



ECOMAR
Laboratoire d'Ecologie Marine
Université de la Réunion



Réserve Naturelle
MARINE DE LA REUNION



Institut de recherche
pour le développement

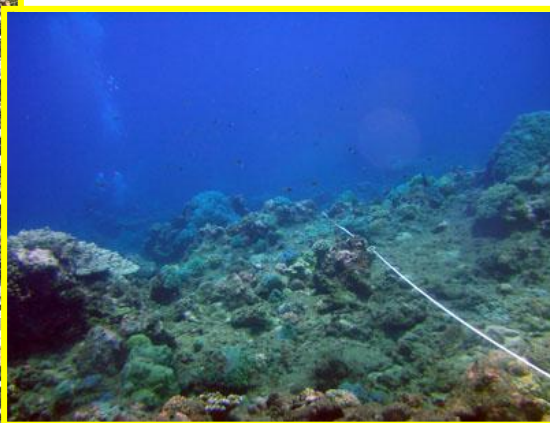


Point 1 du suivi de « l'effet réserve » sur les communautés ichthyologiques et benthiques récifales

- Secteurs de La Saline et de Saint Leu -

Etat des lieux 6 ans après la création de la Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion

- RAPPORT FINAL -



FEVRIER 2014



Point 1 du suivi de « l'effet réserve » sur les communautés ichtyologiques et benthiques récifales :

- Secteurs de La Saline et de Saint-Leu -

Etat des lieux à 6 ans après la création de la Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion

Auteurs :

Coordination : Lionel BIGOT (ECOMAR)

Equipe des ichtyologues (« poissons ») :

Henrich BRUGGEMANN (ECOMAR), Christophe CADET (RNMR), Pascale CHABANET (IRD), Patrick DURVILLE (Aquarium), Thierry MULOCHAU (Aquarium)

Equipe des benthologues (« coraux ») :

Lionel BIGOT (ECOMAR), Bruce CAUVIN (RNMR), Mireille GUILLAUME (MNHN), Lucie PENIN (ECOMAR)

Contributions :

Coordination scientifique RNMR : Karine POTHIN

Logistique terrain et plongée RNMR, BNOI :

Yanick CLAIN, Karine POTHIN, Tévamie RUNGASSAMY, Guillaume NEDELLEC, Willy DOMITIN, Jérôme SUROS, Jérôme CLOTAGATIDE, Bertrand COLLET, Philippe MONGIN, Jacques FAYAN, Patxi SOUHARCE

Appui technique : Ludovic HOARAU

Conseiller scientifique : Gérard FAURE

SOMMAIRE

RESUME	4
I. Contexte et objectifs	6
II. Matériels et méthodes	7
<i>II.1. Stratégie et stations d'échantillonnage</i>	<i>7</i>
<i>II.2. Méthodologie d'échantillonnage des peuplements ichthyologiques</i>	<i>9</i>
II.2.1. Diversité ichthyologique.....	9
II.2.2. Biomasse ichthyologique	9
II.2.3. Espèces ou groupe trophique bio indicateur	10
<i>II.3. Méthodologie d'échantillonnage des communautés benthiques</i>	<i>11</i>
II.3.1. Diversité des Scléactiniaires	11
II.3.2. Suivi des communautés benthiques	11
III. Résultats et discussion	16
<i>III.1. Peuplements ichthyologiques</i>	<i>16</i>
II.1.1. Diversité ichthyologique.....	16
II.1.2. Biomasse ichthyologique	18
III.1.2.1. Biomasse totale	18
III.1.2.1. Biomasse des herbivores	20
III.1.2.3. Biomasse des espèces « clés » : les balistes	24
III.1.2.4. Biomasse des espèces d'intérêt halieutique	25
III.1.2.5. Comparaison régionale de la biomasse ichthyologique	28
<i>III.2. Diversité corallienne</i>	<i>29</i>
<i>III.3. Communautés benthiques P0 / P1</i>	<i>33</i>
IV. Conclusions	36
V. Bibliographie	38
VI. Annexes	40

RESUME

La mise en place de réserves naturelles marines est toujours associée à des mesures de gestion de leur fréquentation et de leur exploitation, dans le but de permettre une restauration des écosystèmes, de la biodiversité et des stocks de reproducteurs capables d'augmenter les ressources exploitables à l'intérieur de la réserve mais aussi dans les régions limitrophes, c'est ce qu'on appelle "l'effet réserve".

Dans le cadre de cette première phase de l'étude, l'effet réserve a été suivi pour le benthos (coraux durs constructeurs de récifs, coraux mous, algues principalement) et les poissons sur les récifs de La Saline et de Saint-Leu. Une analyse comparative de l'évolution spatio-temporelle de ces peuplements a été réalisée sur 16 stations d'études à La Saline et à Saint-Leu (8 pentes externes et 8 platiers) échantillonnées en 2006/2007 (point 0, P0) puis en 2013 (point 1, P1), soit 6 ans après le P0.

Pour les poissons, l'analyse cible la diversité (indicateur de la qualité de l'habitat), la biomasse totale, la biomasse des espèces herbivores et des balistes (indicateurs de résilience et du bon fonctionnement de l'écosystème) et la biomasse des espèces d'intérêt halieutique (indicateur de la pression de pêche). Les résultats montrent principalement que :

- il n'y a pas de différence significative en terme de diversité globale des peuplements de poissons récifaux entre P0 et P1 sur l'ensemble des stations, ni d'effet notable de la protection.
- la biomasse totale (toutes zones, secteurs et niveaux de protection confondus) a significativement augmenté depuis le P0 (moyenne de 388 kg/ha en 2006/07 à 512 kg/ha en 2013). Cette tendance s'explique par une augmentation de biomasse dans les sanctuaires des pentes externes et sur l'ensemble des platiers à l'intérieur des récifs frangeants. Elle est remarquable surtout pour les poissons chirurgiens (Acanthuridae) et les mérous (Serranidae).
- il n'y a pas de différence dans la biomasse des herbivores entre P0 et P1 sur les platiers alors que sur la pente externe on observe une diminution de biomasse dans les zones hors sanctuaires et une augmentation dans les sanctuaires (notamment pour les Acanthuridae).
- la biomasse des espèces d'intérêt halieutique augmente uniquement dans les sanctuaires, aussi bien sur le platier que sur la pente externe où l'effet réserve est plus marqué.

L'ensemble de ces résultats montre que l'augmentation de la biomasse (totale, espèces herbivores et commerciales) est surtout visible dans les zones où toute activité est interdite. Ces zones sanctuaires semblent donc bien jouer leur rôle en permettant une restauration des peuplements de poissons, et en particulier des espèces ciblées par la pêche, mais elles ne représentent actuellement que 5 % du territoire de la RNM.

A l'échelle régionale, une comparaison de la biomasse moyenne des poissons recensée lors du P1 à La Réunion montre qu'elle est supérieure à celle de Maurice, mais toujours plus faible que dans la plupart des autres pays de la zone. Dans les Iles Eparses où il n'y a pas (ou très peu) de pression de pêche, la biomasse moyenne en poissons (3500 kg/ha à Europa en 2011) est environ 7 fois plus élevée qu'à La Réunion (512 kg/ha en 2013). Ceci permet de donner un ordre de grandeur quant aux valeurs de biomasses obtenues sur une île où la pêche est interdite et contrôlée depuis plusieurs décennies. A ce jour, la biomasse des poissons récifaux à La Réunion reste donc encore faible, très loin des niveaux caractéristiques des zones protégées dans l'océan Indien occidental.

Pour les communautés benthiques, la quasi totalité des stations de pentes externes de La Saline et de Saint-Leu présentent une diminution importante de biodiversité corallienne (de -18 à -40 % au cours des 3 dernières années), que ce soit hors sanctuaires ou dans les sanctuaires.

La tendance actuelle de perte de diversité en coraux durs observée sur les pentes externes des deux récifs de La Saline et de Saint-Leu est très rapide (3 ans) et constitue un fait très préoccupant d'un point de vue environnemental. Il n'est pas lié à la stratégie de protection mise en œuvre dans la RNMR mais suit une évolution générale de l'état de santé des écosystèmes coralliens de La Saline et de Saint-Leu.

Cet état de fait est particulièrement marqué sur la zone sud du platier de Saint-Leu (zone dite des « kiosques ») qui a perdu jusqu'à 70 % de sa richesse spécifique au cours des 3 dernières années.

Parallèlement, sur le secteur de La Saline, les taux de recouvrement par les gazons algaux sont en très nette augmentation et parallèlement les coraux constructeurs de récif en regression depuis 2007, aussi bien sur les zones de pentes externes que de platiers. Une augmentation de la couverture en corail vivant a cependant été notée dans le sanctuaire sur la pente externe de La Saline, bien qu'elle reste globalement faible (moins de 18%).

A ce jour, l'étude de l'effet réserve a révélé que :

- la biomasse en poissons des récifs de La Réunion reste encore faible, même si des prémices positives ont été relevés dans les zones sanctuaires à l'échelle de 6 ans.
- L'état des communautés benthiques est très préoccupant et atteste d'une perte de biodiversité importante des coraux durs en zone de pente externe notamment, associée à une forte recrudescence des gazons algaux.

Ceci constitue donc autant d'éléments fondamentaux qui conforte la nécessité de la RNMR et l'intérêt de son suivi à long terme, « l'effet réserve » étant un processus long à s'établir dans un contexte des récifs de La Réunion. En effet l'île est caractérisée par de petites surfaces récifales sur lesquelles la pression humaine (urbaine, industrielle, agricole, etc.) est forte, aussi bien de façon indirecte via les bassins versants adjacents que directe en zone côtière.

I. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Suite à l'établissement de l'état initial de la Réserve Naturelle Nationale Marine de La Réunion (point 0) effectué en 2006-2007 (poissons, communautés benthiques) et en 2009 (diversité corallienne), l'étude actuelle (point 1) vise à établir l'état des communautés ichthyologiques (poissons) et benthiques 6 années après la mise en place d'une stratégie de protection du milieu articulée sur une zonation spatiale spécifique des récifs coralliens réunionnais (Figure 1).

A l'issue de ce travail, des comparaisons entre le point 0 (P0) et le point 1 (P1) permettront de vérifier si la mise en réserve a permis une amélioration de l'état des communautés benthiques et ichthyologiques (taux de recouvrement, diversité, biomasse)

Les protocoles développés lors du P1 ont été adaptés aux contraintes techniques, logistiques et financières actuelles (réduction du nombre de stations suivies, réduction du nombre de photographies du benthos analysées). Les observateurs sur le terrain étant dans leur grand majorité les mêmes pour permettre une comparaison plus rigoureuse des données entre P0 et P1.

Cherchant à mettre en évidence un contraste maximal lors de cette première phase de l'étude, nous avons retenu uniquement les stations situées dans les sanctuaires et celles ouvertes à la pêche, au détriment de celles situées en zones de protection renforcée. Dans la même optique, les ichthyologues ont procédé uniquement aux comptages sur les transects pour quantifier l'effectif et la biomasse des peuplements des poissons, paramètres qui répondent mieux aux attentes sociétales (indicateurs de la pression de pêche) que la diversité spécifique, paramètre évalué surtout par les parcours aléatoires.

Dans une seconde phase, d'autres stations, secteurs géographiques, photos-quadrats du benthos, ou méthodes d'échantillonnages additionnelles pourront être retenues.

Les **objectifs** de cette étude de 'point 1' sont donc :

- Analyser l'état actuel des peuplements ichthyologiques en termes qualitatif (diversité) et quantitatif (abondance, biomasse) sur les stations sélectionnées des récifs de La Saline et de Saint-Leu ;
- Analyser l'état actuel des communautés benthiques sur les mêmes stations en termes qualitatif (diversité des peuplements de Scléactiniaires par parcours aléatoires) et quantitatif (taux de recouvrement par les différentes catégories benthiques par photos-quadrats sur transects) ;
- Faire une analyse comparative de l'évolution des différentes communautés ichthyologiques et benthiques entre P0 (2006/2007) et P1 (2013) sur les secteurs récifaux de La Saline - Souris Blanche et Saint-Leu ;
- Faire des recommandations basées sur ces analyses dans l'objectif d'améliorer le suivi et les stratégies de gestion de la RNMR.

II. MATERIELS ET METHODES

II.1. Stratégie et stations d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage adoptée pour le suivi de l'effet réserve est de type aléatoire stratifié. Les strates correspondent aux secteurs géographiques (La Saline - Souris Blanche et Saint-Leu), aux zones géomorphologiques du récif (platier interne / pente externe), et aux différents niveaux de protection (zones pêchées et zones sanctuaires). Le protocole statistique exige un minimum de deux stations pour chaque strate. Ainsi, lors de l'établissement du point 0 de la RNMR de 2006 à 2007, 10 stations avaient été choisies et décrites pour les secteurs de La Saline - Souris Blanche, et de Saint-Leu (les stations de platiers hors réserve étant absentes dans le secteur de La Saline - Souris Blanche). Pour l'établissement du point 1, sont retenues les stations listées dans le Tableau 1.

Les missions d'acquisition de données de terrain (benthos et poissons) se sont déroulées du 17 mars au 15 mai 2013. Elles ont été planifiées en fonction des contraintes techniques (plongées) et environnementales (absence de houle) permettant de réaliser un échantillonnage optimal sur les différentes stations choisies (Tableau 1, Figure 1).

Tableau 1. Terminologie (secteur, zone récifale, station) avec les stations (16) et leurs abréviations utilisées dans le codage des photographies du benthos et des fichiers des données.

Secteur	Zone récifale	Station	Abréviation
La Saline – Souris Blanche	Platier interne (F = <i>Flat</i>)	Villas du Lagon	VILF
		Sanctuaire Nord	SANF
		Sanctuaire Sud	SASF
		Kabanon (Trou d'Eau)	KABF
La Saline – Souris Blanche	Pente externe (S = <i>Slope</i>)	Sanctuaire Nord	SANS
		Sanctuaire Sud	SASS
		Souris Blanche Nord	SBNS
		Souris Blanche Sud	SBSS
Saint-Leu	Platier interne (F = <i>Flat</i>)	Varangue Nord	VANF
		Varangue Sud	VASF
		Kiosques	KIOF
		Marine	MARF
Saint-Leu	Pente externe (S = <i>Slope</i>)	Varangue Nord	VANS
		Varangue Sud	VASS
		Cimetière	CIMS
		Marine	MARS

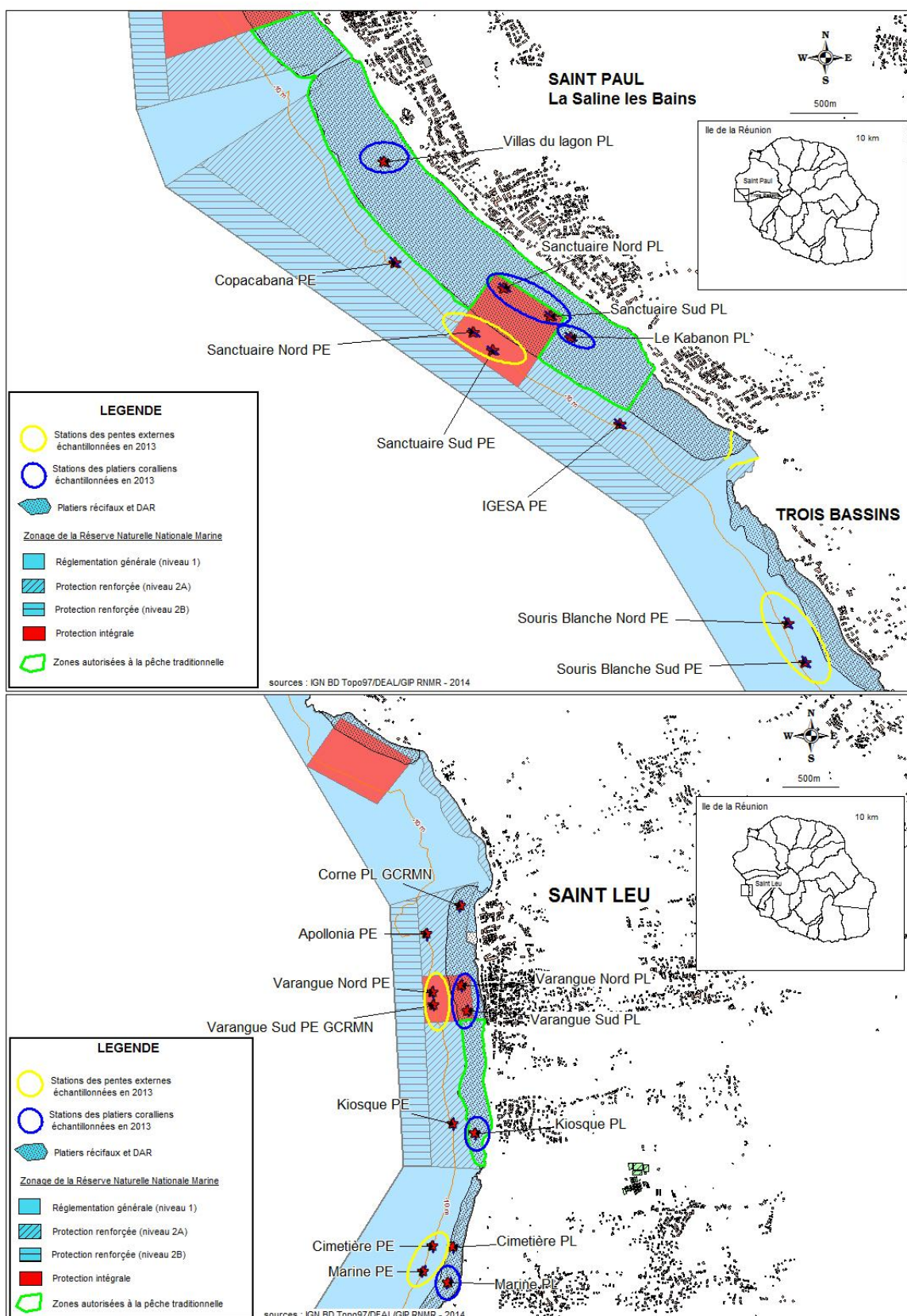


Figure 1 - Localisation des secteurs d'études et des stations échantillonnées en 2013 (stations encadrées).

II.2. Méthodologie d'échantillonnage des peuplements ichthyologiques

La méthode des transects à dimension fixe fournit des indicateurs quantitatifs sur les densités des peuplements de poissons en termes d'abondance et de biomasse. Les effets attendus de la mise en réserve sont :

- une évolution démographique pour certaines espèces (augmentation de la densité et/ou de la taille moyenne des individus) se traduisant par l'augmentation de la biomasse totale ;
- une évolution de la diversité spécifique.

L'objectif principal de cette méthode est de recenser la diversité ichthyologique et d'estimer les densités et biomasses des espèces de poissons sur une surface préalablement définie. Le plan d'échantillonnage est le même que celui retenu après l'étude pilote à Saint-Leu en 2006, lui-même inspiré par le suivi effectué dans l'archipel des îles Hawaïi (programme CRAMP ; Brown *et al.* 1999, 2004). Ainsi, 4 transects de 50 x 5 mètres sont positionnés en deux rangées parallèlement à la côte au nord et au sud de la position centrale de chaque station. En fonction de leur localisation, les transects sont nommés Nord-Large (N-L), Nord-Terre (N-T), Sud-Large (S-L) et Sud-Terre (S-T).

Une palanquée, constituée de deux compteurs expérimentés, parcourent simultanément deux transects parallèles et effectuent les comptages sur une bande de 5 m de large centrée sur la ligne des transects. Deux passages sur chaque transect permettent de répertorier toutes les espèces des différentes familles, celles-ci étant réparties entre les deux observateurs.

Dans la recherche de l'effet réserve, nous avons comparé, pour les mêmes stations échantillonnées, les résultats obtenus lors du point 0 (P0, 2006/2007) et du point 1 (P1, 2013). Pour les analyses statistiques, les données de biomasse ont été transformées en $\log_{10}$ (ou en $\log_{10} + 1$ s'il y a des valeurs "zéro"). Cette transformation améliore la distribution des valeurs et assure dans la plupart des cas l'homogénéité des groupes. Les tests ANOVA ont été utilisés pour comparer P0 et P1, le nombre élevé de réplicats a permis d'assurer leur robustesse dans le cas où la normalité n'était pas vérifiée. Dans ce rapport sont présentés les moyennes $\pm$ erreur standard (= écart type / racine carré de nombre de cas).

II.2.1 Diversité ichthyologique

La liste des espèces de poissons marins de la Réunion, publiée par Letourneur et al. (2004), a été utilisée comme référence taxonomique lors de l'établissement du P0. Depuis, des nouvelles observations et révisions taxonomiques ont été réalisées. La publication de Fricke et al. (2009) intègre ces nouvelles données et a été utilisée comme référence lors du P1. L'analyse de l'évolution de la diversité ichthyologique depuis l'établissement du P0 a pris en compte ces changements taxonomiques.

