



RAPPORT

Suivi de l'état de santé des biocénoses marines de la Réserve Naturelle de Petite Terre

État des lieux 2020 et évolution 2007-2020

Avril 2021

Réserve Naturelle de Petite Terre



PROJET COFINANCÉ
par le fonds européen
de développement régional



CLIENT

RAISON SOCIALE	Association Titè
COORDONNÉES	Réserves Naturelles de la Désirade Capitaineries 97127 La Désirade Tel. : 05 90 21 29 93
INTERLOCUTEUR	Éric DELCROIX Tél. : 05 90 21 29 93 / 06 90 34 97 55 E-mail : ericdelcroix.rnpt@gmail.com

CRÉOCÉAN

COORDONNÉES	CREOCEAN ANTILLES-GUYANE 1 Lotissement les Mussendas - Plaisance - 97122 Baie-Mahault Tél. : 05 90 41 16 88 / Fax : 05 90 26 57 82 E-mail : caraïbes@creocean.fr
INTERLOCUTEUR	Christelle BATAILLER Tél. : 05.90.41.16.88 / 06.90.39.03.88 E-mail : batailler@creocean.fr

RAPPORT

TITRE	Suivi de l'état de santé des biocénoses marines de la Réserve Naturelle de Petite Terre – Année 2020 et évolution 2007-2020
NOMBRE DE PAGES	84 (avec annexes)
NOMBRE D'ANNEXES	2
OFFRE DE RÉFÉRENCE	P18000190-M (RNPT)
N° COMMANDE	OS n°1

SIGNATAIRE

RÉFÉRENCE	DATE	RÉVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA RÉVISION	RÉDACTEUR	CONTRÔLE QUALITÉ
180835C	14/04/2021	Édition 1	-	Jules KLEITZ	Florian LABADIE

Sommaire

1. Contexte et objectifs de l'étude.....	4
2. Présentation des sites d'étude – Plan d'échantillonnage	5
2.1. Réserve de Petite Terre.....	5
2.2. Planning de réalisation des campagnes de suivi.....	8
3. Méthodologies	9
3.1. Protocoles et paramètres.....	9
3.2. Traitement et interprétation des données.....	11
4. Résultats du suivi des stations de la Réserve de Petite Terre	13
4.1. Les peuplements benthiques	13
4.2. Les peuplements ichthyologiques	20
4.3. Herbiers et mégafaune associée	31
4.4. Conclusions.....	38
4.5. Suivi spécifique des lambis par vidéo tractée à l'échelle du lagon	40
4.6. Suivi spécifique des cyanophycées.....	46
5. Suivi de la température	50
5.1. Le phénomène de blanchissement corallien et la méthode utilisée pour évaluer son risque	50
5.2. Risque de blanchissement pour la saison 2020 : données NOAA.....	51
5.3. Évaluation du risque de blanchissement à partir des données de température collectées.....	53
6. Compagnonnage et formation.....	56
6.1. Principes et résultats du compagnonnage.....	56
6.2. Bilan sur la formation / Échange des personnels impliqués.....	57
7. Communication : posters destinés au grand public / décideurs	57
8. PERSPECTIVES	58
 BIBLIOGRAPHIE	 62

1. Contexte et objectifs de l'étude

Dans le cadre de ses missions, la **DEAL Guadeloupe** a initié en 2007 la mise en place d'un réseau de suivi de l'état de santé des communautés benthiques des réserves naturelles du Grand Cul-de-Sac Marin (Guadeloupe), Petite Terre (La Désirade), Saint-Martin et Saint-Barthélemy.

En 2007, la **DEAL Guadeloupe** a mandaté **PARETO ECOCONSULT**, (fusionné en 2016 avec **CREOCOCEAN**), pour la coordination et la réalisation du premier suivi, correspondant à l'état de référence du « Réseau des Réserves ». Elle souhaitait également impliquer fortement les équipes des différentes réserves naturelles marines dans la phase de collecte des données sur le terrain.

De 2008 à 2017, le « Réseau des Réserves » a été pérennisé à l'initiative de la DEAL puis des Réserves elles-mêmes afin, d'une part de réaliser un diagnostic actualisé sur l'état de santé des peuplements benthiques et des herbiers chaque année, et d'autre part de renforcer le principe de compagnonnage et d'échanges entre les structures.

Depuis 2009, le suivi est complété par un diagnostic de l'état des peuplements ichthyologiques et par le suivi de stations de comparaison hors réserve, excepté à Petite Terre compte tenu des conditions de milieu contraignantes en dehors de la réserve. Deux stations de suivi supplémentaires ont également été implantées en 2012 dans l'enceinte de la Réserve Naturelle de Saint-Martin et une 4^{ème} station a été ajoutée en 2019. En 2013, suite aux préconisations réalisées dans le cadre du TIT (Thème d'Intérêt Transversal) « RESOBS » de l'IFRECOR (C. Hily, F. Kerninon), et après validation de la DEAL et des différentes AMP, des modifications ont été apportées au protocole de suivi des herbiers et de nouveaux indicateurs ont été relevés. Parallèlement, le réseau de suivi de la température des eaux sur chaque station en réserve a été pérennisé.

Le suivi est mis en œuvre de manière continu au sein de la Réserve de Petite Terre depuis 2007.

Depuis 2015, la RN de Saint-Martin met en œuvre le suivi de ses biocénoses marines en interne mais a toutefois montré sa volonté de contribuer au réseau en participant au suivi sur la RN de Petite Terre et Saint-Barthélemy, selon le principe de compagnonnage.

A noter que depuis 2011, le suivi des stations du Parc National est a priori réalisé en régie par les agents du Parc.

L'objectif principal est de collecter des données annuelles en 2020 au sein de la RN de Petite Terre, parallèlement au suivi des biocénoses de la RN de Saint-Barthélemy, basées sur des protocoles simplifiés, faciles à mettre en œuvre. Le choix de ces protocoles a été réalisé dans un souci de compatibilité avec ceux mis en œuvre dans le cadre de l'application de la Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE) sur les masses d'eaux côtières de Guadeloupe.

Les objectifs spécifiques sont de :

- ▶ Collecter des données actualisées sur l'état de santé des peuplements sur les zones littorales classées en réserve naturelle marine (coraux, poissons, herbiers, lambis) ;
- ▶ Suivre la température sur une station de suivi récifale ;
- ▶ Alimenter des bases de données pour sécuriser les données terrain (BDRécifs) ;
- ▶ Fournir un rapport d'étude synthétisant les résultats sur chaque réserve (avec des tests statistiques pour, le cas échéant, mettre en avant les évolutions significatives) ;
- ▶ Fournir un support de communication destiné aux décideurs et/ou grand public ;
- ▶ Former les personnels des réserves naturelles à des protocoles de suivi simplifiés, faciles à mettre en œuvre et correspondant à des outils adaptés pour la gestion des réserves ;
- ▶ Renforcer le principe de « compagnonnage » et d'échanges (réseau de compétences) entre les différentes équipes des réserves.

En 2020, une matérialisation des transects a été faite sur ½ journée, afin de faciliter les futurs suivis.

2. Présentation des sites d'étude – Plan d'échantillonnage

La Réserve Naturelle de Petite Terre a fait l'objet du suivi annuel dans la cadre du réseau de suivi des Aires Marines Protégées (AMP) aux Antilles françaises. La délimitation et les principales caractéristiques de la réserve naturelle de Petite Terre sont présentées en annexe 1.

2.1. Réserve de Petite Terre

Les stations de suivi implantées en 2007 se situent sur le récif est (station « benthos ») et à l'intérieur du lagon (station « herbier ») (Figure 1). L'ensemble des récifs et herbiers de Petite Terre étant classé en réserve, aucune station hors réserve n'a été définie.

A noter qu'en 2016, les gestionnaires de la Réserve de Petite Terre ont mis en place des aménagements matérialisant les limites de zones protégées, interdites au public, d'herbiers (littoral de Terre de Bas) et d'une partie du récif du lagon (Figure 2). L'objectif est la restauration naturelle de ces écosystèmes protégés de l'influence du piétinement.

- ▶ La station de suivi des peuplements benthiques (**station Passe**) est positionnée à -3 m de profondeur, sur la pente externe du récif frangeant situé à l'est du lagon de Petite Terre. Du fait de sa position, elle bénéficie de conditions de milieu ouvert, tant du point de vue de la transparence des eaux que de leur renouvellement par les courants océaniques, et est exposée à un hydrodynamisme fort (déferlement de la houle). Le transect de suivi démarre hors de la zone protégée interdite d'accès mais le dernier tiers du transect de 60 m se situe dans ce périmètre.
- ▶ La station de suivi des herbiers (**station Terre de Haut**) est positionnée à -2 m, à l'entrée du lagon, au sud-ouest de Terre de Haut. La station est globalement caractérisée par un substrat sableux. Des mouvements sédimentaires importants ont pu être constatés depuis 2007. Depuis 2013, l'herbier apparaît majoritairement ensablé, plus particulièrement dans sa partie est. De par sa position, la station bénéficie de conditions de milieu favorables, tant du point de vue de la transparence des eaux que de leur renouvellement par les courants « lagonaires ». L'exposition à la houle dominante (est) est très faible, mais elle peut être exposée aux houles d'ouest.
- ▶ En 2015, une station complémentaire de suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques a été implantée dans l'enceinte de la Réserve. Cette station de suivi des peuplements benthiques (**station Nord-est Passe**) est située à -4 m de profondeur, à une distance d'environ 60 m au nord-est de la station Passe. Les conditions de milieu sont similaires, avec une influence du courant toutefois plus marquée. La zone concernée est située hors du périmètre interdit (au nord-est de celui-ci) mais est a priori non fréquentée par les visiteurs de la Réserve compte tenu de son éloignement de l'île de Terre de Bas et des conditions de courant contraignantes, contrairement à la station Passe. Son emplacement avait été initialement choisi afin de comparer l'évolution des peuplements avec celle de la station Passe, soumise à la fréquentation avant la mise en place du périmètre interdit.

En 2015, 5 des 6 transects de 10 m (transects n° 2 à 6 : marque 10-60 m) avaient été positionnés sur une zone corallienne et le 6^{ème} transect de 10 m (transect n° 1 : marque 0-10 m) avait été implanté à une dizaine de mètres au sud. En 2016, il a été possible de positionner les 6 transects les uns à la suite des autres. Un fer à béton matérialise le transect à 10 m de son démarrage.

- ▶ En 2020, les transects des deux stations ont été matérialisés (fer à béton tout les 10m) et cartographiés afin de faciliter les futurs suivis et limiter le décalage de position du transect.

Tableau 1 - Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2020

Zone géographique	Station	Statut	Type de suivi en 2020	Latitude	Longitude
Petite Terre	Passe	Réserve	Benthos, Ichtyo, T°C	16°10,456'N	61°06,382'O
	NE Passe	Réserve	Benthos, Ichtyo	16°10,466'N	61°06,350'O
	Terre de Haut	Réserve	Herbiers, Lambis, ...	16°10,573'N	61°06,717'O

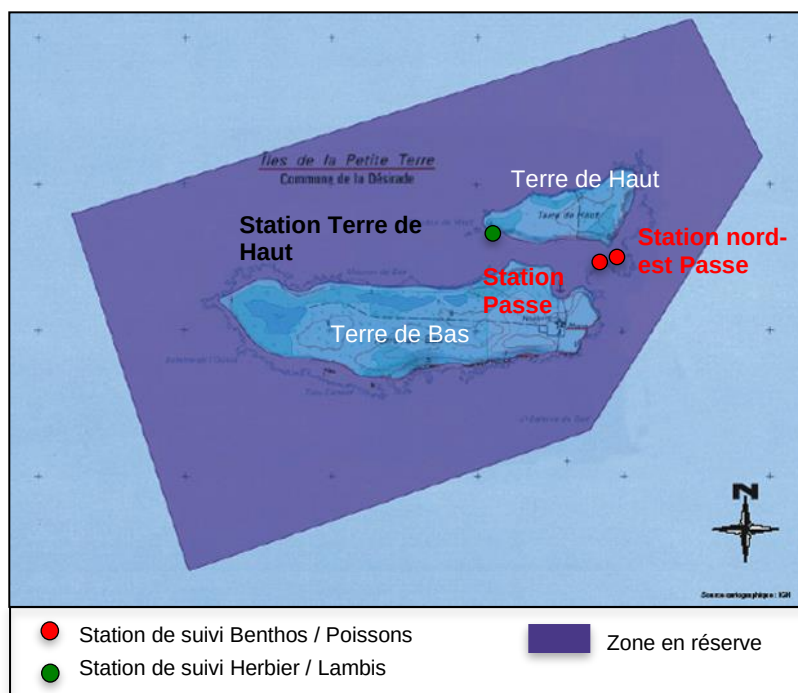


Figure 1 - Stations de suivi pour la Réserve Naturelle de Petite Terre - La Désirade

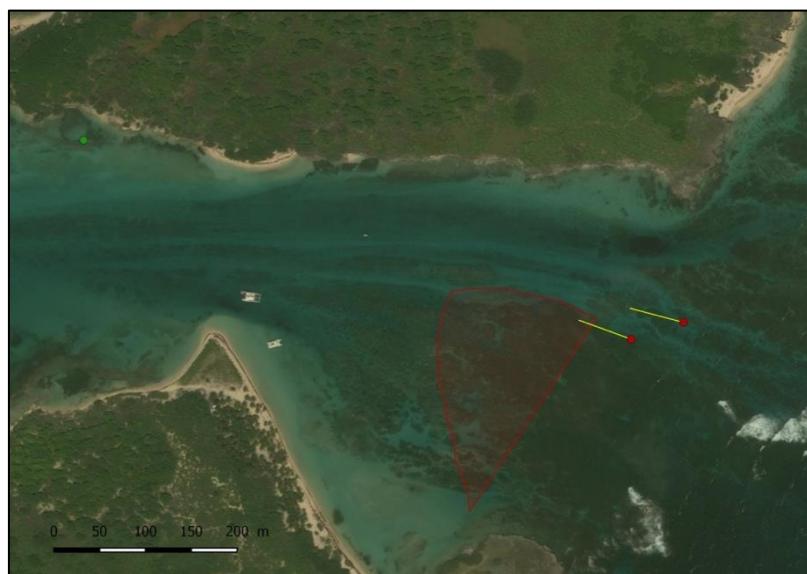


Figure 2 - Périmètre de la zone récifale protégée au sein du lagon (polygone rouge) et position des transects de suivi (en jaune)

Sur la station de suivi des herbiers, les ajustements du protocole de suivi proposés dans le cadre du TIT herbier IFRECOR ont été mis en œuvre à partir de 2013, conformément au souhait de la DEAL et des Réserves Naturelles : le suivi des paramètres est réalisé au niveau de 3 sous-stations au sein de l'herbier, correspondant chacune à une radiale de 50 m de long (soit 3 radiales de 50 m par station herbier). Les radiales ont pour vocation d'être pérennes et ont été implantées dans la mesure du possible selon une orientation côte-large. Dans le cas de Petite Terre, en 2013 la surface particulièrement réduite de l'herbier, partiellement ensablé, n'avait pas permis l'implantation de radiales rectilignes et perpendiculaires à la côte. La radiale n°3 avait par ailleurs été implantée légèrement à l'est de la zone d'herbier échantillonnée les années précédentes. Les débuts, fins et changements d'orientation des radiales avaient été matérialisés sur le terrain à l'aide de piquets Galva et de flotteurs.

En 2014, seuls quelques piquets avaient été retrouvés. Les radiales avaient alors été positionnées dans la mesure du possible au plus proche de celles installées en 2013 et en fonction de la localisation de l'herbier en 2014. Les coordonnées GPS de début, fin et changement d'orientation des radiales ont été relevées (Tableau 2).

Lors des missions suivantes, sur la base des coordonnées relevées, un agent de la RNPT (J. Athanase) a pu contrôler et optimiser la matérialisation des sous-stations en amont du suivi.

La position des 3 radiales est présentée ci-dessous :



Figure 3 - Position des 3 sous-stations de suivi au sein de l'herbier de Petite Terre (d'après Google Earth, 2014)

Tableau 2 - Cordonnées des radiales de suivi Herbiers à Petite Terre

Radiale1		Radiale2		Radiale3	
GraduationRadiale	Coordonnées	GraduationRadiale	Coordonnées	GraduationRadiale	Coordonnées
0m	16°10,594'N 61°06,783'O	0m	16°10,584'N 61°06,761'O	0m (piquet2013)	16°10,590'N 61°06,735'O
24,5m (piquet2013)	16°10,586'N 61°06,793'O	26m (changementdirection)	16°10,583'N 61°06,776'O	35-36m (changementdirection)	16°10,594'N 61°06,741'O
29,5m (changementdirection)	16°10,585'N 61°06,796'O	50m	16°10,594'N 61°06,767'O	50m (piquet201351m)	16°10,592'N 61°06,721'O
50m	16°10,584'N 61°06,784'O				

2.2. Planning de réalisation des campagnes de suivi

Les suivis réalisés depuis 2007 sur l'ensemble des stations mises en place par les acteurs du réseau ainsi que les dates de suivi en 2020 sont résumés dans le Tableau 3.

Tableau 3 - Chronologie des suivis sur les stations des AMP depuis 2007, et dates de suivi en 2020

Zone géographique	Station	Statut	Type de suivi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Dates de suivi 2020
GCSM	Fajou	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	-
	Caret Nord-Ouest	hors réserve	Benthos, Ichtyo				I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	-
	Passé à Colas	réserve	Herbiers, Lambis															-
	Sud Carat	hors réserve	Herbiers, Lambis															-
Petite Terre	Passé	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	12/10/2020
	Passé nord-est	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C									I	I	I	I	I	I	12/10/2018
	Terre de Haut	réserve	Herbiers, Lambis															14/10/2020
	Colombier	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	28/07/2020
Saint Barth	Le Boeuf	hors réserve	Benthos, Ichtyo			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	27/07/2020
	Marigot	réserve	Herbiers, Lambis															
	Pointe Milou	hors réserve	Lambis															
	Petit-Cul-de-Sac	hors réserve	Lambis															
Saint Martin	Chicot	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	29/07/2020
	Fish Point	hors réserve	Benthos, Ichtyo			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	-
	Rocher Pélican	réserve	Benthos, Ichtyo						I	I	I	I	I	I	I	I	I	-
	Rocher Créole	réserve	Herbiers, Lambis															-
	Grand Case	hors réserve	Herbiers, Lambis															-
	Illet Pinel	réserve	Herbiers, Lambis															-

 Suivis opérés
 Ajoutés
 Suivi réalisé sans participation de Pareto/Gréocéan, ne faisant pas l'objet d'un rapport annuel

3. Méthodologies

3.1. Protocoles et paramètres

Les suivis mis en œuvre dans le cadre du réseau des réserves sont réalisés sur la base des protocoles fournis par la DEAL et validés d'un point de vue scientifique.

Le choix des protocoles et des stations de suivi a été réalisé dans un souci d'homogénéité avec ceux mis en œuvre dans le cadre de l'application de la **Directive européenne Cadre sur l'Eau** (DCE) sur les masses d'eaux côtières de Guadeloupe, Saint-Martin et Martinique depuis 2007. Ainsi, les paramètres biologiques fixés par la DCE ont été repris et complétés dans le cadre du suivi « réseau des réserves », l'ichtyofaune et les lambis n'étant pas pris en compte dans le cadre de la DCE. A noter toutefois que les protocoles mis en œuvre dans le cadre de la DCE ont fait et font toujours actuellement l'objet de réflexion et d'adaptation, les objectifs des 2 réseaux de suivis, DCE et AMP, étant différents. La DCE est en effet une directive européenne avec des attentes réglementaires. En termes de questions scientifiques, la DCE s'intéresse aux suivis des herbiers et du benthos récifal pour évaluer l'état écologique des masses d'eaux dans lesquelles ils se développent, en vue d'identifier des perturbations locales d'origine anthropique. Les AMP s'intéressent à l'évolution de l'état de ces systèmes eux-mêmes, afin de comprendre leur évolution à la fois dans des contextes locaux, régionaux et globaux ou pour évaluer l'efficacité de mesures de gestion.

Les protocoles détaillés pour l'ensemble des paramètres sont présentés en annexe 2.

Suivi des peuplements benthiques coralliens et de l'ichtyofaune

Depuis 2007, les paramètres de suivi des communautés benthiques coralliennes relevés sont les suivants : structure du peuplement benthique, couverture en macroalgues, recrutement corallien, état de santé général, blanchissement corallien et densité en oursins diadèmes.

Nb : dans le cadre de l'analyse de la structure des peuplements benthiques, la couverture corallienne totale comprend (i) la couverture en corail dur noté HC (hard coral), regroupant l'ensemble des coraux bio-constructeurs (*Scléractiniaires*) ainsi que le corail de feu (*Millepora* sp.), et (ii) la couverture en « corail mou » noté SC (soft corals), qui dans le cadre des suivis Antilles et de la codification Reef Check, désigne les Zoanthaires (*Palythoa* sp., *Zoanthus* sp.).

Depuis 2009, les paramètres de suivi des peuplements de poissons relevés sont : l'identification des espèces cibles (60 espèces), leur abondance et leur taille.

Suivi des Herbiers et paramètres associés (depuis 2013)

Des propositions pour améliorer le protocole de suivi des herbiers de phanérogames marines dans les Réserves Naturelles Nationales d'Outre-Mer ont été faites en juillet 2013 dans le cadre du TIT Herbiers de l'IFRECOR. Les indicateurs, protocoles et valeurs des indices proposés ont fait l'objet d'une phase de concertation (C. Hily / DEAL / AMP). L'application de ce nouveau protocole de suivi est effective pour les réserves de Saint-Martin et de Petite Terre depuis 2013 et Saint-Barthélemy depuis 2016.

Le protocole proposé et adapté après concertation avec la DEAL et les AMP implique notamment :

- ▶ **Une nouvelle répartition des points de mesures dans l'herbier** par rapport au suivi précédemment mis en œuvre afin de prendre en compte sa variabilité : 3 « sous-stations » ont ainsi été implantées au niveau de chaque station herbier.
- ▶ **Le suivi de paramètres complémentaires** permettant d'appréhender l'état de santé global de l'herbier :

- Paramètres descriptifs globaux : épibiose, relief de l'herbier, macrophytes non fixées dans les trous de sable, cyanobactéries, bioturbation. Les paramètres globaux sont relevés en plongée sous-marine le long des radiales par un des intervenants.

- Degré de mitage et/ou de fragmentation de l'herbier par relevés sur transect LIT.

« La fragmentation de l'herbier est définie par la surface relative du substrat non colonisé par l'herbier par rapport à la surface totale de l'herbier » (Kerninon, 2012). Dans le protocole de suivi de la fragmentation des herbiers par vidéo tractée proposé dans le cadre d'IFRECOR (Hily, Kerninon, 2012), l'herbier est dit fragmenté lorsque la largeur des zones de substrat nu est supérieure à 2m. La « micro-fragmentation » (<2m) correspond au mitage au sein des zones végétalisées ».

Dans le cadre du présent suivi, seules les distances de sable nu entre deux limites d'herbier d'au moins 50 cm ont été relevées. La micro-fragmentation ne prend donc a priori pas en compte les entonnoirs de sédiments signe d'activité de l'endofaune qui sont généralement de taille inférieure à 50 cm sur les stations échantillonnées.

- Densité et longueur des feuilles de *Thalassia testudinum* (déjà pris en compte lors des suivis 2007 à 2012) et *Syringodium filiforme* par relevés sur quadrats.

A noter que le changement de protocole depuis 2013 est probablement à l'origine d'un léger biais dans l'analyse des résultats d'évolution avant et après 2013 : la mise en place de 3 sous-stations permet en effet une meilleure prise en compte de la variabilité au sein de l'herbier que la mise en œuvre du protocole sur une zone d'herbier homogène définie.

- Paramètres complémentaires de l'herbier : mégafaune associée (oursins, lambis, étoiles de mer, holothuries, nacres, etc.) (belt transects) et caractéristique du substrat dans et hors herbier.
- Indice d'état de santé (5 classes) (déjà pris en compte lors des suivis 2007 à 2012) : un indice est attribué pour chaque radiale (=sous-station) et un indice moyen est calculé par station.

Suivi des Lambis (depuis 2013)

Le nouveau protocole proposé dans le Cadre du TIT IFRECOR inclut un suivi de la mégafaune associée à l'herbier, dont les lambis. Compte tenu du faible nombre d'invertébrés observés sur les stations herbier du réseau, l'effort d'échantillonnage a été adapté à 2 m le long de la radiale de 50 m (1 m de part et d'autre). Soit un effort d'échantillonnage de 300 m². L'ancien protocole de suivi des lambis permettait d'échantillonner 600 m².

Les Réserves Naturelles ont souhaité en 2013 que le suivi de la macrofaune au sein de l'herbier (cf. ci-dessus) remplace le protocole de suivi lambis tel qu'il était réalisé jusqu'en 2012. Les paramètres relevés pour les lambis restent les mêmes que lors des suivis précédents : densité, taille, prévalence mortalité.

Parallèlement, certaines AMP ont émis des réserves quant à la représentativité des résultats du suivi des lambis à l'échelle de la station de suivi « herbiers ». Afin d'améliorer la représentativité du suivi, l'augmentation de la surface de la zone échantillonnée a été envisagée. Ceci implique la mise en œuvre d'un protocole de suivi à plus grande échelle que celui utilisé jusqu'alors en plongée sous-marine. La mise en œuvre du suivi lambis par vidéo tractée a été testée par la RN de Petite Terre en 2013 sur l'ensemble du lagon (et non plus seulement au niveau de la station herbier). De 2014 à 2020¹, le suivi des lambis par vidéo tractée a de nouveau été mis en œuvre. Le suivi des lambis au niveau de la station a également été réalisé dans le cadre du suivi de la macrofaune de l'herbier.

