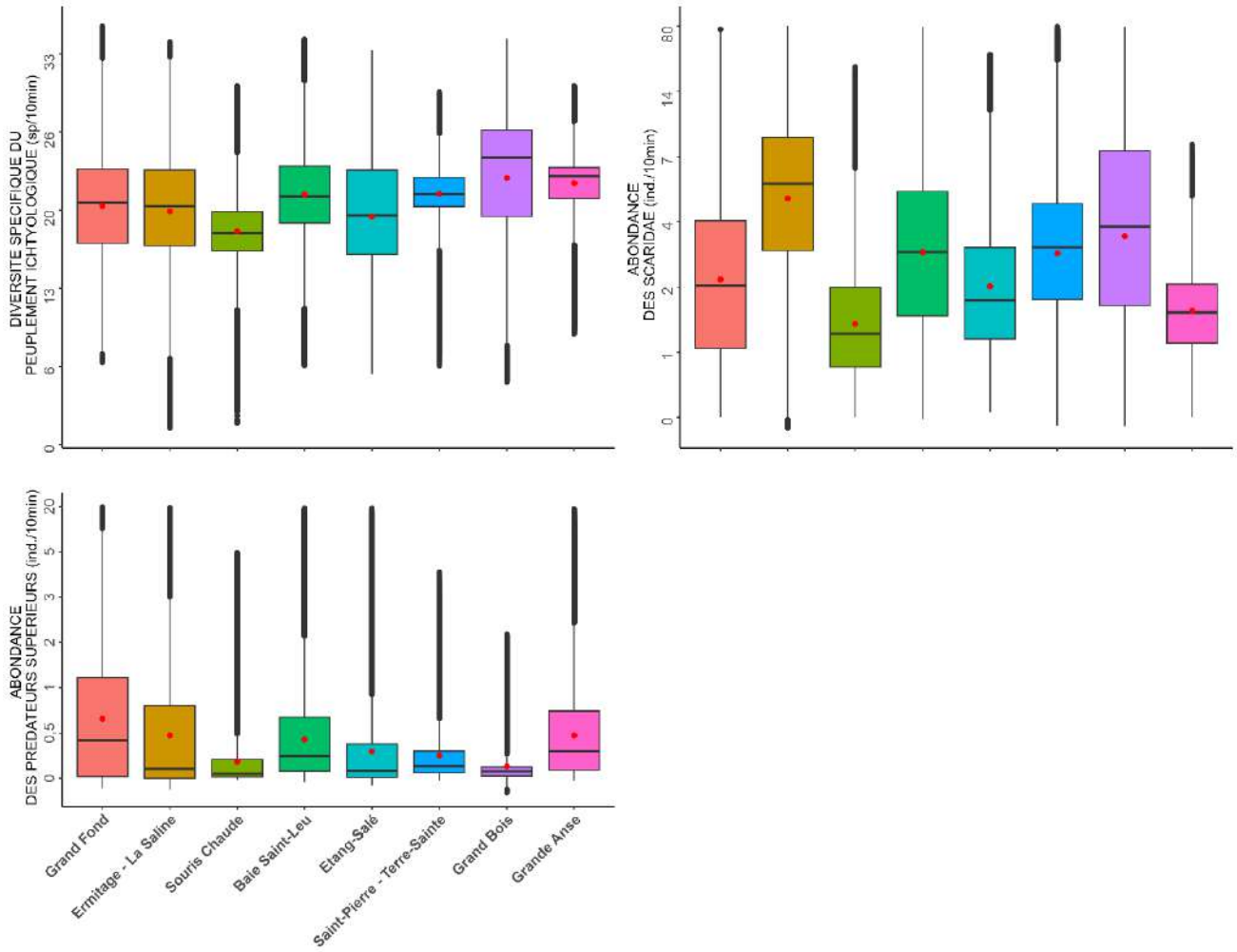


Annexe 16 : Comparaison des métriques du peuplement benthique entre les platiers des complexes récifaux. Les barres horizontales représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartile, les points : les données extrêmes, le point rouge : la moyenne.