La diversité est un indicateur de la qualité de l'habitat. Plus l'habitat corallien sera en bonne santé, avec un maximum de niches écologiques permettant la coexistence de nombreuses d'espèces, plus la diversité sera élevée (Chabanet et al., 1997).

La diversité a été calculé à partir du nombre total d'espèces de poissons recensés par station (surface échantillonnée : 1000 m²).

II.2.2 Biomasse ichthyologique

Les espèces sont comptabilisées à l'unité pour des abondances inférieures à 50 individus, et à la dizaine la plus proche pour les abondances supérieures à 50 individus. La longueur totale (LT) du bout du museau à l'extrémité de la queue est estimée et notée. La faible densité des peuplements a permis d'évaluer la taille des individus à 2 cm près. Les observations ainsi récoltées permettent de calculer la biomasse de chaque espèce, grâce à la relation taille-poids :

$$W = a LT^b,$$

où W est le poids vif humide, LT la longueur totale du poisson, enfin a et b, des coefficients propres à chaque espèce. Les coefficients utilisés proviennent soit d'études locales non publiées (Letourneur, Pothin, Tessier), soit de données publiées dans Fishbase (fishbase.org), ou encore de coefficients définis pour une espèce aux caractéristiques morphologiques proches de l'espèce observée.

La biomasse totale correspond au poids cumulé des poissons recensés reporté sur une surface standardisée (kg/ha). 1 ha = 10 000 m². La biomasse totale est un indicateur de la pression de pêche, les espèces commerciales représentant la majeure partie de la biomasse totale du peuplement ichthyologique.

La biomasse des différents groupes fonctionnels de poissons herbivores est calculée sur les individus >10 cm de longueur totale pour ne pas comptabiliser les juvéniles nouvellement arrivés sur le récif et qui ne peuvent pas encore assurer leur rôle fonctionnel (comme par exemple de nettoyer le substrat en le raclant) dans l'écosystème.

II.2.3 Espèces ou groupe trophique bio-indicateur

Certaines catégories trophiques et /ou espèces « cibles » de poissons ont été plus particulièrement suivies afin de mettre en évidence leur rôle spécifique en tant que compétiteurs potentiels vis à vis des communautés benthiques fixés (algues, coraux) ou sédentaires (oursins).

Ainsi les poissons herbivores (la liste d'espèces herbivores et leur rattachement à un groupe fonctionnel spécifique est donnée en annexe 2) jouent un rôle essentiel car ils régulent la compétition entre les coraux et les algues benthiques. En se nourrissant des algues dressées, ils contrôlent leur développement excessif, favorisant ainsi le recrutement et la croissance des coraux. Ainsi, ils peuvent faciliter le retour des communautés benthiques après perturbation vers un état dominé par les coraux. A ce titre, les poissons herbivores sont considérés comme un groupe crucial pour maintenir les capacités de résilience de l'écosystème récifal.

Bien que différentes espèces d'oursins représentent un groupe fonctionnel d'herbivores important, à des très fortes densités leur rôle devient nuisible en raison d'un broutage excessif des algues et d'une bioérosion destructive de la trame récifale. En effet, les populations d'oursins non contrôlées peuvent supplanter des poissons herbivores et contribuer à des changements profonds dans la configuration de l'écosystème corallien qui passe d'un état sain avec une dominance de coraux vivants vers un état avec une dominance de coraux morts érodés par les oursins. Différentes espèces appartenant à la famille des Balistidae sont des prédateurs d'oursins. Par la prédation, les balistes contribuent ainsi à la régulation des

populations d'oursins et représentent ainsi un groupe fonctionnel « clé de voûte » pour le bon fonctionnement de l'écosystème récifal (McClanahan et al., 2011).

Sous le dénominateur « espèces d'intérêt halieutique » ou espèces commerciales, nous avons inclus toutes les espèces de poissons communément ciblées par les pêcheries traditionnelles (ligne, filet) et la chasse-sous-marine. Cette catégorie comprend ainsi les espèces appartenant aux familles des Carangidae (carangues), Lethrinidae (capitaines), Lutjanidae (lutjans), Mullidae (rougets, capucins), Serranidae (mérus) et Sphyraenidae (barracudas). Seuls les individus accessibles à la pêche, c'est-à-dire ayant une taille supérieure à 10 cm longueur totale, ont été sélectionnés pour l'analyse.

En raison de leur position trophique (carnivores, se nourrissant d'invertébrés ou piscivore, cf. annexe 2), ces poissons jouent également un rôle important dans le fonctionnement de l'écosystème récifal car ils régulent l'abondance et la biomasse des espèces à des niveaux trophiques inférieurs. Tout en étant des espèces cibles pour la pêche, la biomasse de ces familles fournit un indicateur sensible de la pression de pêche.

II.3. Méthodologie d'échantillonnage des communautés benthiques

II.3.1. Diversité des Scléractiniaires

Sur chacune des stations sélectionnées, un inventaire des Scléractiniaires a été réalisé par des parcours aléatoires durant un temps défini (45 à 60 minutes par station) autour de la station. Cette méthodologie est en tout point identique à celle utilisée après le P0 (parcours aléatoire, zones spatiales, inter-calibration des experts). A chaque station, le parcours aléatoire a été effectué au sein du même habitat corallien (platier interne, pente externe).

Les différentes espèces observées ont été identifiées au niveau générique / spécifique par un expert de la taxonomie des coraux. Des prélèvements et / ou des photographies complémentaires ont été effectués pour les espèces posant un problème de détermination *in situ*. A l'issue de l'échantillonnage, une liste des espèces par station est définie et regroupée au sein d'un tableau de contingence (espèces / stations) pour les zones de platiers et celles de pentes externes. Après inter-calibration entre les experts, la liste d'espèces recensée en 2013 a été comparée à celle établie lors du P0 (2009/2010, G. Faure) afin de pouvoir suivre l'évolution temporelle des deux secteurs géographiques étudiés.

II.3.2. Suivi des communautés benthiques

Les méthodologies mises en œuvre lors de la réalisation du P1, sont identiques à celles utilisées pour définir l'état initial au P0. Sur chaque station sélectionnée, les photo-transects ont été effectués en scaphandre autonome par des benthologues, notamment experts en coraux.

Un nombre **de dix transects de 10 m de longueur a été retenu (T1 à T 10)**, basé essentiellement sur l'étude effectuée préalablement au programme CRAMP dans les îles Hawaï (Brown *et al.* 1999, 2004). A chaque station, un échantillonnage aléatoire a été effectué. Le positionnement de dix transects est tiré au sort sur une grille de points positionnés sur l'arête centrale et sur deux lignes latérales espacées de deux mètres, selon le schéma ci-dessous (Figure 2). Le nouveau tirage aléatoire 2013 a ainsi défini un positionnement des transects représenté dans la figure 3. Cette configuration est identique pour toutes les stations du point 1. L'ordre du tirage a été conservé dans la numérotation des 10 transects.

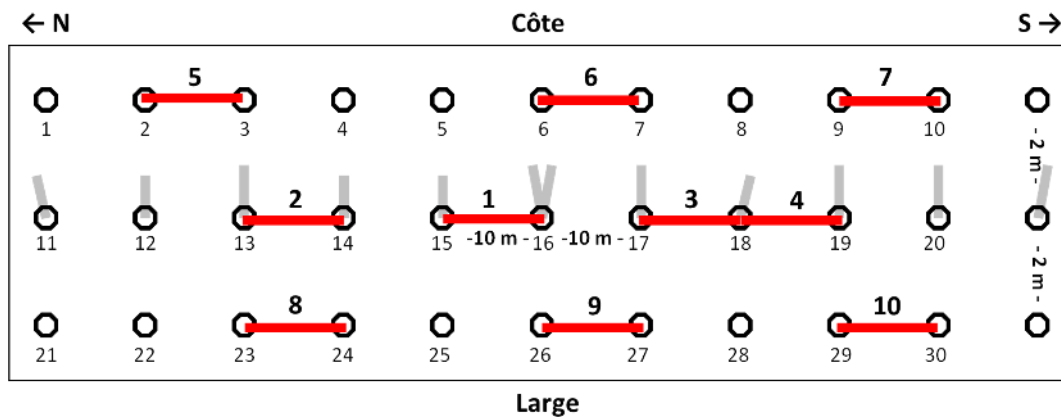


Figure 3. Plan d'échantillonnage des communautés benthiques (photos-quadrats) en 2013. Position des 10 transects photographiés par station, représentant 33 m² / station.

Dans la majorité des cas, le point central de la station, matérialisé avec 2 piquets galvanisés lors du P0, a été retrouvé pour le P1. Ceci permet de s'assurer de la reproductibilité spatiale des zones échantillonnées entre 2006/2007 et 2013.

Les protocoles retenus visent à minimiser les prélèvements. Ainsi, l'échantillonnage des peuplements benthiques avait été fait en utilisant la photographie numérique à haute résolution. Cette méthode est rapide sur le terrain, et elle a un rendu de haute qualité. Elle s'affranchit du biais de l'observateur. Enfin, cette méthode permet un archivage en temps réel de la nature des fonds marins d'une campagne sur l'autre (base photographique comparative). Lors du « point 1 », les peuplements benthiques ont été de nouveau photographiés le long de ces transects à l'aide d'un appareil photo numérique à haute résolution (Nikon D70 ; 6.2 Mégapixel) équipé d'un caisson sous-marin (Ikelite) et deux flashes réglables (Figure 4). Les réglages de l'appareil retenus sont les mêmes que pour le P0, à savoir : priorité à l'ouverture (« A ») : F18 ; longueur de focale : 24 mm ; flash principal : puissance minimum ; flash accessoire : puissance minimum.

Le cadre de dimension intérieure de 50,0 x 33,3 cm a été réutilisé en 2013 (Figure 3). Cette configuration a été conçue pour prendre 20 clichés par transect de 10 m. La totalité des clichés effectués en 2013 (1482 en pente externe ; 1860 en platier) a été sauvegardée sur le serveur de la RNMR et sur plusieurs disques durs indépendants du laboratoire ECOMAR et du MNHN.

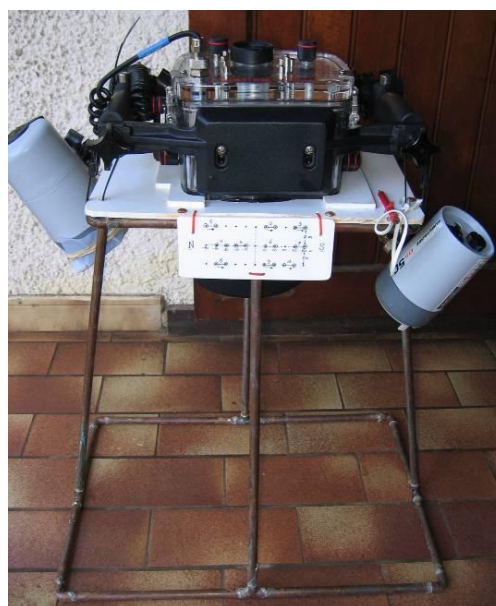


Figure 4 : Appareil photo numérique à haute résolution, équipé d'un caisson sous-marin utilisé en 2013 pour réaliser les photos-quadrats *in situ*.

Chaque cliché est ensuite identifié et enregistré en base de données par le codage suivant (4 lettres suivies de 4 chiffres). Le nom de la station est indiqué par ses trois premières lettres, le quatrième lettre identifie la zone récifale géomorphologique (*f* : platier ; *s* : pente externe). Les deux premiers chiffres identifient le transect et les deux derniers le numéro du cliché, théoriquement de 1 à 20. Par exemple, le cliché « vans0219 » est la 19^{ème} prise de vue sur le deuxième transect de la station Varangue Nord sur la pente externe. Le nombre de clichés réalisés par station est reporté dans le Tableau 2.

Tableau 2. Synthèse du nombre de clichés photographiques disponibles par station et sites réalisé en 2013.

Stations	Abréviation	Nbre de clichés photographiques 2013
Villas du Lagon	VILF	229
Sanctuaire Nord	SANF	264
Sanctuaire Sud	SASF	245
Le Kabanon (Trou d'Eau)	KABF	283
Sanctuaire Nord	SANS	162
Sanctuaire Sud	SASS	240
Souris Blanche Nord	SBNS	105
Souris Blanche Sud	SBSS	200
Varangue Nord	VANF	232
Varangue Sud	VASF	265
Kiosques	KIOF	184
Marine	MARF	158
Varangue Nord	VANS	199
Varangue Sud	VASS	197
Cimetière	CIMS	195
Marine	MARS	184
PLATIER		1860
PENTES EXTERNES		1482
TOTAL		3342

Analyse des clichés photographiques benthiques

Comme pour le Point 0, chaque cliché est analysé avec le Logiciel Coral Point Count with Excel extension ® (CPCe) développé par Kevin KOHLER (*“National Coral Reef Institute”*), en Floride (Kohler & Gill 2006). La dernière version de CPCe 4.1 a été téléchargée et utilisée en 2013 en se référant à la liste des catégories benthiques adaptées aux spécificités de la Réunion. Cette grille spécifique (Annexe 1) a été établie, testée et validée lors du Point 0 par l'équipe des benthologues (Vianney DENIS, Lionel BIGOT, Mireille GUILLAUME, Henrich BRUGGEMANN et Odile NAIM). La liste hiérarchisant les catégories benthiques (Annexe 1) comporte les coraux durs, coraux mous, algues endolithes, algues corallinacées, gazons algaux, macro-algues, cyanobactéries, éponges, autres organismes sessiles, autres organismes mobiles et catégories inconnues. Chaque catégorie regroupe les genres (et parfois les espèces) identifiables. Cette liste peut être aisément complétée avec des taxa nouvellement rencontrés. L'ensemble des fichiers nécessaires pour l'installation de ce logiciel et son utilisation dans le cadre réunionnais sera fourni avec le rapport définitif. Le logiciel se réfère à la liste des catégories benthiques organisée avec ses codes de couleur, nommée « Reunion benthos codes 161106_40 ».

Un nombre déterminé de points est projeté de façon aléatoire sur les images (Figure 5). Suite aux différentes phases de test effectuées lors du P0, un **total de 30 points / photo** a été retenu lors des analyses qui seront effectuées en 2013 (nombre satisfaisant pour réaliser l'analyse statistique). Cinq photos par transect ont été analysées, dans lesquelles 30 points ont donc été échantillonnés. **Un total de 1500 points d'échantillonnage par station** permet ainsi de décrire les types de peuplements benthiques rencontrés. Pour les stations où, en raison de contraintes logistiques, les transects photographiés n'atteignaient pas les 10 convenus, le nombre de photos analysées par transect a été augmenté afin d'atteindre 50 photos par station.

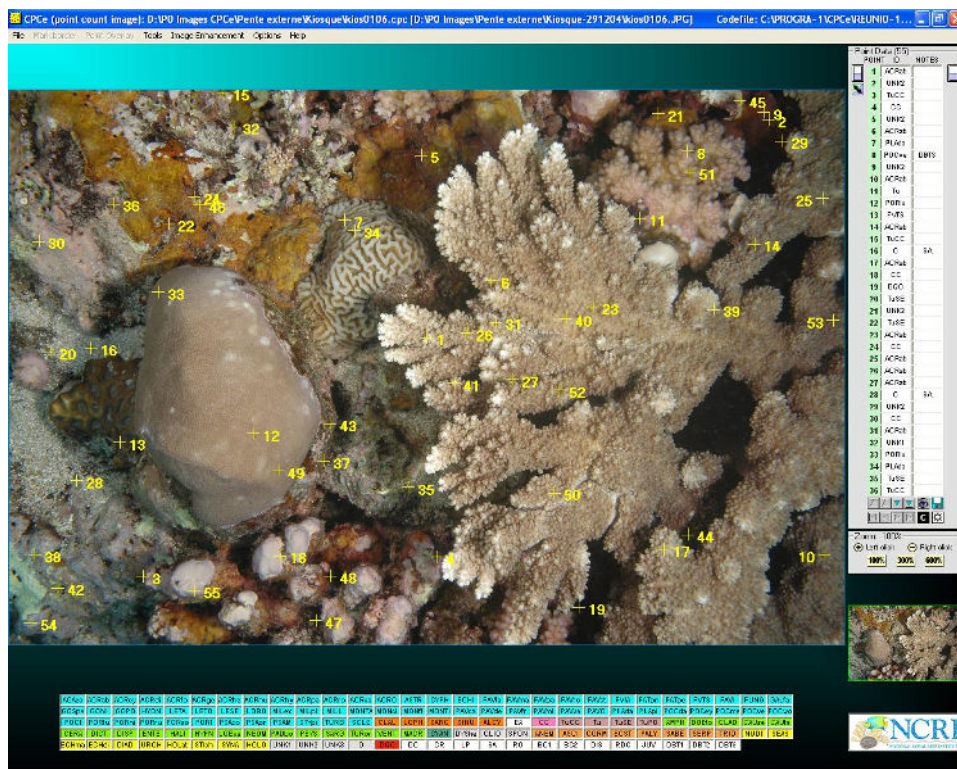


Figure 5. Exemple de photographie des peuplements benthiques de pente externe en cours de traitement dans le logiciel Coral Point Count®.

Les organismes ainsi sélectionnés sont identifiés à partir des catégories benthiques préalablement définies. Les déterminations ont été effectuées au niveau le plus avancé possible. Dans la majorité des cas elles sont effectuées au niveau générique, et dans quelques cas au niveau spécifique.

A chaque niveau taxonomique, les calculs des différents paramètres descriptifs (taux de recouvrement) sont effectués automatiquement à partir de la proportion des points projetés sur les taxons. Ces calculs peuvent être regroupés par cliché, par transect ou pour l'ensemble des transects par station. Le traitement des données automatisé fournit des statistiques descriptives et permet théoriquement de détecter des changements de ~10% dans les taux de recouvrement corallien et benthique.

L'analyse des peuplements benthiques a été effectuée à l'aide du logiciel Primer version 6.1.9 sur les catégories benthiques majeures. Des tests ANOVA ont été effectués avec le logiciel SPSS version 20 sur quatre de ces catégories benthiques (coraux durs, coraux mous, gazons algaux et macro-algues).

Pour les analyses statistiques, les données ont été transformées en log10 (ou en log10 + 1) pour améliorer la distribution des valeurs et assurer, dans la plupart des cas, l'homogénéité des groupes. Les tests ANOVA ont été utilisés pour comparer P0 et P1, le nombre élevé de

réplicats a permis d'assurer leur robustesse dans le cas où la normalité n'était pas vérifiée. Dans ce rapport sont présentées les moyennes $\pm$ erreurs standard (= écart type / racine carré de nombre de cas).

Dans la recherche de l'effet réserve, nous avons comparé, pour les mêmes stations échantillonnées, les résultats obtenus lors du P0 (2006/2007) et du P1 (2013).

III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Peuplements de poissons

Pour les poissons, les différents paramètres sont analysés sont :

- la diversité, indicateur de la qualité de l'habitat ;
- la biomasse en espèces d'intérêt halieutique (commerciales), indicateur de la pression de pêche.
- la biomasse totale, indicateur de la pression de pêche, les espèces commerciales représentant la majeure partie de la biomasse totale du peuplement ichthyologique ;
- la biomasse des herbivores, indicateur de résilience de l'écosystème, les herbivores en se nourrissant d'algues limitent leur prolifération ;

la biomasse des balistes, indicateur du bon fonctionnement de l'écosystème. Les balistes, en se nourrissant d'oursins, limitent leur prolifération et la bioérosion des récifs.

III.1.1. Diversité ichthyologique

La diversité totale par station est plus forte sur les pentes externes que sur les platiers (ANOVA : $F_{1,30} = 12,60$; $P = 0,001$). Elle est comprise entre 48 et 65 espèces sur le platier interne, et 58 et 90 espèces sur la pente externe (Figure 6).

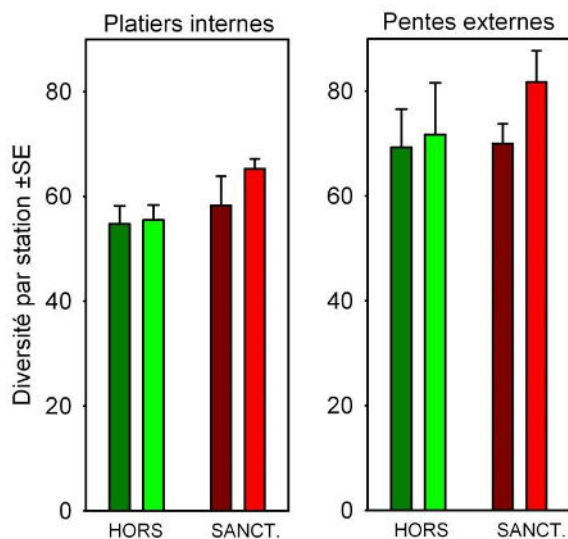


Figure 6. Diversité ichthyologique totale par station. Moyennes ($\pm$ erreur standard) par zone (platier interne vs. pente externe) et niveau de protection (HORS : hors et SANC : à l'intérieur des sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013).