Le Tableau 4 présente les différents paramètres suivis pour chaque paramètre cible. Les protocoles détaillés pour l'ensemble des paramètres sont présentés en annexe 2.

¹ NB : Dans le cadre du suivi 2016, à la suite d'un problème technique, le suivi des lambis par vidéo tractée n'a pas pu être réalisé en septembre 2016 et a dû être reporté en janvier 2017.

Tableau 4 - Paramètres suivis jusqu'en 2012 et à partir de 2013 dans le cadre du réseau des Réserves

Cible	Paramètres suivis en 2012	Paramètres suivis à partir de 2013
✓ Benthos récifal	- Structure des peuplements benthiques - Couverture en macroalgues - Recrutement corallien - Etat de santé général - Blanchissement corallien - Densité en Oursins diadèmes	
✓ Ichtyofaune	- Espèces cibles - Abondance - Biomasse	
✓ Herbiers	- Densité : <i>T. testudinum</i> , <i>S. filiforme</i> - Longueur des feuilles : <i>T. testudinum</i> - Etat de santé général	- Densité : <i>T. t.</i> , <i>S. f.</i> - Longueur des feuilles : <i>T. t.</i> , <i>S. f.</i> - Etat de santé général - Epibiose, - Relief de l'herbier, - Macrophytes non fixées, - Cyanobactéries, - Bioturbation - Taux de fragmentation / mitage - Mégafaune associée - Caractéristique du substrat dans et hors herbier
✓ Lambis	- Densité - Taille - Mortalité	- Densité → dans le cadre du suivi de la mégafaune associée - Taille - Mortalité → par vidéo tractée (RNPT)
✓ Température	- Suivi horaire	

3.2. Traitement et interprétation des données

L'ensemble des données (excepté les relevés concernant les herbiers : longueurs de feuilles et paramètres associés dont les lambis) a été bancarisé dans BD Récifs, la base de données développée par IFREMER. Un export de la base de données est fourni aux différentes réserves en complément de ce présent rapport.

L'analyse descriptive des données se base sur des statistiques élémentaires (moyenne, écart type) et des statistiques comparatives. Elle concerne les principaux résultats des suivis réalisés sur chaque Réserve pour les peuplements récifaux, les herbiers et les lambis.

L'ensemble des analyses statistiques comparatives a été réalisé sous le logiciel Xlstat (<http://www.xlstat.com>).

L'évolution temporelle des stations de suivi entre 2007 et 2020 a été étudiée. Aucune station hors réserve n'ayant été définie compte tenu des conditions de milieu particulièrement contraignantes, la caractérisation d'un éventuel effet réserve (comparaison réserve / hors réserve) n'est pas réalisé dans le cas de la réserve Naturelle de Petite Terre.

Évolution temporelle des stations de suivi

L'évolution temporelle des différents compartiments de l'environnement mesurées sous l'eau (macro-invertébrés de substrat dur, herbiers, poissons) a été évaluée statistiquement sous XLSTAT afin d'apprécier les changements dans ces compartiments en tenant compte de la variabilité des données. Ces analyses permettent de faire la part entre les « tendances » observées et les variations statistiques significatives.

L'analyse temporelle entre l'année de départ (2007 ou 2009 selon les stations) et l'année 2019 a été réalisée par une ANOVA (Analyse de Variance) à un facteur, dans le cas de données paramétriques (distribution normale et homogénéité des variances). Dans le cas contraire (distribution non normale des données et/ou variances différentes), un test non paramétrique a été appliqué aux données.

Les résultats de ces analyses permettent de déterminer si le paramètre mesuré sur chaque station a évolué de manière significative au cours du temps. Par la suite, un test a posteriori (Test de Tukey après une ANOVA et Test de Steel-Dwass après un test de Kruskal-Wallis) a été réalisé afin de savoir à partir de quelle année l'évolution est significative.

La station Nord-est Passe (située dans une zone a priori non fréquentée) n'étant suivie que depuis 2015, le jeu de données disponible ne permet pas une éventuelle analyse statistique de comparaison avec la station Passe, située en zone fréquentée jusqu'en 2016. Depuis 2016, une partie de cette station de suivi fait en effet partie du périmètre de protection interdit d'accès mis en place par les gestionnaires de la réserve.

Le Tableau 5 liste les paramètres pris en compte pour l'analyse de l'évolution temporelle pour chacun des peuplements étudiés (peuplements benthiques sessiles et vagiles, peuplements ichthyologiques).

Tableau 5 - Paramètres d'évaluation de l'évolution spatio-temporelle d'un même secteur

Peuplements	Paramètres	Evolution temporelle des stations de suivi (de 2007 à 2020)
Peuplement récifal	Corail vivant	X
	Algues (turf, macroalgues, cyano, algues calcaires)	X
	Densité recrues coralliennes	X
	Densité oursins diadèmes	X
Peuplement ichthyologique	Abondance totale	X
	Abondance/famille	X
	Abondance / classe de taille	X
	Abondance herbivore	X
	Abondance carnivore	X
	Biomasse totale	X
	Biomasse herbivores	X
	Biomasse carnivores	
	Biomasse Chaetodon	
Peuplement herbier	Densité <i>T. testudinum</i>	X
	Densité <i>S. filiforme</i>	X
	Hauteurs des feuilles de <i>T. testudinum</i>	X

4. Résultats du suivi des stations de la Réserve de Petite Terre

Le suivi des biocénoses benthiques de Petite Terre a été réalisé le 17 et 18 octobre 2020.

4.1. Les peuplements benthiques

Analyse globale de la couverture en 2020 :

Les résultats de la mission de suivi 2020 sont représentés ci-dessous (Figure 4) :

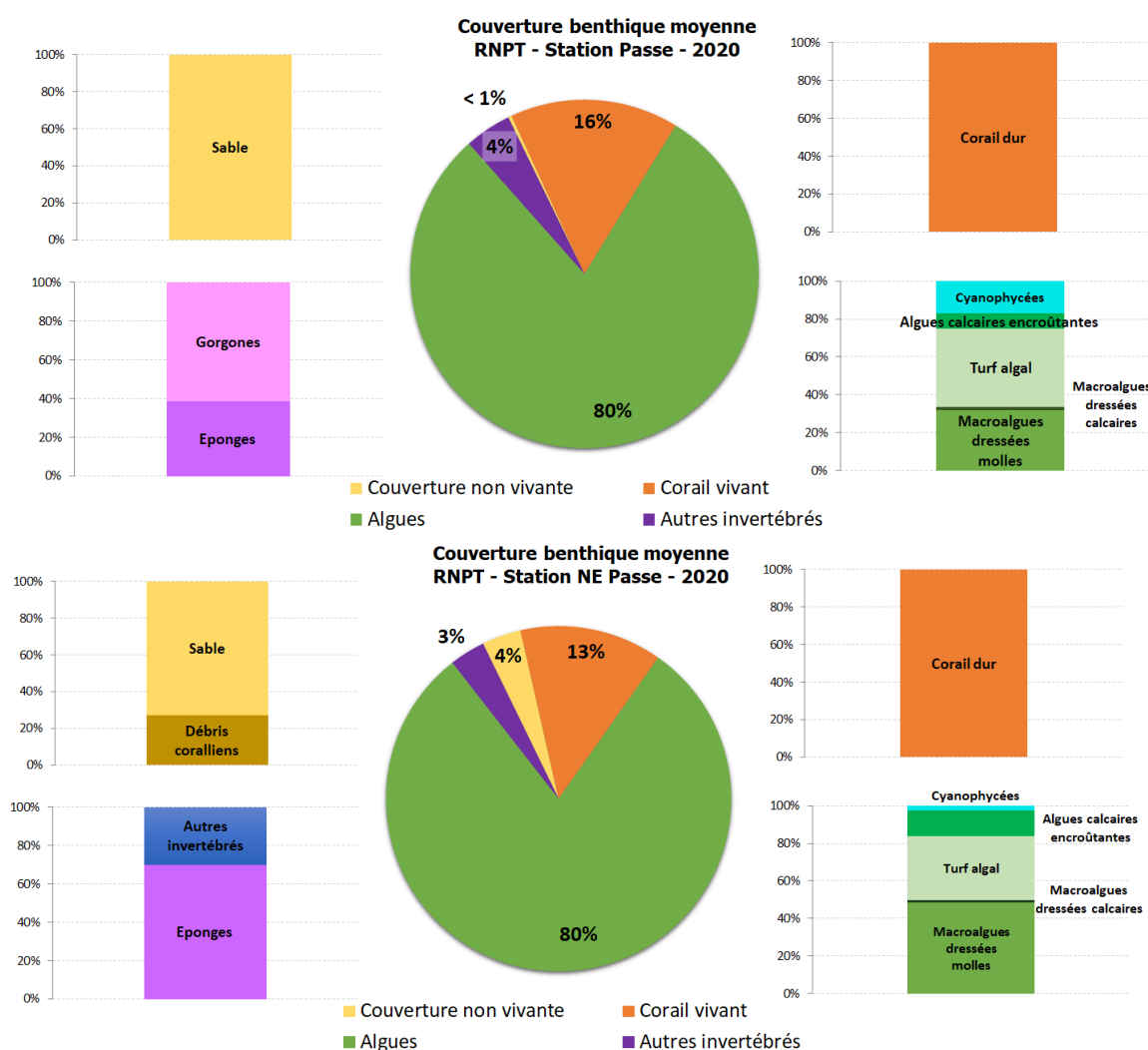


Figure 4 - Couverture benthique moyenne sur les deux stations de Petite Terre en 2020 (les camemberts présentent la couverture benthique totale et les histogrammes détaillent les compositions relatives de chaque catégorie)

Lors du suivi 2020, les deux stations présentent des couvertures benthiques vivantes similaires :

- Les deux peuplements sont dominés par les algues, qui représentent 80% du recouvrement ;

- ▶ La part des coraux est faible, elle est de 16% sur la station Passe et 13% sur la station NE Passe. Des coraux durs sont uniquement observés.
- ▶ Le recouvrement en invertébrés non coralliens est équivalent sur la station Passe (4%) ou NE Passe (3%) ;

Seule la proportion de substrat non colonisé est légèrement différente :

Sur la station Passe, une unique observation de sable nu est réalisée, ce qui représente moins de 1% du recouvrement benthique.

Sur la station NE Passe, le substrat nu représente 4% du recouvrement. Cette station présente des zones de sables ou de débris coralliens dépourvus d'organismes. Ces débris sont issus d'espèces digités (principalement *Porites porites*). Ils composent aussi une partie du substrat colonisé (21%).

Analyse détaillée de la couverture benthique en 2020 :

L'analyse en détails des communautés benthiques révèle tout de même des différences entre les deux stations.

- ▶ Les peuplements coralliens constituent une faible part de la couverture benthique, bien que la station NE Passe présente une part légèrement supérieure (16% contre 13%). Aucun zoanthaire n'est observé sur les transects.

Les genres relevés révèlent une large majorité de *Porites spp.* (plus de 80% des coraux relevés). Les colonies massives (*Porites astreoides*) et digitées (*Porites porites*) sont observées en proportions similaires. Le genre *Millepora* (corail de feu) est aussi présent sur les deux stations, à raison de 10% des colonies environ.

Aucun signe de blanchissement ou de nécrose n'a été relevé en 2020. Une colonie de *Porites porites* partiellement blanchie a toutefois été observée hors transect.

Proportion des taxons coralliens relevés sur la station Passe - 2020 Proportion des taxons coralliens relevés sur la station Colombier

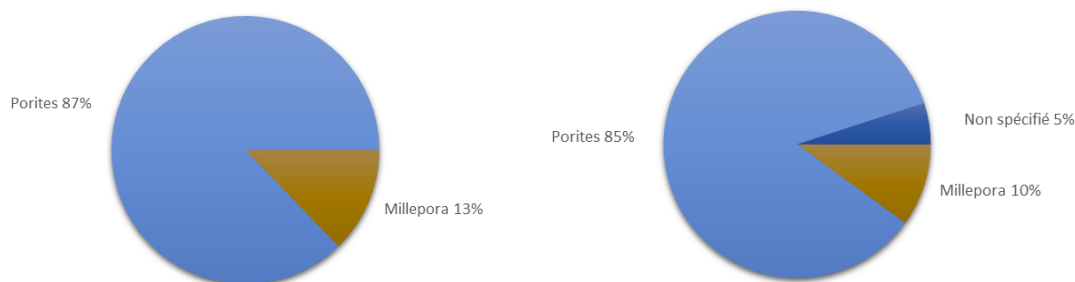


Figure 5 - Proportion des taxons coralliens recensés sur les stations Passe et Nord-est Passe en 2020

► **La couverture algale est de composition différente suivant la station.**

Sur la station Passe, le turf domine le peuplement algal (33% du biote). Les macroalgues non calcaires sont ensuite les plus présentes avec 25% de la communauté benthique. Les genres *Turbinaria* et *Dictyota* sont largement majoritaires. Les mélobésiées (algues calcaires encroûtantes) sont aussi présentes (11%). Quelques patches de cyanophycées sont aussi observés (2%).

Sur la station NE Passe, les macroalgues non calcaires sont majoritaires (40% du biote) devant le turf algal (28%), avec les genres *Turbinaria* et *Dictyota*. Les algues calcaires sont moins observées, représentées par des algues calcaires encroûtantes (6%) et quelques macroalgues (1%). Les cyanophycées sont nombreuses, elles composent 14% du biote.



Figure 6 : Vue de la station NE Passe, où le genre *Turbinaria* est très fréquent.

- **Les invertébrés benthiques non coralliens sont peu nombreux au sein des deux stations.** Les gorgones sont majoritairement observées sur la station Passe, représentées exclusivement par l'espèce encroûtante *Erythropodium caribaeorum* (3% du biote). Les spongiaires sont moins fréquents (2%). Ces derniers sont par contre dominants sur la station NE Passe. Deux observations d'anémones solaires (*Autres invertébrés*, 1%) sont aussi notées.

Évolution de la couverture benthique sur la période 2007-2020

La reprise de toutes les données historiques en 2020 a révélé des difficultés de comparer les données de couverture corallienne de 2007 à 2012 avec celles de 2016 à 2020. En effet, un changement de notation des Zoanthaires et des Hydrozoaires (Corail de feu, *Millepora* sp.) du taxon « Autres invertébrés » (2007-2012), au taxon « Corail » (à partir de 2016) ne permet pas une comparaison exacte entre ces données (le corail de feu représente 10% des coraux) mais donne une vision globale des tendances. Les données du taxon algues restent inchangées.

Il est proposé, pour l'année 2021, de reprendre l'ensemble des données brutes sur les années 2007 à 2012 et d'effectuer le changement de notation pour avoir une vision juste et réelle de l'évolution de la couverture en corail de feu.

L'évolution des couvertures corallienne et algale sur les deux stations de Petite Terre est représentée sur la Figure 7 :

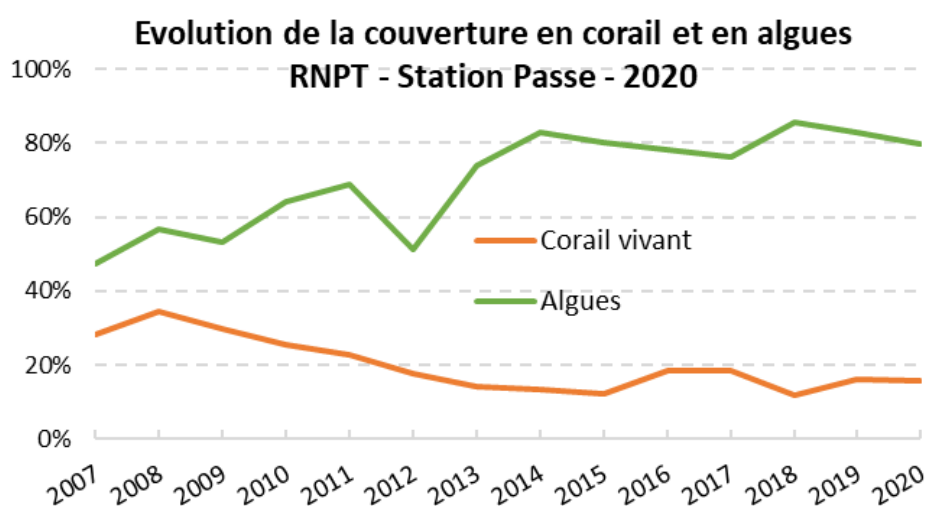


Figure 7 - Évolution de la couverture corallienne et algale sur la station Passe de 2007 à 2020

Sur la station Passe, la couverture corallienne est similaire à celle observée en 2019 (16%). Cette valeur est environ moitié moins que la couverture du premier suivi en 2007. Elle est toutefois supérieure à la couverture de la période 2013-2015, qui n'excédait pas 14%. En 2018, la couverture corallienne atteint sa valeur la plus basse, représentant 12% de la station. Cette diminution de l'occupation du substrat par colonies coralliennes est significative de 2008 à 2019, mais non significative en 2020.

En 2016, afin de limiter le piétinement, un périmètre de protection a été mise en place, permettant de limiter l'accès. Cette mesure pourrait être responsable de la légère augmentation de la couverture corallienne. Cependant, les impacts positifs de cette mise en protection sont encore difficiles à déterminer. En effet, de nombreux autres facteurs entrent en jeu, notamment les houles cycloniques survenues en 2017 provoquant l'arrachement de nombreux coraux vivants.

La composition du couvert corallien a légèrement évolué avec la présence des zoanthaires les premières années de suivis, qui ne sont plus observés les dernières années.

Parallèlement, la couverture occupée par les populations algales a largement augmenté depuis 2007. Du début des suivis à 2014, la part des algues passe de 47% à 83%, avec une augmentation quasi ininterrompue (à l'exception d'une baisse de 8% entre 2011 et 2012). Depuis 2014, la proportion des algues est relativement stable, elle oscille autour de 80%. Cette augmentation n'est cependant pas statistiquement significative (pas de différence entre les années).

Cette augmentation de la part d'algues peut être imputée aux macroalgues molles, dont la proportion a augmenté progressivement depuis le début des suivis jusqu'en 2019 (3% en 2007 contre

47% en 2019). Elle subit toutefois une forte baisse en 2020 (de 47% à 25%). Si les années 2016 et 2017 coïncident avec une diminution de la couverture en macroalgues, probablement provoquée par les fortes houles survenues ces 2 années (arrachage des macroalgues), aucun événement climatique majeur n'est survenu en 2020.

La proportion de turf algal a oscillé autour de 50% de 2007 à 2017, elle est plus basse depuis 2 ans (29% en 2019 et 33% en 2020).

Les cyanophycées sont relevées à chaque suivi depuis 2012 (sauf en 2018), en proportion relativement basse (entre 1 et 6%). En 2020, leur couverture atteint la plus haute valeur, avec 14% de la couverture vivante.

Les couvertures d'algues calcaires (macroalgues ou encroûtantes) sont restées faibles depuis le début des suivis.

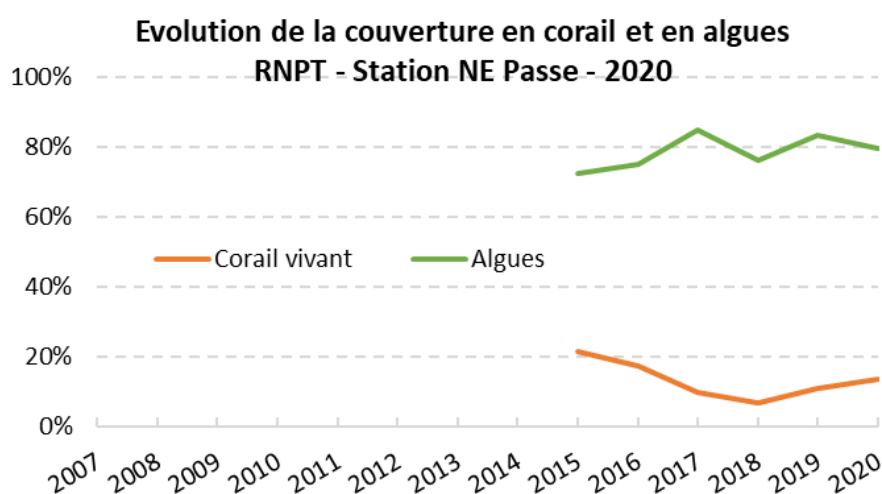


Figure 8 : Évolution de la couverture corallienne et algale sur la station NE Passe de 2015 à 2020

Sur la station Nord-Est Passe, la couverture corallienne a fortement diminué de 2015 à 2018 (de 21% à 7%). Au cours des deux derniers suivis, une légère augmentation est notée (+4% en 2019 et +2% en 2020). La tendance d'une augmentation semble donc se confirmer.

Aucun zoanthaire n'est observé depuis le début des suivis.

La baisse de la couverture corallienne n'est cependant pas statistiquement significative.

En parallèle, la couverture algale a légèrement augmenté entre 2015 et 2020 (de 73 à 80%). Les macroalgues et les turfs algaux dominent tour à tour la population. Ces dernières années, les macroalgues semblent toutefois majoritaires, avec 59% (2019) et 40% (2020) du biote contre, respectivement, 25% et 28% pour le turf algal.

En 2020, les algues calcaires encroûtantes sont particulièrement abondantes (11%), à l'instar de la première année de suivi.

Cette augmentation de la part des algues dans la couverture vivante n'est cependant pas statistiquement significative.

Les dynamiques d'évolution des populations d'algues et de corail observées jusqu'alors semblent s'atténuer depuis 2019.

Ainsi, après s'être largement développées, la couverture des taxons algaux s'équilibre autour de 80% sur les deux stations. Une très légère baisse est observée, elle sera confirmée avec les données des futurs suivis.

La couverture corallienne paraît aussi se stabiliser après une baisse plus ou moins forte suivant la station, entre 15 et 20% de la couverture benthique. Depuis 2019, une légère augmentation de cette couverture est observée sur NE Passe, cette tendance sera à confirmer lors des prochains suivis.

Recrutement corallien et oursins diadème

Le relevé des recrues coralliennes et des oursins diadème permet de suivre l'évolution de ces paramètres depuis les premiers suivis. Les graphes ci-dessous illustrent cette évolution.

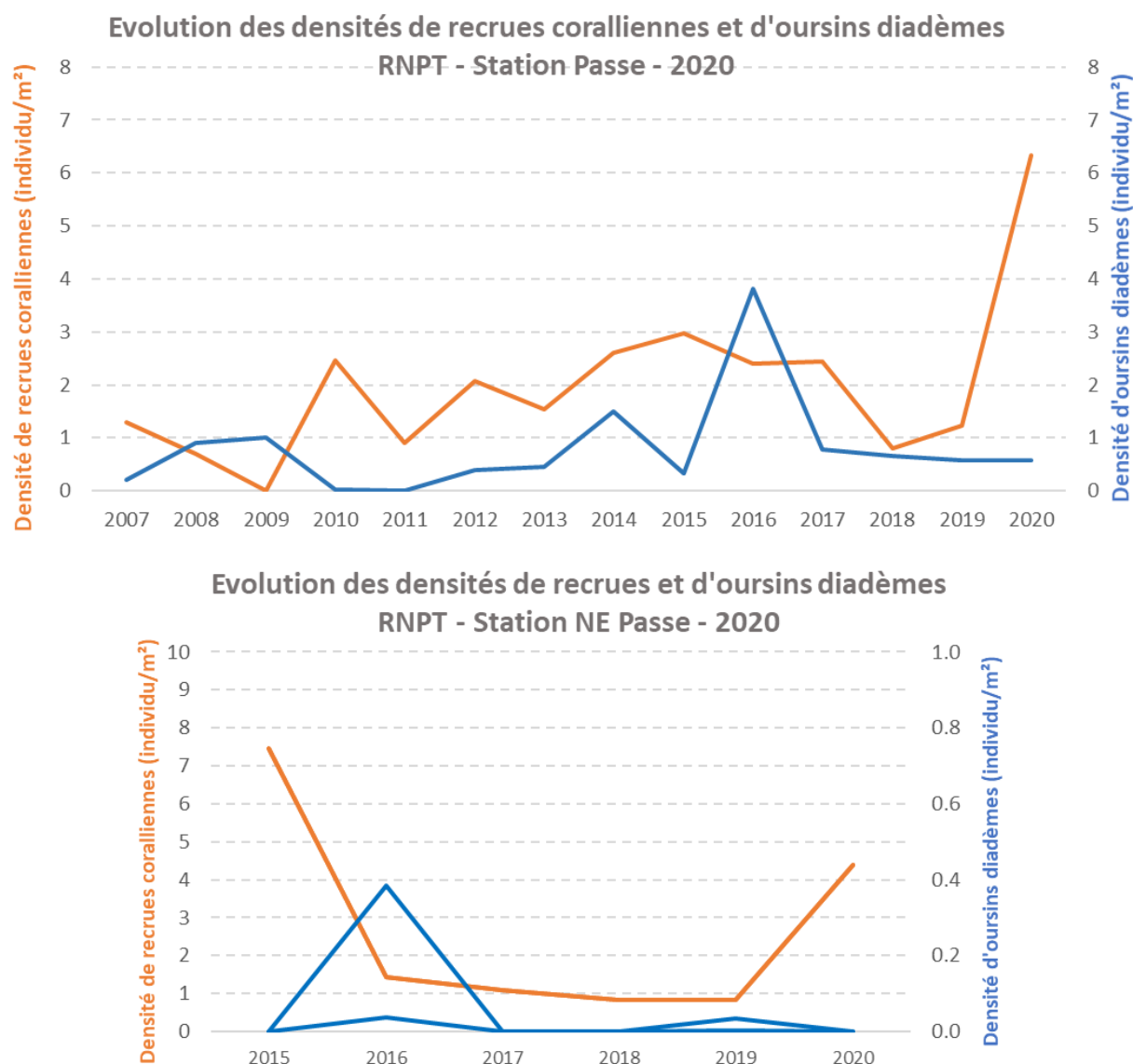


Figure 9 - Évolution de la densité d'oursins diadème (en bleu) et de juvéniles de coraux (en orange) sur les 2 stations de Petite Terre

Sur la station Passe :

La densité moyenne de juvéniles de coraux relevés en 2020 est de 6,3 recrues/m². Cette densité est la plus forte observée depuis le début des suivis. Cette augmentation n'est cependant pas significative selon le test statistique de Steel-Dwass.