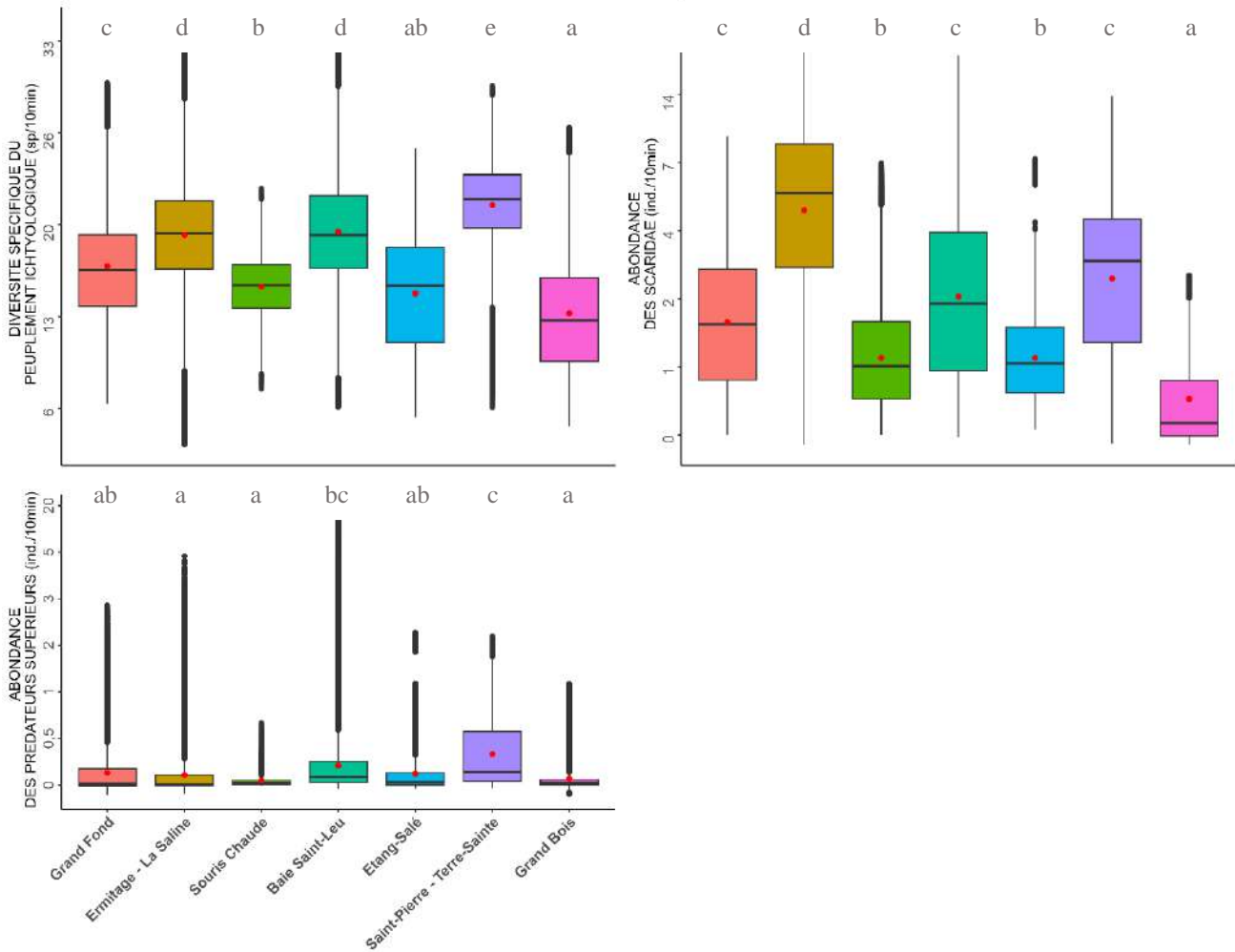




Annexe 17 : Comparaison des métriques de la faune mobile entre les complexes récifaux (DAR, platier et pente externe). Les barres horizontales représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartile, les points : les données extrêmes, le point rouge : la moyenne.