Bien qu'une tendance d'augmentation de la biodiversité semble se dessiner, il n'y a pas de différence significative en diversité entre le P0 et le P1 sur l'ensemble des stations.

Une analyse incluant l'ensemble des secteurs d'étude et les zones géomorphologiques montre que sur les platiers internes, la diversité spécifique est un peu plus élevée à Saint-Leu qu'à La Saline (Figure 7), mais cette différence n'est pas significative.

Sur les stations de platier, il n'y a pas d'effet du temps ou de la protection. Cependant, l'interaction secteur*temps (ANOVA : $F_{3,58} = 6,29$; $P = 0,036$) témoigne d'une augmentation

de la diversité ichthyologique sur le platier de La Saline depuis 2006/2007, tandis qu'à Saint-Leu, la diversité des poissons n'a pas évolué depuis le P0 (Figure 7).

Sur les pentes externes, les stations à Saint-Leu abritent une biodiversité en poissons plus élevée qu'à La Saline (ANOVA : $F_{1,14} = 27,88$; $P = 0,000$). Sur ces deux secteurs, il n'y a pas d'effet du temps, ni de la protection sur la diversité ichthyologique. Cependant à Saint-Leu, une augmentation significative de la diversité des poissons est observée (ANOVA : $F_{1,6} = 7,77$; $P = 0,032$) dans l'ensemble des zones (sanctuaire et zone pêchée)

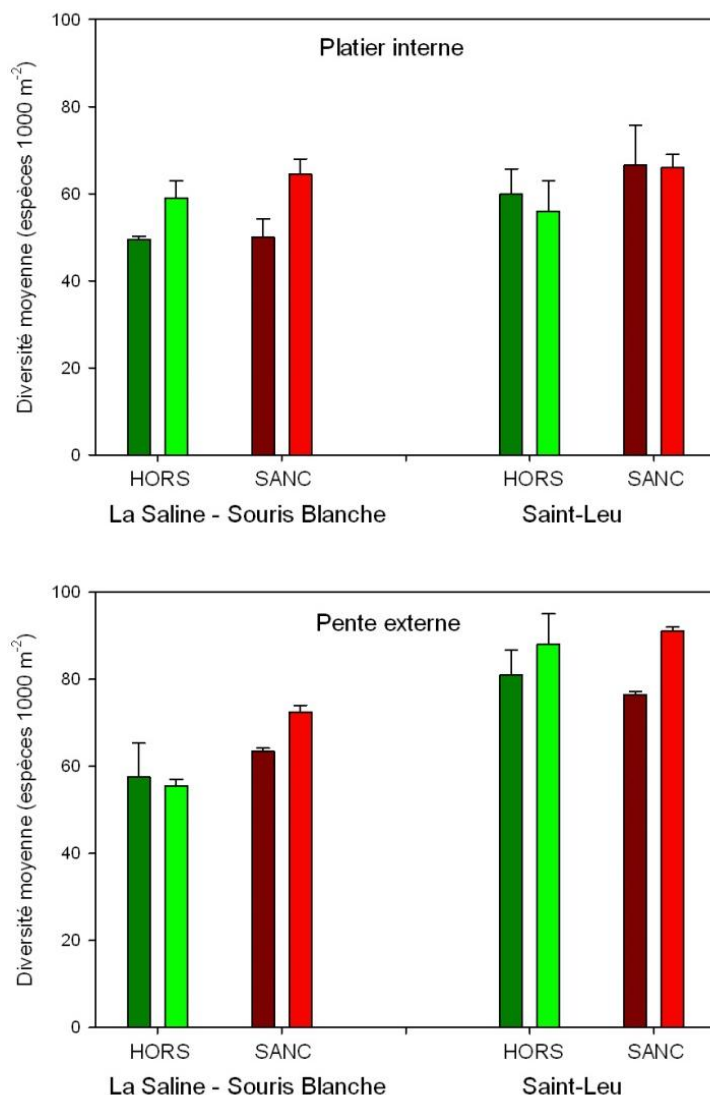


Figure 7. Diversité ichthyologique totale par station. Moyennes ($\pm$ erreur standard) par zone (platier interne vs. pente externe), secteur (La Saline-Souris Blanche vs. Saint-Leu) et niveau de protection (HORS : hors et SANC : à l'intérieur des sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013).

III.1.2. Biomasse ichthyologique

III.1.2.1. Biomasse totale

De manière générale, la biomasse totale des poissons en 2013 (Figure 8) est plus élevée sur les pentes externes que sur les platiers internes (667 ± 76 kg/ha et 358 ± 46 kg/ha respectivement) (ANOVA, effet zone : $F_{1,127} = 18,49$; $P = 0,000$).

La biomasse totale moyenne (toutes zones, secteurs et niveaux de protection confondus) est significativement plus élevée lors du P1 (512 ± 48 kg/ha) que durant le P0 (388 ± 56 kg/ha) (ANOVA : $F_{1,126} = 5,99$; $P = 0,017$). De plus, des interactions significatives entre zone*protection*temps ont été observées (ANOVA: $F_{5,122} = 4,17$; $P = 0,043$). Sur les pentes externes, la biomasse totale augmente de manière significative dans les sanctuaires alors qu'elle diminue dans les zones hors sanctuaires. Sur les platiers il y a une tendance à l'augmentation de la biomasse sans effet de la protection.

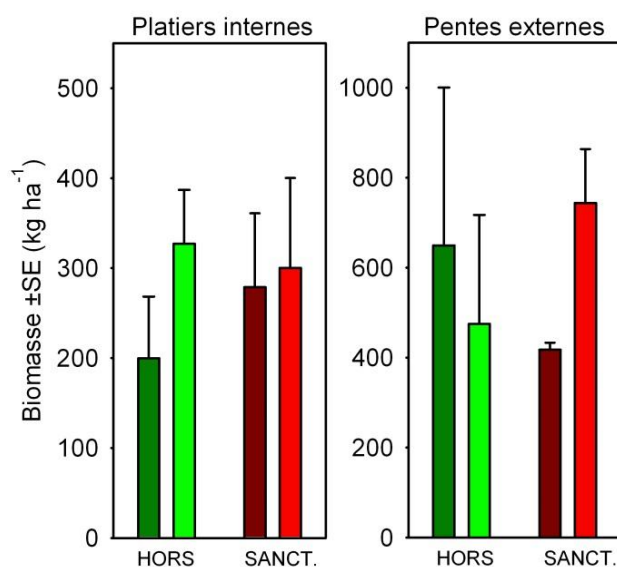


Figure 8. Moyennes ($\pm$ erreur standard) de la biomasse totale par zone (platiers internes vs. pentes externes) et niveau de protection (hors et dans les sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013). Noter la différence d'échelle entre les ordonnées.

Une analyse multivariée des peuplements ichthyologiques ciblée dans les sanctuaires des pentes externes montre une tendance à un regroupement des relevés du P1 par rapport aux relevés du P0 (Figure 9). Il faut rappeler ici que, lors du P0, les relevés se séparaient par secteur géographique (La Saline vs. Saint-Leu, Bruggemann et al. 2008, page 58, Fig. 41), structuration qu'on ne retrouve plus aujourd'hui. Les relevés du P1 se distinguent par une augmentation de la biomasse chez plusieurs familles de poissons, particulièrement notable chez les poissons chirurgiens (Acanthuridae), mérours (Serranidae), poissons soldats (Holocentridae) et balistes (Balistidae) (ANOSIM : $R = 0,542$; $P = 0,057$). Le fait que les peuplements de poissons dans les sanctuaires en 2013 se différencient de ceux présents en 2006/2007 témoigne que l'effet réserve est bien réel dans les sanctuaires et non un artefact lié aux variations naturelles d'un site ou l'autre.

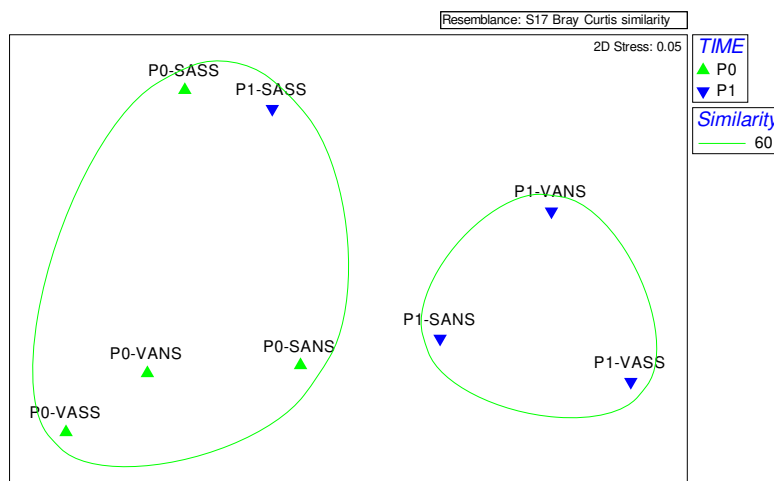


Figure 9. Ordination MDS des peuplements ichthyologiques dans les sanctuaires des pentes externes. P0 : 2006/2007, P1 : 2013 ; SANS/SASS = stations sanctuaire nord/sud pente externe à La Saline ; VANS/SASS = stations varangue nord/sud (=sanctuaire) pente externe à Saint-Leu.

Lorsque la comparaison est faite par secteur et zone géomorphologique, la biomasse totale (toutes espèces et tailles confondues) en 2013 varie de 136 kg/ha sur la pente externe de Souris Blanche Sud à 1266 kg/ha sur la pente externe de Cimetière.

Pour toutes zones géomorphologiques et niveaux de protection confondus, les stations à La Saline abritent généralement une biomasse totale plus faible (Figure 10) que celles de Saint-Leu (407 $\pm$ 81 kg/ha et 618 $\pm$ 149 kg/ha respectivement). Cependant, cette différence n'est pas significative (ANOVA: $F_{1,127} = 3,596$; $P = 0,060$).

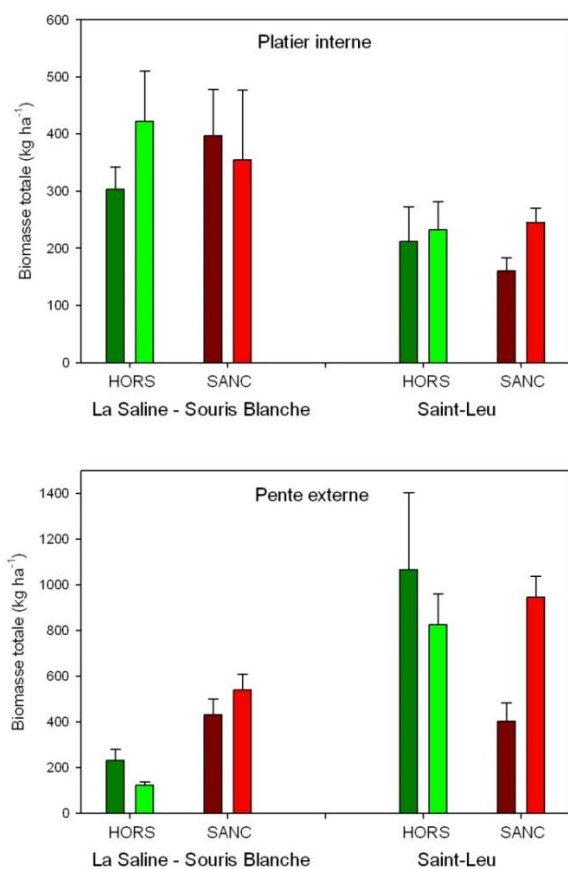


Figure 10. Moyennes ($\pm$ erreur standard) de la biomasse totale par zone (platier interne vs. pente externe), secteur (La Saline-Souris Blanche vs. Saint-Leu) et niveau de protection (HORS : hors et SANC : à l'intérieur des sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013). Noter la différence d'échelle entre les ordonnées.

Cependant, il existe une interaction significative entre secteur et zone : les platiers récifaux de La Saline ont une biomasse plus élevée qu'à Saint-Leu, tandis que les pentes externes à Saint-Leu abritent une biomasse plus élevée que celles à La Saline (ANOVA : $F_{3,125} = 44,35$; $P = 0,000$; Figure 10).

L'analyse statistique montre également des interactions significatives entre secteur*protection ($P = 0,005$) et secteur*temps ($P = 0,019$). En effet, l'évolution de la biomasse des poissons varie entre les sanctuaires à Saint-Leu et ceux à La Saline, avec notamment une augmentation de la biomasse totale plus marquée dans les sanctuaires à Saint-Leu. On note également une tendance à la baisse de la biomasse dans les zones pêchées (hors sanctuaires).

III.1.2.2. Biomasse des herbivores

Une analyse globale de la biomasse totale des poissons herbivores montre une tendance à l'augmentation sur les platiers hors sanctuaire alors que cette augmentation n'est visible sur les pentes externes qu'en zone sanctuaire (Figure 11).

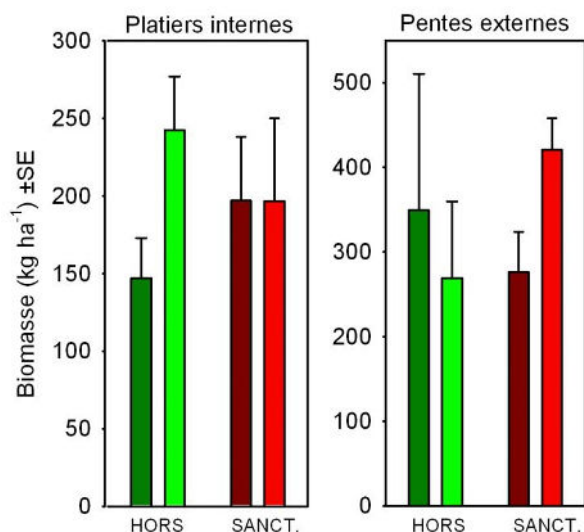


Figure 11. Moyennes ($\pm$ erreur standard) de la biomasse des poissons herbivores par zone (platiers internes vs. pentes externes) et niveau de protection (hors et dans les sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013). Noter la différence d'échelle entre les ordonnées.

La dominance des herbivores dans le réseau trophique est un signe de dégradation récifale et de surexploitation du milieu (Harmelin-Vivien 1992). Lors du P0, 69% de la biomasse totale des poissons sur les platiers avait un régime herbivore. Lors du P1, cette proportion n'est que 61% pour le P1, en dépit de l'augmentation de la biomasse totale des herbivores. La faible diminution de la proportion d'herbivores sur les platiers entre P0 et P1 est encourageante, elle peut être un signe d'une récupération du réseau trophique récifal.

Sur les pentes externes, on observe également une légère diminution non significative de la proportion de la biomasse totale des poissons herbivores entre P0 et P1 (59% et 52% respectivement).

Des interactions significatives temps*protection s'observent sur la pente externe mais pas sur les platiers récifaux où il n'y a pas d'effet de temps (P0 vs. P1) ou de niveau de protection sur la biomasse totale des herbivores. En revanche sur les pentes externes, la protection a un effet significatif (ANOVA : $F_{1,63} = 9,68$; $P = 0,003$), la biomasse ayant diminué sur les stations ouvertes à la pêche et augmenté dans les sanctuaires (Fig. 11). Les Acanthuridae contribuent le plus à cette augmentation de la biomasse depuis 2006/2007, notamment les espèces

Ctenochaetus striatus, *Acanthurus nigricauda* et *A. triostegus* (brouleurs de gazons algaux), ainsi que *Naso elegans* (brouleur de grandes algues molles)

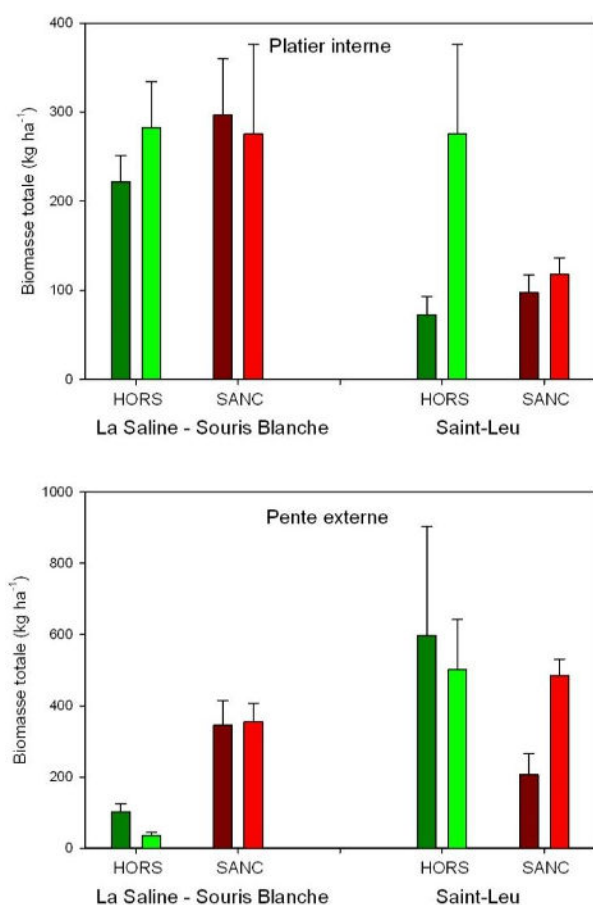


Figure 12. Moyennes ($\pm$ erreur standard) de la biomasse des poissons herbivores par zone (platier interne vs. pente externe), secteur (La Saline-Souris Blanche vs. Saint-Leu) et niveau de protection (HORS : hors et SANC : à l'intérieur des sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013).

Sur les platiers, les stations du secteur La Saline abritent une biomasse d'herbivores plus élevée que celles du secteur Saint-Leu (ANOVA : $F_{1,63} = 21,22$; $P = 0,000$; Figure 12). Cette différence est due principalement à la forte présence des poissons demoiselles territoriaux appartenant au genre *Stegastes*, présents sur les coraux branchus morts (*Acropora muricata*) et recouverts d'algues, facies très commun sur les platiers à La Saline.

L'interaction temps*protection (ANOVA : $F_{3,60} = 4,08$, $P = 0,048$) montre que la biomasse totale des herbivores a augmenté en dehors les zones sanctuaires et diminué dans les sanctuaires, bien qu'à La Saline qu'à Saint-Leu (Figure 12).

L'interaction temps*secteur (ANOVA : $F_{3,60} = 5,35$; $P = 0,024$) montre que l'évolution de la biomasse des herbivores est différente entre les deux secteurs géographiques, avec une augmentation dans les zones hors sanctuaire plus forte à Saint-Leu qu'à La Saline.

Sur les pentes externes, on note la très faible biomasse en poissons herbivores sur les stations hors réserve à La Saline (Souris Blanche nord et sud), cause d'un effet significative du niveau de protection (ANOVA : $F_{1,63} = 17,31$; $P = 0,000$) et du secteur (ANOVA : $F_{1,63} = 20,61$; $P = 0,000$). L'interaction significative entre protection*secteur (ANOVA : $F_{3,61} = 25,17$; $P = 0,000$) s'explique par une diminution de la biomasse des herbivores sur les stations ouvertes à

la pêche à La Saline tandis que la biomasse a augmenté dans le sanctuaire à Saint-Leu depuis le P0 (Figure 12).

Il existe de fortes variations dans l'évolution des espèces herbivores au niveau fonctionnel. En effet différents types d'herbivores sont observés en fonction de leur type de nourrissage (annexe 2) : les brouteurs de grandes algues (algues molles), les brouteurs de petites algues (gazon algal), les racleurs et les excavateurs. Chacun d'eux assure des rôles différents et complémentaires : (i) les excavateurs érodent des squelettes coralliens morts, (ii) les racleurs suppriment les gazons algaux et les sédiments associés, laissant les surfaces propres pour le recrutement des organismes sessiles, (iii) les brouteurs des gazons algaux / détritivores réduisent la biomasse des gazons algaux mais sans aucune perturbation à la surface du récif sous-jacent, (iv) les brouteurs des algues molles. Alors que les excavateurs, gratteurs et brouteurs des gazons algaux se nourrissent tous sur la matrice d'algues épilithiques, les brouteurs des grandes algues sont les espèces capables de réduire la biomasse des macroalgues charnues (Bellwood et al. 2006, Johannson et al. 2013).