Le nombre de recrues coralliennes observées semble progressivement augmenter de 2007 à 2015 (de 1,3 à 3 recrues/m²). En 2016 et 2017 cette densité subit une légère baisse (-0,6 recrues/m² par rapport à 2015) puis chute en 2018 à moins de 1 recrue/m².

La légère augmentation observée de 2018 à 2019 (+0,4 recrue/m²) se confirme et s'accroît en 2020.

La baisse de recrutement observée entre 2016 et 2018 peut être mis en parallèle des épisodes cycloniques survenus en 2016 et 2017. Les fortes houles engendrées ont pu dégrader les colonies mères et perturber la reproduction sexuée des mois de septembre/octobre, affectant ainsi fortement la fixation des recrues coralliennes.

Le taux de recrutement était anormalement bas en 2018, il paraît se rétablir en 2020. Cette tendance est tout de même à surveiller les prochaines années, il est un bon indice de la pérennité du peuplement corallien.

La densité en oursins diadèmes est de 0,58 individu/m². Cette densité relativement faible est du même ordre de grandeur que la densité observée depuis 2017. La population d'oursins diadème a révélé de faible densité depuis le début des suivis (< 1 individu/m²) à l'exception des années 2014 et 2016 où de forte densité fut observées (respectivement 1,5 individu/m² et 3,8 individus/m²). Les oursins diadème sont souvent observés en groupe.

Sur la station Nord-est Passe :

La densité moyenne de recrues coralliennes en 2020 est de 4,4 individus/m². Cette densité est forte, largement supérieure à celle observées de 2016 à 2019 (< 1,4 individu/m²). Elle était très forte en 2015 avec 7,5 individus/m².

L'évolution de cette densité montre donc une forte baisse durant 4 années, qui peut aussi due aux fortes houles cycloniques observées en septembre/octobre 2016 et 2017. L'impact des ces événements cycloniques apparaît plus marqué et plus rapide que sur la station Passe. Toutefois, la densité retrouve une valeur élevée en 2020, signe d'un rétablissement du recrutement corallien. Cette tendance est à surveiller lors des prochains suivis, pour s'assurer d'un rétablissement réel de la fixation de larve corallien, en s'affranchissant du biais observateur, qui peut être accentué par le comptage de recrues de l'espèce digitées *Porites porites*, abondante sur le récif de Petite Terre.

Aucun oursin diadème n'a été observé sur cette station en 2020. Les années précédentes, la densité de ces échinodermes était très faible, la valeur maximale était atteinte en 2016 avec 0,38 individu/m². La quasi-absence de ce taxon herbivore, régulateur de la croissance de certaines populations algales, pourrait être en partie responsable du surdéveloppement des macroalgues et turfs algaux, entravant la progression de la couverture corallienne (compétition avec les colonies et mobilisation du substrat empêchant la fixation des larves coralliennes).

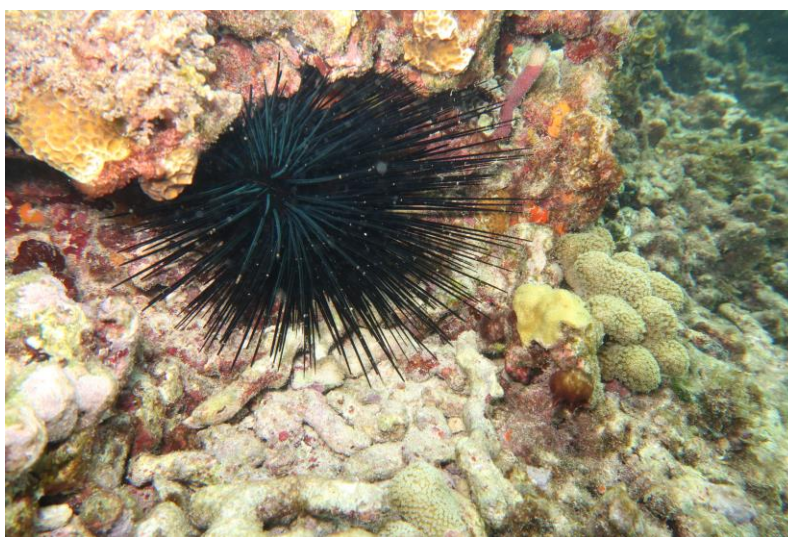


Figure 10 - Oursins Diadème (*Diadema antillarum*) observé sur la station Passe

4.2. Les peuplements ichtyologiques

L'observations des poissons a été réalisée le 12 octobre 2020 sur la station Passe et le 13 octobre 2020 sur la station NE Passe. Ainsi, les observations ont pu être effectuées à des heures équivalentes.

Remarque préliminaire :

Lors de discussions avec les différents experts en vue de l'élaboration du chapitre Antilles françaises de l'ouvrage Bilan IFRECOR 2020, des incohérences dans la répartition par groupe trophique de certaines espèces cibles de poissons du suivi AMP ont été relevées. Ainsi, *Paranthias furcifer* est considéré comme planctonophage (et non piscivore), *Aulostomus maculatus* est à classer en tant que carnivore de 1^{er} ordre (et non piscivore) et les 5 espèces de Demoiselles sont à classer dans les omnivores (et non les planctonophages).

A la lumière des corrections apportées à la répartition par groupe trophique, l'ensemble des données AMP acquises depuis 2009 a été retravaillé en conséquence pour l'analyse de l'évolution des peuplements ichtyologiques présentées ci-dessous.

Ce travail a été réalisé sur la base des données intégrées dans BD Récifs, qui constitue la base de données nationale de référence.

Compte tenu des anciens modes d'intégration des données (saisie sous Excel et saisie sous Coremo 3 en parallèle certaines années), il subsiste quelques différences entre les données saisies sous Excel (précédemment utilisées dans le cadre des analyses des rapports annuels) et les données intégrées à BD Récifs via Coremo 3. Ces différences sont toutefois mineures et affectent peu l'analyse. Lorsque de grosses incohérences ont été identifiées, une vérification sur les anciennes fiches terrain a été réalisée. La cellule BD Récifs de l'IFREMER a été informée des corrections à apporter aux données dans la BD nationale.

Description synthétique des peuplements ichtyologiques en 2020

Les caractéristiques générales des peuplements ichtyologiques des deux stations sont présentées dans le Tableau 6 :

Tableau 6 - Caractéristiques des peuplements ichtyologiques sur les stations Passe et Nord-est Passe de Petite Terre en 2020 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)

	Passe	Nord-est Passe
Richesse spécifique	17	13
Nombre d'individus total	523	190
Densité moyenne (ind. / 100 m²)	174	63
Biomasse moyenne (g / 100 m²)	9518	4409

- **La richesse spécifique** (sur la base des 60 espèces cibles suivies) est moyenne sur les deux stations. Le peuplement apparaît toutefois plus diversifié sur la station Passe (17 espèces observées) que sur la station NE Passe (13 espèces observées). Ces diversités sont supérieures à celles observées en 2018 et 2019, mais plus faible qu'en 2017.
- **La densité moyenne en poisson** est beaucoup plus élevée sur la station Passe (174 individus/100m²) que sur la station NE Passe (63 individus/100m²). Cette abondance est cohérente avec les valeurs observées les années précédentes. En effet, la station Passe apparaît plus propice à la présence de poissons, de par la présence de formations bioconstruites abritant de nombreuses Demoiselles.
- **La biomasse moyenne** évaluée sur les stations est de 9 515 g/100m² sur la station Passe et 4409 g/100m² sur la station NE Passe. La biomasse de poisson est donc supérieure sur la station Passe. La différence entre les rapports de biomasse (environ 2) et de densité (environ 3) indique une différence de composition des peuplements.

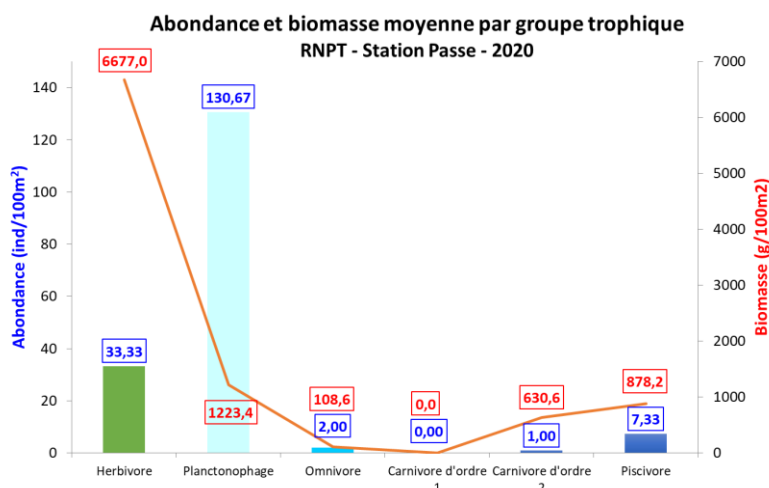
Analyse de la structure trophique en 2020

La densité et la biomasse des peuplements ichthyologiques sont analysées au regard des différents groupes trophiques. Les données sont présentées dans le Tableau 7.

Nb : les poissons carnivores de 1^{er} ordre se nourrissent préférentiellement d'invertébrés benthiques (mollusques, vers, crustacés). Les carnivores de 2nd ordre ont la même alimentation mais consomment en plus des poissons. Enfin, pour les poissons piscivores, les poissons représentent plus de 80% de l'alimentation.

Tableau 7 - Structure des peuplements ichthyologiques sur la station Passe en 2020 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)

	Densité moyenne		Biomasse moyenne	
	(individu/100m ²)	%	(g/100m ²)	%
Herbivores	33,3	19%	6677,0	70%
Planctonophages	130,7	75%	1223,4	13%
Omnivores	2,0	1%	108,6	1%
Carnivores de 1^{er} ordre	0,0	0%	0,0	0%
Carnivores de 2nd ordre	1,0	1%	630,7	7%
Piscivores	7,3	4%	878,2	9%



Station Passe :

Le peuplement ichthyologique de la station Passe est **principalement composée de planctonophages, qui représentent 75% des individus** (soit 130, 7 individus/100m²). Cette répartition est due à la présence de nombreux bancs de Demoiselles (*Chromis cyanea* et *Chromis multilineata*). Ce groupe trophique apparait adapté aux conditions hydrologiques de la station (courant et houles marqués).

Les **herbivores sont ensuite les plus nombreux, comptant pour 19% du peuplement** (33,3 individus/m²). Ils sont notamment représentés par l'espèce *Scarus iseri* (Perroquet rayé), très présente. D'autres poissons perroquets sont observés (*Scarus spp* et *Sparisoma spp.*) ainsi que des Chirurgiens (*Acanthurus spp.*).

Les autres groupes trophiques sont moins observés. Les piscivores sont relevées au travers des espèces *Epinephelus guttatus* et *E. striatus* et représentent 4% du peuplement (7,3 individus/100m²). Les omnivores (*Stegastes adustus* et *S. variabilis*) sont très peu observés (2 individus/100m², 1% du peuplement) à l'instar des carnivores d'ordre 2 (1 individu/100m², 1% du peuplement). Aucun carnivore d'ordre 1 n'a été observé en 2020.

Concernant la biomasse, les herbivores sont largement majoritaires par rapport aux planctonophages (6677 g/100m² soit 70% contre 1223 g/100m² soit 13%). Ces derniers sont essentiellement des Demoiselles de petite taille, possédant de plus des rapports biomasse/taille relativement faible par rapport aux poissons chirurgiens, ce qui peut expliquer cette inversion de dominance entre densité et

biomasse. Les hauts régimes trophiques (carnivores d'ordre 2 et piscivores) comptent respectivement pour 7 et 9% de la biomasse totale (630 et 877 individus/m²). Les quelques individus observés sont de grandes tailles (3 sont > 40 cm).

Tableau 8 - Structure des peuplements ichthyologiques sur la station NE Passe en 2020 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)

	Densité moyenne		Biomasse moyenne	
	(individu/100m ²)	%	(g/100m ²)	%
Herbivores	10,0	16%	3089,8	70%
Planctonophages	38,7	61%	410,8	9%
Omnivores	7,0	11%	52,0	1%
Carnivores de 1^{er} ordre	0,3	1%	4,5	0%
Carnivores de 2nd ordre	1,0	2%	152,6	3%
Piscivores	6,3	10%	699,3	16%

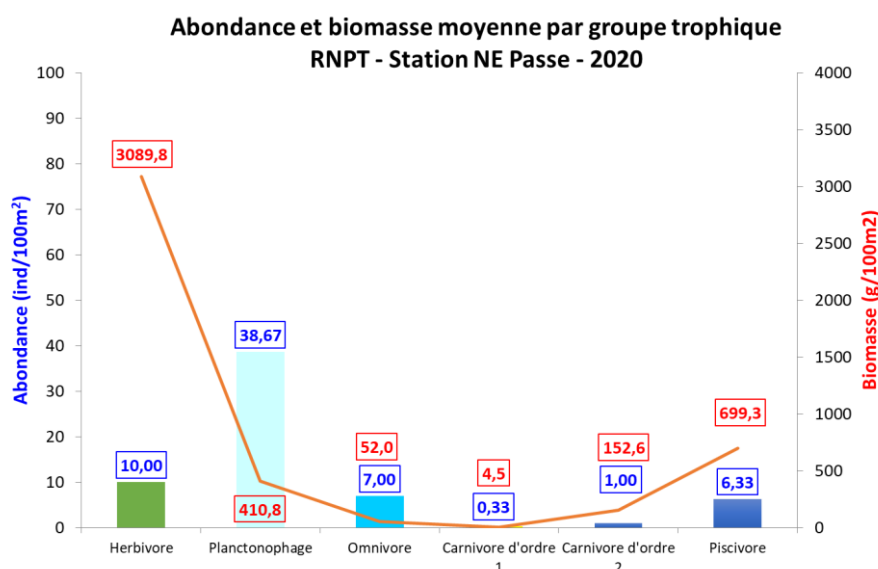


Figure 11 - Abondance et biomasse moyennes de poissons sur la station NE Passe en 2020

Station NE Passe :

Le peuplement ichthyologique de cette station en 2020 est dominé en nombre par les planctonophages (Demoiselles et *Chromis spp.*) qui ont une densité de 38,67 individus/100m² (soit 61% du peuplement). Trois autres groupes trophiques représentent chacun plus de 10% des peuplements. Les poissons perroquets (*Scarus spp.* et *Sparisoma sp.*) et les chirurgiens (*Acanthurus spp.*) constituent le groupe des **herbivore et sont en densité moyenne de 10 individus/100m² (16%)**. **Les omnivores et piscivore sont globalement aussi nombreux, avec des densités respectives de 7,0 et 6,3 individus/100m² (soit 11% et 10%)**. Des *Stegastes (adustus et variabilis, omnivores)* sont observés, ainsi qu'un individu des espèces *Epinephelus guttatus* et *Cephalopholis fulva* (piscivores). Les carnivores d'ordre 1 et 2 sont très peu observés (respectivement 0,33 et 1 individu/100m²) ; un Ange Caraïbes (*Holacanthus tricolor*) et 3 Colas (*Ocyurus chrysurus*) sont notés.

En termes de biomasse, les herbivores sont dominants (3 090 g/100m², soit 70%) à l'instar de la station Passe. La présence de grands individus d'*Acanthurus spp.* (18 poissons >20 cm) apporte une forte biomasse, contrairement aux Demoiselles, toutes < 10 cm.

Le second groupe trophique en biomasse sont les piscivores (699 g/100m², soit 16%), avec la présence de 5 individus > 20 cm (dont 4 *Cephalopholis fulva*). Les planctonophages arrivent seulement en 3^{ème} position, avec 410 g/100m², soit 9%). Les carnivores d'ordres 2 participent peu à la biomasse (152

g/100m², soit 3%) alors que les omnivores (52 g/100m²) et les carnivores d'ordre 1 représente 1% ou moins de la biomasse totale.



Figure 12 – *Cephalopholis fulva* observé sur la station Passe

La répartition trophique de l'ichtyofaune est similaire sur les deux stations : les planctonophages sont les plus abondants devant les herbivores, mais ces derniers, plus gros, représentent la biomasse la plus élevée. Le plus haut niveau trophique (piscivores) est bien présent sur les deux stations, représenté par des individus souvent supérieurs à 20 cm voir plus. Les poissons des niveaux trophiques intermédiaires sont peu nombreux et participe peu à la biomasse totale.

Analyse par famille et par classe de taille en 2020 :

Les données relevées permettent d'établir la répartition des abondances de poisson par famille et par classe de taille (Figure 13).

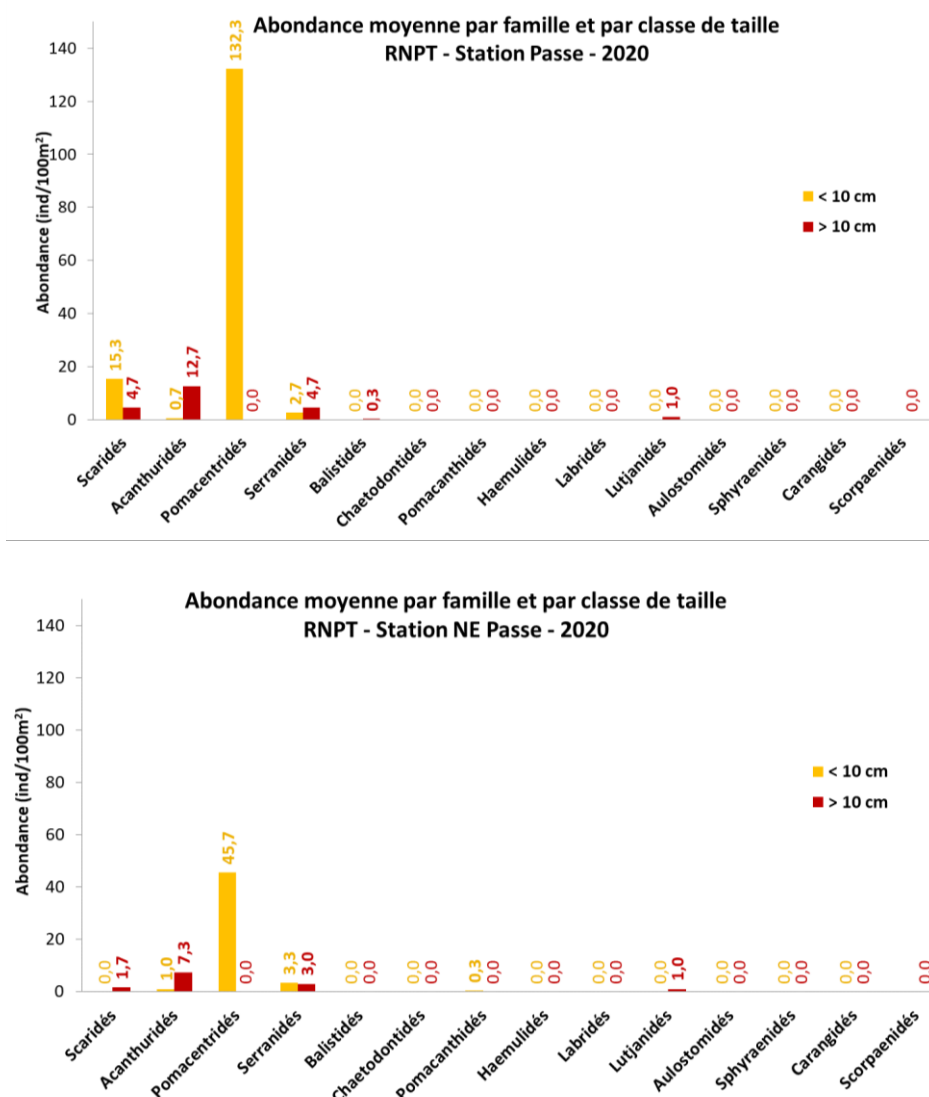


Figure 13 - Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur les stations Passe et Nord-est Passe en 2020

Station Passe : Les Pomacentridés sont les plus abondants (132 individus/100m²), ils sont environ 7 fois plus nombreux que les Scaridés (20 individus/100m²). Pour ce dernier groupe taxonomique, les individus < 10 cm sont dominants par rapport à leur congénère > 10 cm (15 contre 5 individus/100m²). La petite taille des individus adultes de Pomacentridées (12 à 15 cm maximum) ne permet pas d'affirmer que seul des juvéniles sont présents. Les Acanthuridés sont en moyenne 13 individus/100m² et les Serranidés 7 individus/100m². Ces deux groupes taxonomiques sont représentés majoritairement par des poissons adultes (> 10 cm). Les autres groupes taxonomiques (Balistidés et Lutjanidés) représentent moins de 1 individu/100m², il s'agit d'individus > 10 cm seulement.

Les classes de taille montrent une majorité de poissons < 10 cm pour les Pomacentridés. Les autres taxons présentent des densités en poissons > 10 cm supérieures (Scaridés, Acanthuridés, Lutjanidés) ou équivalentes (Serranidés) à leur congénères plus petits (< 10 cm).

Station NE Passe : Les Pomacentridés sont largement dominants comme sur la station Passe, avec 45,7 individus/m². Les Serranidés et les Acanthuridés sont ensuite les plus abondants avec, respectivement, 6,3 et 8,3 individus/100m². Les autres taxons (Scaridés, Pomacanthidés et Lutjanidés) représentent chacun moins de 2 individus/100m².

Le classement par taille révèle que les Pomacentridés sont toutes < 10 cm (la taille des espèces *Chromis spp.* adultes dépasse rarement 12 à 15 cm). Les Serranidés sont représentés par des individus juvéniles (<10 cm) ou adultes (> 10 cm). Les autres groupes taxonomiques sont généralement représentée par des individus adultes, dépassant les 10 cm.

Espèce invasive *Pterois volitans* en 2020

Le suivi des populations ichthyologiques a révélé la présence d'aucun poisson lion (*Pterois volitans*) sur les transects.

Cette espèce exotique considérée comme envahissante dans les Antilles n'est pas observée à Petite Terre depuis 2016, où 1 individu a été observé sur la station Passe.

Compte tenu de sa présence toujours avérée en Guadeloupe, cette espèce continuera d'être relevée lors des prochaines années.