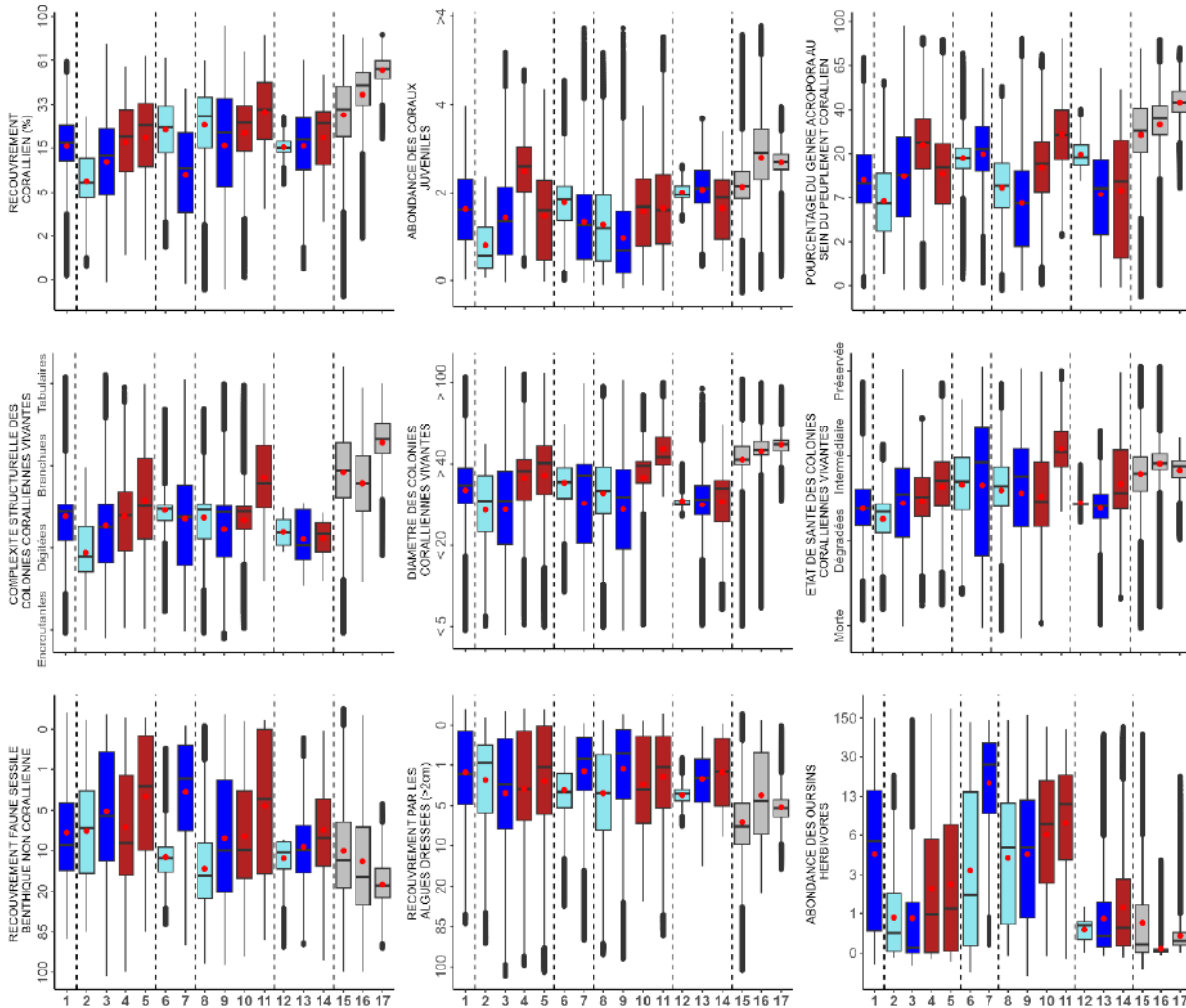


Annexe 18 : Comparaison des métriques de la faune mobile entre les platiers des complexes récifaux. Les barres horizontales représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartile, les points : les données extrêmes, le point rouge : la moyenne.





Annexe 19 : Comparaison des métriques du peuplement benthique entre les niveaux de protection et par complexe récifal. Le point rouge représente la moyenne par niveau de protection. Bleu clair : ZPG, bleu foncé : ZPR, rouge ; ZPI, gris, HR. Les lignes pointillées séparent les complexes récifaux. 1 : Grand fond, 2 à 5 : Hermitage – La Saline avec 4 la zone sanctuaire de l’Hermitage et 5 celle de La Saline, 6 à 7 : Souris Chaude, 8 à 11 : Saint-Leu avec 10 la zone sanctuaire de la Pointe des Châteaux et 11 celle de la Varangue, 12 à 14 : Etang-Salé, 15 : Saint-Pierre – Terre-Sainte, 16, Grand Bois, 17 : Grande Anse



Annexe 20 : Abondance et proportion des espèces de prédateurs supérieurs rencontrés lors des campagnes de terrain sur la pente externe en fonction des niveaux de protection