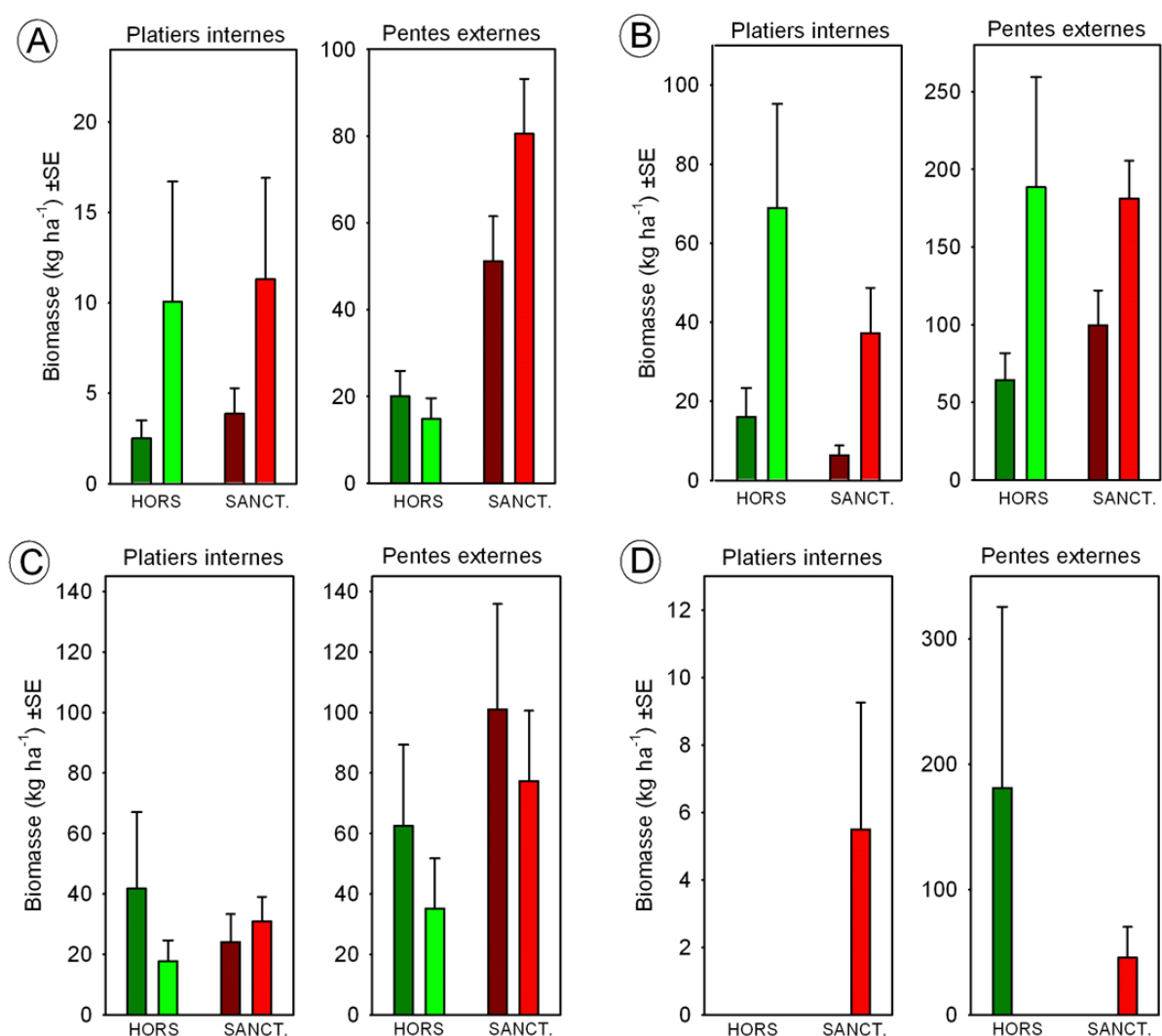


Figure 13. Biomasse des différents groupes fonctionnels de poissons herbivores : A) brouteurs des algues molles, B) brouteurs des gazons algaux, C) racleurs, et D) excavateurs. Moyennes ($\pm$ erreur standard) par zone (platier interne vs. pente externe) et niveau de protection (HORS : hors et SANC : à l'intérieur des sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013). Noter la différence d'échelle entre les ordonnées.

Une analyse multivariée (Primer) de la biomasse des groupes fonctionnels d'herbivores montre un effet de zone (ANOSIM : $R = 0,212$; $P = 0,002$) : les pentes externes se distinguent des platiers par une biomasse plus élevée de tous les groupes fonctionnels (Figure 13A).

Sur les platiers, il n'y a pas d'effet de secteur ou de protection, mais un effet significatif du temps (ANOSIM : $R = 0,269$; $P = 0,020$) : les biomasses des brouteurs des algues molles, brouteurs des gazons et racleurs sont plus élevées en 2013 comparées à 2006/2007, avec notamment une augmentation marquée des brouteurs des gazons algaux (Figures 13A, B, C et 14B).

Sur les pentes externes, on observe un effet de la protection sur la composition fonctionnelle des herbivores (ANOSIM : $R = 0,217$; $P = 0,024$) : les sanctuaires se distinguent des zones pêchées par un pourcentage équilibré des différents groupes fonctionnels à l'intérieur des peuplements d'herbivores, notamment en 2013 (Figure 14C).

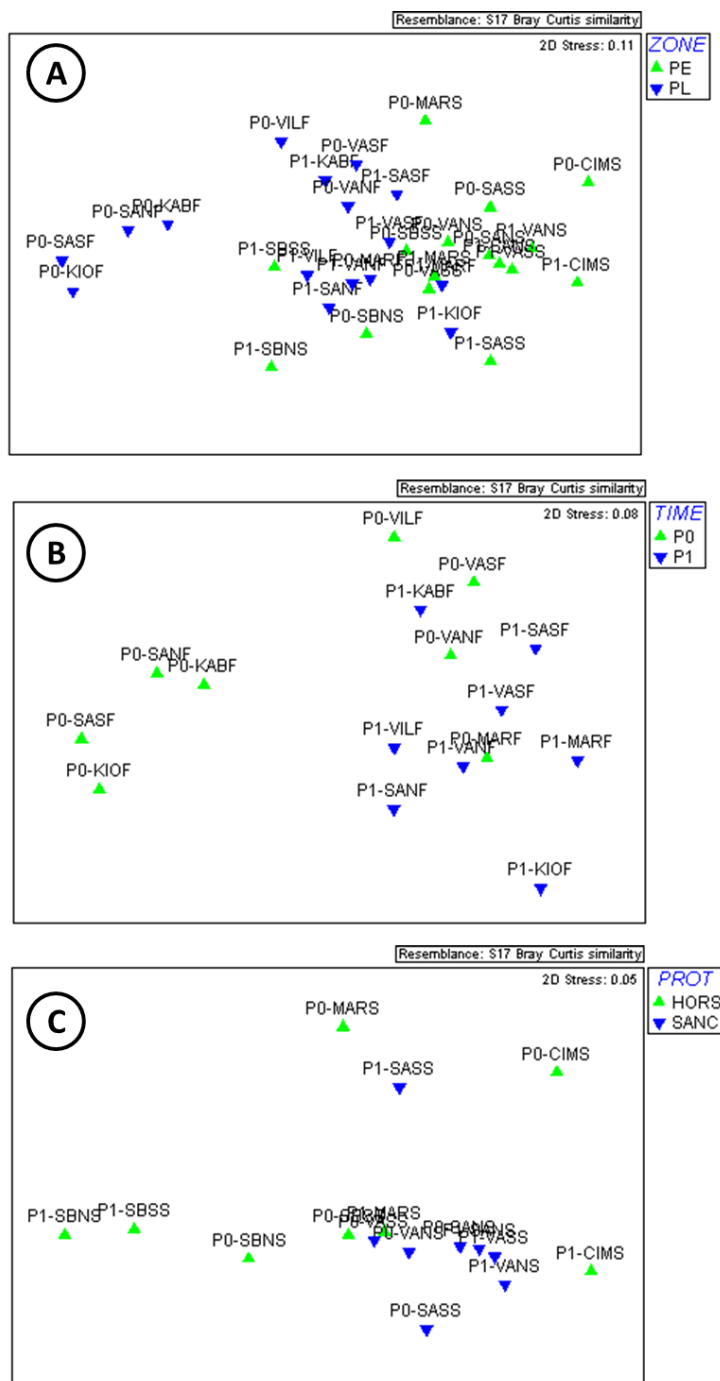


Figure 14. Ordination MDS de la composition des groupes fonctionnels d'herbivores. A) Comparaison des zones récifales ; B) Platiers : comparaison entre P0 et P1 ; C) Pentes externes : comparaison entre sanctuaires et zones pêchées.

Un dernier groupe de poissons herbivores se distingue par le fait qu'ils cultivent des gazons algaux, souvent au détriment des coraux vivants qu'ils peuvent blesser pour les fragiliser et augmenter leur territoire algal. Ils défendent également ardemment leur territoire contre d'autres consommateurs d'algues. Ce sont certaines espèces de demoiselles (Pomacentridae) du genre *Stegastes* qui sont largement inféodés aux coraux branchus (*S. nigricans*, *S. punctatus*) ou massifs (*S. limbatus*).

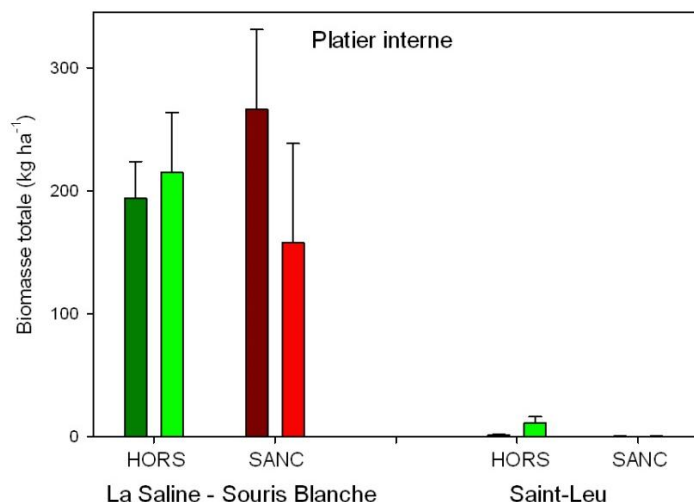


Figure 15. Biomasse des *Stegastes* (Pomacentridae) sur les platiers. Moyennes ($\pm$ erreur standard) par zone (platier interne vs. pente externe) et niveau de protection (HORS : hors et SANC : à l'intérieur des sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013).

Une diminution significative de la biomasse des *Stegastes* est observée sur les stations à l'intérieur du sanctuaire à La Saline. Cette diminution pourrait être liée à celle du taux de recouvrement corallien observé sur ces stations (voir Figure 24A).

III.1.2.3. Biomasse des espèces « clés » : les balistes

La biomasse des balistes est significativement plus élevée sur les pentes externes que sur les platiers (ANOVA : $F_{1,127} = 55,99$; $P = 0,000$), cette tendance s'accroissant en 2013 (Figure 16). Sur les platiers, elle est significativement plus élevée en 2013 que lors du P0 (ANOVA : $F_{3,60} = 8,33$; $P = 0,005$) et plus élevée dans les sanctuaires qu'en dehors (ANOVA : $F_{3,60} = 15,33$; $P = 0,000$; Figure 10). Sur les pentes externes, la biomasse des balistes a nettement augmenté entre P0 et P1 (ANOVA : $F_{3,60} = 53,82$; $P = 0,000$), mais on ne détecte pas d'effet de protection sur ces biomasses.

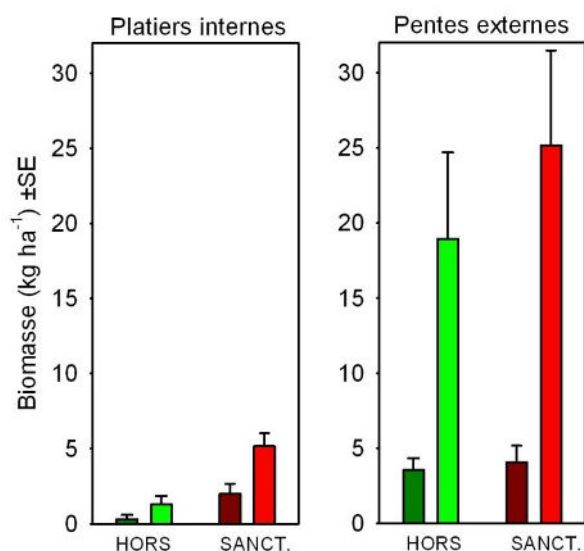


Figure 16. Moyennes ($\pm$ erreur standard) de la biomasse des Balistidae par zone (platiers internes vs. pentes externes) et niveau de protection (hors et dans les sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013).

Une évolution entre P0 et P1 est également observée en ce qui concerne la diversité des Balistidae. Lors du P0, quatre espèces de balistes ont été recensées sur les stations revisitées en 2013 (*Rhinecanthus aculeatus*, *R. rectangulus*, *Sufflamen bursa* et *S. chrysopterum*). Lors du P1, la diversité totale était de huit espèces, avec quatre espèces nouvellement recensées sur les stations : *Balistoides conspicillum*, *B. viridescens*, *Pseudobalistes fuscus* et *Sufflamen fraenatus*. Deux espèces communes, *Sufflamen bursa* et *S. chrysopterum*, ont contribué le plus à la forte augmentation en biomasse des Balistidae entre P0 et P1 (Annexe 4). Cette augmentation de la biomasse et de la diversité des balistes est un bon signe pour l'écosystème récifal, les balistes pouvant par prédation réguler les populations d'oursins qui, à forte densité, peuvent avoir une action érosive néfaste sur l'écosystème.

III.1.2.4. Biomasse des espèces d'intérêt halieutique

Les pentes externes abritent une biomasse d'espèces d'intérêt halieutique significativement plus élevée que les platiers internes (ANOVA : $F_{1,126} = 11,74$; $P = 0,001$) (Figure 17).

Sur les platiers, la biomasse de ces espèces est plus forte à P1 que P0 (ANOVA : $F_{3,60} = 5,07$; $P = 0,028$) quel que soit le niveau de protection, l'augmentation étant similaire dans et hors sanctuaires. En revanche sur les pentes externes, la biomasse des poissons d'intérêt halieutique a augmenté très fortement dans les sanctuaires, mais n'a pas évolué depuis 2006/2007 dans les zones hors sanctuaires (ANOVA's : effet temps : $F_{3,60} = 21,40$; $P = 0,000$; effet protection : $F_{3,60} = 4,72$; $P = 0,034$; interaction temps*protection : $F_{3,60} = 13,78$; $P = 0,000$).

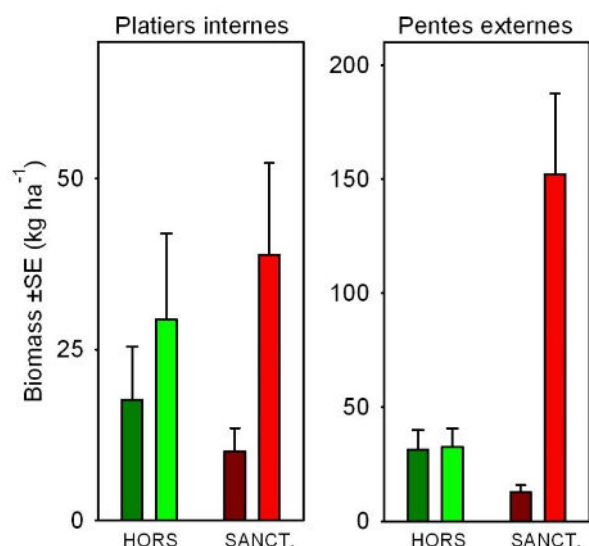


Figure 17. Moyennes ($\pm$ erreur standard) de la biomasse des poissons d'intérêt halieutique par zone (platiers internes vs. pentes externes) et niveau de protection (hors et dans les sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013).

Une analyse multivariée au niveau des familles ne montre pas de changement significatif de la composition de ce groupe de poissons sur les platiers internes, bien que les stations platiers à La Saline abritent une biomasse de Mullidae plus élevée qu'à Saint-Leu. Sur les pentes externes, un changement significatif des peuplements de poissons d'intérêt halieutique (ANOSIM : $R = 0,205$; $P = 0,028$) est principalement due à une augmentation de la biomasse des Serranidae, qui est maximale dans les stations du sanctuaire de Saint-Leu.

L'analyse multivariée de la biomasse des espèces appartenant à la famille Mullidae, montre un fort effet de zone (ANOSIM : Global $R = 0,308$; $P = 0,001$) : les espèces *Mulloidichthys auriflamma* et *M. flavolineatus* ont une biomasse plus élevée sur les platiers internes, tandis que *Parapuneus trifasciatus* et *P. macronemus* sont plus abondants sur les pentes externes. Une différence significative est observée entre P0 et P1 (ANOSIM : $R = 0,147$; $P = 0,007$). L'augmentation de la biomasse des espèces *Parapuneus trifasciatus*, *Mulloidichthys auriflamma*, *M. flavolineatus* et *Parapuneus macronemus* contribuent à cette différence. Par contre, il n'y a pas d'effet significatif du niveau de protection, l'augmentation de la biomasse des Mullidae étant recensée dans et hors les sanctuaires.

La biomasse des espèces appartenant à la famille des Serranidae diffère également entre les zones récifales (ANOSIM : Global $R = 0,708$; $P = 0,001$). *Epinephelus merra* est rencontré uniquement sur les platiers internes tandis que les espèces *Cephalopholis urodeta* et *Variola louti* caractérisent les pentes externes. Sur l'ensemble des relevés de toutes les stations, il n'y a pas de variation entre P0 et P1 (ANOSIM : $R = -0,008$; $P = 0,465$), ni au niveau de la protection (ANOSIM : $R = -0,016$; $P = 0,553$). Cependant une analyse des peuplements de Serranidae dans les sanctuaires montre une différence significative entre les relevés P0 et P1 (ANOSIM : $R = 0,417$; $P = 0,03$). En effet une forte augmentation de la biomasse de *V. louti* est observée sur les pentes externes, et à un degré moindre, de *C. urodeta*.

Si on compare la biomasse de l'ensemble d'espèces commerciales entre secteurs, on observe que celle-ci est plus élevée sur le platier interne du secteur de La Saline qu'à Saint-Leu (ANOVA : $F_{3,60} = 13,69$; $P = 0,000$; Figure 13). Sur l'ensemble des stations de platiers, leur biomasse a augmenté entre P0 et P1.

Sur la pente externe, les facteurs temps, secteur et protection influencent la biomasse des espèces ciblées par la pêche. Sur les pentes externes de La Saline/Souris Blanche, leur biomasse a tendance à diminuer dans les zones ouvertes à la pêche et à augmenter dans les sanctuaires, mais ces tendances ne sont pas significatives. En revanche à Saint-Leu, la biomasse des poissons commerciaux a augmenté significativement entre P0 et P1 (ANOVA : $F_{1,30} = 42,00$; $P = 0,000$) et notamment dans les zones sanctuaires où cette augmentation a été très forte (de 10 à 223 kg/ha ; ANOVA interaction temps*protection : $F_{1,30} = 16,82$; $P = 0,000$).

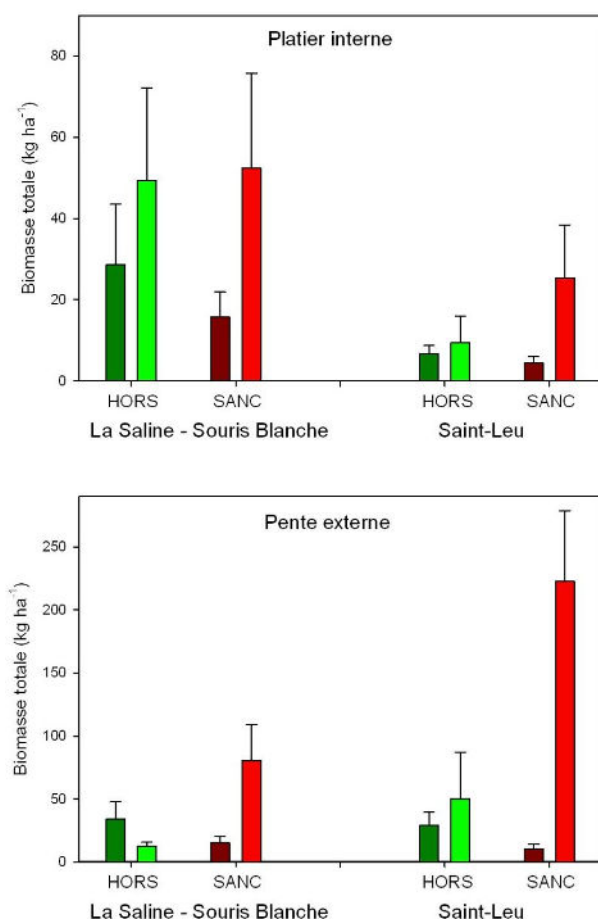


Figure 18. Moyennes ($\pm$ erreur standard) de la biomasse des poissons d'intérêt halieutiques par zone (platier interne vs. pente externe), secteur (La Saline-Souris Blanche vs. Saint-Leu) et niveau de protection (HORS : hors et SANC : à l'intérieur des sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013). Noter la différence d'échelle entre les ordonnées.