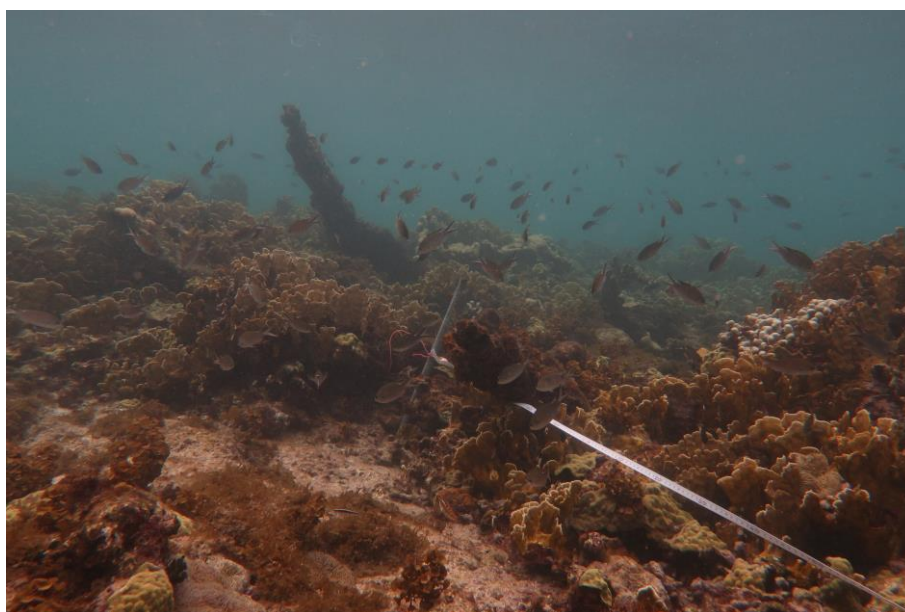


Figure 14 – *Chromis multilineata* présente en abondance au début du transect de la station Passe

Évolution sur la période 2009-2020

Station Passe :

L'évolution de la structure trophique en termes de densité et de biomasse moyenne sur la station Passe est présentée sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

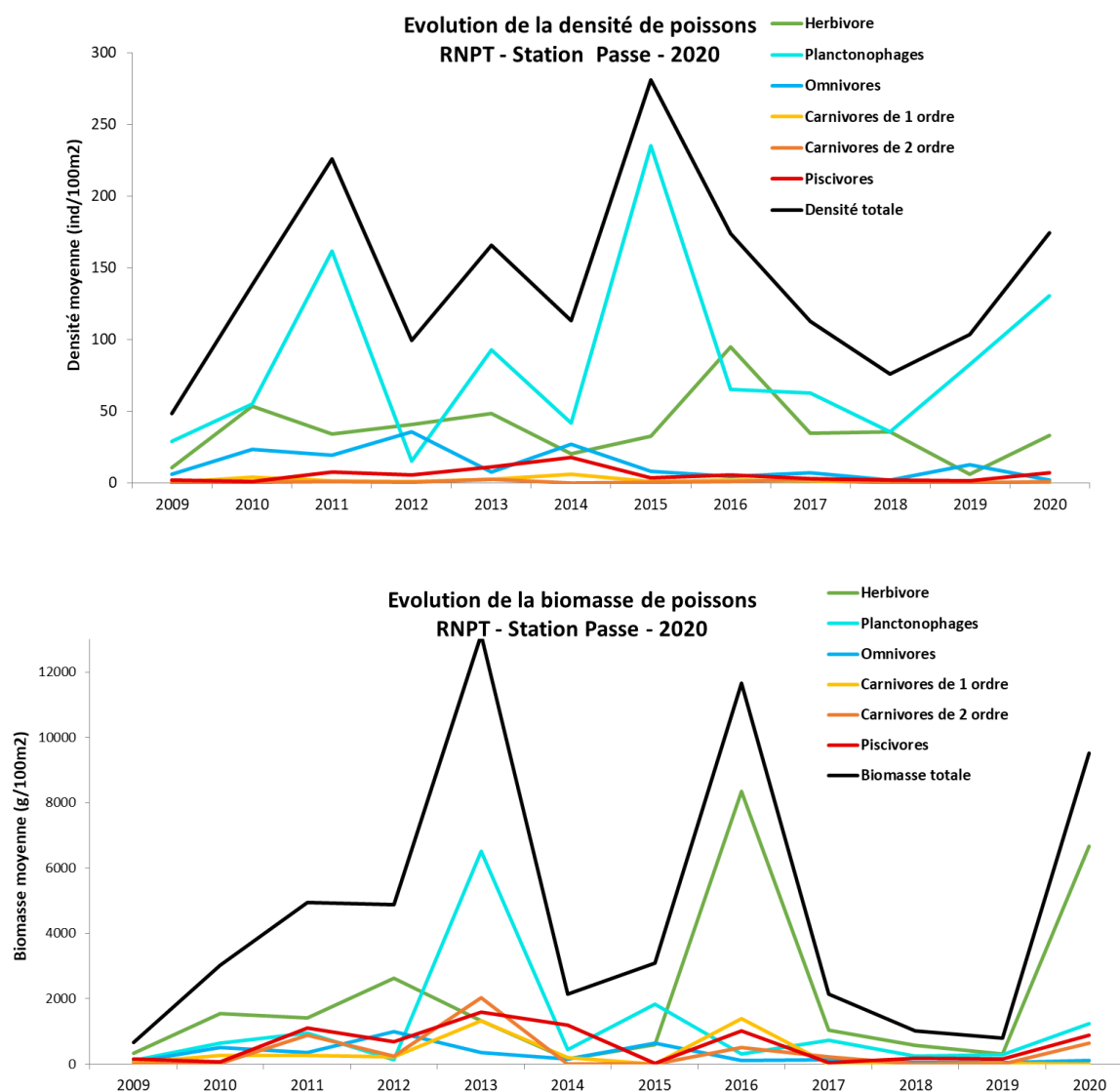


Figure 15 - Évolution de la structure trophique entre 2009 et 2020 sur la station Passe

- **L'évolution de la densité totale de poissons** sur la station Passe n'affiche pas de tendance claire depuis le début des suivis. Elle oscille de 2009 à 2015 entre sa valeur minimale (48,3 individu/100m²) et sa valeur maximale (281 individus/100m²). Une légère augmentation pourrait être décelée entre ces 2 années. Entre 2015 et 2018, l'abondance des herbivores et des planctonophages diminue, faisant chuter la densité totale durant 3 années consécutives, de 281 individus/100m² à 76 individus/100m². Lors des deux derniers suivis cette densité a augmenté considérablement (x2,3 depuis 2018). Aucune tendance statistique ne se dégage, cette densité est trop variable depuis 2009.
- **Depuis 2009, seule la densité de planctonophages** influence très largement la densité totale de poissons. Elle a beaucoup varié de 15 à 235 individus/100m² entre 2009 et 2020. Elle semble toutefois légèrement augmenter depuis le début des suivis.

- ▶ **La densité en herbivores** a peu évolué depuis le début des suivis. Elle oscille autour de 30 à 40 ind/100m², avec une forte augmentation en 2016 (95 individus/100m²) et de faibles valeurs en 2009 et 2019 (10 et 6 individus/100m²).
- ▶ L'abondance en omnivores est faible en 2020. Depuis 2009, une forte baisse de ce groupe trophique est observée, passant généralement de densité > 20 individus/100m² lors des premiers suivis à moins de 10 individus/100m² ces dernières années.
- ▶ La densité de carnivores d'ordre 1 et 2 ont toujours été très faible. L'abondance cumulée de ces groupes trophiques ne dépasse pas 6 individus/100m² depuis 2009.
- ▶ Les piscivores sont plus nombreux en 2020 qu'en 2009 (7,3 contre 2 individus/100m²). De relativement fortes densités ont aussi été observées de 2011 à 2014, ce groupe trophique est autrement très peu représenté.
- ▶ **La biomasse totale observée** sur la station Passe en 2020 (9517 g/100m²) est la troisième plus élevée après celles observées en 2013 (13 145g/100m², dont 50% de planctonophages) et 2016 (11 654 g/100m², dont 70% d'herbivores). Généralement, lors de l'observation de ces fortes valeurs, la biomasse de chacun des groupes trophiques augmente. De 2018 à 2019, la biomasse atteint des valeurs très basses, similaires à celle observée en 2009 (< 1000 g/100m²).
- ▶ En 2020, la **biomasse des herbivores** est largement supérieure aux autres groupes trophiques, à l'instar de l'année 2016. La biomasse des planctonophages, carnivores d'ordre 2 et piscivores a augmenté, probablement en lien avec l'évolution positive de la densité.
- ▶ **Les biomasses des groupes trophiques supérieures** (carnivores d'ordres 2 et piscivores) semblent augmenter de nouveau en 2020 (630 et 878 individus/100m²), après 3 ans à de très faibles valeurs (< 200 individus/100m² environ). Cette tendance est à confirmer lors des futurs suivis.

L'évolution des 2 classes de taille (> 10 cm et < 10 cm) est illustrée dans la figure ci-dessous.

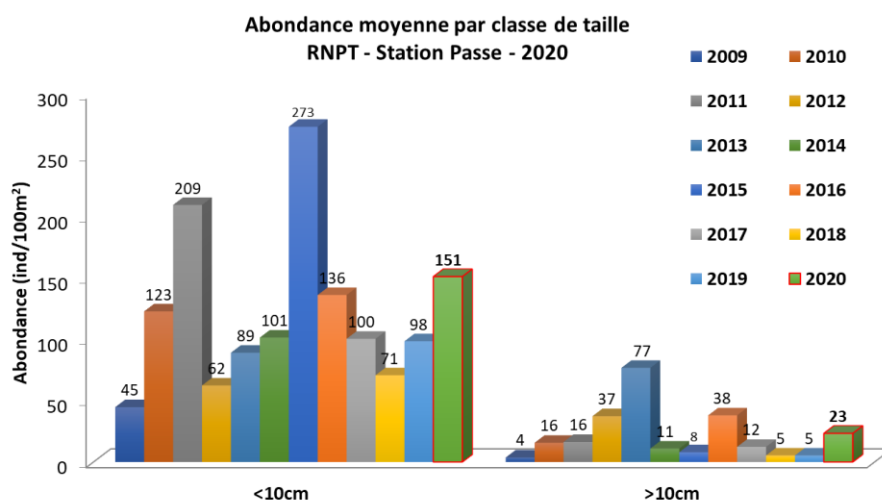


Figure 16 - Évolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2020 sur la station Passe

Depuis la première année de suivi, la densité de poissons < 10 cm est largement supérieure à leurs congénères > 10 cm. Seul l'année 2013 révèle des densité relativement similaires (89 et 77 ind./100m²). Cette répartition tend à montrer le rôle de nurserie de la station. Elle offre en effet des fonds peu profonds et particulièrement complexes, fournissant de nombreuses caches aux juvéniles. Le grand nombre de Pomacentridés, dont les adultes peuvent être < 10 cm nuance ce rôle de nurserie.

Station Nord-est Passe :

L'évolution de la structure trophique en termes de densité et de biomasse moyenne sur la station Passe est présentée sur la Figure 17.

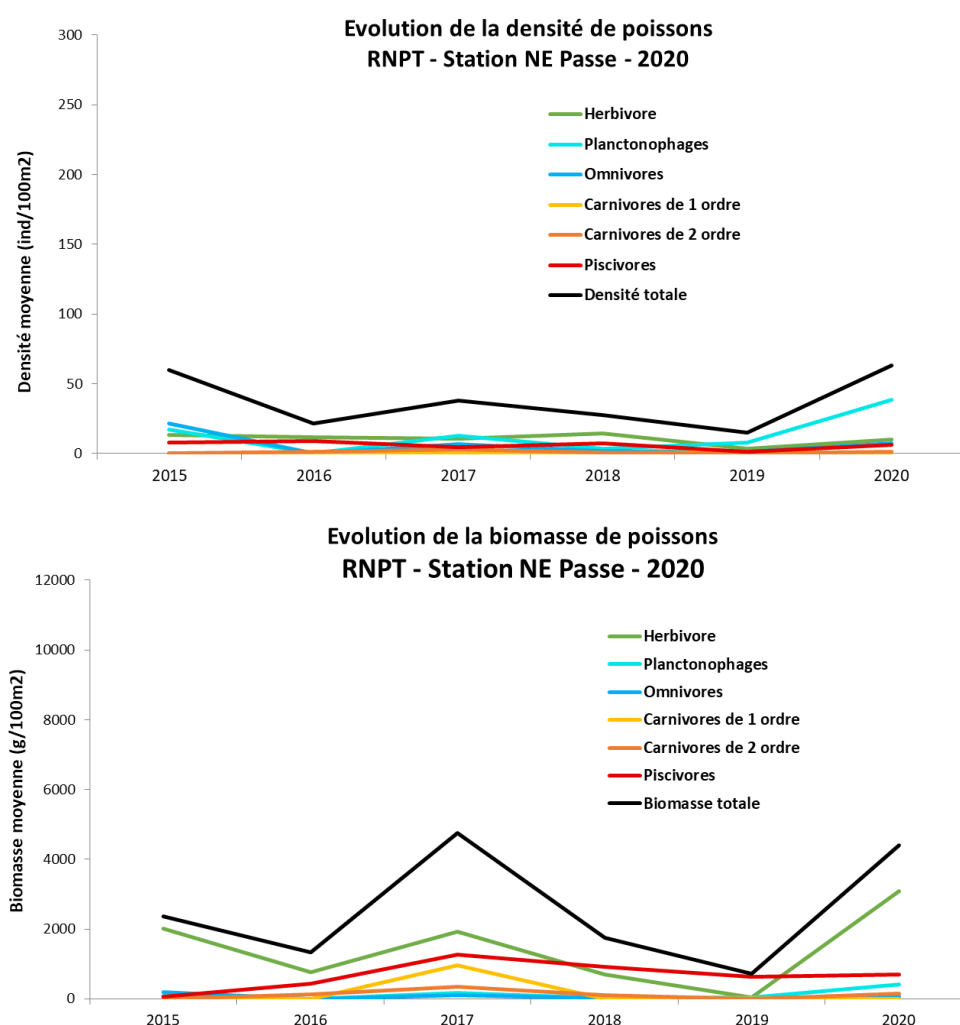


Figure 17 - Évolution de la structure trophique entre 2015 et 2020 sur la station NE Passe

- ▶ **La densité totale de poissons** en 2020 sur NE Passe est la plus forte depuis le premier suivi en 2015 (63 individus/100m²). Cette densité était similaire en 2015 (60 individus/100m²), puis a diminué de 2016 à 2019 en dessous de 40 individus/100m². La valeur la plus basse est atteinte en 2019 avec 15 individus/100m².
- ▶ **La densité moyenne d'herbivores** était relativement stable de 2015 à 2018 (entre 10 et 14 individus/100m²) puis a fortement chuté en 2019 (3 individus/100m²). La densité de piscivores suit la même évolution (de 8 à 1 individus/100m² entre 2015 et 2019).
- ▶ **Les populations de planctonophages et d'omnivores varient beaucoup depuis 5 années.** Une très forte augmentation du premier groupe est toutefois remarquée depuis 2018, passant de 4 individus/100m² à 38 individus/100m². Ces variations sont probablement dues à l'observation de Demoiselles, qui évoluent généralement en larges bancs.
- ▶ **Les carnivores d'ordre 1 et 2** sont très peu nombreux depuis 2015. La plus forte densité cumulée est relevée en 2017, avec 3 individus/100m².

- ▶ **La biomasse totale** est relativement forte en 2020 (4 409 g/100m²), proche de la valeur maximale atteinte en 2017 (4 750 g/100m²). La biomasse moyenne est minimale en 2019 avec 709 g/100m².
- ▶ **La biomasse d'herbivores** semble fortement diminuée de 2015 (2010 g/100m²) à 2019 (32 g/100 m²). Cette tendance s'inverse en 2020, avec une augmentation jusqu'à 3 090 g/100m², valeur la plus forte depuis le début des suivis. Cette évolution positive est à surveiller lors du prochain suivi.
- ▶ **Les biomasses de planctonophages et d'omnivores sont très faibles** (moins de 10% de la biomasse totale). La petite taille des poissons de ces groupes trophiques explique en partie ce faible poids.
- ▶ **Les carnivores d'ordre 1 et 2** participent aussi peu à la biomasse totale. Le suivi 2017 apparaît comme une exception avec une biomasse de carnivores d'ordre 1 de 950 g/100m².
- ▶ **La biomasse de piscivores** augmente de 2015 à 2017 (63 à 1 271 g/100m²) puis diminue progressivement tout en conservant une valeur relativement élevée de 2017 à 2020. Les poissons de ce groupe trophique sont généralement de grande taille (> 20 cm voir > 30 cm), influençant fortement la biomasse totale.

L'évolution des 2 classes de taille (> 10 cm et < 10 cm) est illustrée dans la figure ci-dessous.

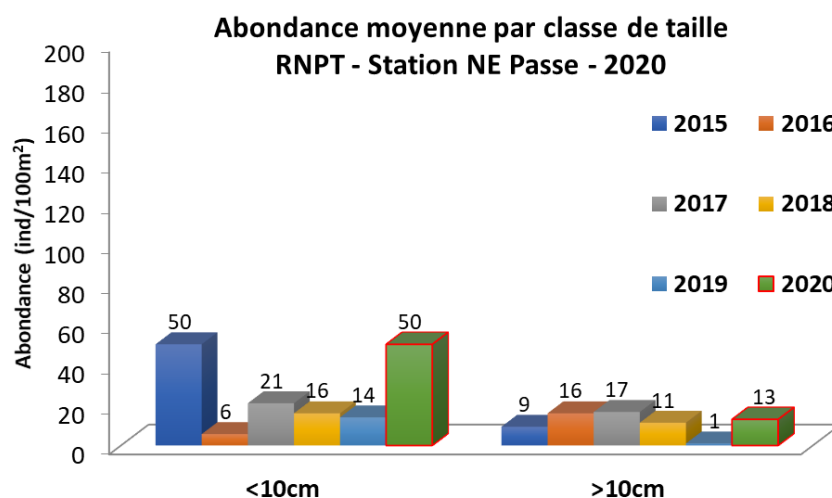


Figure 18 - Évolution de l'abondance par classe de taille entre 2015 et 2020 sur la station NE Passe

La station NE Passe présente globalement un nombre de poissons de taille < 10 cm supérieur aux individus de taille > 10 cm. Seule l'année 2016 fait exception, avec 16 individus/100m² > 10 cm contre 6 < 10 cm.

Lors des années de fortes densités (2015 et 2020), la densité d'individus > 10 cm varie peu alors que les poissons < 10 cm sont 2 à 3 fois plus nombreux que les autres années.

Les juvéniles (<10 cm) semblent donc aussi dominer la station NE Passe, même si le grand nombre de poissons < 10 cm peut être fortement influencé par les Pomacentridés, dont les adultes peuvent être de petites tailles (< 10 cm).

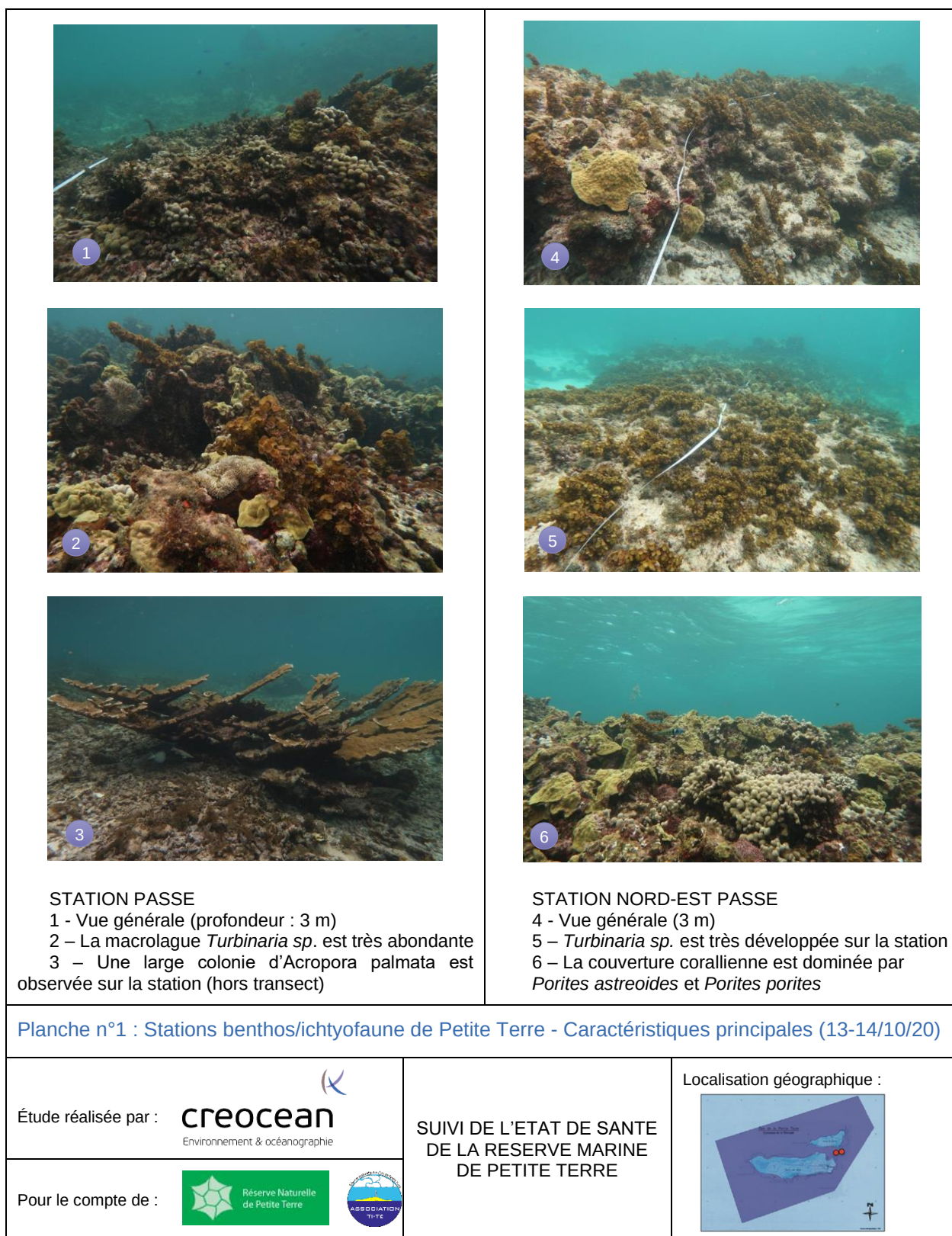


Figure 19 - Illustrations des stations de suivi des récifs de Petite Terre

4.3. Herbiers et mégafaune associée

L'herbier de Terre de Haut situé en réserve est suivi depuis 2007. La zone est soumise à de nombreux mouvement de sable, faisant évoluer le faciès de l'herbier. Depuis le passage de la série d'ouragans de 2017, une vague en bordure de plage sur la radiale 3 ainsi qu'une zone de courant plus fort à la pointe de la radiale 1 se sont établis. L'herbier étudié est d'autant plus exposé que la profondeur est faible, localement moins d'1 m.

Description globale et caractéristique de substrat (dans / hors herbier)

L'herbier de Terre de Haut est un herbier mixte, à *T. testudinum* et *S. filiforme*. Une troisième espèce (*Halodule* sp.) est aussi présente au sein de l'herbier, sur les radiales 1 et 2². L'herbier est très clairsemé, fortement sédimenté par apport de sable et de nombreuses macroalgues s'y développent. Son état de santé est évalué visuellement comme médiocre à mauvais.

Les caractéristiques générales de l'herbier de Terre de Haut sont présentées sur la **Erreur ! Source du r** envoi introuvable..

							Caractéristique du sédiment	
2020	Epibiose	Relief	Macrophytes non fixées	Cyano	Bioturbation	Etat de santé	Dans l'herbier	Sédiment nu
Radiale 1	2;3	1	0	1	0	4,5	2	2
Radiale 2	2;4	1	1	0	0	4,5	2	2
Radiale 3	3	1	0	1	0	4,5	3	3
Station	2, 3 et 4	1,0	0,3	0,7	0,0	4,5	2,3	2,3

2019	Moyenne	2, 3 et 4	1,3	0,0	0,0	0,0	2,3	2,3	2,3
2018	Moyenne	Présence de 1, 2 et 4	1,3	0,0	0,0	0,3	2,5	3,0	2,0
2017	Moyenne	Présence de 2, 3 et 3	1,3	0,3	0,0	0,0	2,5	2,7	2,7
2016	Moyenne	Présence de 2, 3 et 4	1,0	0,0	0,3	0,0	2,2	2,0	2,0
2015	Moyenne	Présence de 2 et 4	1,7	0,7	1,2	0,0	2,5	3,0	3,0
2014	Moyenne	Présence de 4	1,0	0,0	0,3	0,3	2,0	3,0	3,0
2013	Moyenne	Présence de 3 et 4	1,0	1,0	0,7	0,3	3,0	2,3	2,3

RAPPEL :

EPIBIOSE	1 Pas d'épibiose 2 Algues calcaires 3 Algues filamenteuses 4 Algues méditerranéenne
RELIEF	1 Faible (<15cm) 2 Moyen (15-50cm) 3 Fort (>50cm)
ALGUES / DEBRIS / PHANEROGAMES / TROUS / SABLE	0 Absence 1 Abondance
CYANOBACTERIES	0 Absence 1 Occasionnelles 2 Abondantes
BIOTURBATION	0 Absence 1 Moyenne 2 Forte

Caractéristiques du sédiments	
1	Vase
2	Sable fin vaseux
3	Sable fin propre
4	Sable grossier propre
5	Macrodébris / cailloutis dominants

Figure 20 - Synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur Terre de Haut

Lors de la caractérisation générale de l'herbier en 2020, ce dernier présente :

- Une épibiose composée d'algues calcaires et d'algues filamenteuses. Ces dernières peuvent contribuer au déclin de l'herbier, en occultant la lumière, nécessaire à la photosynthèse des phanérogames.

² Cette espèce était également présente en 2014, mais a probablement été confondue avec *S. filiforme* par les opérateurs lors du comptage. En 2013, après consultation des notes de terrain, sa présence a été observée mais a priori en très faible abondance.

- ▶ **Un relief très peu marqué** (indice moyen : 1/3). Ce faible relief est observé depuis le début des suivis à l'exception de 2015.
- ▶ **Les macrophytes dérivantes sont très peu présentes** (indice moyen : 0,7/3), à l'instar des années précédente.
- ▶ **Une présence de cyanobactérie relativement abondante** (indice moyen : 2/3). Elles n'étaient pas observées depuis 3 ans mais bien présentes lors des premiers suivis.
- ▶ **Une absence d'entonnoir ou trou, signes de bioturbation.** Les années précédentes ces signes étaient absent ou très peu présents.

Le substrat n'a pas été caractérisé en 2020. Les données affichées dans la figure ci-dessus sont celles de l'année 2019. Le substrat présentait globalement les mêmes caractéristiques en 2020 : il est composé de sable fin légèrement vaseux sur les premières radiales, alors que la radiale 3 présente un substrat de sable fin propre uniquement.