Espèce	Abondance	%	Espèce	Abondance	%
<b>HR</b>	<b>48</b>	<b>7%</b>	<i>Epinephelus sp</i>	1	0%
<i>Aphareus furca</i>	1	2%	<i>Epinephelus spilotoceps</i>	9	2%
<i>Caranx melampygus</i>	1	2%	<i>Epinephelus tauvina</i>	2	0%
<i>Cephalopholis argus</i>	1	2%	<i>Gymnothorax javanicus</i>	1	0%
<i>Epinephelus flavocaeruleus</i>	2	4%	<i>Gymnothorax meleagris</i>	6	1%
<i>Gymnothorax meleagris</i>	1	2%	<i>Hemiramphus far</i>	2	0%
<i>Lethrinus nebulosus</i>	2	4%	<i>Lutjanus bohar</i>	5	1%
<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	3	6%	<i>Lutjanus fulvus</i>	29	6%
<i>Lutjanus fulvus</i>	2	4%	<i>Lutjanus rivulatus</i>	3	1%
<i>Lutjanus kasmira</i>	27	56%	<i>Malacanthus latovittatus</i>	1	0%
<i>Parupeneus cyclostomus</i>	7	15%	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	51	10%
<i>Tylosurus crocodilus</i>	1	2%	<i>Plectorhinchus pica</i>	1	0%
<b>ZPG</b>	<b>74</b>	<b>10%</b>	<i>Plectorhinchus sp</i>	1	0%
<i>Aetobatus ocellatus</i>	1	1%	<i>Seriola rivoliana</i>	1	0%
<i>Aphareus furca</i>	2	3%	<i>Sphyaena acutipinnis</i>	18	4%
<i>Caranx melampygus</i>	4	5%	<i>Sphyaena barracuda</i>	5	1%
<i>Cephalopholis argus</i>	4	5%	<i>Thunnus albacares</i>	6	1%
<i>Cephalopholis sonnerati</i>	4	5%	<i>Triaenodon obesus</i>	2	0%
<i>Epinephelus macrospilos</i>	9	12%	<i>Tylosurus crocodilus</i>	62	13%
<i>Epinephelus spilotoceps</i>	1	1%	<i>Variola louti</i>	127	26%
<i>Epinephelus tauvina</i>	1	1%	<b>ZPI</b>	<b>107</b>	<b>15%</b>
<i>Gymnothorax flavimarginatus</i>	1	1%	<i>Aphareus furca</i>	7	7%
<i>Gymnothorax javanicus</i>	1	1%	<i>Caranx melampygus</i>	16	15%
<i>Gymnothorax sp</i>	3	4%	<i>Cephalopholis argus</i>	12	11%
<i>Parupeneus cyclostomus</i>	8	11%	<i>Epinephelus fasciatus</i>	5	5%
<i>Sphyaena acutipinnis</i>	28	38%	<i>Epinephelus flavocaeruleus</i>	2	2%
<i>Tylosurus crocodilus</i>	3	4%	<i>Epinephelus macrospilos</i>	1	1%
<i>Variola louti</i>	4	5%	<i>Epinephelus multinotatus</i>	1	1%
<b>ZPR</b>	<b>488</b>	<b>68%</b>	<i>Epinephelus spilotoceps</i>	4	4%
<i>Ablennes hians</i>	1	0%	<i>Gnathanodon speciosus</i>	1	1%
<i>Aetobatus ocellatus</i>	1	0%	<i>Gymnothorax favagineus</i>	1	1%
<i>Aphareus furca</i>	18	4%	<i>Lethrinus mahsena</i>	1	1%
<i>Caranx melampygus</i>	32	7%	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	1	1%
<i>Caranx sexfasciatus</i>	1	0%	<i>Lutjanus bohar</i>	1	1%
<i>Caranx sp</i>	6	1%	<i>Lutjanus fulvus</i>	4	4%
<i>Cephalopholis argus</i>	61	13%	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	10	9%
<i>Cephalopholis sonnerati</i>	13	3%	<i>Scomberoides lysan</i>	1	1%
<i>Elagatis bipinnulata</i>	1	0%	<i>Sphyaena barracuda</i>	1	1%
<i>Epinephelus fasciatus</i>	5	1%	<i>Trachinotus baillonii</i>	1	1%
<i>Epinephelus flavocaeruleus</i>	6	1%	<i>Tylosurus crocodilus</i>	4	4%
<i>Epinephelus macrospilos</i>	10	2%	<i>Variola louti</i>	33	31%



Annexe 21 : Abondance et proportion des espèces de Scaridae rencontrées lors des campagnes de terrain sur la pente externe en fonction des niveaux de protection