La biomasse des espèces commerciales augmente donc sur l'ensemble des sanctuaires aussi bien sur le platier que sur la pente externe où l'effet réserve est plus marqué.

III.1.2.5. Comparaison régionale de la biomasse ichthyologique

Si on compare la biomasse moyenne des poissons recensée lors du point 1 avec celle présente dans d'autres pays de la zone occidentale de l'Océan Indien (Figure 9, in McClanahan et al., 2011), on constate que la biomasse dans la réserve marine à La Réunion est supérieure à celle observée sur les récifs de Maurice, mais toujours plus faible que dans la plupart des autres pays de la zone (Figure 19).

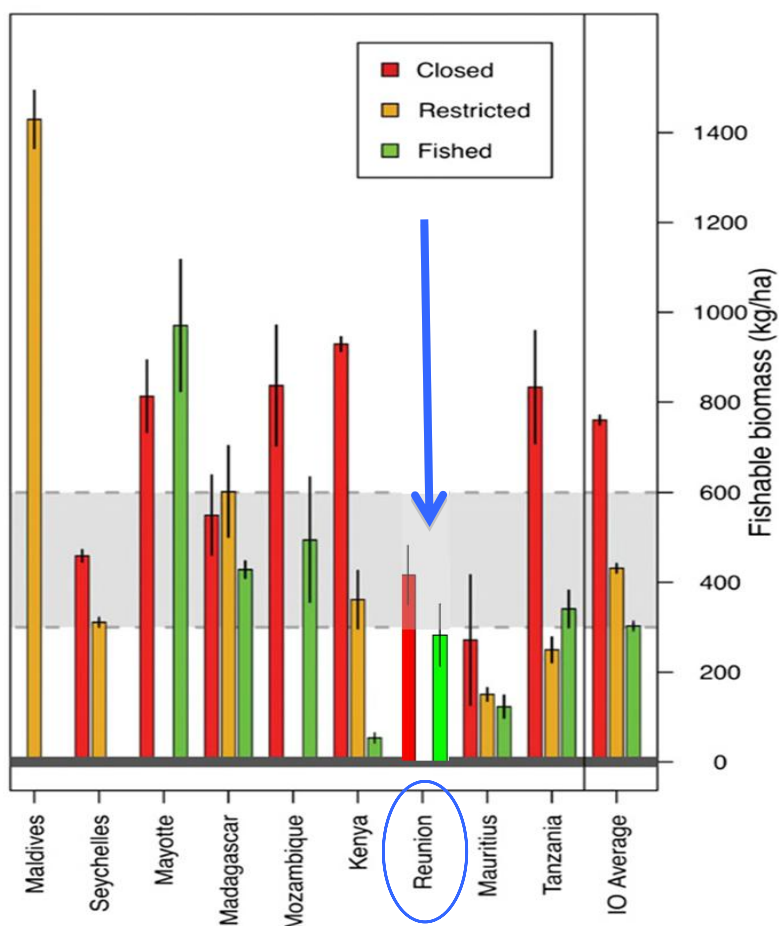


Figure 19. Biomasse des poissons récifaux accessibles aux pêcheries (incluant les individus ≥ 10 cm de taille pour toutes les espèces sauf les Pomacentridae) dans différents pays de l'Océan Indien occidental en fonction de niveau de protection (McClanahan et al., 2011). A La Réunion, les biomasses sont celles recensées lors du « point 1 » (2013).

En comparant avec les résultats obtenus dans les **Iles Eparses à Europa** dans le cadre du programme BioReCIE (programme INEE-CNRS 2011-2013), on observe que les indicateurs d'état de santé des récifs y sont nettement plus élevés qu'à La Réunion, notamment pour la **biomasse moyenne en poissons (3500 kg/ha à Europa en 2011 vs 512 kg/ha à La Réunion en 2013)**, soit environ 7 fois plus élevée qu'à La Réunion. Ceci permet de donner un ordre de grandeur quant aux valeurs de biomasses obtenues sur une île où la pêche est interdite et contrôlée depuis plusieurs décennies.

III.2. Diversité corallienne

Les données récoltées lors des parcours aléatoires effectués pour recenser la diversité corallienne (Scléractiniaires + Milleporidae) sont présentées en annexe 1.

Une première analyse globale de la diversité corallienne locale (mesure de l'alpha diversité) a été effectuée au sein de chaque zone récifale, soit sur 8 stations de platiers et 8 stations de pentes externes. **90 espèces** ont été recensées sur les platiers et **112 espèces** en pentes externes appartenant à une vingtaine de familles. Ce sont essentiellement des Acroporidae, des Pocilloporidae, des Poritidae et des Faviidae (cf. annexe 1).

Une évaluation de la richesse spécifique globale sur les deux zones récifales (Figure 20) montre que l'échantillonnage réalisé a permis de recenser la plupart des espèces coralliennes présentes.

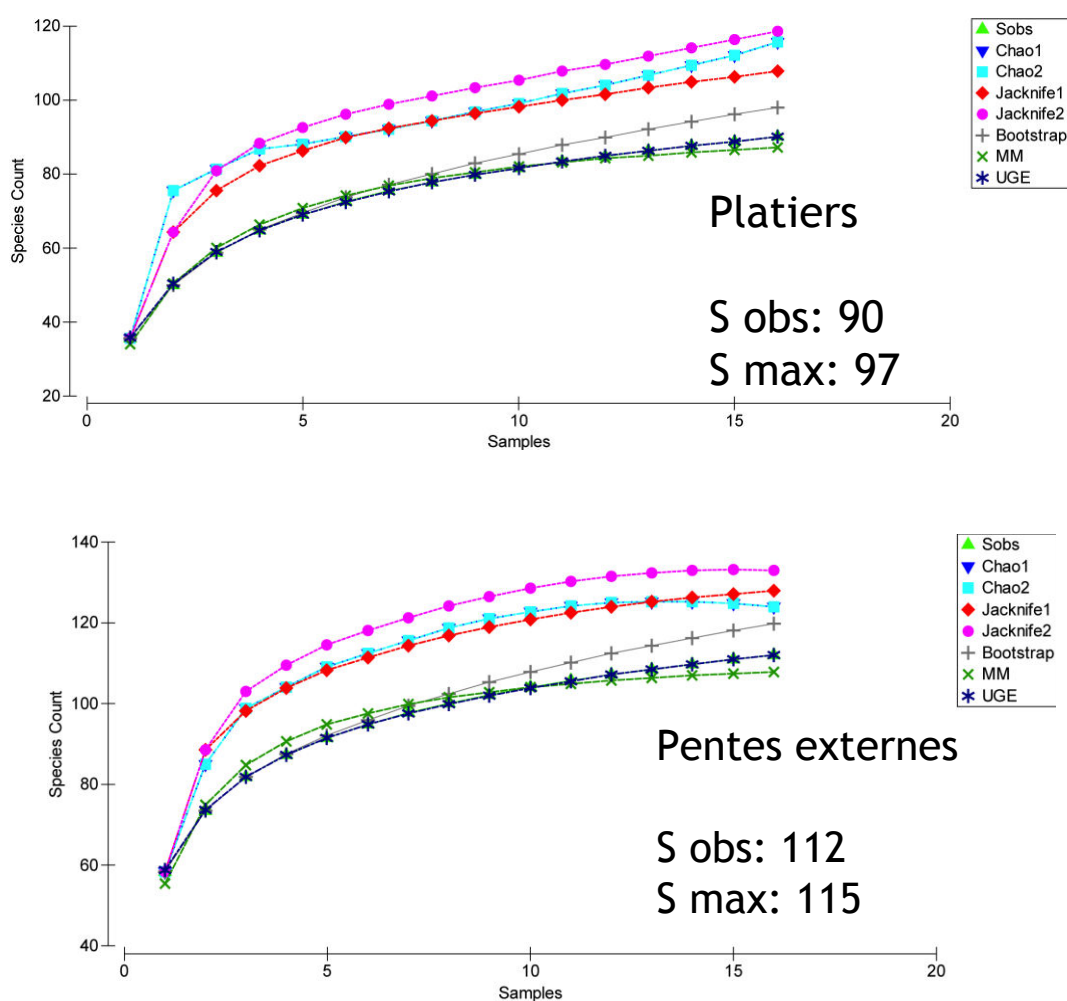


Figure 20. Evolution de la richesse spécifique observée (Sobs) et théorique (Smax) en fonction du nombre d'observations et des modèles de diversité théorique associés en zones de platiers et de pentes externes .

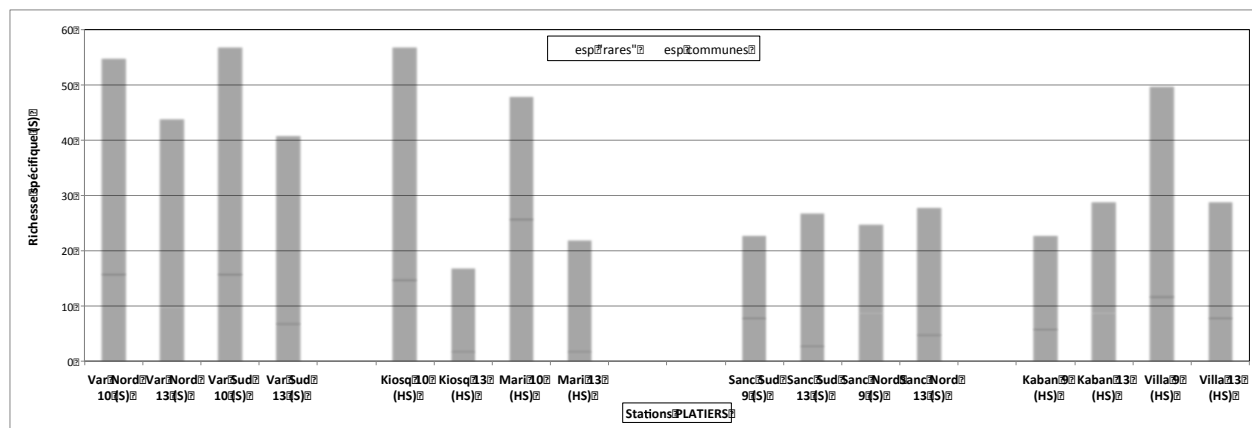
Les différents modèles théoriques d' α diversité sont convergents aussi bien en zone de platier que de pente externe. La richesse spécifique maximale calculée (S max théorique) calculée sur la base de notre échantillonnage (modèle de Michaelis Menten) est respectivement de 97 et 115 espèces en zone de platiers et de pentes, valeurs assez proches des richesses observées (S obs). Les niveaux de richesse observés sont globalement assez

cohérents avec les valeurs de référence de la bibliographie données pour ces deux types d'habitats récifaux de La Réunion (Faure, 1982 ; Pichon et al, 2007).

Dans un second temps, une analyse comparative de **l'évolution spatio-temporelle de la diversité** a été réalisée sur l'ensemble des 16 stations d'études (échantillonnage 2013) (tableau 3).

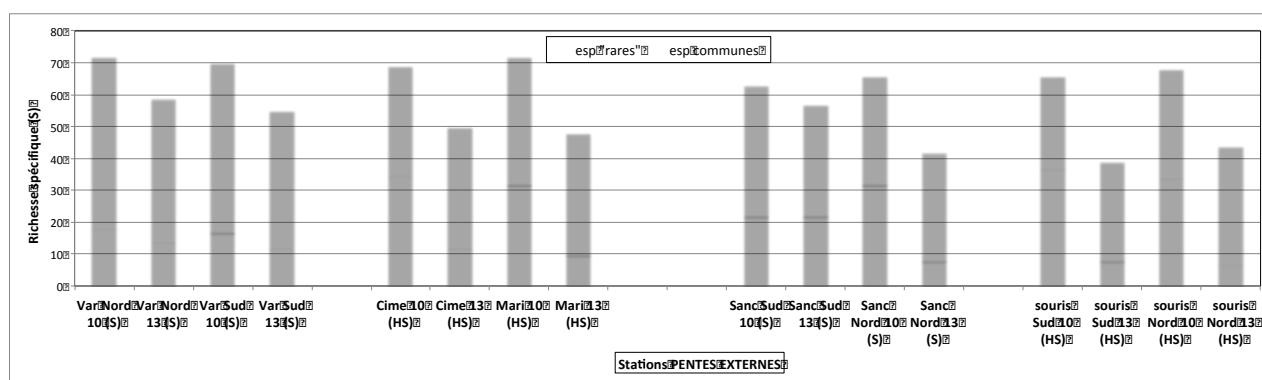
Tableau 3. / Figure 20b. Richesse spécifique en Scléractiniaires (S) par stations échantillonnées en 2009/2010 (Faure, 2010) et en 2013 (présent travail). Ratio entre le nombre d'espèces « rares » (vues une seule fois lors de l'échantillonnage) et les espèces « communes et abondantes » (vues à plusieurs reprises lors du parcours aléatoire).

PLATIER



Secteurs	St LEU								ST Gilles / La Saline							
	Varangue Nord		Varangue Sud		Kiosques		Marine		Sanctuaire SUD		Sanctuaire NORD		Kabanon		Villas du Lagon	
Stations	S	S	S	S	HS	HS	HS	HS	Plat. Int. (S)	Plat. Int. (S)	Plat. Int. (S)	Plat. Int. (S)	Plat. Int. (HS)	Plat. Int. (HS)	Plat. Ext.	Plat. Ext.
niveau protection	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2009	2013	2009	2013	2009	2013	2009	2013
TOTAL S	55	44	57	41	57	17	48	22	22	25	25	28	23	29	50	29
Ratio "esp. rare / autres (commune ou abond)"	16 et 39	10 et 34	16 et 41	7 et 34	15 et 42	2 et 15	26 et 22	2 et 20	8 et 15	3 et 24	9 et 16	5 et 23	6 et 17	9 et 20	12 et 38	8 et 21
Perte ou gain Biodiversité (en %)		-20		-28		-70		-54		14		12		26		16

PENTES EXTERNES



Secteurs	ST LEU								St GILLES / SALINE							
Stations	Varangue Nord		Varangue Sud		Cimetière		Marine		Souris Blche Sud		Souris Blche Nord		Sanctuaire Sud		Sanctuaire Nord	
niveau de protection	S	S	S	S	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	S	S	S	S
	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013
TOTAL (S)	72	59	70	55	69	50	72	48	66	39	68	44	63	57	66	42
Ratio "Esp rares / comm et abond"	18 et 54	14 et 45	17 et 53	12 et 43	35 et 34	12 et 38	32 et 40	10 et 38	37 et 29	8 et 31	34 et 34	7 et 37	22 et 41	22 et 35	32 et 34	8 et 34
Perte Biodiversité (2010 / 2013) en %		-18		-21		-28		-33		-41		-35		-10		-36

Cette analyse de l'évolution temporelle de la diversité corallienne indique que :

- la quasi totalité des stations de pentes externes de La Saline et de Saint-Leu, que ce soit hors sanctuaires (HS) ou dans les sanctuaires (S) présentent **une diminution de diversité importante allant de -18 à -40 % en 3 ans**. Une seule station fait exception à cette tendance (Sanctuaire Sud de La Saline) avec une perte plus faible de 10 %.
- Dans la plupart des cas, cette perte de diversité concerne les espèces dites « rares » (vues une seule fois), notamment en zone hors sanctuaires, ce qui souligne et confirme la présence d'un déséquilibre écologique (cf. indicateur de qualité de la diversité) (Figure 20b).
- la tendance actuelle de **perte de richesse spécifique** en Scléractiniaires des pentes externes semble **indépendante du niveau de protection** (sanctuaire et hors sanctuaire), aussi bien à Saint-Leu qu'à La Saline,
- en revanche, la **diversité des platiers de La Saline semble stable** depuis les 3 dernières années (+11 à +26 %). Ceci pourrait montrer qu'il existe une spatialisation des zones impactées par les perturbations environnementales sur le récif de La Saline (opposition entre les zones sommitales du platier récifal et les zones de pentes externes récifales),
- la diversité corallienne des stations de platier de Saint-Leu a diminué fortement selon les secteurs concernés. La partie sud du platier de Saint-Leu est marquée par une chute drastique de la diversité (station Kiosques), plus modérée au niveau de la station Marine. La dégradation massive du platier récifal survenue suite aux épisodes de coulées boueuses observées en Février 2012 (Cauvin, 2012) pourrait directement être à l'origine de cette perte massive de diversité. Les différentes observations antérieures à cet événement et postérieures à celui ci (monitoring récif GCRMN annuel de la RNMR) confirment ce diagnostic. Des événements postérieurs à ces coulées de boues (houles, dépressions, impacts de rejets pluviaux) ont également pu contribuer au phénomène observé actuellement.

Une étude spatio temporelle comparative de la structure des communautés des 16 stations (8 en pentes externes et 8 en platiers) a été effectuée à l'aide d'une analyse multidimensionnelle (NMDS) (Figures 21 et 22).

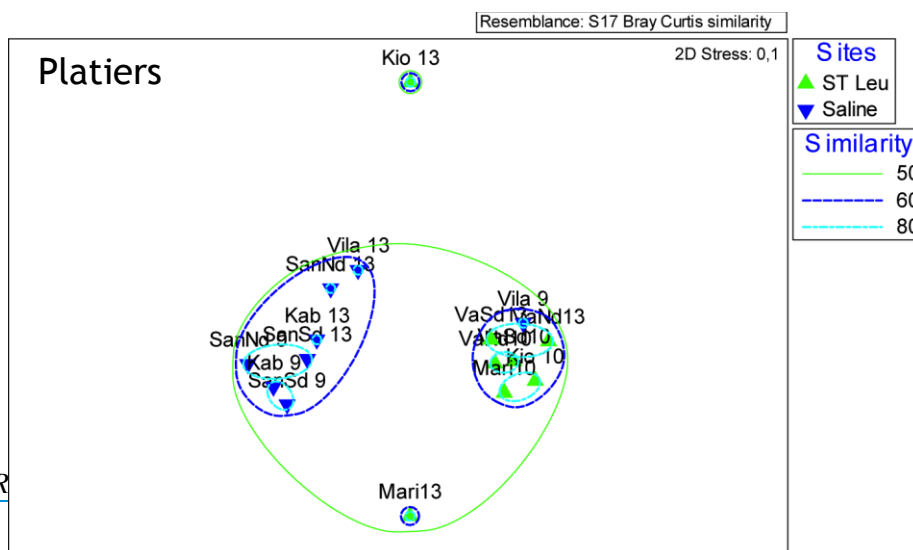


Figure 21: NMDS de la structuration spatio-temporelle des communautés coralliennes sur les 8 stations de platiers de la Saline et de Saint-Leu et de La Saline entre 2009 et 2013.

Les principaux résultats de cette analyse sont les suivants :

- la structure des communautés coralliennes des secteurs de Saint-Leu (à droite) se différencie assez bien de celle de la Saline (à gauche) quelle que soit l'année (ANOSIM test significatif ; $R = 0,46$; $P > 0,002$),
- on note une forte homogénéité des stations de platiers de La Saline (bleu) qui semblent présenter des communautés identiques en 2009 et en 2013, ce qui confirme l'analyse précédente (richesse spécifique),
- à l'inverse, les communautés de Kiosques et de Marine en 2013 se distinguent fortement de celles des autres stations. Cette opposition est liée à la perte de diversité drastique mentionnée précédemment (cf. perturbation environnementale localisée au Sud du secteur de Saint-Leu),
- les secteurs sanctuaires (S) ne se différencient pas des zones hors sanctuaires (HS) aussi bien sur La Saline que sur Saint-Leu (ANOSIM test non significatif, $R = -0,661$; $P > 0,771$).

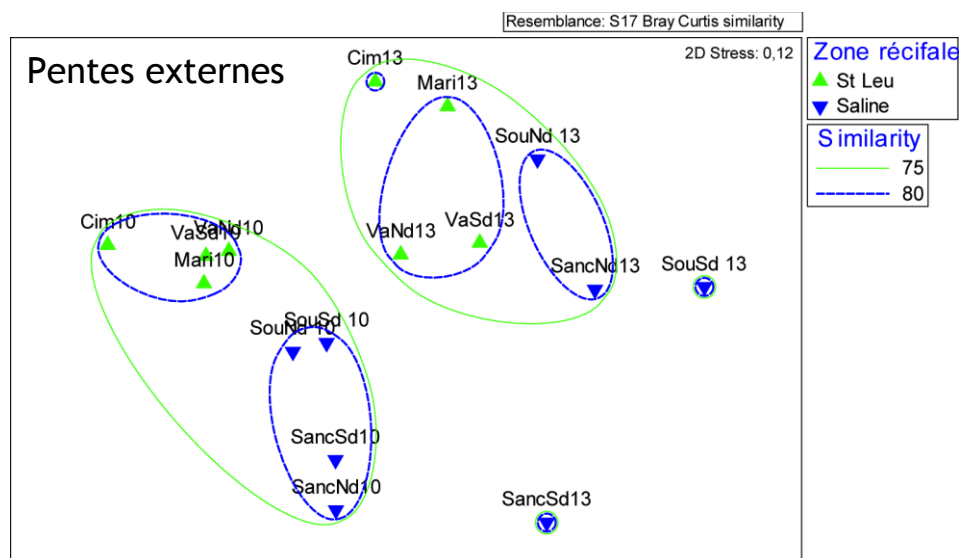


Figure 22: NMDS de la structuration spatio-temporelle des communautés coralliennes sur les 8 stations de pente externe de Saint-Leu et de La Saline entre 2010 et 2013.