Mitage/fragmentation des herbiers

Les données obtenues lors de la réalisation du LIT sont illustrées ci-dessous :

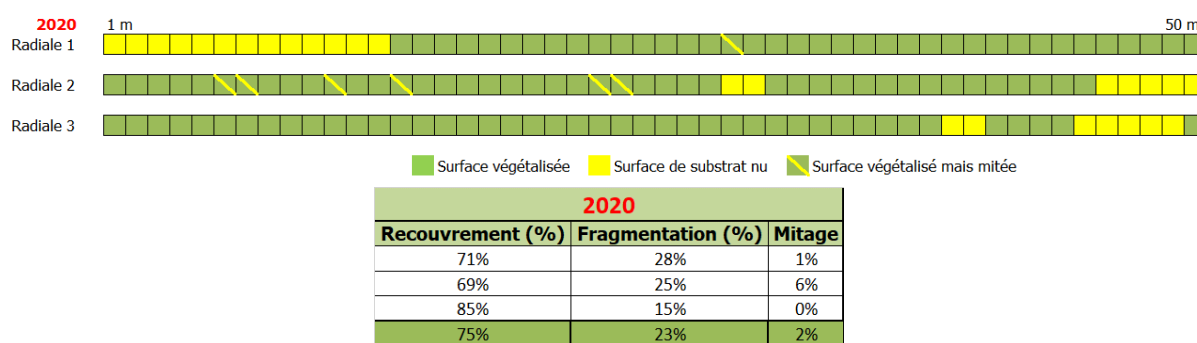


Figure 21 - Représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Petite Terre en 2020

Ces résultats de la campagne 2020 ont mis en évidence :

- ▶ **Des points de rupture de l'herbier sur toutes les radiales.** Sur le premier transect, l'herbier n'est plus présent sur les 10 premiers mètres, et ce, depuis les fortes houles cycloniques de 2017. Les phanérogames ne semblent pas parvenir pas à recoloniser cette zone. La fin des transects 2 et 3 présentent aussi des étendues de sables dénuées d'herbier. Cette fragmentation correspond en moyenne à 23% des transects. L'herbier apparaît très fragmenté par rapport aux années précédentes.
- ▶ Quelques zones de mitages (< 2m) sont observées sur les radiales 1 et 2 seulement. Elles représentent 1% du transect 1 et 6% du transect 2, soit 2% des transects en moyenne. Ces zones de mitage étaient absentes en 2019.
- ▶ L'ensablement de l'herbier et sa régression vers le nord-ouest constatés depuis plusieurs années se poursuivent. Ces effets ont été accentués par les houles cycloniques marquées de la saison 2017. Le relatif retour à « l'équilibre » de cet herbier après ces perturbations ponctuelles s'avère compliqué compte tenu du changement de conditions hydromorphologiques sur la zone d'une année sur l'autre (déplacement de banc de sable notamment).

Densité de l'herbier en 2020 et évolution 2017-2020

La densité moyenne de plants de l'herbier de Petite Terre est évaluée à 474 plants/m² toutes espèces confondues. L'espèce *T. testudinum* est la plus représentée, avec 315 plants/m² contre 159 plants/m² pour *S. filiforme*.

La répartition des deux espèces sur les radiales est hétérogène. *T. testudinum* est largement majoritaire sur la radiale 2 et 3 alors que *S. filiforme* est dominante sur la radiale 1.

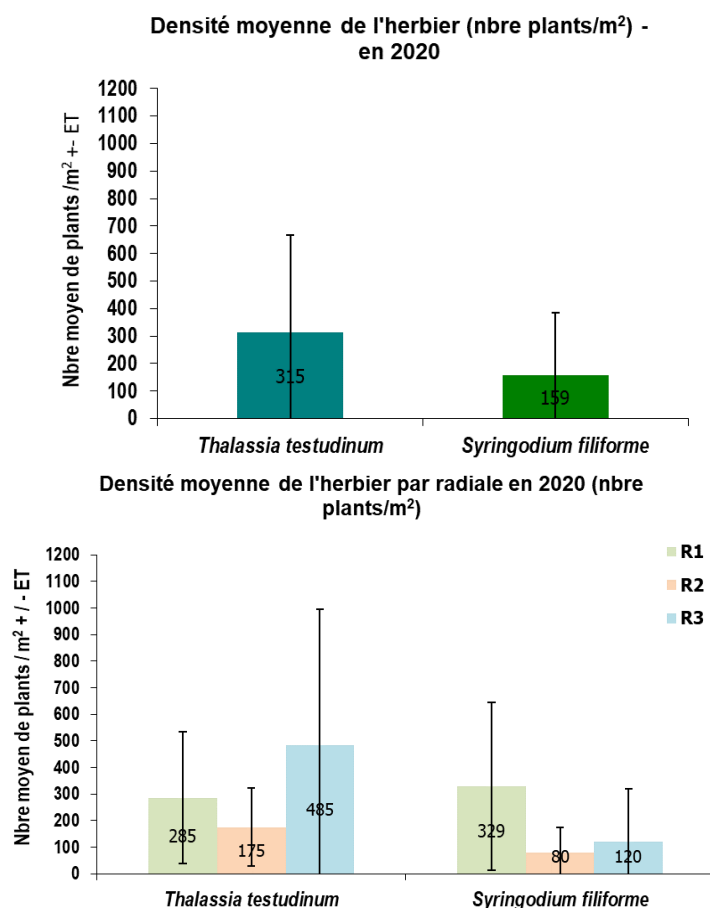


Figure 22 - Densité de plants moyenne globale et sur chaque radiale, selon l'espèce

La densité en phanérogame observée en 2020 est l'une des plus faibles observées depuis le début des suivis (474 plants/m²)³.

La densité de *Thalassia testudinum* est légèrement plus forte que l'année précédente (315 contre 275 plants/m²). Depuis la forte chute en 2017, cette densité est relativement stable, malgré une augmentation en 2018.

La densité de *S. filiforme* régresse encore en 2020, pour atteindre la plus faible valeur depuis les premiers suivis (159 plants/m²).

³ A noter que lors du suivi 2014, les espèces *S. filiforme* et *Halodule sp.*, présentes uniquement sur la radiale 2, ont été comptabilisées sans distinction par les observateurs. La densité en *S. filiforme* relevée (particulièrement importante), a probablement été surestimée pour l'année 2014. La densité sur la radiale 2 où est présente *Halodule sp.* est en effet apparue particulièrement élevée (2635 plants/m² contre 440 en 2015).

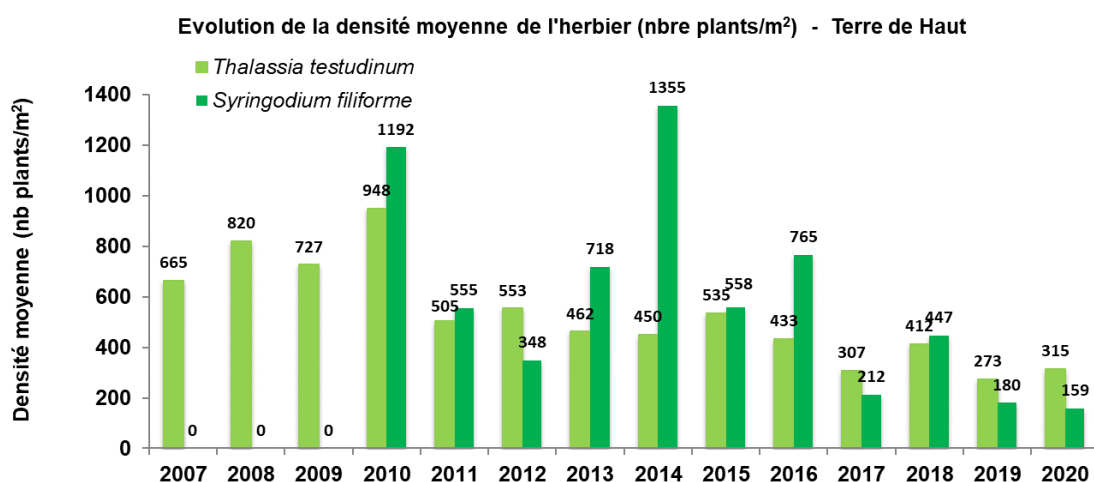


Figure 23 – Evolution de la densité de plants sur l'herbier de Terre de Haut de 2007 à 2020.

La diminution de la densité de plants est significative à partir de 2017 pour les deux espèces. Cette baisse de la densité de l'herbier pourrait aussi être imputée aux fortes houles survenues les deux années passées, provoquant un ensablement et un arrachement des pieds de phanérogames.

A l'instar des observations 2019, aucun fruit et aucune fleur de phanérogame n'est observée en 2020.

Longueur de feuilles en 2019 et évolution 2007-2020

La longueur moyenne des feuilles mesurées en 2020 est faible, en lien avec l'ensablement de l'herbier. La longueur moyenne des feuilles de *T. testudinum* est de 4,8 cm et de 6,4 cm pour l'espèce *S. filiforme*. Les plus hautes feuilles restent relativement longues (11 et 13 cm selon l'espèce) alors que les plus courtes sont de 2 cm.

Sur les 3 radiales, la longueur des feuilles est similaire, à l'exception de la première sous-station qui présente de plus longues feuilles de *S. filiforme* (7,4 cm contre 5,5 et 5,6 cm).

La longueur des feuilles est équivalente à celle observée en 2019. Une légère baisse est notée, pour les deux espèces, depuis 2013 : de 7,5 à 4,3 cm pour *T. testudinum* et 10,4 à 6,5 cm pour *S. filiforme*. Avant 2013, les feuilles de *T. testudinum* étaient bien plus longues en moyenne, avec des feuilles atteignant environ 20 cm en moyenne.

L'augmentation de la longueur des feuilles est significative entre 2007 et 2012, tout comme la baisse significative survenue en 2013.

Le contexte hydrosédimentaire de la zone, couplé à la faible profondeur, génère un ensablement plus ou moins conséquent, cause probable de la diminution de la longueur des feuilles. Les houles cycloniques de 2017 semblent avoir conforter l'ensablement.

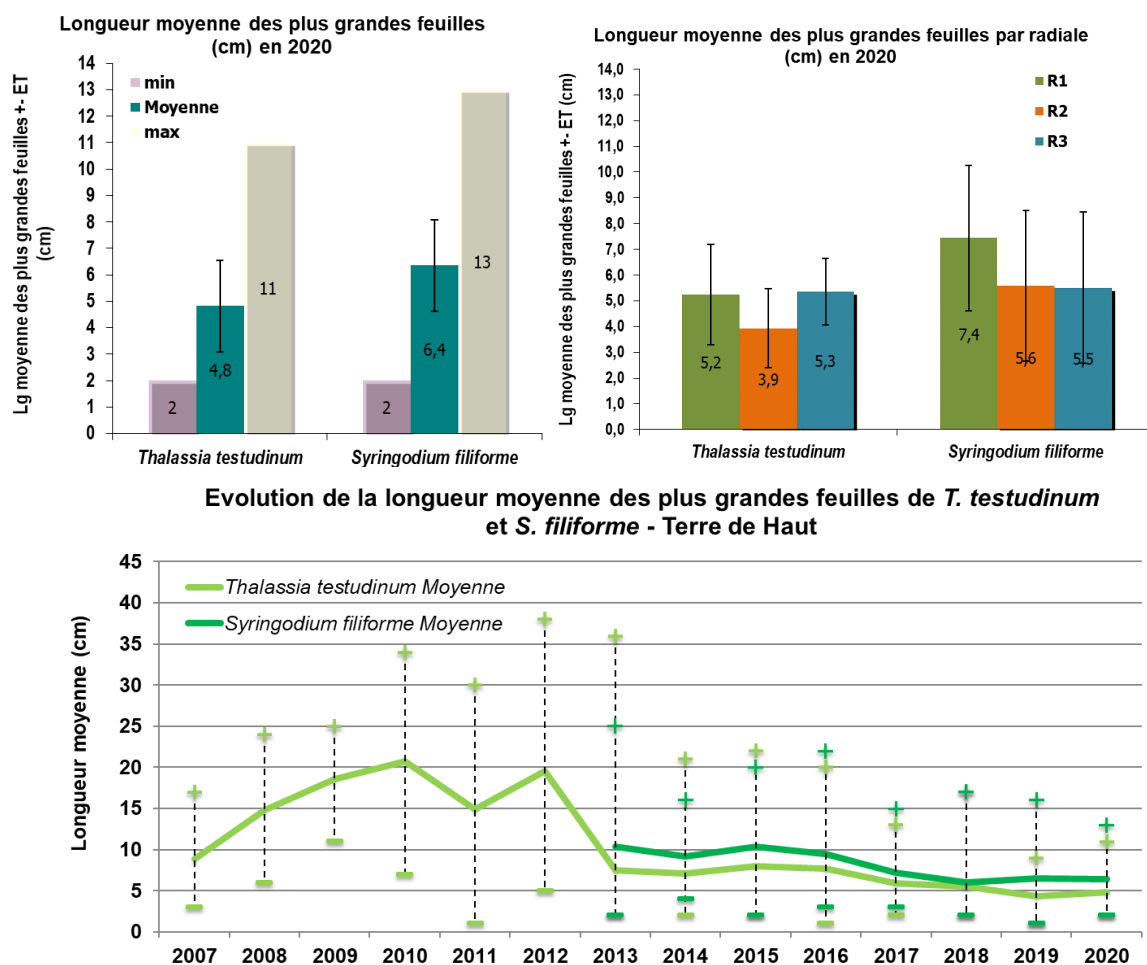


Figure 24 - Longueur de feuilles en 2020 sur Terre de Haut (en haut) et évolution 2007-2020

Mégafaune associée aux herbiers

Peu d'invertébrés ont été observés sur l'herbier de Terre de Haut en 2020.

Quelques oursins ont été relevés sur les transects, aboutissant à une densité de 1 individu/100m² pour les oursins diadèmes et 0,3 individu/100m² pour les oursins blancs.

Aucun lambi vivant n'a été observé sur les 3 transects, depuis 2014. Quelques lambis morts ont été toutefois relevés certaines années. Ils étaient en densité de 0,2 individu/100m² en 2020.

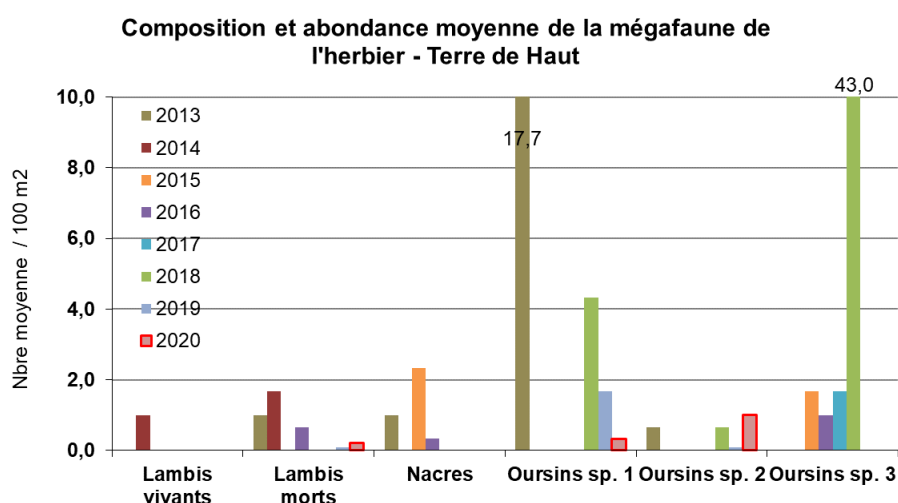


Figure 25 - Composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Terre de Haut en 2020

La mégafaune de l'herbier de Terre de Haut est donc peu diversifiée et très peu abondante. Le très faible état de santé de l'herbier ne permettrait pas le développement de la mégafaune.

Évolution des populations de lambis sur la période 2007-2020

Pour la 6^{ème} année consécutive, aucun lambi vivant n'a été observé au sein de l'herbier. De 2007 à 2014, la population de lambis a fortement fluctué (de 3,50 individus/100m² en 2009 à 0,33 individu/100m² en 2008). Les données historiques montrent aussi une évolution de la composition du peuplement entre 2007 et 2014 : les premières années des individus adultes et subadultes sont observés, alors que les dernières années les juvéniles sont plus observés au détriment des adultes.

Le mauvais état de santé (ensablement, macroalgues) de l'herbier contribue probablement à une perte de fonctionnalité, ne permettant pas le développement pérenne de la population de lambis sur cette zone.

Cette zone n'est toutefois peu représentative de la population de lambis à l'échelle du lagon. Un suivi spécifique des lambis par vidéo tractées est alors réalisé en complément, afin de balayer une plus grande partie du lagon. Les résultats de ces suivis sont présentés dans le paragraphe suivant.

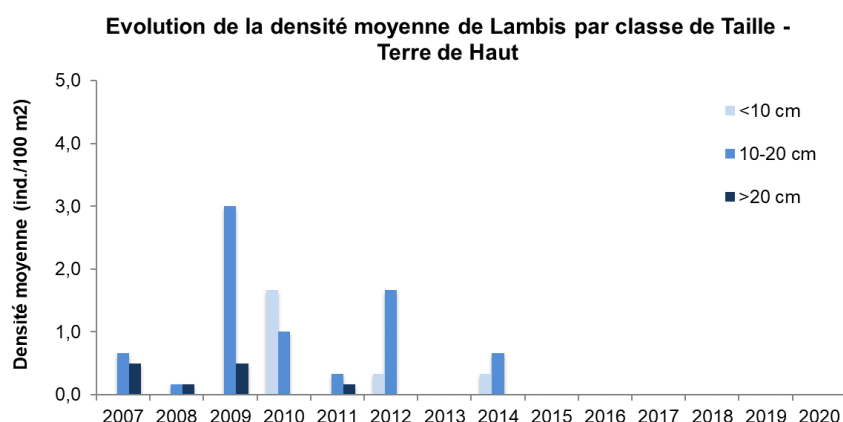


Figure 26 - Évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Terre de Haut entre 2007 et 2020

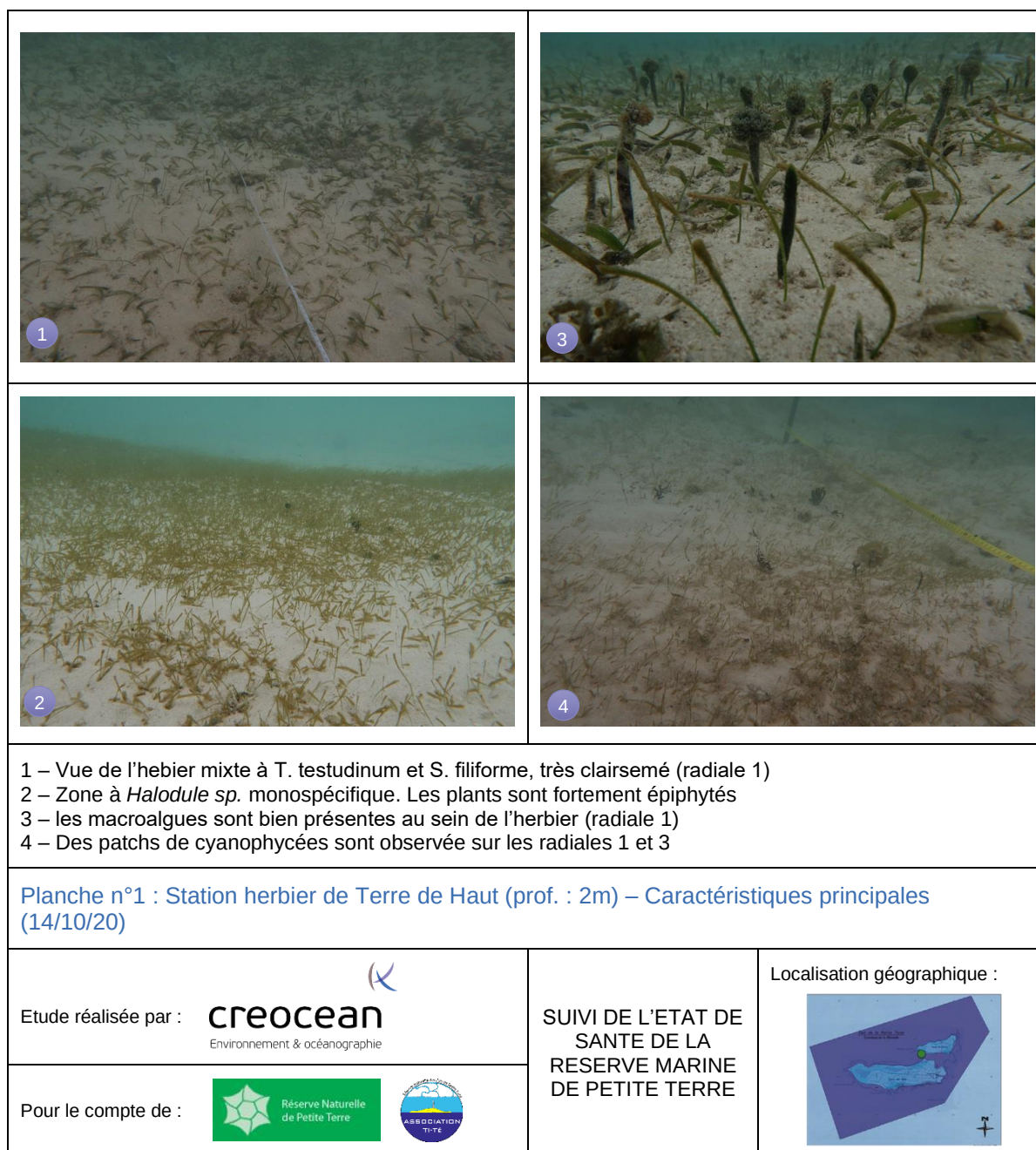


Figure 27 - Illustrations de la station de suivi des herbiers de Petite Terre

4.4. Conclusions

Les différents suivis ont permis de mettre en évidence les principaux points suivants :

Concernant les peuplements benthiques :

- ▶ La structure du peuplement benthique de la station Passe et Nord Est Passe est globalement similaire : la communauté benthique est dominée par les algues à 80%. Les coraux représentent une faible part des observations. Il s'agit exclusivement de coraux durs, et le genre *Porites* est très présent. Le corail de feu *Millepora* est de nouveau observé sur les deux stations. Les autres invertébrés marins sont peu nombreux, des gorgones, des éponges et des anémones sont présentes. Le substrat non colonisé est constitué de sable. Des débris coralliens sont aussi présents la station NE Passe.
- ▶ Les couvertures coralliennes ont subi une forte baisse depuis quelques années. En 2020 ce paramètre semble augmenter de nouveau légèrement. Cette augmentation reste toutefois plus faible que les taux observés en début des suivis.
- ▶ Les couvertures algales ont tendance à augmenter sur les deux stations au cours des suivis. En 2020 une légère baisse est observée même si les peuplements algaux restent très dominants.
- ▶ Les densités de recrues coralliennes ont augmenté sur les deux stations, pour atteindre des valeurs relativement élevées, notamment sur la station Passe (> 6 recrues/m²). Cette augmentation intervient après 2 ou 4 années de très faibles densités de juvéniles de coraux. Une attention doit être portée lors des futures suivis afin de confirmer une augmentation pérenne du recrutement corallien.
- ▶ Les densités d'oursins sont très faibles sur les deux stations à l'instar des années précédentes. Ce déficit d'herbivore pourrait participer à la prolifération des algues.

Concernant les peuplements ichthyologiques :

- ▶ Les planctonophages sont les plus nombreux sur les deux stations, où les bancs de Demoiselles sont nombreux. Les herbivores représentent toutefois la plus forte biomasse, avec de nombreux poissons perroquets ou chirurgiens, de taille moyenne à élevée.
- ▶ Les piscivores (plus haut niveau trophique) sont présents mais rares. La taille des poissons observés est souvent > 30 cm, faisant de ce plus haut niveau trophique un groupe non négligeable en termes de biomasse au sein des stations.
- ▶ Sur la station Passe, les poissons < 10 cm sont largement majoritaires lors des suivis. Cette observation est plus nuancée sur la station NE Passe, où les individus > 10 cm étaient dominants en 2017. Globalement, les poissons observés sur les stations de Petite Terre sont de petite taille. Les conditions des stations (petites profondeurs, fort hydrodynamisme...) ainsi que leur niveau de dégradation avancé (faible couverture corallienne, perte de complexité du substrat, développement des algues...) pourraient influencer répartition.
- ▶ Sur les deux stations, l'abondance et la biomasse de l'ichtyofaune augmente en 2020, après 2 ou 3 années avec des valeurs relativement faibles. Au vu des fortes fluctuations intervenues au cours des suivis, il est nécessaire d'attendre le prochain suivi avant de conclure à une augmentation de la population ichthyologique.

Concernant les peuplements d'herbiers et la mégafaune associée :

- ▶ La physionomie de l'herbier a été bouleversée depuis les houles cycloniques qui se sont succédées en 2017. Des mouvements sédimentaires ont entraîné l'ensablement de certains secteurs mais également la mise à nu du substrat rocheux sur d'autres secteurs. Elle semble relativement stable depuis.
- ▶ Les zones de ruptures de l'herbier sont plus nombreuses que l'an passé, notamment en début et fin des radiales. Le pourcentage de zones dépourvues d'herbier est plus élevée en moyenne

que les années précédente (23% de fragmentation contre 21% en 2019 et 3% de mitage contre 0% en 2019).

- ▶ La densité des plants de phanérogames est toujours faible, avec une dominance de *Thalassia testudinum* sur les herbiers. Cette densité de plants a significativement diminué depuis le début des suivis, avec notamment une forte baisse en 2017.
- ▶ La hauteur des feuilles de phanérogames apparaît similaire entre les deux espèces, bien que *Syringodium filiforme* semble légèrement plus grande en moyenne. La hauteur de la canopée a diminué de manière significative en 2013, elle a ensuite progressivement diminué jusqu'en 2020. Cette baisse pourrait être corrélée à un ensablement de l'herbier depuis quelques années.
- ▶ La macrofaune de l'herbier est rare et peu diversifiée au sein de l'herbier. Seulement 2 espèces d'oursins sont observées (oursin blanc et oursin diadème). Des coquilles de lambis mort sont aussi relevées le long des radiales.
- ▶ Aucun lambi vivant n'a été observé au sein des radiales de l'herbier. L'évaluation de la population sur ces radiales, fait état d'aucun individu depuis 2015. Toutefois, la réalisation de suivi à plus large échelle permet une autre évaluation de population de lambi à Petit-Terre.