Espèce	Juvenile	%	Adulte	%	Total	%
<b>HR</b>	<b>27</b>	<b>3%</b>	<b>833</b>	<b>19%</b>	<b>860</b>	<b>16%</b>
<i>Calotomus carolinus</i>	2	7%	42	5%	44	5%
<i>Chlorurus enneacanthus</i>	1	4%	363	44%	364	42%
<i>Chlorurus sordidus</i>	20	74%	157	19%	177	21%
<i>Scarus falcipinnis</i>	0	0%	33	4%	33	4%
<i>Scarus frenatus</i>	0	0%	29	3%	29	3%
<i>Scarus globiceps</i>	0	0%	19	2%	19	2%
<i>Scarus psittacus</i>	1	4%	13	2%	14	2%
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0	0%	18	2%	18	2%
<i>Scarus scaber</i>	3	11%	158	19%	161	19%
<i>Scarus tricolor</i>	0	0%	1	0%	1	0%
<b>ZPG</b>	<b>85</b>	<b>8%</b>	<b>289</b>	<b>7%</b>	<b>374</b>	<b>7%</b>
<i>Calotomus carolinus</i>	0	0%	3	1%	3	1%
<i>Chlorurus enneacanthus</i>	8	9%	58	20%	66	18%
<i>Chlorurus sordidus</i>	71	84%	134	46%	205	55%
<i>Scarus falcipinnis</i>	1	1%	5	2%	6	2%
<i>Scarus frenatus</i>	2	2%	5	2%	7	2%
<i>Scarus globiceps</i>	0	0%	8	3%	8	2%
<i>Scarus psittacus</i>	1	1%	30	10%	31	8%
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0	0%	3	1%	3	1%
<i>Scarus scaber</i>	2	2%	43	15%	45	12%
<b>ZPR</b>	<b>718</b>	<b>69%</b>	<b>2220</b>	<b>50%</b>	<b>2938</b>	<b>54%</b>
<i>Calotomus carolinus</i>	11	2%	36	2%	47	2%
<i>Chlorurus enneacanthus</i>	227	32%	984	44%	1211	41%
<i>Chlorurus sordidus</i>	303	42%	362	16%	665	23%
<i>Scarus falcipinnis</i>	14	2%	86	4%	100	3%
<i>Scarus frenatus</i>	19	3%	96	4%	115	4%
<i>Scarus ghobban</i>	0	0%	21	1%	21	1%
<i>Scarus globiceps</i>	5	1%	57	3%	62	2%
<i>Scarus niger</i>	0	0%	1	0%	1	0%
<i>Scarus psittacus</i>	123	17%	256	12%	379	13%
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0	0%	19	1%	19	1%
<i>Scarus scaber</i>	16	2%	301	14%	317	11%
<i>Scarus viridifucatus</i>	0	0%	1	0%	1	0%
<b>ZPI</b>	<b>211</b>	<b>20%</b>	<b>1090</b>	<b>25%</b>	<b>1301</b>	<b>24%</b>
<i>Calotomus carolinus</i>	4	2%	34	3%	38	3%
<i>Chlorurus enneacanthus</i>	68	32%	628	58%	696	53%
<i>Chlorurus sordidus</i>	125	59%	154	14%	279	21%
<i>Chlorurus strongylocephalus</i>	0	0%	1	0%	1	0%
<i>Scarus falcipinnis</i>	0	0%	32	3%	32	2%
<i>Scarus frenatus</i>	1	0%	34	3%	35	3%
<i>Scarus ghobban</i>	0	0%	1	0%	1	0%
<i>Scarus globiceps</i>	2	1%	40	4%	42	3%
<i>Scarus psittacus</i>	9	4%	40	4%	49	4%
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0	0%	8	1%	8	1%
<i>Scarus russelii</i>	0	0%	4	0%	4	0%
<i>Scarus scaber</i>	2	1%	114	10%	116	9%

Annexe 22 : Comparaison des métriques de la faune mobile entre les niveaux de protection et par complexe récifal sur la pente externe. Le point rouge représente la moyenne par niveau de protection. Bleu clair : ZPG, bleu foncé : ZPR, rouge ; ZPI, gris, HR. Les lignes pointillées séparent les complexes récifaux. 1 : Grand fond, 2 à 5 : Hermitage – La Saline avec 4 la zone sanctuaire de l’Hermitage et 5 celle de La Saline, 6 à 7 : Souris Chaude, 8 à 11 : Saint-Leu avec 10 la zone sanctuaire de la Pointe des Châteaux et 11 celle de la Varangue, 12 à 14 : Etang-Salé, 15 : Saint-Pierre – Terre-Sainte, 16, Grand Bois, 17 : Grande Anse