Les principaux résultats de cette analyse sur les stations de pente externe sont les suivants :

- la structuration temporelle des communautés coralliennes (2010/2013) est plus forte que la structuration spatiale, même si les deux secteurs présentent des communautés différentes. Ces résultats sont confirmés statistiquement (ANOSIM test significatif ; $R = 0,66$; $P = 0,001$),

- l'évolution temporelle notée sur l'ensemble de la communauté corallienne semble correspondre à la perte de diversité notée entre 2010 et 2013 (Tableau 3). Seule la station de « SancSud 2013 » semble s'être maintenue dans le temps,
- les communautés coralliennes des zones sanctuaires (S) ne sont pas différentes de celles observées hors sanctuaires (HS) (ANOSIM test non significatif ; $R = 0,001$; $P > 0,433$).

III.3. Evolution des communautés benthiques (P0 / P1)

Les résultats de l'analyse des photos-quadrats est présentée pour le secteur de La Saline / Souris Blanche. L'ensemble des résultats relatifs à cette partie de l'étude seront présentés ultérieurement dans un rapport spécifique (RNMR / MNHN). Pour faciliter la présentation et l'interprétation de l'état des peuplements benthiques lors du P1, ainsi que la comparaison avec leur état initial lors du P0, nous avons regroupé les différentes catégories benthiques peu abondantes pour ne retenir que les majeures. Elles sont définies comme suit :

- coraux durs (Scleractinia et *Millepora*),
- coraux mous (Alcyonacea),
- substrats durs (comprenant gazons algaux, macroalgues, algues endolithes, corallinacés, dalle corallienne),
- autres catégories benthiques (éponges, cyanobactéries, autres sessiles, autres mobiles),
- sables (incluant débris fins de taille <5 cm).

Leurs taux de recouvrement sur les différents stations et zones géomorphologiques sont présentés Figure 23.

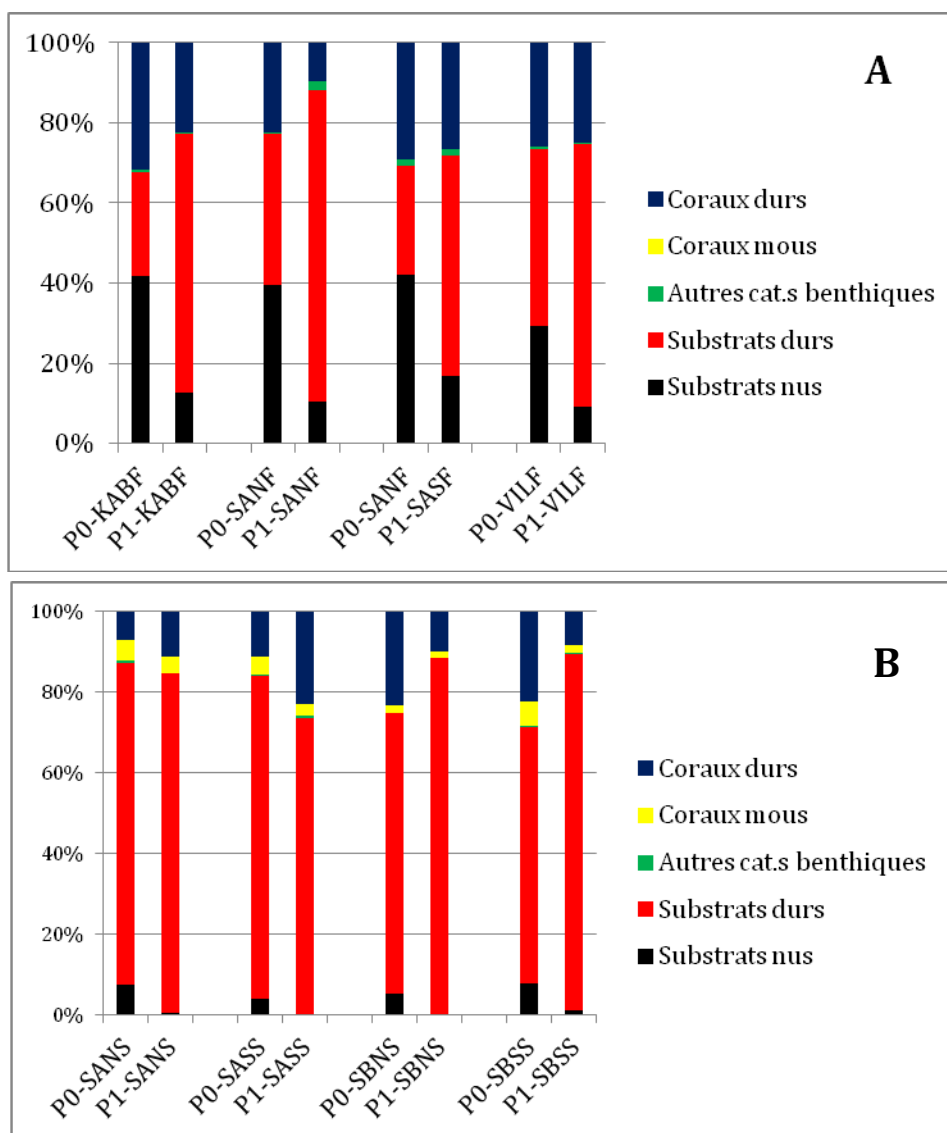


Figure 23. Comparaison des catégories benthiques majeures par station sur le platier interne (A) et la pente externe (B) du secteur de la Saline. Les stations sont présentées du Nord au Sud ; cf. Tableau 1 pour les abréviations.

Sur les platiers, les taux de recouvrement corallien diminuent entre P0 et P1 (Figure 24-A, ANOVA : $F_{1,78} = 4,49$; $P = 0,037$).

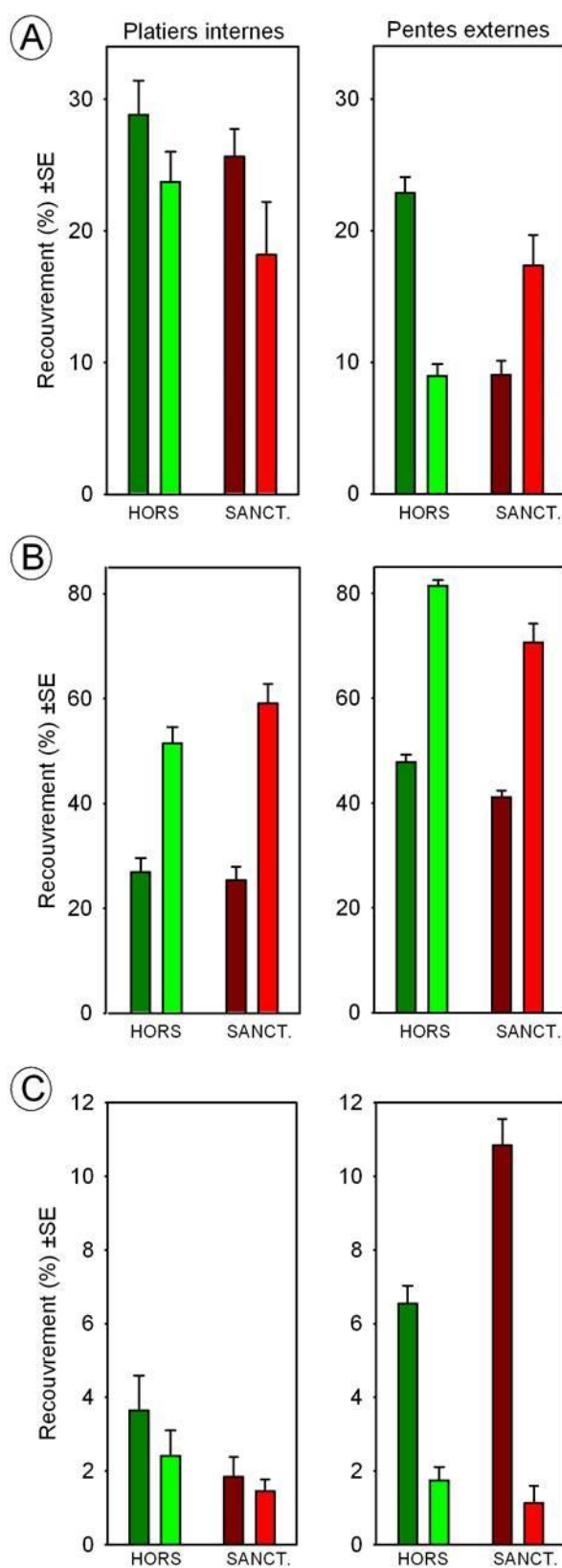


Figure 24. Moyennes (± erreur standard) des taux de recouvrement des (A) coraux, (B) gazons algaux et (C) macroalgues, par zone (platiers internes vs. pentes externes) et niveau de protection (en dehors et dans les sanctuaires). Barres sombres : point 0 (2006/2007) ; barres claires : point 1 (2013).

Sur les pentes externes, les taux de recouvrement corallien des stations étudiées évoluent différemment en dehors et à l'intérieur des sanctuaires (ANOVA interaction temps*protection: $F_{1,73} = 54,04$; $P = 0,000$). En effet, en dehors des sanctuaires les taux de recouvrement coralliens ont diminué depuis le P0 tandis que dans les sanctuaires ces taux ont presque doublé (taux moyen de $9,1 \pm 1,1$ au P0 passant à $17,4 \pm 2,3$ au P1). Cette observation encourageante mériterait d'être consolidée par l'analyse de l'ensemble des photos des transects, venant compléter cette première phase du point 1.

Les taux de recouvrement **des gazons algaux augmentent avec le temps** (70% en 2013 en sanctuaire) (ANOVA : $F_{1,73} = 218,61$; $P = 0,000$) mais la couverture est toujours plus élevée à la Souris Blanche, ouverte à la pêche, que dans le sanctuaire (ANOVA : $F_{1,73} = 16,40$; $P = 0,000$). On note une diminution des taux de recouvrement par les macroalgues depuis le P0 (ANOVA : $F_{1,73} = 197,40$; $P = 0,000$). Cette diminution est plus marquée dans les sanctuaires que dans les zones pêchées (ANOVA interaction temps*protection: $F_{1,73} = 20,30$; $P = 0,000$).

Sur les platiers, les gazons algaux augmentent avec le temps (58 % en 2013 en sanctuaire) (Figure 24-B, ANOVA : $F_{1,78} = 91,10$; $P = 0,000$), sans effet de la protection. Il n'y a pas de changements significatifs dans les taux de recouvrement par les macroalgues depuis le P0, ni différence entre les niveaux de protection (Figure 24-C).

Les coraux mous n'ont pas été recensés sur les platiers pour le P1, comme cela était déjà le cas pour le P0. Sur les pentes externes, on note une diminution significative de leur taux de recouvrement qui restent faibles (taux moyen de $4,27 \pm 0,88$ au P0 passant à $2,53 \pm 0,59$ au P1), sans effet de la protection (ANOVA : $F_{1,73} = 7,41$; $P = 0,008$).

IV. CONCLUSIONS

Ce rapport présente les résultats relatifs à l'état de santé **des peuplements de poissons et des communautés coralliennes de deux récifs de la RNMR (La Saline, Saint-Leu)**, et à leur évolution 6 années après la mise en œuvre des mesures de protection. Il est basé sur une analyse restreinte à 16 stations de suivi sur les 24 stations étudiées lors du point 0.

Les résultats concernent la diversité et la biomasse des peuplements ichtyologiques ainsi que les premiers éléments sur les communautés benthiques. Ils s'appuient sur l'analyse de stations sélectionnées pour représenter au mieux les effets de la mise en réserve, sur le platier interne et la pente externe.

Les conclusions qui se dessinent à l'issue de cette étude sont les suivantes :

- Depuis le point 0, la diversité spécifique globale des peuplements ichtyologiques est stable et n'a pas évolué de manière significative sur l'ensemble des stations étudiées.
- La biomasse totale des poissons (toutes zones, secteurs et niveaux de protection confondus) est significativement plus élevée depuis le P0 (2006/2007) avec une moyenne actuelle de 512 kg/ha. Cette tendance s'explique principalement par une augmentation de la biomasse sur l'ensemble des platiers à l'intérieur du récif frangeant et les zones sanctuaires de pentes externes. Ce résultat est surtout significatif pour les poissons chirurgiens (Acanthuridae) et les mérous (Serranidae) en pente externe.
- La biomasse des espèces d'intérêt halieutique augmente uniquement dans les sanctuaires aussi bien sur le platier que sur la pente externe où l'effet réserve est le plus marqué. Cette tendance atteste d'un effet réserve incontestable en zones sanctuaires.
- La biomasse des peuplements d'espèces de poissons herbivores (notamment les Acanthuridae) est stable sur les platiers, mais augmente sur les secteurs de pentes externes, notamment au niveau des zones sanctuaires.
- **L'ensemble des changements observés pour les peuplements ichtyologiques montre que les zones sanctuaires jouent bien leur rôle de restauration de l'écosystème récifal.**
- Toutefois, une comparaison à l'échelle régionale, montre que la biomasse moyenne des poissons récifaux à la Réunion reste très inférieure à la celle rencontrée dans la plupart des pays de l'océan Indien occidental, bien que légèrement supérieur à celle de Maurice. Cette comparaison montre que même si « l'effet réserve » attendu commence tout juste à se manifester, il faudra encore plus de temps pour rétablir une biomasse qui assurerait le bon fonctionnement de l'écosystème corallien réunionnais.
- Une première analyse globale de la **diversité corallienne** a été effectuée au sein de deux grandes catégories d'habitat récifaux (platier interne et pente externe). 90 espèces de Scléractiniaires et Millepores ont été recensées sur les platiers internes et 112 espèces en pentes externes, appartenant à une vingtaine de familles. Ce sont essentiellement des Acroporidae, des Pocilloporidae, des Poritidae et des Faviidae.
- La quasi totalité des stations de pente externe à La Saline et à Saint-Leu présentent **une diminution de diversité corallienne importante (de -18 à -40 % au cours des 3 dernières années)**, que ce soit hors sanctuaires (HS) ou à l'intérieur des sanctuaires (S). La station sanctuaire Sud de La Saline fait exception à cette tendance avec une perte plus

faible de 10 %. La structure des communautés suit la même tendance avec une évolution spatiale nette entre 2010 et 2013.

- La **tendance actuelle de perte de diversité** en coraux durs **observée sur les pentes externes** des deux récifs de La Saline et de Saint-Leu est très rapide (3 ans) et constitue un fait très préoccupant d'un point de vue environnemental. Il n'est pas lié à la stratégie de protection mise en œuvre dans la RNMR au cours de ces dernières années mais à une évolution générale de l'état de santé des écosystèmes coralliens de La Saline et de Saint-Leu.
- La diversité corallienne des **platiers de La Saline semble stable** depuis les 3 dernières. Ceci suggère qu'il existe une spatialisation des zones impactées par les perturbations environnementales sur le récif de La Saline (cf. zones du platier récifal interne versus zones de pente externe récifale).
- En revanche, la diversité des stations de platier de Saint-Leu a très fortement diminué (jusqu'à -70 %) selon les secteurs concernés. La zone Sud du platier dite des « kiosques » est marquée par un effondrement de la diversité corallienne, qui était pourtant une des plus élevée des zones de platiers lors du point 0. La dégradation du platier récifal survenue suite aux épisodes de coulées boueuses observées en février 2012 est vraisemblablement directement à l'origine de la perte de diversité actuelle. Les différentes observations antérieures et postérieures à cet événement (monitoring récif GCRMN annuel de la RNMR) confirment ce diagnostic. Des sources de perturbations postérieures à ces coulées de boues (dépressions, impacts de rejets pluviaux) ont également pu contribuer à amplifier le phénomène observé actuellement.
- Les premiers résultats des photos-quadrats sur le secteur de La Saline (analyse des taux de recouvrements benthiques) mettent d'ores et déjà en évidence une forte augmentation du recouvrement des gazons algaux depuis 2007 aussi bien en pente externe qu'en platier, et quel que soit le niveau de protection (sanctuaire ou non). Ce résultat est tempéré par un accroissement du taux de recouvrement en corail vivant sur les zones de sanctuaire de pente externe de La Saline (résultat encourageant), qui reste néanmoins faible (17 %).
- Le processus de recrudescence des gazons algaux semble s'être intensifié depuis 2009 ce qui est confirmé par le suivi spatio-temporel des stations sentinelles du GCRMN et par le suivi spatial effectué en 2012 sur Saint-Gilles / La Saline (Cuet et al, 2013). Il pourrait être consécutif à l'action synergique de sources de perturbations multiples (épisodes de blanchissement locaux, houles australes et perturbations cycloniques) et plus spécifiquement, de l'incidence de résurgences sous marines issues des bassins versants et véhiculant des eaux douces associées à des apports en sels nutritifs et polluants divers.

En conséquence, et même si ces résultats ne peuvent être généralisables à l'ensemble des autres secteurs de la RNMR, ils constituent un diagnostic clair qui montre que **la dynamique écologique attendue quant à la mise en œuvre de zones de sanctuaires (5 % du territoire de la RNM) s'amorce positivement en ce qui concerne les peuplements de poissons**. Cependant les biomasses restent cependant à des niveaux très faibles comparativement à de nombreuses autres zones d'aires marines protégées de la région Sud-Ouest de l'océan Indien.

La situation est nettement plus préoccupante en ce qui concerne les communautés benthiques avec une perte importante de diversité corallienne et une recrudescence des gazons algaux. Le point 1 révèle à nouveau un état d'alerte vis-à-vis d'une **situation environnementale qui évolue défavorablement** sur l'ensemble des zones de pentes externes des complexes récifaux de La Saline et de Saint-Leu.

V. BIBLIOGRAPHIE

- BELLWOOD D.R., HUGHES T.P., HOEY A.S. (2006). Sleeping functional group drives coral reef recovery. *Current Biology* 16: 2434-2439
- BRUGGEMANN H., GUILLAUME M., BIGOT L., CHABANET P., DENIS V., DURVILLE P., MULOCHAU T., NAIM O. & TESSIER E. (2008). Mise en œuvre du suivi de l'effet réserve : Développement des protocoles et établissement de l'état initial de la Réserve naturelle nationale marine de la Réunion (secteurs de la Saline - Souris Blanche et de Saint-Leu). Rapport UR/MNHN/AR/APMR, 74 pp, Annexes 42 pp.
- BIGOT L. (2008). Evolution spatio-temporelle de la biodiversité et de la structure des communautés benthiques entre 1998 et 2008 sur les stations sentinelles GCRMN de La Réunion (BIOCOR). Rapport ECOMAR pour le compte de APMR 32 p. + annexes.
- BROWN E., COX E., TISSOT B., RODGERS K.S. & SMITH W.R. (1999). Evaluation of Benthic Sampling Methods Considered for the Coral Reef Assessment and Monitoring Program (CRAMP) in Hawai'i. International Conference on Scientific Aspects of Coral Reef Assessment, Monitoring, and Restoration. April 14-16, 1999. Ft. Lauderdale, Florida.
- BROWN E., COX E., JOKIEL P., RODGERS K., SMITH W., TISSOT B., COLES S. & HULTQUIST J. (2004). Development of Benthic Sampling Methods for the Coral Reef Assessment and Monitoring Program (CRAMP) in Hawai'i. *Pacific Science* 58 (2): 145-158.
- CAUVIN, B. (2012). — Evaluation cartographique des zones coralliennes blanchies et envasées de St Leu suite à un épisode de fortes pluies survenu dans la nuit du 4 au 5 Février 2012. Rapport technique pour le compte du GIP Réserve Nationale Marine de La Réunion. 31 p.
- CHABANET P., RALAMBONDRAINY H., AMANIEU M., FAURE G. & GALZIN R. (1997). Relationship between coral reef substrata and fish. *Coral Reefs* 16: 93-102.
- CLARKE K.R. & GORLEY R.N. (2006). PRIMER 6. Logiciel et User manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, Angleterre, 190 p.
- CONAND, C., CHABANET, P., QUOD, J.-P. & BIGOT, L. (1997) et (2000). Manuel méthodologique pour le suivi de l'état de santé des récifs coralliens du sud-ouest de l'océan Indien. Commission de l'océan Indien. 23 p.
- CUET P., BIGOT L., FERRETTO, N., GOUTX M., GUIGUE C., TEDETTI M., TURQUET J. (2013). Caractérisation chimique des flux d'eau issus du bassin versant et impact sur les communautés benthiques de la pente externe du récif de Saint Gilles La Saline. Rapport technique ECOMAR, ARVAM, MOI pour le compte du Ministère des Outre Mer et du GIP Réserve Nationale Marine de La Réunion. 49 p.
- ENGLISH, S., WILKINSON, C. & BAKER, V. (1994). Survey manual for tropical marine resources. ASEAN-Australia Marine Science Project, AIMS.
- FAURE, G. (1982). Recherche sur les peuplements de scléractiniaires des récifs coralliens de l'archipel des Mascareignes (océan Indien occidental). Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille II. 446 p.
- FAURE, G. (2010). Biodiversité des peuplements de scléractiniaires de Saint-Leu et de La Saline. Rapport pour le compte du GIP RNMR, 18 p et 36 p.
- 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, N.S.* 2: 1-168.