Pour certains paramètres (densité de recrues coralliennes, densité et biomasse du peuplement ichthyologique) les tendances depuis 2017 étaient à la baisse, alors qu'une évolution positive est observée en 2020, notamment pour les juvéniles de coraux. Cette observation est à mettre en parallèle des fortes houles survenues en 2016 et 2017, qui ont fortement impactées les écosystèmes marins à Petite Terre (ensablement, forte casse des coraux branchus). Les prochains suivis permettront de déterminer si une résilience est effectivement en cours sur les récifs de Petite Terre. L'état de santé devraient alors s'améliorer, avec une augmentation de la couverture corallienne et une baisse du développement algal.

4.5. Suivi spécifique des lambis par vidéo tractée à l'échelle du lagon

Les prises de vue vidéo ont été réalisées le long des 5 transects échantillonnés annuellement depuis 2013, orientés d'ouest en est (Figure 28), soit face au courant. Les profondeurs sont comprises entre 1,5 - 2 m (transects 4 et 5) et 3 - 4 m (transects 1, 2 et 3). L'orientation et la hauteur de la caméra sont guidées par un opérateur intervenant depuis l'embarcation.

En 2020, un des lasers n'est que très peu visible sur la radiale 5. Ainsi la surface échantillonnée est une approximation.

NB : depuis 2013, les suivis ont été réalisés en septembre-octobre, excepté en 2016 : suite à un problème technique, celui-ci a dû être reporté en janvier 2017.

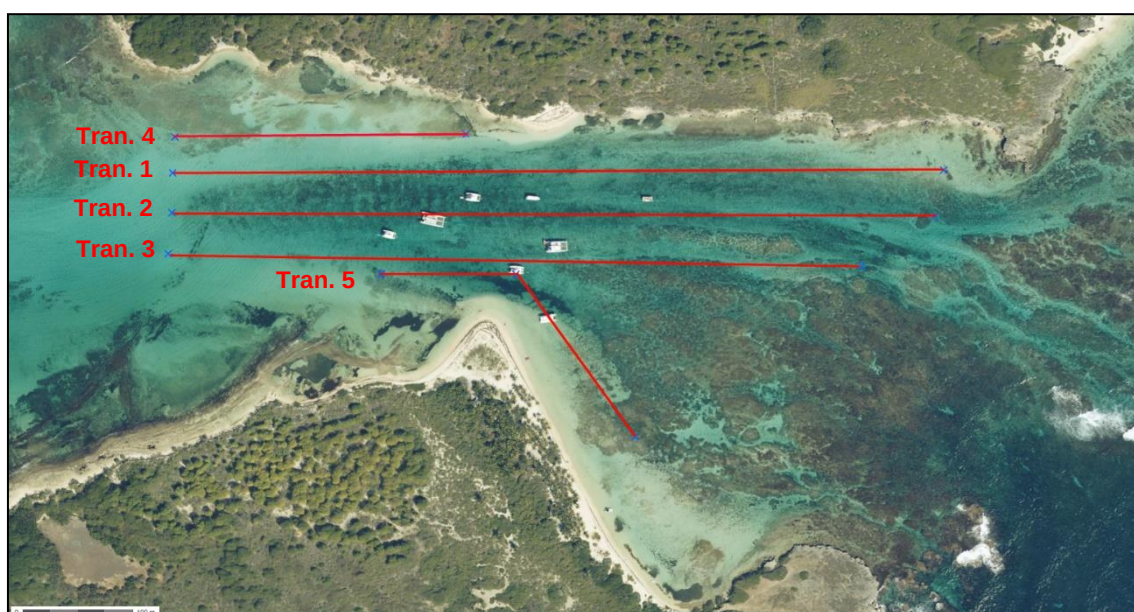


Figure 28 - Localisation des transects d'échantillonnage

L'analyse des vidéos a mis en évidence les observations suivantes :

En 2020 : (, Figure 29) les données obtenues après traitement des vidéos sont résumées dans la figure suivante.

Tableau 9 - Synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les cinq transects en octobre 2020

Transect	1	2	3	4	5	Total
Estimation de la surface échantillonnée (m2)	1152	1003	1094	495	442	4185
Nombre d'individus observés	23	37	47	1	2	110
Densité (ind./100 m2)	2,0	3,7	4,3	0,2	0,5	2,6

Nombre de lambis morts observés

	Juvenile (<10 cm)	Subadulte (10-20 cm)	Adulte (20 cm)	TOTAL
Tr. 1	3	5	2	10
Tr. 2	5	4	0	9
Tr. 3	5	1	1	7
Tr. 4	0	0	0	0
Tr. 5	0	0	0	0
	13	10	3	26

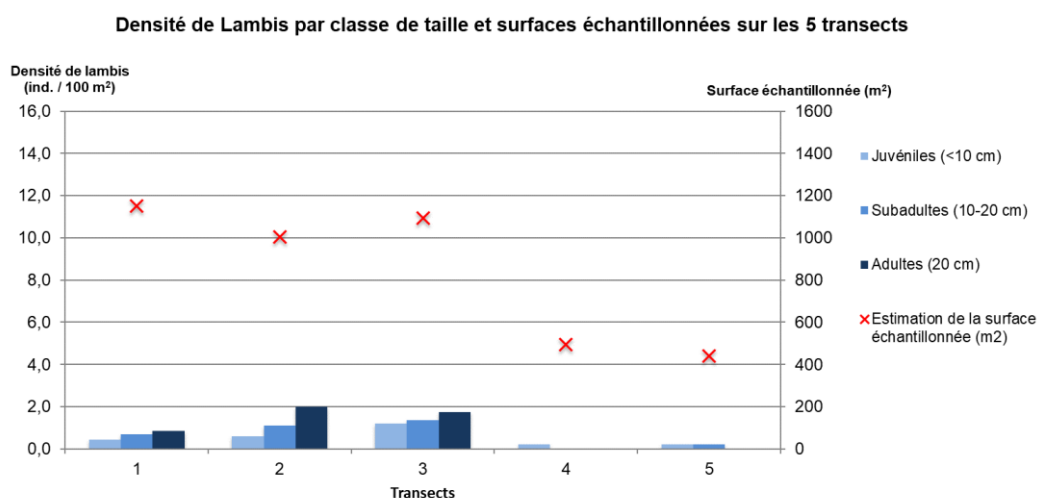


Figure 29 - Densité de lambis par classe de taille sur les cinq transects en octobre 2020 (ind./100 m²)

- ▶ Sur l'ensemble des 5 transects, **110 individus** ont été observés, pour une surface d'échantillonnage estimée à 4895 m². La densité de lambis au sein du lagon est donc évaluée à 2,6 individus/100m². Ce recensement ne revêt toutefois pas un caractère exhaustif mais constitue **un état** à une saison donnée. L'évolution de l'état de la population est alors comparable aux données historique, obtenues par la mise en œuvre **du même protocole**.
- ▶ La densité citée précédemment inclue aussi une partie de lambis morts. Il apparaît difficile de distinguer les coquilles vides des lambis vivants sur les images vidéo avec cette méthode d'échantillonnage, excepté quand la coquille est retournée (fente vers le haut) ou percée. Ainsi, sur les 110 individus comptabilisés, **a minima 26 sont des lambis morts**. Cette part de lambis mort (20% environ) est relativement constante depuis les 3 derniers suivis.
- ▶ **Une forte disparité est observée selon les transects** : les transects 1, 2 et 3 possèdent les plus fortes densités, alors que les transects 4 et 5 ont des densités très faibles (quelques individus observés seulement). La localisation des 2 groupes de transects pourrait expliquer cette différence. En effet, les transects 4 et 5 sont situés à de plus faible profondeurs, proches du trait de côte. En 2019 le transect 5 a toutefois révélé de nombreux individus.
- ▶ **La répartition des individus selon leur taille révèle une population dominée par les individus adulte en 2020, les juvéniles sont minoritaires**. Cette répartition est la même sur les 3 premiers transects, alors que les transects 4 et 5 ne présentent que des juvéniles ou des subadultes.



Figure 30 - Illustrations de lambis observés lors de la mise en œuvre de la vidéo tractée en 2020 (de gauche à droite : transect 1, 2 et 3)

Entre 2013 et octobre 2020 :

Remarques préliminaires :

En 2016, contrairement aux années précédentes, le suivi n'a pas pu être réalisé en septembre/octobre mais en janvier 2017. Dans le cadre de la comparaison des résultats avec les années précédentes, un biais dû à deux facteurs distincts, détaillés dans le rapport de suivi correspondant (Créocéan, 2017), est à prendre en considération :

- **Les migrations saisonnières probables de *Strombus gigas*** (fréquentation de certains types d'habitats en fonction de l'âge des individus et des périodes de l'année et migration reproductive saisonnière variant selon la zone géographique et l'âge des individus en zones exploitées).

→ Non connues à ce jour pour les lambis présents dans le lagon de Petite Terre. Les suivis réalisés généralement début/mi-septembre interviennent vraisemblablement en fin de période de reproduction.

- **La période de pêche autorisée de l'espèce** (arrêté 2002/1249) qui s'étend du 1^{er} octobre au 31 décembre jusqu'aux fonds de 25 m et jusqu'au 31 janvier au-delà des fonds de 25 m.

→ Le suivi réalisé en janvier 2017 intervenait en fin de période de pêche autorisée de l'espèce. Le site de suivi se situe en réserve mais les lambis se déplacent très probablement entre l'extérieur et l'intérieur du périmètre de protection.

→ En 2020, la pêche au lambi a été suspendue à cause de l'état faible des stocks.

Evolution de la densité globale de lambis observée
entre 2013 et 2020

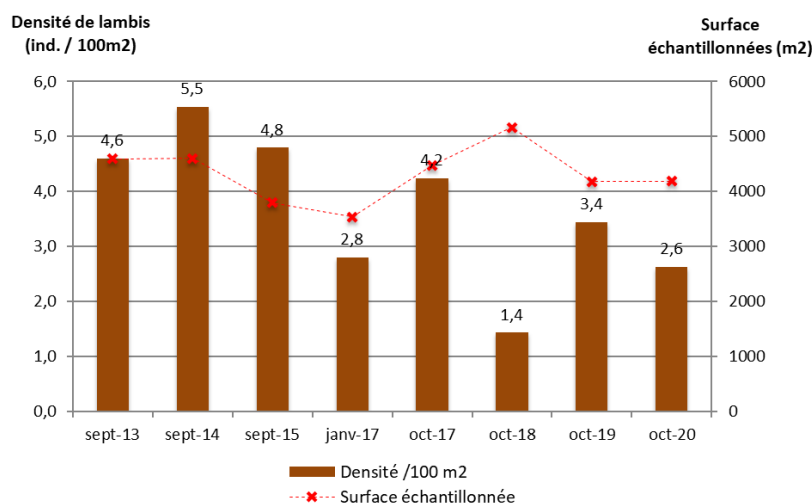


Figure 31 - Évolution de la densité de lambis et de la surface échantillonnée sur les cinq transects entre 2013 et 2020

- **La superficie totale échantillonnée en 2020 est de 4 185m²**, très proche de celle de 2019 (4 183 m²), et également celle observée lors des premiers suivis (environ 4 500 m²). Entre 2015 et 2018, la surface a largement évolué, de 3 538 m² en 2017 et 5 168 m² en 2018. Le calcul de la densité /100m² permet de comparer les densités observées chaque année.
- **La densité relevée en 2020 est de 2,6 individus/100m², elle est parmi les plus faibles depuis le début des suivis**, comparable à celle de janvier 2017 (2,8 individus/100m²). Cette densité était relativement élevée les 3 premières années de suivis (entre 4,6 et 5,5 individus/100m²). Elle diminue ensuite pour atteindre sa valeur la plus basse en 2018 avec 1,8 individus/m². La surface échantillonnée en 2018 pourrait être toutefois légèrement surévaluée (valeur la plus haute des suivis) du fait d'une très mauvaise visibilité.

La densité de lambis observée en septembre-octobre (soit avant ou au début de la période d'autorisation de pêche réglementée) semble globalement plus faible sur la période 2017-2019 que sur la période 2013-2015. L'influence des houles cycloniques de l'année 2017 pourrait y avoir contribué (Figure 31).

En 2020, les surfaces échantillonnées sur chaque radiale sont similaires à celles des années précédentes.

Les plus fortes densités sont relevées sur les transects 1, 2 et 3. Cette tendance est observée depuis le début du suivi.

Les transects 4 et 5 possèdent une très faible densité de lambis. Si le transect 4 a toujours présenté très peu d'individus, le transect 5 possédait les plus fortes densités en 2015 et 2019. La profondeur et la courantologie de ces transects pourraient expliquer cette répartition, inégale sur les bords de la passe.

En janvier 2017, une densité sensiblement inférieure avait été observée (2,8 ind./100 m²) possiblement en lien avec la période de suivi et la pression de pêche exercée sur les lambis hors réserve depuis l'ouverture de la pêche (hors éventuels actes de braconnage au sein de la réserve). L'influence de ces deux facteurs est encore difficile à évaluer.

A noter toutefois que des variabilités interannuelles peuvent exister du fait de l'écologie du lambi (migrations, etc.). Les facteurs climatiques peuvent venir accentuer ces variabilités.

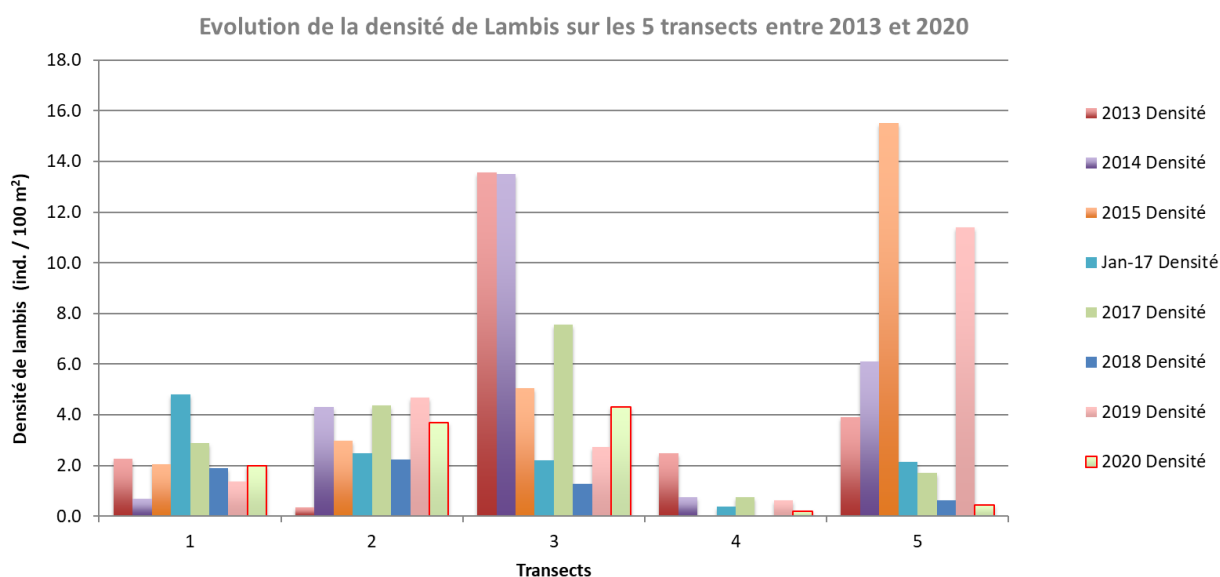


Figure 32 - Evolution de la densité de lambis sur les cinq transects entre 2013 et 2020

L'interdiction de la pêche de lambis a été proposée par le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins des îles de Guadeloupe en 2020 et validé par la préfecture de la Guadeloupe. Du 1^{er} octobre 2020 au 31 janvier 2021, aucun prélèvement de lambis n'a officiellement eu lieu. Cette interdiction de prélèvement pourrait influencer la densité de lambis observée lors de la prochaine campagne. L'interprétation des résultats 2021 sera à réaliser notamment à la lumière de cette fermeture de la pêche aux lambis.

La densité de lambis juvéniles a très fortement diminué alors que les individus sub-adultes ou adultes sont aussi ombreux voir plus nombreux que les années précédentes.

- ▶ La densité de juvéniles est la seconde plus faible après l'année 2018, avec 0,53 individu/m^{100m}². Cette densité était très forte en 2019 et lors des premiers suivis (> 3 individus/100m²). Ces juvéniles sont observées sur toutes les radiales mais sont majoritairement présents sur les radiales plus profondes (1, 2 et 3). Les très fortes densités observées en 2014, 2015 et 2019 sont notamment dues à l'observation de nombreux juvéniles sur la radiale 5.
- ▶ Les subadultes sont légèrement plus nombreux que les juvéniles, avec 0,63 individu/100m². Cette densité est historiquement faible, 2020 est dans les moyennes des années précédentes. Ces individus sont plus observés sur les transects au centre de la passe. Aucun lambi sub-adulte n'est observé sur la radiale 4.
- ▶ Le nombre de lambis adultes observé en 2020 est en moyenne supérieur aux années précédentes, avec 0,92 individu/100m². La population de lambi semble dominée par les individus adultes. Ces derniers sont exclusivement observés sur les radiales les plus profondes (1 à 3).

L'étude de l'évolution de la population de lambis à l'échelle du lagon s'avère complexe, compte tenu des nombreux facteurs susceptibles d'influer sur leur répartition : écologie propre à l'espèce (déplacements, etc.), pression de pêche hors réserve (ainsi que d'éventuels actes de braconnage), conditions hydrodynamiques, plus particulièrement en saison cyclonique, etc.

Le suivi 2020, affiche une tendance à la baisse de la population de lambis. Cette tendance évolutive globale de la population de lambis de Petite Terre est dans tous les cas à confirmer sur le long terme après plusieurs années de suivis réalisés à la même période (éventuellement par une analyse statistique).



Figure 33 - Évolution de la densité de lambis par classe de taille entre 2013 et 2020 (à droite) et par transect (à gauche)

4.6. Suivi spécifique des cyanophycées

Dans le but d'étudier l'impact des mouillages organisés sur la prolifération de cyanophycées, un suivi par quadrats photographiques est réalisé sur Petite Terre depuis 2011. En effet, les rejets d'eaux usées (WC, vaisselle, nettoyage de pont, etc.) des bateaux charters transportant des passagers entre Saint-François et Petite Terre et utilisant les mouillages spécifiques mis en place par la réserve, ne sont pas négligeables et pourraient avoir comme impact parmi d'autres une prolifération de cyanophycées.

En 2015, le suivi des cyanobactéries a été précisé et amélioré : 24 photo-quadrats ont été réalisés sous les 4 mouillages de la zone (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) : les quadrats réalisés sont « fixes », le long d'un transect de 12 m (avec marque 6 m au niveau du mouillage) déroulé dans l'axe du courant (est-ouest) afin de disposer de quadrats en amont et en aval du mouillage par rapport au courant (sous l'influence de celui-ci, les eaux ou matériel organique éventuellement rejetés par les bateaux peuvent en effet sédimenter plusieurs mètres derrière le point de mouillage). Une photo-quadrat tous les 2 mètres a été réalisée, soit 6 quadrats sous chaque mouillage (3 en amont et 3 en aval par rapport au flux dominant).

De la même manière, 6 photo-quadrats ont été réalisées sur une zone témoin en dehors de la zone de mouillage (en amont du courant), située plusieurs dizaines de mètres à l'est du mouillage 4 (1 quadrat tous les 2 m le long du transect de 12 m). Avant 2015, le positionnement des quadrats était aléatoire. Soit au total 30 quadrats. Ces photos ont ensuite été analysées à l'aide du logiciel CPCe (Coral Point Count), permettant d'estimer la couverture en cyanophycées des quadrats (Figure 36). Le suivi de 2011 ayant montré la nécessité de prendre en compte le paramètre épaisseur dans l'analyse, cette donnée a été relevée et intégrée à l'analyse (Figure 37).



Figure 34 - Localisation des 4 mouillages suivis et de la zone témoin (d'après Google Earth)

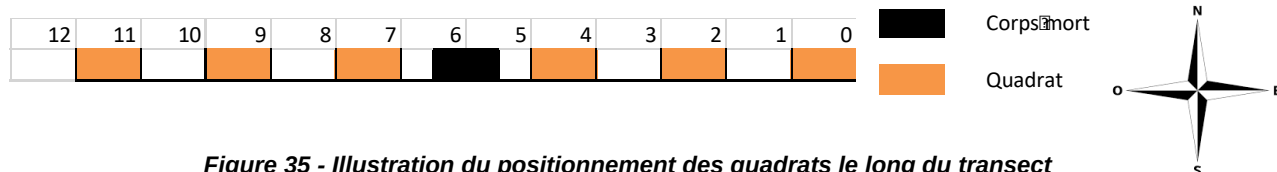


Figure 35 - Illustration du positionnement des quadrats le long du transect

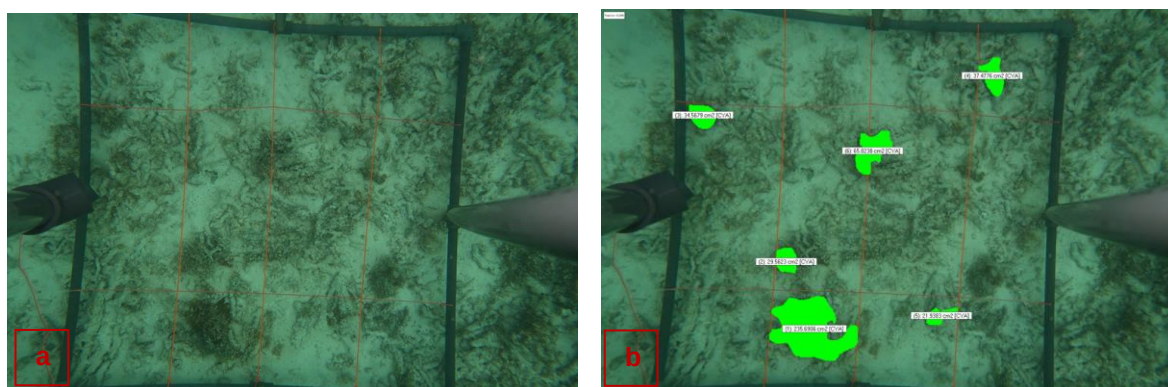


Figure 36 - Photo-quadrat avant (a) et après (b) analyse CPCe

	Code
Absence	0
De 0.2-1mm	1
De 1.2-5mm	2
De 5.2-10mm	3
< 10mm	4

Figure 37 - Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées

En 2020, la couverture en cyanophycées est différente selon les mouillages. Elle apparaît forte sur les mouillages 3 et 4 (autour de 60%), avec des quadrats parfois couverts à plus de 80% d'un épais tapis de cyanophycées. Le substrat et les organismes benthiques sont recouverts indifféremment. Les mouillages 1 et 2 sont plus faiblement recouverts, avec respectivement 14,8% du quadrat moyen recouvert de cyanophycées pour « Timanganao » et 2,6% pour « Frantz ». Sur le premier mouillage, le film cyanobactérien est similaire à celui des mouillages 3 et 4, relativement épais. Au niveau du second mouillage de petits patches sont seulement présents, accrochés aux débris coralliens.

Tableau 10 - Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis (% et épaisseur)

	Quadrats sous mouillages		
	Couverture (%)	Code épaisseur (moyenne des quadrats)	Observations
Mouillage 1 (Ti Manganao)	14,8%	1,3	Film brun sur algues et débris
Mouillage 2 (Frantz 3)	2,6%	3,2	Film fin en petits patches sur débris
Mouillage 3 (Paradoxe)	65,6%	4,0	Film brun fin à épais, sur sable et débris
Mouillage 4 (Awak)	55,8%	2,5	Film brun discontinu sur sable, algues ou débris

Le même protocole mise en œuvre hors des zones de mouillage a permis de relever une très forte couverture moyenne en cyanophycées (71,8% du quadrat moyen recouvert). La moitié des quadrats hors mouillage (3/6) présentent une couverture en cyanophycées supérieure à 90%. Le film bactérien y est de plus très épais, recouvrant indifféremment le substrat (sable et débris coralliens) ou les organismes qui s'y développent (macro-algues majoritairement).

Tableau 11 - Couverture en cyanophycées sur les quadrats hors mouillage (% et épaisseur)

	Quadrat Hors mouillage						Moyenne de la zone témoin
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
Aire moyenne (cm ²)	7674	9583	9639	4989	9127	2062	
Couverture (%)	76,7%	95,8%	96,4%	49,9%	91,3%	20,6%	71,8%
Code épaisseur	4	4	3	4	4	3	3,7
Observations	Film brun très épais, couvrant de larges surfaces						

Évolution de la couverture en cyanobactéries sous les mouillages :

L'évolution des taux de recouvrement sous chaque mouillage est présentée dans la figure ci-dessous.