- HARME LIN-VIVIEN M. (1992). Impacts des activités humaines sur les peuplements ichthyologiques des récifs coralliens de Polynésie française. *Cybiu* 16(4): 279-289.
- JOHANNSON C.L. BELLWOOD D.R., DEPCZYNSKI M., HOEY A.S. (2013). The distribution of the sea urchin *Echinometra mathaei* (de Blainville) and its predators on Ningaloo Reef, Western Australia: The implications for top-down control in an intact reef system urchin *Echinometra mathaei* (de Blainville) and its predators on Ningaloo Reef, Western Australia: . *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 442: 39-46
- KOHLER K.E., GILL S.M. (2006). Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers and Geosciences* 32: 1259-1269. DOI:10.1016/j.cageo.2005.11.009
- LETOURNEUR Y., CHABANET P., DURVILLE P., TAQUET M., TESSIER E., PARMENTIER M., QUERO J.Q., POTHIN K. (2004). An updated checklist of the marine fish fauna of Réunion Island, South-Western Indian Ocean. *Cybiu* 28: 199-2016
- MCCLANAHAN T.R., GRAHAM N.A.J., MACNEIL M.A., MUTHIGA N.A., CINER J.E., BRUGGEMANN J.H., WILSON S.K. (2011). Critical thresholds and tangible targets for ecosystem-based management of coral reef fisheries. *P. Natl. A. Sci. USA* 108: 17230-17233
- NAÏM, O. (1989). Les platiers récifaux de l'île de la Réunion. Géomorphologie, contexte hydrodynamique et peuplements benthiques. Rapport AUR - Laboratoire d'Écologie marine, Université de la Réunion. 303 p.
- PICHON M., FAURE G., GEYNET Y. & CARON D. (2007). Liste des espèces de Scléractiniaires des Mascareignes d'après Faure (1982), mise à jour le 7 septembre 2007 {14 familles, 52 genres, 188 espèces}. <http://coraux.univ-reunion.fr>
- TESSIER, E., BIGOT, L., CHABANET P, CONAND C, CAUVIN, B., CADET C, QUOD JP, NICET JB (2007). Les récifs coralliens de La Réunion en 2007 : Etat des lieux et réseaux de suivi. *Rev. Ecol (Terre Vie)*, vol 63, 2008.

VI. ANNEXES

Annexe 1. Exemple de données brutes (espèces / stations / présence) générées par les parcours aléatoires effectués pour étudier les communautés de coraux durs (Scléractiniaires + Milleporidae) en secteurs de pentes externes (La Saline – Souris Blanche et Saint-Leu) en zone sanctuaire (S) et hors sanctuaire (HS).

ESPECES Pent Ext	Varangue Nord		Varangue Sud		Cimetière		Marine		Souris Blanche Sud		Souris Blanche Nord		Sanctuaire Sud		Sanctuaire Nord	
	S	S	S	S	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	S	S	S	S
	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013
Acanthastrea echinata (Dana, 1846)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Acanthastrea hilliae Wells, 1955																
Acropora secale (Studer, 1878)																
Acropora abrotanoides (Lamarck, 1816)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Acropora acuminata (Verrill, 1864)																
Acropora austera (Dana, 1846) = hemprichii	1	1	1	1	1		1		1	1	1		1	1	1	
Acropora botryodes (Brook, 1892)																
Acropora cerealis (Dana, 1846)																
Acropora clathrata (Brook, 1891)																
Acropora cytherea (Dana, 1846)	1		1													
Acropora digitifera (Dana, 1846)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Acropora elseyi (Brook, 1892)																
Acropora florida (Dana, 1846)	1				1		1		1		1					
Acropora formosa (Dana, 1846)																
Acropora gemmifera (Brook, 1892)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Acropora grandis (Brook, 1892)																
Acropora granulosa (Milne-Edwards & Haime, 1860)				1				1								
Acropora humilis (Dana, 1846)	1		1		1		1		1		1		1	1	1	
Acropora hyacinthus (Dana, 1846)	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Acropora intermedia (Brook, 1891)																
Acropora loripes (Brook, 1892)																
Acropora lutkeni Crossland, 195																
Acropora mammillata (Brook, 1893)																
Acropora muricata (Linnaeus, 1756)																
Acropora microphthalma (Verrill, 1869)					1		1									
Acropora nasuta (Dana, 1846)																
Acropora palmerae Wells, 1954																
Acropora polysloma (Brook, 1891)					1											
Acropora pulchra (Brook, 1891)																
Acropora robusta (Dana, 1846)					1		1								1	
Acropora secale (Studer, 1878)																
Acropora samoensis (Brook, 1891)																
Acropora subglabra (Brook, 1891)																
Acropora tenuis (Dana, 1846)	1		1		1		1									
Acropora valida (Dana, 1846)	1	1	1	1	1		1		1				1	1	1	
Alveopora cellulosa Faure, 1982																
Alveopora daedalea (Forskål, 1775)																
Alveopora fenestrata (Dana, 1846)																
Alveopora mortenseni Crossland, 1952	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1				
Astropora listeri Bernard, 1896																
Astropora ocellata Bernard, 1896									1		1		1	1	1	
Astropora suggesta Wells, 1954	1		1								1					
Astropora myriophthalma (Lamarck, 1816)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Blastomussa merleti (Wells, 1961)																
Caulastrea furcata Dana, 1846																
Caulastrea tumida Matthai, 1928																
Coscinarea monile (Forskål, 1775)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cycloseris cyclolites (Lamarck, 1801)																
Cycloseris fragilis (Alcock, 1893)																
Cycloseris vaughani (Boschma, 1923)																
Cyphastrea chalcidicum (Forskål, 1775)	1	1	1	1			1		1	1	1	1			1	1
Cyphastrea microphthalma (Lamarck, 1816)	1	1	1	1			1		1		1				1	
Cyphastrea serailia (Forskål, 1775)															1	1
Echinophyllia aspera (Ellis & Solander, 1786)	1	1	1		1	1	1				1	1	1	1	1	1
Echinopora hirsutissima																
Echinopora gemmacea (Lamarck, 1816)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Favia fava (Forskål, 1775)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Favia matthai Vaughan, 1918					1	1			1	1	1		1		1	
Favia maxima Veron, Pichon W. Best 1977																
Favia palauensis (Yabe, Sugiyama & Eguchi, 1936)	1	1	1	1	1		1	1	1		1		1	1		
Favia pallida (Dana, 1846)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Favia rotunda Veron, Pichon W. Best, 1977																
Favia rotumana (Gardiner, 1899)		1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Favia speciosa (Dana, 1846)	1	1		1		1		1	1	1	1	1		1	1	1
Favia stelligera (Dana, 1846)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Favia sp2 (calic fluo)																
Favites abdita (Ellis & Solander, 1786)	1	1	1		1		1						1		1	
Favites acuticollis (Ortmann, 1889)																
Favites complanata (Ehrenberg, 1834)																
Favites flexuosa (Dana, 1846)	1	1	1	1	1		1		1		1	1	1		1	1
Favites halicora (Ehrenberg, 1834)																
Favites melicerum (Ehrenberg, 1834)																
Favites pentagona (Esper, 1794)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Favites vasta Chevalier, 1971	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Favites peresi (Faure & Pichon, 1978)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fungia (Danafungia) dana (Milne-Edwards & Haime, 1851)																
Fungia (Danafungia) horrida Dana, 1846																
Fungia (Fungia) fungites (Linnaeus, 1758)	1									1						
Fungia (Lobactis) scutaria Lamarck, 1801	1	1	1	1	1		1				1	1				
Fungia (Pleuractis) moluccensis van der Horst, 1919																

Tableau annexe 2. Liste hiérarchisant les 13 catégories benthiques du récif de La Saline - Souris Blanche et de Saint-Leu (fichier « Reunion benthos codes 161106 »).

"C", "Coral"	"FAVI", "Faviidae sp.", "C"
"SC", "Soft coral"	"FUNGsc", "Fungia scutaria", "C"
"EA", "Endolithic algae"	"FUNG", "Fungia sp.", "C"
"CC", "Crustose corallines"	"GALfa", "Galaxea fascicularis", "C"
"TU", "Algal turfs"	"GAL", "Galaxea sp.", "C"
"MA", "Macroalgae"	"GARpl", "Gardineroseris planulata", "C"
"CB", "Cyanobacteria"	"GOSpe", "Goniastrea pectinata", "C"
"SP", "Sponge"	"GONI", "Goniastrea sp.", "C"
"OLS", "Other live sessile"	"GOPOs", "Goniopora savignyi", "C"
"OLM", "Other live mobile"	"GOPO", "Goniopora sp.", "C"
"BS", "Bare substrate"	"HYDNe", "Hydnophora exesa", "C"
"UN", "Unknown"	"HYDNm", "Hydnophora microconos", "C"
"TWS", "Tape, wand, shadow"	"HYDN", "Hydnophora sp.", "C"
"ACAec", "Acanthastrea echinata", "C"	"LETAp", "Leptastrea pruinosa", "C"
"ACA", "Acanthastrea sp.", "C"	"LETAt", "Leptastrea transversa", "C"
"ACRab", "Acropora abrotanoides", "C"	"LETA", "Leptastrea sp.", "C"
"ACRar", "Acropora cf arabensis", "C"	"LETOp", "Leptoria phrygia", "C"
"ACRau", "Acropora austera", "C"	"LETO", "Leptoria sp.", "C"
"ACRbo", "Acropora botryodes", "C"	"LESEmy", "Leptoseris mycetoseroides", "C"
"ACRdi", "Acropora digitifera (fin)", "C"	"LESE", "Leptoseris sp.", "C"
"ACRdi2", "Acropora digitifera (obèse)", "C"	"LOBOc", "Lobophyllia corymbosa", "C"
"ACRfl", "Acropora florida", "C"	"LOBO", "Lobophyllia sp.", "C"
"ACRge", "Acropora gemmifera", "C"	"MILdi", "Millepora dichotoma", "C"
"ACRhu", "Acropora humilis", "C"	"MILex", "Millepora exaesa", "C"
"ACRmu", "Acropora muricata", "C"	"MILpl", "Millepora platyphylla", "C"
"ACRte", "Acropora tenuis", "C"	"MILL", "Millepora sp.", "C"
"ACRva", "Acropora cf. valida", "C"	"MONTA", "Montastrea sp.", "C"
"ACRO8", "Acropora sp8.", "C"	"MONTAc", "Montastrea curta", "C"
"ACRO", "Acropora sp.", "C"	"MONci", "Montipora circumvallata", "C"
"ALVE", "Alveopora sp.", "C"	"MONef", "Montipora efflorescens", "C"
"ASTRm", "Astreopora myriophthalma", "C"	"MONgr", "Montipora grisea", "C"
"ASTR", "Astreopora sp.", "C"	"MONmi", "Montipora cf millepora", "C"
"COSCM", "Coscinaraea monile", "C"	"MONml", "Montipora mollis", "C"
"COSC", "Coscinaraea sp.", "C"	"MONmo", "Montipora monasteriata", "C"
"CYPHc", "Cyphastrea chalcidicum", "C"	"MONtu", "Montipora tuberculosa", "C"
"CYPH", "Cyphastrea sp.", "C"	"MONtg", "Montipora turgescens", "C"
"ECHPa", "Echinophyllia aspera", "C"	"MONun", "Montipora undata", "C"
"ECHPe", "Echinophyllia echinata", "C"	"MONve", "Montipora venosa", "C"
"ECHP", "Echinophyllia sp.", "C"	"MONTI", "Montipora sp.", "C"
"ECHIg", "Echinopora gemmacea", "C"	"OULOc", "Oulophyllia crispa", "C"
"ECHI", "Echinopora sp.", "C"	"PAVca", "Pavona cactus", "C"
"FAVfa", "Favia fava", "C"	"PAVdu", "Pavona duerdeni", "C"
"FAVma", "Favia matthaii", "C"	"PAVex", "Pavona explanulata", "C"
"FAVpa", "Favia pallida", "C"	"PAVfr", "Pavona frondifera", "C"
"FAVro", "Favia rotumana", "C"	"PAVva", "Pavona varians", "C"
"FAVsp", "Favia speciosa", "C"	"PAVve", "Pavona venosa", "C"
"FAVst", "Favia stelligera", "C"	"PAVO", "Pavona sp.", "C"
"FVIA", "Favia sp.", "C"	"PLAda", "Platygyra daedalea", "C"
"FATab", "Favites abdita", "C"	"PLApi", "Platygyra pini", "C"
"FATco", "Favites complanata", "C"	"PLA", "Platygyra sp.", "C"
"FATfl", "Favites flexuosa", "C"	"PLEve", "Plesiastrea versipora", "C"
"FATpn", "Favites pentagona", "C"	"POCda", "Pocillopora damicornis", "C"
"FATpe", "Favites peresi", "C"	"POCey", "Pocillopora eydouxi", "C"
"FATva", "Favites vasta", "C"	"POCme", "Pocillopora meandrina", "C"
"FVTS", "Favites sp.", "C"	"POCve", "Pocillopora verrucosa", "C"

"POCI", "Pocillopora sp.", "C"
 "PORau", "Porites australiensis", "C"
 "PORlu", "Porites lutea", "C"
 "PORni", "Porites nigrescens", "C"
 "PORru", "Porites rus", "C"
 "PORso", "Porites solida", "C"
 "PORI", "Porites sp.", "C"
 "PSAco", "Psammocora contigua", "C"
 "PSApr", "Psammocora profundacella", "C"
 "PSAM", "Psammocora sp.", "C"
 "STYar", "Stylocoeniella armata", "C"
 "STYgu", "Stylocoeniella guentheri", "C"
 "STYL", "Stylocoeniella sp.", "C"
 "TURB", "Turbinaria sp.", "C"
 "SCLE", "Scleractinian", "C"
 "CLAL", "Cladiella sp.", "SC"
 "DEND", "Dendronephthya sp.", "SC"
 "LOPH", "Lobophytum sp.", "SC"
 "SARC", "Sarcophyton sp.", "SC"
 "SINU", "Sinularia sp.", "SC"
 "ALCY", "Alcyonarian", "SC"
 "EA", "Endolithic algae", "EA"
 "CC1", "Crustose corallines sp1", "CC"
 "CC", "Crustose corallines", "CC"
 "LIT", "Lithophyllum sp./Lithothamnion sp.", "CC"
 "TuCC", "Turfs/CC", "TU"
 "Tu", "Algal turfs", "TU"
 "TuSE", "Sedimented turfs", "TU"
 "TuPO", "Turfs/Pomacentrid territory", "TU"
 "AMPH", "Amphiroa sp.", "MA"
 "BOEfo", "Boergesenia forbesii", "MA"
 "BRYO", "Bryopsis sp.", "MA"
 "CAUse", "Caulerpa serratula", "MA"
 "CAUL", "Caulerpa sp.", "MA"
 "CERA", "Ceramiales sp.", "MA"
 "CODI", "Codium sp.", "MA"
 "DICTp", "Dictyota pfaffii", "MA"
 "DICT", "Dictyota sp.", "MA"
 "DISPc", "Dictyosphaeria cavernosa/versluysii", "MA"
 "DISPi", "Dictyosphaeria intermedia", "MA"
 "DISP", "Dictyosphaeria sp.", "MA"
 "ENTE", "Enteromorpha sp.", "MA"
 "HALI", "Halimeda sp.", "MA"
 "LOBva", "Lobophora variegata", "MA"
 "NEOM", "Neomeris sp.", "MA"
 "PADbo", "Padina boryana", "MA"
 "PEYS", "Peysonnelia sp.", "MA"
 "TURor", "Turbinaria ornata", "MA"
 "MACR", "Macroalga", "MA"
 "CYAN", "Cyanobacteria", "CB"
 "CLIO", "Cliona sp.", "SP"
 "SPON", "Sponge", "SP"
 "ANEM", "Sea anemone", "OLS"
 "ASCI", "Ascidian", "OLS"
 "CORM", "Corallimorpharian", "OLS"
 "ECST", "Echinostrephus cf. aciculatus", "OLS"
 "GORG", "Gorgonid sp.", "OLS"
 "PALY", "Palythoa", "OLS"
 "ZOAN", "Zoanthidae sp.", "OLS"
 "SABE", "Sabellidae", "OLS"
 "SERP", "Serpulidae", "OLS"
 "TRID", "Tridacna", "OLS"
 "CYPR", "Cypraeidae sp.", "OLM"
 "NUDI", "Nudibranch", "OLM"
 "OPHI", "Ophiur", "OLM"
 "SEAS", "Sea star", "OLM"
 "DIAD", "Diadema sp.", "OLM"
 "ECHma", "Echinometrea mathaei", "OLM"
 "ECHdi", "Echinotrix diadema", "OLM"
 "HETma", "Heterocentrotus mammilatus", "OLM"
 "STOva", "Stomopneustes variolaris", "OLM"
 "TOXOp", "Toxopneustes pileolus", "OLM"
 "TRIPg", "Tripneustes gratilla", "OLM"
 "URCH", "Urchin", "OLM"
 "ACTec", "Actinopyga echinites", "OLM"
 "ACTma", "Actinopyga mauritiana", "OLM"
 "HOLat", "Holothuria atra/leucospilota", "OLM"
 "HOLpe", "Holothuria pervicax", "OLM"
 "STIch", "Stichopus chloronotus", "OLM"
 "SYNA", "Synapta sp.", "OLM"
 "HOLO", "Holothurian", "OLM"
 "UNK1", "Unknown1", "UN"
 "UNK2", "Unknown2", "UN"
 "UNK3", "Unknown3", "UN"
 "O", "Bare substrate", "BS"
 "DQO", "Décamètre, quadrat, ombre",
 "TWS" NOTES, NOTES, NOTES
 "DC", "In situ dead coral", "NA"
 "CR", "Coral rubble", "NA"
 "LP", "Limestone pavement", "NA"
 "SA", "Sand", "NA"
 "RO", "Rock", "NA"
 "BC1", "Bleached coral-pale/glints", "NA"
 "BC2", "Bleached coral", "NA"
 "DIS", "Coral disease", "NA"
 "RDC", "Recent dead coral", "NA"
 "JUV", "Recruit or young coral (<3 cm)", "NA"
 "DBT1", "Doubtful identification - category", "NA"
 "DBT2", "Doubtful identification - Genus", "NA"
 "DBT3", "Doubtful identification - species", "NA"

Annexe 2. Liste d'espèces de poissons recensés lors du P1 et classement selon régime alimentaire.

Famille	Espèce	Régime alimentaire
Acanthuridae	<i>Acanthurus bariene</i>	Herbivore
	<i>Acanthurus leucosternon</i>	Herbivore
	<i>Acanthurus mata</i>	Planctivore
	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Herbivore
	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	Herbivore
	<i>Acanthurus tennenti</i>	Herbivore
	<i>Acanthurus triostegus</i>	Herbivore
	<i>Ctenochaetus binotatus</i>	Herbivore
	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Herbivore
	<i>Ctenochaetus strigosus</i>	Herbivore
	<i>Naso elegans</i>	Herbivore
	<i>Naso minor</i>	Planktivore
	<i>Naso unicornis</i>	Herbivore
	<i>Zebrasoma scopas</i>	Herbivore
	<i>Zebrasoma velifer</i>	Herbivore
Apogonidae	<i>Apogon cf cooki</i>	Planctivore
	<i>Apogon kallopterus</i>	Planctivore
	<i>Cheilodipterus quinquelineatus cf</i>	Piscivore
Aulostomidae	<i>Aulostomus chinensis</i>	Piscivore
Balistidae	<i>Balistoides conspicillum</i>	Macro invertébrés
	<i>Balistoides viridescens</i>	Macro invertébrés
	<i>Pseudobalistes fuscus</i>	Macro invertébrés
	<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	Macro invertébrés
	<i>Rhinecanthus rectangulus</i>	Macro invertébrés
	<i>Sufflamen bursa</i>	Macro invertébrés
	<i>Sufflamen chrysopteron</i>	Macro invertébrés
	<i>Sufflamen fraenatum</i>	Macro invertébrés
Belonidae	<i>Strongylura incisa</i>	Piscivore
	<i>Tylosurus crocodilus crocodilus</i>	Piscivore
Blennidae	<i>Aspidontus dussumierii</i>	Omnivore
	<i>Aspidontus taeniatus</i>	Parasite
	<i>Cirripectes sp</i>	Herbivore
	<i>Ecsenius lineatus</i>	Herbivore
	<i>Exallias brevis</i>	Micro invertébrés
	<i>Istiblennius sp</i>	Herbivore
	<i>Plagiotremus tapeinosoma</i>	Micro invertébrés
Caesionidae	<i>Caesio lunaris</i>	Planctivore
	<i>Caesio teres</i>	Planctivore
	<i>Pterocaesio tile</i>	Planctivore
Carangidae	<i>Caranx melampygus</i>	Piscivore

Chaetodontidae	<i>Chaetodon auriga</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon blackburnii</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon guttatissimus</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon interruptus</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon kleinii</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon lunula</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon madagaskariensis</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon melannotus</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon meyeri</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Micro invertébrés
	<i>Forcipiger longirostris</i>	Micro invertébrés
	<i>Hemitaenichthys zoster</i>	Planctivore
	<i>Heniochus acuminatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Heniochus monoceros</i>	Micro invertébrés
Cirrhitidae	<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	Micro invertébrés
	<i>Cirrhitops fasciatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Piscivore
Clupeidae	<i>Clupeidae sp</i>	Planctivore
Fistularidae	<i>Fistularia commersonii</i>	Piscivore
Gobidae	<i>Amblyeleotris cf wheeleri</i>	Micro invertébrés
	<i>Gnatholepis sp</i>	Micro invertébrés
	<i>Istigobius decoratus</i>	Micro invertébrés
	<i>Valenciennea strigata</i>	Micro invertébrés
Holocentridae	<i>Myripristis berndti</i>	Planctivore
	<i>Myripristis cf murdjan</i>	Planctivore
	<i>Neoniphon sammara</i>	Planctivore
	<i>Sargocentron diadema</i>	Macro invertébrés
	<i>Sargocentron punctatissimum</i>	Macro invertébrés
	<i>Sargocentron spiniferum</i>	Macro invertébrés
	<i>Sargocentron tiera</i>	Macro invertébrés
Kyphosidae	<i>Kyphosus cinerascens</i>	Herbivore
	<i>Kyphosus vaigiensis</i>	Herbivore

Labridae	<i>Anampses caeruleopunctatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Anampses lineatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Anampses meleagrides</i>	Micro invertébrés
	<i>Bodianus axillaris</i>	Micro invertébrés
	<i>Bodianus macrourus</i>	Macro invertébrés
	<i>Cheilinus oxycephalus</i>	Micro invertébrés
	<i>Cheilinus trilobatus</i>	Macro invertébrés
	<i>Cheilio inermis</i>	Piscivore
	<i>Coris aygula</i>	Macro invertébrés
	<i>Coris caudimacula</i>	Micro invertébrés
	<i>Coris cuvieri</i>	Macro invertébrés
	<i>Epibulus insidiator</i>	Piscivore
	<i>Gomphosus caeruleus</i>	Micro invertébrés
	<i>Halichoeres cosmetus</i>	Micro invertébrés
	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Micro invertébrés
	<i>Halichoeres lamarii</i>	Micro invertébrés
	<i>Halichoeres lapillus</i>	Micro invertébrés
	<i>Halichoeres nebulosus</i>	Micro invertébrés
	<i>Halichoeres scapularis</i>	Micro invertébrés
	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Macro invertébrés
	<i>Labroides bicolor</i>	Micro invertébrés
	<i>Labroides dimidiatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Labropsis xanthonota</i>	Micro invertébrés
	<i>Macropharyngodon bipartitus</i>	Micro invertébrés
	<i>Macropharyngodon cyanoguttatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Novaculichthys taeniourus</i>	Micro invertébrés
	<i>Pseudocheilinus evanidus</i>	Micro invertébrés
	<i>Pseudocheilinus octotaenia</i>	Micro invertébrés
	<i>Stethojulis albovittata</i>	Micro invertébrés
	<i>Thalassoma genivittatum</i>	Micro invertébrés
	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Micro invertébrés
	<i>Thalassoma hebraicum</i>	Micro invertébrés
	<i>Thalassoma lunare</i>	Micro invertébrés
	<i>Thalassoma purpureum</i>	Macro invertébrés
	<i>Thalassoma trilobatum</i>	Macro invertébrés
Labridae (Scarinae)	<i>Calotomus carolinus</i>	Herbivore
	<i>Chlorurus enneacanthus</i>	Herbivore
	<i>Chlorurus sordidus</i>	Herbivore
	<i>Chlorurus sp</i>	Herbivore
	<i>Leptoscarus vaigiensis</i>	Herbivore
	<i>Scarus caudofasciatus</i>	Herbivore
	<i>Scarus falcipinnis</i>	Herbivore
	<i>Scarus frenatus</i>	Herbivore
	<i>Scarus ghobban</i>	Herbivore
	<i>Scarus globiceps</i>	Herbivore
	<i>Scarus psittacus</i>	Herbivore
	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	Herbivore
	<i>Scarus scaber</i>	Herbivore
	<i>Scarus tricolor</i>	Herbivore
Lethrinidae	<i>Gnathodentex aurolineatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Lethrinus cf variegatus</i>	Macro invertébrés
	<i>Monotaxis grandoculis</i>	Macro invertébrés

Lutjanidae	<i>Aphareus furca</i> <i>Aprion virescens</i>	Piscivore Piscivore
Malacanthidae	<i>Malacanthus brevirostris</i> <i>Malacanthus latovittatus</i>	Micro invertébrés Micro invertébrés
Microdesmidae	<i>Nemateleotris magnifica</i> <i>Ptereleotris evides</i> <i>Ptereleotris zebra</i>	Planctivore Planctivore Planctivore
Monacanthidae	<i>Cantherhines dumerlii</i> <i>Cantherhines fronticinctus</i> <i>Cantherhines pardalis</i> <i>Oxymonacanthus longirostris</i> <i>Paraluteres prionurus</i> <i>Pervagor aspricaudus</i> <i>Pervagor janthinosoma</i>	Micro invertébrés Micro invertébrés Micro invertébrés Micro invertébrés Micro invertébrés Micro invertébrés Micro invertébrés
Mullidae	<i>Mulloidichthys auriflamma</i> <i>Mulloidichthys flavolineatus</i> <i>Parupeneus barberinoides</i> <i>Parupeneus cyclostomus</i> <i>Parupeneus macronemus</i> <i>Parupeneus pleurostigma</i> <i>Parupeneus rubescens</i> <i>Parupeneus trifasciatus</i>	Micro invertébrés Micro invertébrés Micro invertébrés Piscivore Micro invertébrés Micro invertébrés Micro invertébrés Micro invertébrés
Muraenidae	<i>Echidna nebulosa</i> <i>Gymnothorax buroensis</i> <i>Gymnothorax meleagris</i>	Piscivore Invertébrés Piscivore
Ostraciidae	<i>Ostracion cubicus</i> <i>Ostracion meleagris</i>	Micro invertébrés Micro invertébrés
Pempheridae	<i>Pempheris nesogallica</i> <i>Pempheris cf oualensis</i>	Planctivore Planctivore
Pomacanthidae	<i>Apolemichthys trimaculatus</i> <i>Centropyge bispinosa</i> <i>Centropyge bispinosus</i> <i>Pomacanthus imperator</i>	Micro invertébrés Herbivore Herbivore Micro invertébrés

Syngnathidae	<i>Corythoichthys flavofasciatus</i>	Micro invertébrés
	<i>Corythoichthys schultzi</i>	Micro invertébrés
Synodontidae	<i>Saurida gracilis</i>	Piscivore
	<i>Synodus dermatogenys</i>	Piscivore
	<i>Synodus variegatus</i>	Piscivore
Tetraodontidae	<i>Arothron meleagris</i>	Macro invertébrés
	<i>Arothron nigropunctatus</i>	Macro invertébrés
	<i>Canthigaster amboinensis</i>	Micro invertébrés
	<i>Canthigaster coronata</i>	Micro invertébrés
	<i>Canthigaster cyanospilota</i>	Micro invertébrés
	<i>Canthigaster janthinoptera</i>	Micro invertébrés
	<i>Canthigaster smithae</i>	Micro invertébrés
	<i>Canthigaster solandri</i>	Micro invertébrés
	<i>Canthigaster sp</i>	Micro invertébrés
	<i>Canthigaster valentini</i>	Micro invertébrés
Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i>	Micro invertébrés

Annexe 3. Liste d'espèces de poissons herbivore et classement en groupes fonctionnels d'herbivorie. 'Browser' : brouteur de grandes algues molles ; 'Grazer' : brouteur des gazons algaux / détritivore ; 'Scraper' : racleur ; 'Excavator' : excavateur.

Famille	Espèce	Groupe fonctionnel
Acanthuridae	<i>Acanthurus bariene</i>	Grazer
	<i>Acanthurus leucosternon</i>	Grazer
	<i>Acanthurus mata</i>	Grazer
	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Grazer
	<i>Acanthurus nigrofasciatus</i>	Grazer
	<i>Acanthurus tennentii</i>	Grazer
	<i>Acanthurus triostegus</i>	Grazer
	<i>Ctenochaetus binotatus</i>	Grazer
	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Grazer
	<i>Ctenochaetus strigosus</i>	Grazer
	<i>Naso elegans</i>	Grazer
	<i>Naso unicornis</i>	Browser
	<i>Zebrasoma scopas</i>	Grazer
	<i>Zebrasoma velifer</i>	Browser
Blennidae	<i>Cirripectes sp</i>	Grazer
	<i>Istiblennius sp</i>	Grazer
Kyphosidae	<i>Kyphosus cinerascens</i>	Browser
	<i>Kyphosus vaigiensis</i>	Browser
Labridae (Scarinae)	<i>Calotomus carolinus</i>	Grazer
	<i>Chlorurus enneacanthus</i>	Excavator
	<i>Chlorurus sordidus</i>	Scraper
	<i>Chlorurus sp</i>	Scraper
	<i>Leptoscarus vaigiensis</i>	Browser
	<i>Scarus caudofasciatus</i>	Scraper
	<i>Scarus falcipinnis</i>	Scraper
	<i>Scarus frenatus</i>	Scraper
	<i>Scarus ghobban</i>	Scraper
	<i>Scarus globiceps</i>	Scraper
	<i>Scarus psittacus</i>	Scraper
	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	Scraper
	<i>Scarus scaber</i>	Scraper
	<i>Scarus tricolor</i>	Scraper
Pomacanthidae	<i>Centropyge bispinosa</i>	Grazer
	<i>Centropyge bispinosus</i>	Grazer
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>	Grazer
	<i>Plectroglyphidodon randallii</i>	Grazer
	<i>Stegastes limbatus</i>	Gardener
	<i>Stegastes luteobrunneus</i>	Grazer
	<i>Stegastes nigricans</i>	Gardener
	<i>Stegastes pelicieri</i>	Grazer
	<i>Stegastes punctatus</i>	Gardener
Siganidae	<i>Siganus argenteus</i>	Browser
	<i>Siganus luridus</i>	Browser
	<i>Siganus sutor</i>	Browser

Famille	Espèce	Groupe fonctionnel
Acanthuridae	<i>Acanthurus bariene</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Acanthurus leucosternon</i>	Grazer

Acanthuridae	<i>Acanthurus mata</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Acanthurus tennentii</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Acanthurus triostegus</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Ctenochaetus binotatus</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Ctenochaetus strigosus</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Naso elegans</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Naso unicornis</i>	Browser
Acanthuridae	<i>Zebrasoma scopas</i>	Grazer
Acanthuridae	<i>Zebrasoma velifer</i>	Browser
Blennidae	<i>Cirripectes sp</i>	Grazer
Blennidae	<i>Istiblennius sp</i>	Grazer
Kyphosidae	<i>Kyphosus cinerascens</i>	Browser
Kyphosidae	<i>Kyphosus vaigiensis</i>	Browser
Labridae (Scarinae)	<i>Calotomus carolinus</i>	Grazer
Labridae (Scarinae)	<i>Chlorurus enneacanthus</i>	Excavator
Labridae (Scarinae)	<i>Chlorurus sordidus</i>	Scraper
Labridae (Scarinae)	<i>Chlorurus sp</i>	Scraper
Labridae (Scarinae)	<i>Leptoscarus vaigiensis</i>	Browser
Labridae (Scarinae)	<i>Scarus caudofasciatus</i>	Scraper
Labridae (Scarinae)	<i>Scarus falcipinnis</i>	Scraper
Labridae (Scarinae)	<i>Scarus frenatus</i>	Scraper
Labridae (Scarinae)	<i>Scarus ghobban</i>	Scraper
Labridae (Scarinae)	<i>Scarus globiceps</i>	Scraper
Labridae (Scarinae)	<i>Scarus psittacus</i>	Scraper
Labridae (Scarinae)	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	Scraper
Labridae (Scarinae)	<i>Scarus scaber</i>	Scraper
Labridae (Scarinae)	<i>Scarus tricolor</i>	Scraper
Pomacanthidae	<i>Centropyge bispinosa</i>	Grazer
Pomacanthidae	<i>Centropyge bispinosus</i>	Grazer
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>	Grazer
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon randallii</i>	Grazer
Pomacentridae	<i>Stegastes limbatus</i>	Gardener
Pomacentridae	<i>Stegastes luteobrunneus</i>	Grazer
Pomacentridae	<i>Stegastes nigricans</i>	Gardener
Pomacentridae	<i>Stegastes pelicierii</i>	Grazer
Pomacentridae	<i>Stegastes punctatus</i>	Gardener
Siganidae	<i>Siganus argenteus</i>	Browser
Siganidae	<i>Siganu sluridus</i>	Browser
Siganidae	<i>Siganus sutor</i>	Browser

Annexe 4. Contributions relatives en % (procédure statistique SIMPER / Primer) des principales familles « cible » de poissons se différenciant (cf. dissimilarité) entre le point zéro (P0) et lors du point 1 (P1).

Acanthuridae:

Groups P0 & P1

Average dissimilarity = 42.18

Species	Group P0 Av.Abund	Group P1 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Ctenochaetus striatus	312.72	435.41	11.51	1.47	27.28	27.28
Naso elegans	135.87	229.41	8.97	1.49	21.25	48.54
Acanthurus nigricauda	8.83	106.57	5.18	1.05	12.28	60.81
Acanthurus triostegus	5.40	64.02	3.76	0.61	8.91	69.73
Zebrasoma velifer	48.14	38.97	2.82	1.78	6.68	76.40
Zebrasoma scopas	35.83	69.31	2.46	1.64	5.83	82.23
Acanthurus nigrofuscus	93.61	64.69	2.16	1.35	5.12	87.36
Naso unicornis	17.18	29.00	2.06	1.05	4.89	92.25

Serranidae:

Groups P0 & P1

Average dissimilarity = 91.04

Species	Group P0 Av.Abund	Group P1 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Variola louti	1.83	219.13	60.34	6.90	66.28	66.28
Cephalopholis urodeta	11.16	65.59	14.03	1.85	15.41	81.69
Cephalopholis argus	0.00	22.44	6.90	1.27	7.58	89.26
Epinephelus hexagonatus	2.26	10.14	3.86	0.68	4.24	93.50

Holocentridae:

Groups P0 & P1

Average dissimilarity = 73.15

Species	Group P0 Av.Abund	Group P1 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Myripristis berndti cf	59.02	192.47	47.48	2.00	64.90	64.90
Sargocentron spiniferum	2.66	29.76	11.38	0.72	15.56	80.46
Sargocentron tiere	0.70	31.80	8.25	1.07	11.28	91.74

Balistidae:

Groups P0 & P1

Average dissimilarity = 66.78

Species	Group P0 Av.Abund	Group P1 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sufflamen bursa	16.21	65.22	39.72	2.84	59.48	59.48
Sufflamen chrysopteron	0.00	21.87	14.24	0.71	21.32	80.80
Pseudobalistes fuscus	0.00	5.94	5.85	0.58	8.76	89.57
Balistoides conspicillum	0.00	6.69	4.40	0.56	6.59	96.16

Annexe 5. Positions des stations du suivi de « l'effet réserve » de la RNNMR

Systèmes de projection RGR92 (WGS 84) / coordonnées géographiques en degrés décimaux					
Commune de St-Paul (Récif frangeant de la Saline-les-Bains) et Commune de Trois-Bassins (plate-forme récifale de Trois-Bassins)					
				Degrés décimaux (WGS84)	
Nom de la station	Station	Réglementation RNM	Autres / Amers	Sud	Est
Sanctuaire Sud pti trou d'eau	Platier	Sanctuaire niveau 3	Cloche UR du petit Trou d'Eau en face maison bleu	- 21.10145	055.24004
Sanctuaire Nord nlle résidence	Platier	Sanctuaire niveau 3	En face immeuble au sud de l'école de la Saline	- 21.09959	055.23674
Le Kabanon à Trou d'eau	Platier	Protection renforcée niveau 2	En face du restaurant "le Kabanon" à Trou d'eau	- 21.10285	055.24145
Les Villas du lagon	Platier	Protection renforcée niveau 2	en face du "chemin pêcheur" Villas lagon / Camp des finances	- 21.09120	055.22827
Souris Blanche Sud	Pente externe	Réglementation générale niveau 1	en face de la parcelle vide (Commune Trois-Bassins)	- 21.12447	055.25803
Souris Blanche Nord	Pente externe	Réglementation générale niveau 1	en face ravine souris chaude (Commune Trois-Bassins)	- 21.12189	055.25681
Camp de l'armée (IGESA)	Pente externe	Protection renforcée niveau 2	en face de l'IGESA (camp de l'armée)	- 21.10864	055.24491
Sanctuaire Sud	Pente externe	Sanctuaire niveau 3	Sanctuaire	- 21.10372	055.23591
Sanctuaire Nord	Pente externe	Sanctuaire niveau 3	Sanctuaire	- 21.10255	055.23455
Copacabana	Pente externe	Protection renforcée niveau 2	en face du restaurant Le Copacabana	- 21.09789	055.22901
Commune de Saint-Leu (récif frangeant de St Leu ville et plate-forme récifale de la Pointe au sel)					
				Degrés décimaux (WGS84)	
Nom de la station	Station	Réglementation RNM	Autres / Amers	Sud	Est
Marine	Platier	Réglementation générale niveau 1	Extrémité sud de la plate forme récifal de la Pte au sel	- 21.195580	55.283690
Cimetière	Platier	Réglementation générale niveau 1	face au cimetière de St-Leu	- 21.192780	55.284100
Les Kiosques	Platier	Protection renforcée niveau 2	Face aux kiosques au sud de St Leu	- 21.183740	55.285970
Varangue Sud	Platier	Sanctuaire niveau 3	Face à l'enrochement au Sud cabine MNS	- 21.174580	55.285430
Varangue Nord	Platier	Sanctuaire niveau 3	Face à l'enrochement au sud restaurant "la Varangue"	- 21.172020	55.284820
La Come Nord	Platier	Protection renforcée niveau 2	Platier donnant sur le spot de surf "la gauche de St Leu"	- 21.165720	55.284740
Marine	Pente externe	Réglementation générale niveau 1	Extrémité sud de la plate forme récifal de la Pte au sel	- 21.194680	55.281620
Cimetière	Pente externe	Réglementation générale niveau 1	face au cimetière de St-Leu	- 21.192660	55.282400
Kiosque	Pente externe	Protection renforcée niveau 2	Face aux kiosques au sud de St Leu	- 21.182980	55.284120
Varangue Sud	Pente externe	Sanctuaire niveau 3	Face au restaurant "la Varangue" st GCRMN	- 21.173550	55.282490
Varangue Nord	Pente externe	Sanctuaire niveau 3	Face à l'enrochement au sud restaurant "la Varangue"	- 21.172560	55.282430
Apolonia	Pente externe	Protection renforcée niveau 2	Platier donnant sur le spot de surf "la gauche de St Leu"	- 21.167940	55.281920
Commune de l'Etang Salé (récif frangeant de l'Etang Salé)					
				Degrés décimaux (WGS84)	
Nom de la station	Station	Réglementation RNM	Autres / Amers	Sud	Est
Etang-Salé PR Sud	Pente externe	Protection renforcée niveau 2		- 21.27119	55.32898
Etang-Salé Sanct Sud	Pente externe	Sanctuaire niveau 3		- 21.26968	55.32786
Etang-Salé Sanct Nord	Pente externe	Sanctuaire niveau 3		- 21.26858	55.32738
Etang-Salé PR Nord	Pente externe	Protection renforcée niveau 1		- 21.26552	55.32740