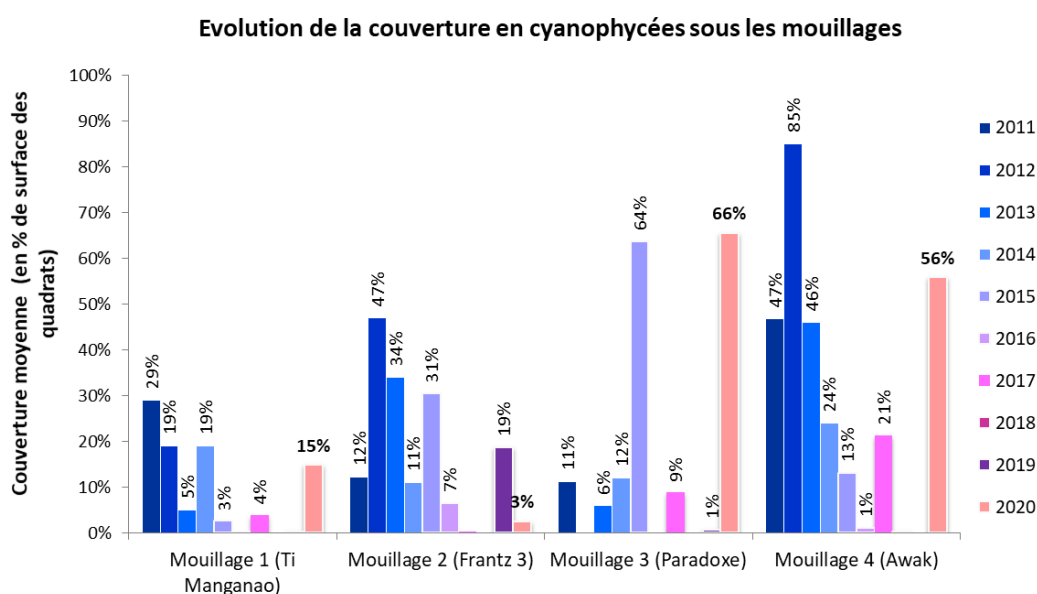


Figure 38 - Évolution de la couverture en Cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre

Après plusieurs années de faible recouvrement, la couverture en cyanophycées est élevée sous les mouillages, à l'exception du mouillage « Frantz ».

Les premiers suivis révélèrent de fortes couvertures en cyanophycées sur la majorité des mouillages. Après 2015, les cyanophycées ont été beaucoup moins observées, avec des recouvrements généralement inférieurs à 10%. En 2018, la couverture en cyanophycées était nulle sous l'ensemble des mouillages.

En 2020, la couverture moyenne en cyanophycées semble brusquement augmenter, à l'exception du mouillage 2 où elle passe de 19% à 3%.

Une évolution spatiale est aussi visible, avec une couverture plus faible des cyanophycées sous le mouillage 1.

Cette brusque augmentation des cyanobactéries peut être synonyme d'une dégradation de la qualité de l'eau, avec un apport en matière organique.

Les fortes températures observées en 2020 pourraient aussi avoir participé au fort développement des cyanobactéries cette année.

Outre la fréquentation et les pratiques des usagers, la présence de ces peuplements est néanmoins aussi largement dépendante des conditions hydrodynamiques (houle, courant).

La diminution observée de 2016 à 2019 pourrait être issu d'un « balayage » des cyanobactéries du substrat par les houles cycloniques survenues en 2016 et 2017.

Comparaison de la couverture en cyanophycées sous les mouillages et hors mouillage :

En 2020, les cyanophycées sont très fortement développées dans la zone hors mouillage. L'influence des navires peut paraître absente face au fort développement des cyanophycées dans la zone de petit fond du lagon (hors mouillages). Cette tendance est remarquée depuis les 3 dernières années de suivi.

Le point hors mouillage défini en début des suivis, ne possède pas les mêmes caractéristiques que les points dans la passe : la profondeur est plus faible et le régime hydrodynamique est moins marqué (protection de la barrière et pas de courant dû à la passe. La comparaison des couvertures en cyanophycées sous mouillage avec une zone aux caractéristiques plus proche (en amont du premier mouillage, dans la passe) pourrait paraître plus judicieuse.

Comparaison de la couverture en cyanophycées en amont et en aval du mouillage par rapport au courant dominant (est-ouest) :

Les eaux ou le matériel organique éventuellement rejetés par les bateaux peuvent sédimenter plusieurs mètres derrière le point de mouillage. Les courants dominants (ouest) ont ainsi été considérés dans le positionnement des quadrats. Cela devrait permettre par ailleurs d'identifier un éventuel gradient de développement de cyanobactéries.

Les photos-quadrats ont été réalisées d'est vers l'ouest, donc dans le sens du flux dominant, soit les quadrats 1 à 3 en amont et les quadrats 4 à 6 en aval du mouillage.

La couverture au sein de chaque quadrat, avant et après le mouillage est illustrée dans la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

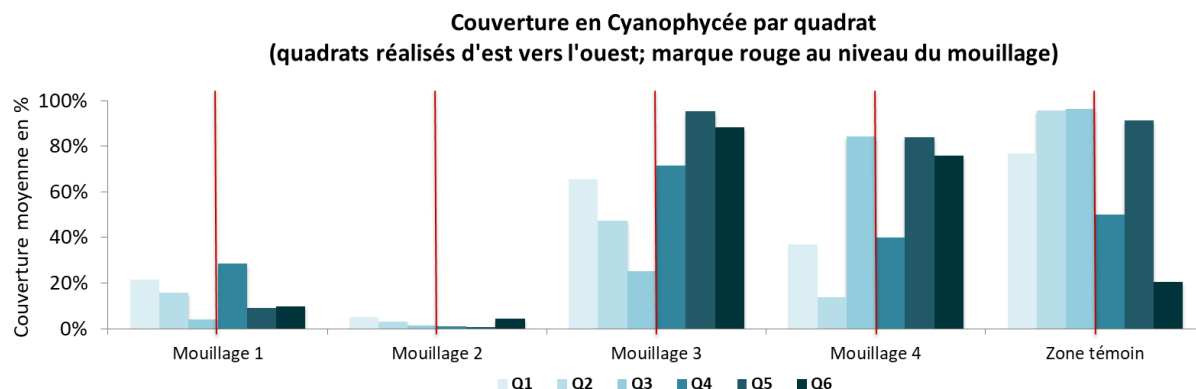


Figure 39 - Couverture en Cyanophycées par quadrats sous les mouillages et hors mouillage à Petite Terre

Pour l'ensemble des mouillages, la couverture en cyanophycées après les mouillages est supérieure ou équivalente à celle observée avant les corps morts. Les mouillages 3 et 4 présentent notamment une forte couverture en aval du point d'ancrage. Ces zones sont celles présentant les plus fortes couvertures en cyanophycées.

A noter toutefois que les navires susceptibles de rejeter du matériel organique sont rarement positionnés à l'aplomb de leur mouillage. Par ailleurs, avec le courant, les eaux ou le matériel organique éventuellement rejetés par les bateaux sont susceptibles d'impacter les zones « occupées » par d'autres navires plus en aval.

Cette comparaison amont/aval sera toutefois surveillée dans le cadre des prochains suivis.

5. Suivi de la température

5.1. Le phénomène de blanchissement corallien et la méthode utilisée pour évaluer son risque

La NOAA/NESDIS a mis au point une méthode pour anticiper et suivre l'évolution d'un événement de blanchissement du corail lié à une augmentation de la température. En effet, le blanchissement étant principalement lié à une augmentation significative de la température de surface (cf. encadré ci-dessous), la NOAA/NESDIS propose une quantification de l'augmentation de la température (HotSpots, données de température issues de satellite), calculée par rapport à une année type. La méthode comprend 3 étapes :

1/ Calcul des anomalies de température (HotSpot) : les HotSpots sont calculés à partir d'une température critique. Cette dernière est la température mensuelle la plus élevée de l'année type. Le HotSpot au temps t est la soustraction de la température critique à la température mesurée au temps t . Pour avoir la meilleure robustesse possible, il faut donc que l'année type soit suffisamment représentative et que la série temporelle soit suffisante (idéalement 10 ans).

2/ Calcul du DHW (Degree Heating Weeks) : Le DHW est la moyenne bihebdomadaire des HotSpots. Le DHW s'additionne d'une semaine à l'autre, il est initialisé lorsque le HotSpot est supérieur ou égal à 1°C . Au bout de 3 mois (12 semaines), on retranche ce HotSpot au DHW actuel. En effet, quand un blanchissement apparaît, les premiers DHW positifs (HotSpots supérieurs à 1°C) sont généralement apparus 3 mois avant (Strong, comm. pers.).

3/ Seuil de blanchissement : un DHW supérieur à 4 peut causer un blanchissement significatif tandis qu'un DHW supérieur à 8 peut causer un blanchissement corallien massif et une forte mortalité. À partir des différentes valeurs du DHW un seuil d'alerte a ainsi été mis en place par la NOAA/NESDIS (Tableau 14).

On peut retrouver l'explication de cette méthode, les données d'anomalie de SST mises à jour, ainsi que l'évolution du DHW, pour certaines régions possédant des récifs coralliens et notamment pour la Guadeloupe sur le site Internet : <http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/>

Tableau 12 - Seuil d'alerte du NOAA/NESDIS par rapport au risque de blanchissement corallien, estimé à partir des données de température marine de surface (données satellites)

Stress Level	Niveau de stress	Definition
No Stress	Pas de stress	Hotspot ≤ 0
Bleaching Watch	Surveillance Blanchissement	$0 < \text{Hotspot} < 1$
Bleaching Warning	Possible blanchissement	$1 \leq \text{HotSpot}$ and $0 < \text{DHW} < 4$
Bleaching Alert Level 1	Alerte blanchissement niveau 1	$1 \leq \text{HotSpot}$ and $4 < \text{DHW} < 8$
Bleaching Alert Level 2	Alerte blanchissement niveau 2	$1 \leq \text{HotSpot}$ and $8 \leq \text{DHW}$

Cette même méthode a été appliquée aux données brutes collectées à l'aide de sondes de température permettant de calculer (a posteriori) le risque de blanchissement à une échelle locale, intéressant directement chacune des réserves.

La température comme élément prépondérant lors des blanchissements coralliens de grande envergure :

Les coraux (ainsi que d'autres organismes tropicaux benthiques) ont une association symbiotique intracellulaire avec des dinoflagellés (algues phytoplanctoniques) : les zooxanthelles. En effet, les eaux tropicales étant pauvres en éléments nutritifs, les zooxanthelles fournissent aux coraux 95% des acides aminés et du sucre qui résultent de leur photosynthèse (les coraux fournissent à leur tour les sels nutritifs - ammonium, phosphate - aux zooxanthelles) (OVE HOEGH-GULDBERG, 1999).

Lors d'un réchauffement des eaux, les zooxanthelles sont expulsées par leurs hôtes et /ou perdent leurs pigments ce qui a pour effet de rendre le corail blanc éblouissant. Si la température de l'eau ne revient pas à la normale rapidement, les coraux, privés de leur apport d'énergie (sucre et acides aminés) fournie par les zooxanthelles, meurent à court terme. Ils sont alors recouverts par des algues et/ou deviennent des débris coralliens (selon la présence de courant et/ou de déferlement des vagues qui les brise).

Vu le nombre croissant d'épisodes de blanchissement ces dernières années, la communauté scientifique met l'accent sur la compréhension de ce phénomène. Même si d'autres facteurs que la température interviennent dans ce processus (tels que la salinité ou l'intensité lumineuse), il est établi que la température joue le rôle majeur dans ces événements. C'est pourquoi il est essentiel de suivre l'évolution des températures de l'eau de surface ou subsurface à l'échelle mondiale et régionale.

5.2. Risque de blanchissement pour la saison 2020 : données NOAA

Au cours de l'année 2020, les données de NOAA font état d'une longue période de Bleaching Watch, de fin mai à fin novembre. Le DHW augmente dès août/septembre jusqu'à fin octobre. Il en résulte une période de *Bleaching warning* (Septembre) puis de *Bleaching Alert Level 1* (octobre).

La période critique 2020 a donc présenté un **risque accru de blanchissement corallien** pour le récif de Petite Terre.

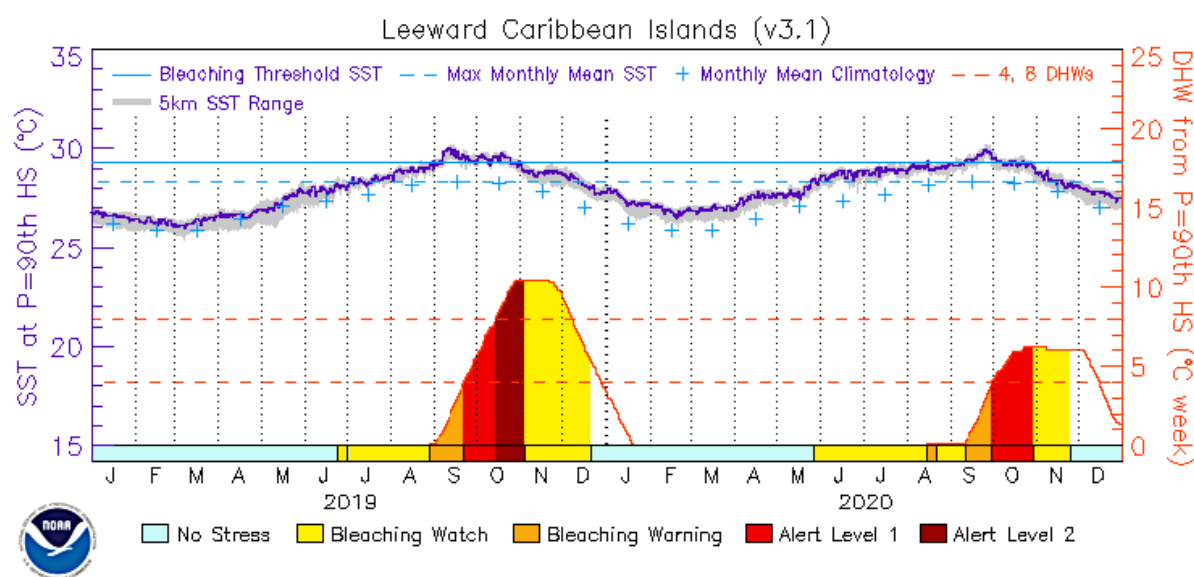


Figure 40 - Niveau d'alerte au blanchissement corallien entre le 1er janvier 2019 et le 31 décembre 2020 pour la station Leeward Caribbean Islands (source: <http://coralreefwatch.noaa.gov>)

L'échelle des stations NOAA pour les graphes de températures a été modifiée en 2019, ainsi, la station « Leeward Caribbean Islands » balaye la zone de la Dominique à St-Martin. Les données obtenues sont donc moins précises que les années précédentes.

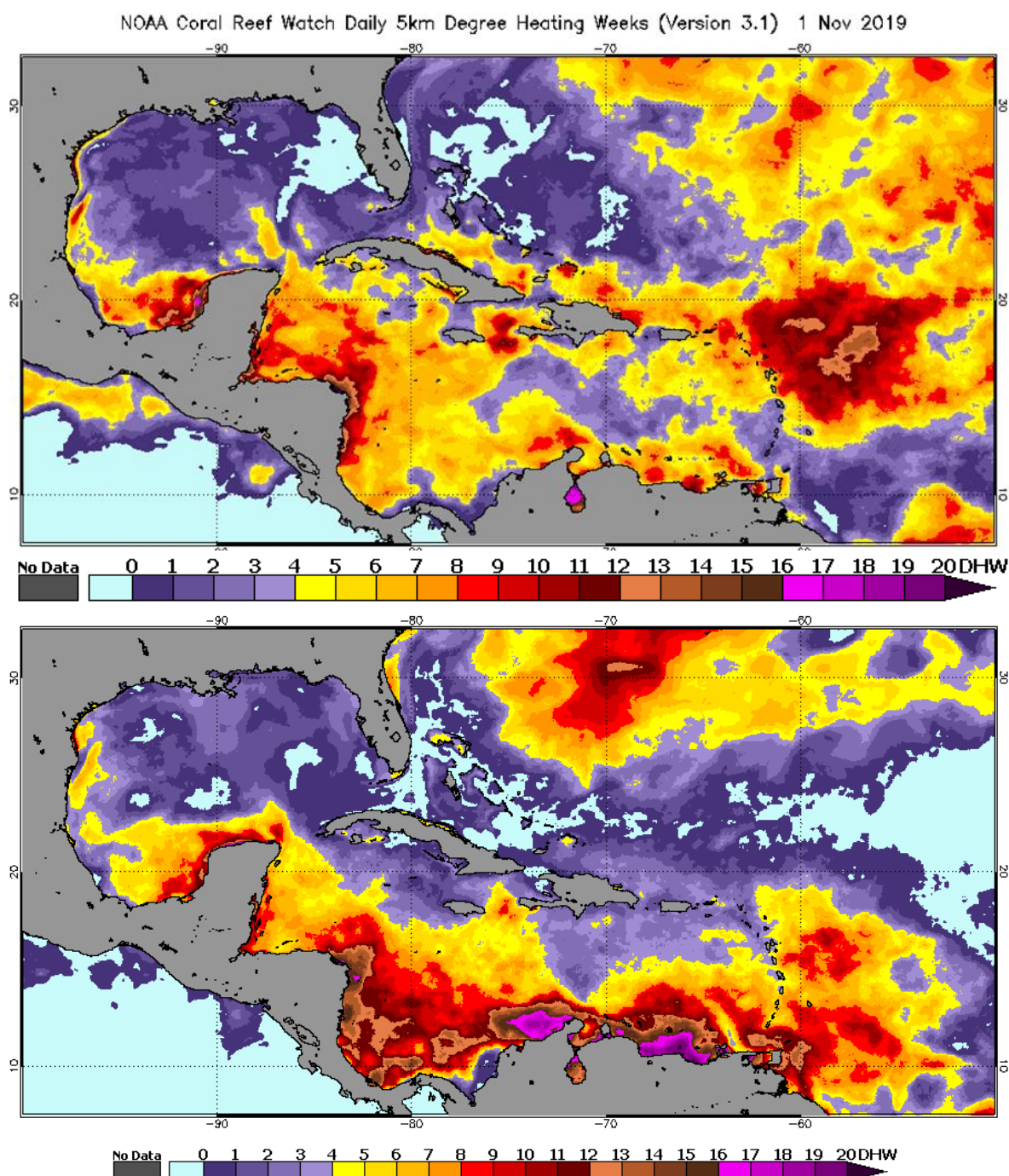


Figure 41 - Comparaison du Degree Heating Weeks pour la région Caraïbe au 01 novembre 2019 (A) et au 01 novembre 2020 (B)

Les cartes générales de DHW permettent d'observer ce paramètre au niveau des Caraïbes. Au 1^{er} novembre 2020, LE DHW est positif sur l'ensemble des Petites Antilles. La Guadeloupe est en limite de DHW > 4, seuil de passage au Niveau d'alerte blanchissement 1.

5.3. Évaluation du risque de blanchissement à partir des données de température collectées

Une nouvelle sonde a été mise en place en février 2020 par les gardes de l'association Ti té. Cette dernière a été récupérée lors de la mission de suivi GCRMN effectué en octobre 2020. Même si les données ne couvrent pas une année complète.

Une partie des données 2018/2019 ont pu être récupérées. Elles sont alors analysées avec les données 2020 dans les paragraphes suivants.

Une nouvelle sonde a été placée lors de la campagne 2020, ce qui permettra d'avoir les données de température sur une année complète lors du prochain suivi.

A noter que malgré la période d'alerte blanchissement mise en évidence par la NOAA à l'échelle de la Guadeloupe, aucun signe de blanchissement des colonies coralliennes n'a été mis en évidence lors du suivi des stations de Petite terre en octobre 2020.

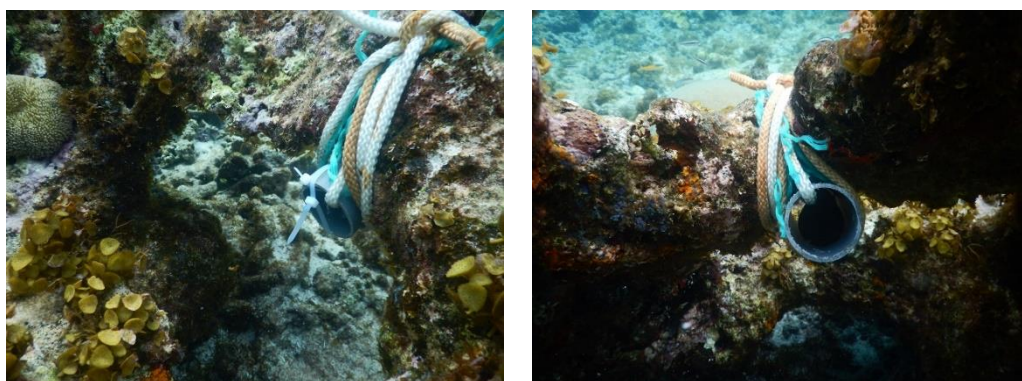


Figure 42 - Illustration du site d'implantation de l'enregistreur de température de Petite Terre en février 2020 (source : J. Athanase, RNPT)

Les suivis de température depuis 2008 permettent de modéliser l'année type, présentée par le graphique ci-dessous.

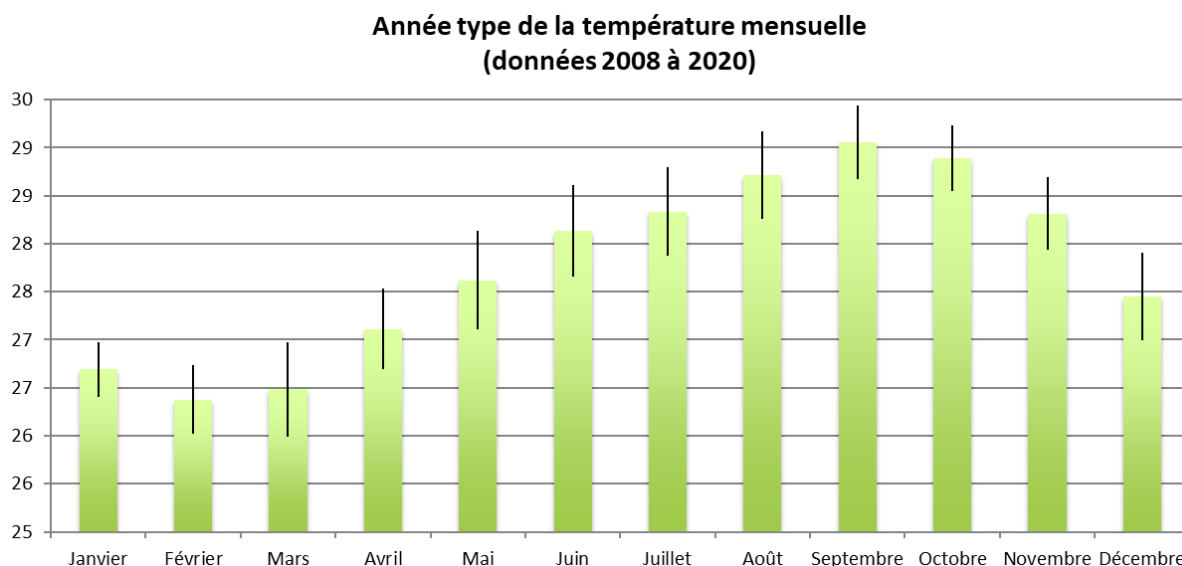


Figure 43 - Année type de la température mensuelle pour la réserve de Petite Terre, calculée entre 2008 et 2020 (température en °C)

Conformément à la méthode employée par la NOASS/NESDIS, l'année type est calculée pour avoir la température mensuelle la plus chaude et ainsi la température critique. Le calcul de l'année type met en évidence les variations saisonnières de la température (+/- 2,7 °C). A l'instar des précédentes années types, le mois de septembre est le plus chaud, avec une température moyenne de **29,05°C** qui correspond donc à la température critique. Cette valeur a légèrement diminué depuis la dernière modélisation en 2018.

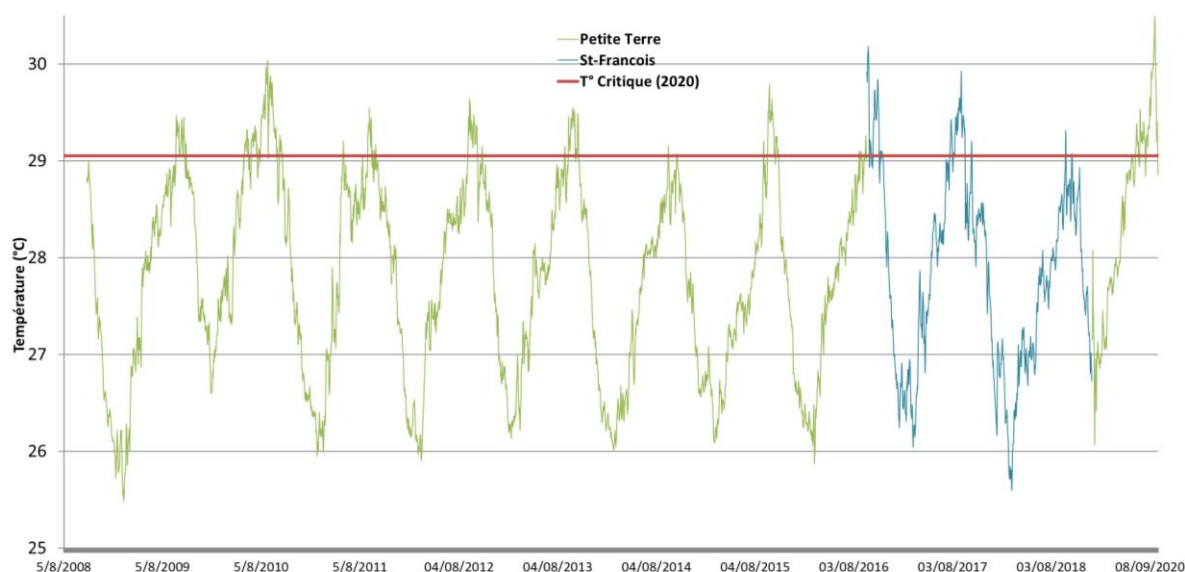
A noter que cette année type n'est calculée qu'avec les données de température disponible, certaines années ne sont pas complètes (absence de données pour certaines périodes).

Cette année type est calculée sur la base de 10 ou 11 années de suivis. Les températures moyennes annuelles possèdent des écart-types relativement faibles.

Sur l'année 2020, les températures récoltées ont permis de calculer les Hot Spot pour la période Février 2020 – Octobre 2020. La première anomalie de température apparaît le 03 juillet 2020, avec une température de 29,07°C. A partir du 17 juillet 2020, l'ensemble des Hot Spot calculés sont positifs. Ainsi, le DWH calculé est positif dès le 17 juillet, avec une anomalie de 0,15 °C.

Les données de Petite Terre sont donc cohérentes avec les données de NOAA, qui révèlent un Bleaching Watch (Hot Spot > 0) dès le mois de mai. La sonde a été relevé avant l'apparition d'un DWH > 4, seuil du « Bleaching Alert Level 1 » qui apparaît sur les données NOAA.

Le graphique suivant permet d'observer précisément les anomalies de température pour l'ensemble des années de suivis.



Chaque année, les températures relevées à Petite Terre dépassent la température critique. Cette hausse annuelle de la température de l'eau peut être considérée comme une pression sur les colonies coralliennes, dont l'état de santé est mis à mal par les épisodes de blanchissement.

Le tableau ci-dessous résume les niveaux d'alerte de blanchissement calculés pour la station de Petite terre.

Tableau 13 - Niveau d'alerte calculé d'octobre 2017 à octobre 2020 à partir des données des stations Passe (Suivi GCRMN Petite Terre) ou St François (suivi Reef Check)

Niveau d'alerte	2017	2018	2019	2020
Station Passe – Petite Terre	-	-	No stress (HotSpot<0) entre Janvier et Mai 2019	Bleaching Warning (HotSpot > 0 et DWH > 0 du 17/07/2020 au 07/10/2020 à minima
Lagon de St François (données Reef Check)	Bleaching Watch (0<HotSpot>1)	No stress (HotSpot<0)	Pas de données	-

Les données récupérées pour l'année 2019 couvrent la période janvier 2019-mai 2019, elles ne sont donc pas adéquates et représentatives pour déceler des fortes hausses de températures ayant lieu habituellement de juillet à décembre.

6. Compagnonnage et formation

6.1. Principes et résultats du compagnonnage

Un des objectifs du « réseau de réserves » est de favoriser les échanges de compétences entre les personnels techniques des 4 réserves initialement impliquées, ce qui constitue une première sur le plan national.

En 2019, les suivis à Petite Terre et à Saint-Barthélemy ont été réalisés dans le cadre du réseau. Des échanges techniques et la formation aux protocoles de suivi des différents types de peuplements ont toutefois pu être réalisés, une personne de la RN de Saint-Martin et de Petite Terre s'étant déplacée et ayant participé au suivi à Saint-Barthélemy.

Les constitutions des équipes de terrain en 2020 sont présentées ci-dessous.

Tableau 14 - Composition des équipes de terrain en 2020

	Réserve de Petite Terre	Réserve de Saint-Barthélemy
	14/20	23/07
Julien Chalifour (RNSM)	X	
Julien Athanase (RNPT)	X	X
Eric Delcroix (RNPT)	X	
Jonas Hochart (RNSB)	X	X
Aude Berger (RNSM)		X
Florian Labadie (CREOCEAN)	X	X

Tableau 15 - Liste de l'ensemble des participants aux suivis depuis 2007

Nom	Organisme		
Xavier Delloue	Parc National de Guadeloupe	Franciane Lequellec	Réserve de Saint-Barthélemy
Simone Mege	Parc National de Guadeloupe	Julien Lequellec	Réserve de Saint-Barthélemy
Xavier Kieser	Parc National de Guadeloupe	Karl Questel	Réserve de Saint-Barthélemy
Didier Baltide	Parc National de Guadeloupe	Sébastien Gréaux	Réserve de Saint-Barthélemy
Michel Tillmann	Parc National de Guadeloupe	Jonas Hochart	Réserve de Saint-Barthélemy
Yannick Limouzin	Parc National de Guadeloupe	Franck Roncuzzi	Réserve de Saint-Martin
Claude Lefebvre	Parc National de Guadeloupe	Nicolas Maslach	Réserve de Saint-Martin
René Dumont	Réserve de Petite Terre	Romain Renoux	Réserve de Saint-Martin
Julien Athanase	Réserve de Petite Terre	Pauline Malterre	Réserve de Saint-Martin
Marion Diard	Réserve de Petite Terre	Steeve Ruillet	Réserve de Saint-Martin
Fiona Roche	Réserve de Petite Terre	Julien Chalifour	Réserve de Saint-Martin
Eric Delcroix	Réserve de Petite Terre	Franck Mazeas	DEAL
Alain Saint Auret	Réserve de Petite Terre	Rémi Garnier	Pareto
Hervé Vitry	Réserve de Saint-Barthélemy	Jean-Benoit Nicet	Pareto
		Christelle Batailler	Pareto / Créocéan
		Labadie Florian	Créocéan

6.2. Bilan sur la formation / Échange des personnels impliqués

Les échanges réalisés ont permis aux personnels impliqués :

- ▶ De constituer des équipes de suivi composées de personnels des différentes AMP ;
- ▶ De se former/se perfectionner aux techniques et protocoles mis en œuvre ;
- ▶ De s'équiper en matériel de terrain nécessaire à la collecte des données ;
- ▶ De prendre connaissance des problématiques communes et spécifiques à chaque réserve, en fonction des contextes liés aux conditions de milieux et pressions humaines existantes ;
- ▶ De prendre connaissance des problématiques de réglementation spécifiques à chaque réserve ;
- ▶ D'échanger sur des techniques de mise en œuvre de différents matériels en mer, les méthodes de communication, prévention contrôle et suivi.

7. Communication : posters destinés au grand public / décideurs

Un support de communication format A3 a été réalisé. Il illustre les principales évolutions observées sur la période 2007-2020 et met en avant les évolutions positives mais également les points à surveiller pour la réserve.

Dans la mesure du possible, ce document volontairement vulgarisé, a vocation à être présenté aux différents gestionnaires et décideurs des réserves naturelles. Il devrait constituer un bon outil d'aide à la décision dans la pérennisation et dans le renforcement du réseau.

Ce document sera remis séparément au MO.

8. PERSPECTIVES

Pérennisation des suivis et suivi d'un « effet réserve »

La présente étude clôture la 13^{ème} année du fonctionnement du réseau des réserves marines de Guadeloupe, Saint-Martin et Saint-Barthélemy, initié en 2007. Depuis sa mise en place, ce réseau a été à plusieurs reprises optimisé par l'ajout de stations et de paramètres suivis supplémentaires.

Ainsi, en 2009, la DIREN a souhaité compléter le suivi des peuplements benthiques par celui des peuplements ichthyologiques. Un protocole a été établi sur la base de celui déjà éprouvé par l'UAG dans le cadre de ses programmes engagés sur les Antilles françaises. La formation à ce protocole et sa mise en œuvre ont été réalisées lors de la campagne de suivi 2009, sur des stations « en et hors réserve ». En 2009, la DIREN a également souhaité implanter, selon les mêmes protocoles de suivi, des stations « benthos » hors réserve, afin de mettre en évidence et suivre une éventuelle évolution particulière des peuplements (benthos et poissons) dans la réserve, de par leur protection. La mise en place d'une station hors réserve n'est malheureusement pas possible sur Petite Terre.

En 2013, les recommandations émises pour le suivi des herbiers dans l'analyse méthodologique réalisée par C. Hily et F. Kerninon dans le cadre de l'IFRECOR ont été intégrées. Un nouveau protocole de suivi a été appliqué, avec le suivi de paramètres complémentaires et une meilleure prise en compte de l'hétérogénéité de l'herbier. Parallèlement, le suivi des lambis a évolué et est intégré au suivi global de la macrofaune au sein de l'herbier. Depuis 2013, la RNPT a souhaité la mise en place et le test d'un protocole de suivi des lambis permettant une meilleure représentativité du stock à l'échelle de son lagon que le protocole mis en œuvre à l'échelle de la station. L'augmentation de la surface de la zone échantillonnée a été possible par la mise en œuvre d'un suivi par vidéo tractée.

En 2015, la RNPT a souhaité la mise en place d'une nouvelle station de suivi des peuplements benthiques et ichthyologiques dans l'enceinte de la Réserve. Contrairement à la 1^{ère} station, la nouvelle station devait être située dans une zone non fréquentée par les usagers de la Réserve. L'objectif était de comparer les résultats sur les deux stations afin d'évaluer un éventuel impact de la fréquentation sur les peuplements. Les options pour l'implantation de cette nouvelle station se sont avérées limitées et les conditions de milieu sur le site choisi pourraient compromettre la réalisation du suivi lors des prochaines campagnes si elles s'avéraient trop contraignantes (courant notamment). Depuis 2016, les 6 transects de 10 m de la station sont positionnés les uns à la suite des autres.

En 2016, les gestionnaires de la Réserve de Petite Terre ont mis en place des aménagements matérialisant les limites de zones protégées, interdites au public, d'herbiers (littoral de Terre de Bas) et d'une partie du récif du lagon afin de favoriser la restauration naturelle de ces écosystèmes protégés de l'influence du piétinement. La nouvelle station de suivi implantée en 2015 est située hors de ce périmètre ; elle est toutefois dans une zone peu ou pas fréquentée.

Le transect de suivi de la station implantée en 2007 démarre hors de la zone protégée interdite d'accès mais le dernier tiers du transect de 60 m se situe au sein de celle-ci. Par ailleurs, l'accès à cette station nécessite de traverser ou contourner la zone de protection. Cette zone devrait ainsi être moins fréquentée à l'avenir. La comparaison entre les deux stations au regard de la fréquentation ne sera donc plus pertinente mais l'évolution sur ces stations sera toutefois intéressante à suivre en parallèle.

Bancarisation et traitement des données produites depuis 2007

L'ensemble des données brutes produites depuis 2007 dans le cadre du réseau a été saisi et archivé par PARETO/CREOCEAN, pour le compte des membres du réseau sous la forme de fichiers Excel.

Depuis 2011, l'ensemble des données compatibles, acquises entre 2007 et 2016, a également été bancarisé dans le logiciel CoReMo3.

Depuis 2017, CoReMo n'est plus développé et est remplacé en tant que référentiel par la **BD Récifs**. Ce projet de création d'une base de données nationale relative aux écosystèmes récifaux ultramarins est financé par l'État, IFRECOR, le MNHN et l'IFREMER.

Les données récoltées lors des plongées depuis 2017 ont été bancarisées dans **BD Récifs**.

Cette bancarisation n'est toutefois réalisée que sur les données benthos et les poissons. La création d'un module pour les données herbiers est en cours par l'IFREMER.

Bilan sur la mise en œuvre du protocole « lambis » par vidéo tractée depuis 2013

La mise en œuvre du protocole par vidéo tractée permet de couvrir des superficies relativement élevées (surface d'échantillonnage moyenne de 4 336 m² entre 2013 et 2020) en comparaison avec un suivi réalisé par des plongeurs sous-marins.

Cette méthode apparaît relativement adaptée aux fonds marins du lagon de Petite Terre, lorsque la profondeur dépasse 1m. Les petits fonds côtiers, pourtant colonisés par les lambis, ne sont alors pas prospectable.

L'objectif n'est toutefois pas la réalisation d'un comptage exhaustif des lambis du lagon mais plutôt :

- ▶ D'avoir une idée plus précise du stock que ce que permet le suivi à l'échelle de la station herbier ;
- ▶ De suivre l'évolution relative de la population d'une année à l'autre, grâce à un protocole standardisé (sous couvert de réalisation des suivis à la même période).

Si la méthode est adaptée, elle comporte des limites :

- ▶ Difficulté de repérer certains individus sur les vidéos : individus camouflés sous une couche de turfs ou recouverts par des macroalgues, distinction difficile sur les zones de débris (individus de petite taille notamment).
- ▶ Sous-estimation du nombre d'individus morts sur la vidéo : estimation difficile de la part de coquille vides (individus morts) parmi celles recensées. Le couplage à des immersions ponctuelles en apnée sur certaines zones d'agrégats pourrait être envisagé à titre de vérification.
- ▶ Estimation de la surface échantillonnée parfois grossière du fait des mauvaises conditions de mer et de visibilité ne permettant pas de voir les pointeurs laser sur les vidéos. Les faibles densités calculées en 2018 pourraient provenir d'une surestimation de la surface échantillonnée.

Suivi des températures

Les nouvelles sondes utilisées pour le suivi température devrait permettre d'obtenir pour le suivi 2021 des données pour l'ensemble de l'année.

La relève de la sonde en cours d'année (avant la période cyclonique, mai/juin) est à envisager afin de vérifier la batterie de la sonde et de collecter les données, en prévision de fortes houles de la saison cyclonique, pouvant arracher le dispositif de son support, comme ce fut le cas en 2017.

En cas d'alerte de blanchissement émise par la NOAA/NESDIS, il conviendrait de relever les sondes de température des réserves pour affiner cette alerte à une échelle géographique concernant directement les réserves et permettant alors de mieux comprendre le processus de blanchissement et de suivre au plus près son impact éventuel (prévalence et mortalité *in fine*).

Campagnes de terrain 2021

Les campagnes de 2021 devront être programmées au cours de la même période que les années précédentes (septembre-octobre), afin de disposer de données comparables dans le temps. Ce point a été validé avec la RNPT, dans un souci d'organisation du calendrier des missions également. Il est donc nécessaire de prévoir assez rapidement leur organisation, en fonction des plans de charge des personnels et des moyens financiers de chaque réserve.

Améliorations possibles du suivi des réserves

Suivi « herbiers » : la faisabilité de la mise en œuvre du nouveau protocole semble validée après 5 années de mise en œuvre. Cette méthodologie de suivi pourrait toutefois être comparée à la récente thèse de F. Kerninon (2020) afin d'être potentiellement complétée.

A Petite Terre, les conditions de courants dans les zones d'herbiers sont souvent intenses. Il en résulte un déplacement constant du trait de côte, avec la création et la disparition de petites plages. Ainsi les herbiers subissent un ensablement ou un balayement intense d'une année sur l'autre.

L'herbier de Terre de Haut étant particulièrement réduit depuis plusieurs années, sans que le phénomène ne semble réversible, il pourrait être envisagé de positionner une nouvelle station de suivi des herbiers au sein du lagon. Le choix de la station pourrait être réalisé en fonction des résultats du suivi de la superficie des zones d'herbiers en cours actuellement et/ou du projet de cartographie des biocénoses, en projet.

Suivi « lambis » : la mise en œuvre du suivi des lambis par vidéo tractée à Petite Terre depuis 2013 semble concluante malgré quelques limites de la méthode. Le système de tractage pourrait être amélioré, avec une attention particulière sur l'inclinaison et l'équilibrage de la caméra (échantillonnage en mode calme, par vent faible) afin d'obtenir une image plus nette des repères visuels (pointeurs laser) permettant d'évaluer la surface échantillonnée. La visibilité de ces repères varie aussi avec l'heure (ensoleillement) Une mise en œuvre du protocole en milieu d'après-midi s'avère la plus adaptée.

L'éventualité de réaliser un second suivi dans l'année afin d'étudier les variations intersaison dans la répartition des individus pourrait être envisagée, en fonction des attentes du gestionnaire.

La réalisation d'une revue bibliographique sur la biologie de l'espèce, à l'échelle des caraïbes et plus spécifiquement des Antilles françaises pourrait s'avérer utile dans le cadre de l'interprétation des données.

Suivi « cyanophycées » Les précédentes recommandations restent valables pour l'année 2020 (augmentation du nombre de quadrat de 6 à 10 et traitement statistiques sous/hors mouillage). En 2020, le point hors mouillage a présenté une très forte couverture en cyanophycées. Comme décrit dans le paragraphe (p.49), les différentes conditions entre ce point et la zone de mouillage apporte un biais considérable à l'analyse. Le choix d'un nouveau point témoin, au centre de la passe en amont des mouillages devrait être envisagé.

Enfin, d'autres travaux complémentaires sont en cours, toujours dans le cadre de l'IFRECOR mais également dans le cadre de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau). Il conviendra alors de s'informer de l'avancée de ces travaux et d'estimer la pertinence ou non de l'application de ces recommandations dans le cadre du suivi des réserves.

L'importance d'harmoniser les démarches et de mutualiser les moyens entre l'IFRECOR, les AMP et la DCE a notamment été évoquée lors du séminaire science et gestion DCE-IFRECOR en avril 2017 en Martinique. Ces différents suivis présentent toutefois des implications et objectifs différents dont il convient de tenir compte dans le choix des indicateurs et des protocoles (DCE : attentes réglementaires, évaluation l'état écologique des masses d'eaux en vue de d'identifier des perturbations locales d'origine anthropique / IFRECOR : évolution de l'état des coraux et herbiers eux-mêmes pour comprendre leur évolution dans des contextes locaux, régionaux et globaux).



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- BOUCHON C., BOUCHON-NAVARO Y. & LOUIS M. (2001) Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe. Version provisoire. Rapport DIREN Guadeloupe. 23 pp.
- Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. 2000-12-23. Journal officiel des communautés européennes. 72 pp.
- CHAUVAUD S. (2005) Cartographie des biocénoses marines côtières du lagon du Grand Cul-de-Sac Marin, Télédétection et Biologie Marine, 24 pp + annexes.
- CHAUVAUD S. (1997) Cartographie de la réserve naturelle de l'île de Saint-Martin.
- CREOCEAN (2018). Suivi de l'état de santé de la Réserve Naturelle Marine de Petite Terre, 90 pages.
- CREOCEAN (2017). Suivi de l'état de santé des Réserves Naturelles Marines de Guadeloupe et Saint-Barthélemy, 114 p.
- DIREN, UAG (2006) Bilan de l'état de santé des récifs coralliens de Guadeloupe (Années 2002-2006), 40 pp.
- DIREN, UAG (2002) L'état des récifs coralliens dans les Antilles Françaises (Guadeloupe, Martinique, St Martin, St Barthélemy), 25 pp+annexes.
- DIREN, Carex Environnement, UAG (1999) Cartographie de la frange littorale et du milieu marin peu profond en Guadeloupe et des îles proches, 61 pp + annexes.
- FRENKIEL L. ET ARANDA D.A. (2003) La vie du Lambi (*Strombus gigas*), 51 pp.
- FRENKIEL L., PRUVOST L., ZETINA ZARATE A., ENRIQUEZ M. ET ALDANA ARANDA D. (2008) Reproductive cycle of the Queen Conch *Strombus gigas* L. 1758 in Guadeloupe FWI, 3 pages.
- FROESE R. ET PAULY D. (2010) FishBase World Wide Web electronic publication, www.fishbase.org, version du 01 2010
- GARDES L. ET SALVAT B. (COORD.) (2008) Les récifs coralliens de la France d'outre-mer : suivi et état des lieux. 198 pages.
- HILY C., KERNINON F. (2013) Proposition de protocole plongeur pour le suivi des herbiers de phanérogames marines dans les Réserves Naturelles Nationales d'Outre-mer. TIT Herbier IFRECOR, juillet 2013, document de travail.
- HILY C., DUCHENE J., BOUCHON C., BOUCHON-NAVARO Y., GIGOU A., PAYRI C., VEDIE F. (2010) Les herbiers de phanérogames marines de l'outre-mer français. Hily C., Gabri. C., Duncombe M. coord. IFRECOR, Conservatoire du littoral, 140 pp.
- HOEGH-GULDBERG O (1999) "Coral bleaching, Climate Change and the future of the world's Coral Reefs." Review, Marine and Freshwater Research, 50:839-866
- KERNINON F. (2012) Premières actions de mise en place d'un réseau d'observation des herbiers de l'Otre-mer, mémoire de stage de Master 2, 93p. + annexes
- KERNINON F. (2020) Développement d'outils méthodologiques pour le suivi et l'évaluation de l'état de santé des herbiers d'outre-mer français et de leur environnement, dans un contexte de pressions multiples. Thèse. 422 pp
- KOPP D. (2007) Les poissons herbivores dans l'écosystème récifal des Antilles, Thèse de doctorat en Océanologie, Université des Antilles et de la Guyane, 198 pages + annexes
- LAGOUY E. (2001) Les biocénoses benthiques des herbiers de Phanérogames marines du Grand Cul de Sac marin de Guadeloupe, Rapport de stage Maîtrise BOPE, université UAG, 36 pp.

MALTERRE, BISSERY, GARNIER, MAZEAS : Rapport final Pampa de SAINT-MARTIN, site-pilote pour les Antilles Françaises, mars 2011, 63p.

MANCEAU JL (2009) Evaluation de la ressource en lambis (*Strombus gigas*) dans l'archipel de Guadeloupe. Rapport de stage UAG CRPMEM, 53 p.

MIZEREK T., REGAN H.M., AND HOVEL K.A. (2011) Seagrass habitat loss and fragmentation influence optimal management strategies for a blue crab (*Callinectes sapidus*) fishery. Marine Ecology Progress Series 427: 247–257.

MNHN (2014) Compte rendu de l'atelier n°3 du groupe de travail national DCE « herbiers et benthos récifal ». Développement d'indicateurs benthiques DCE (benthos récifal et herbiers de phanérogames) dans les DOM, version provisoire.

PARC NATUREL DE GUADELOUPE (2007) Bilan des suivis des herbiers du Grand Cul-de-Sac Marin, 34 pp. + annexes.

PARETO (2015) : Suivi de l'état de santé de la réserve naturelle marine de Petite Terre. Etat des lieux 2015 et évolution 2007-2015. Janvier 2016, 51 pages + annexes.

PARETO (2014) Suivi de l'état de santé des réserves naturelles marines de Guadeloupe et de Saint-Martin. Etat des lieux 2014 et évolution 2007-2014. Mai 2015, 85 pages + annexes.

PARETO (2013) Suivi de l'état de santé des réserves naturelles marines de Guadeloupe et de Saint-Martin. Etat des lieux 2013 et évolution 2007-2013. Avril 2014, 80 pages + annexes.

PARETO (2012) Suivi de l'état de santé des réserves naturelles marines de Guadeloupe, de Saint-Martin et Saint- Barthélemy. Etat des lieux 2012 et évolution 2007-2012. Janvier 2013, 59 pages + annexes.

PARETO (2011) Suivi de l'état de santé des réserves naturelles marines de Guadeloupe, de Saint-Martin et Saint- Barthélemy. Etat des lieux 2011 et évolution 2007-2011. Décembre 2011, 62 pages + annexes.

PARETO (2010) Suivi de l'état de santé des communautés benthiques et des peuplements ichtyologiques des réserves naturelles marines de Guadeloupe, de Saint-Martin et Saint-Barthélemy. Année 2010 : état des lieux 2010 et évolution 2007-2010, et suivi de la température des eaux. Rapport provisoire, Novembre 2010, 95 pages + annexes.

PARETO (2010) Suivi de l'état de santé des communautés benthiques des réserves naturelles marines de Guadeloupe. Année 2009 : état des lieux 2009 et évolution 2007-2009, et suivi de la température des eaux. Rapport provisoire, Mars 2010, 95 pages + annexes.

PARETO (2009) Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe. Année 2008 : définition des sites de suivi et état de référence, rapport provisoire, Aout 2009, 69 pages + annexes.

PARETO (2008) Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe. Année 2007 : définition des sites de suivi et état de référence, rapport provisoire, Mars 2008, 46 pages + annexes.

PARETO, IMPACT MER, ARVAM, ASCONIT, R.N. ST-MARTIN (2013) Directive Cadre sur l'Eau : réalisation du contrôle de surveillance des masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Biologie, Physico-chimie, Hydromorphologie. Rapport de synthèse final (5ème année de suivi). Tranche conditionnelle n°4 (2012-2013), rapport final, octobre 2013, 132 pages + annexes.

PARETO, IMPACT MER, ASCONIT CONSULTANTS, RESERVE NATURELLE DE SAINT-MARTIN (2009) Directive Cadre sur l'Eau : définition de l'état de référence et du réseau de surveillance pour les masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Rapport de synthèse : première année de suivi (2007-2008), rapport final, Mars 2009, 62 pages + annexes.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

SCOLAN P. (2008) Mise au point d'une méthode d'évaluation des ressources en lambis (*Strombus gigas*) en Guadeloupe et application à certains gisements de l'archipel. Stage e Master, CRPMEM, 52p.

STONER ET A. W. ET RAY M. (2000) Evidence for Allee effects in an over-harvested marine gastropod: density-dependent mating and egg production, Marine Progress Series 202 : 297-302.

STONER A. W., PITTS P. A. & ARMSTRONG R. A. (1996) Interaction of physical factors in the large-scale distribution of juvenile Queen Conch in Seagrass meadows. Bulletin of Marine Science, Vol. 58 (1), pp. 217-233.

STRONG, BARRIENTOS, DUDA, SAPPER (1996) Improved satellite technique for monitoring coral reef bleaching. In proceeding of 8th International Coral Reef symposium, 1996.

THEILE S. (2001) Queen Conch fisheries and their management in Caribbean. TRAFFIC Europe, 96 pages

VASLET A. (2009) Ichtyofaune des mangroves aux Antilles : influence des variables du milieu et approche isotopique des réseaux trophiques. Thèse de doctorat en Océanologie, Université des Antilles et de la Guyane, 274 pages + annexes

VENABLES W. N. ET RIPLEY B. D. (2002) Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0.

Table des figures

Figure 1 - Stations de suivi pour la Réserve Naturelle de Petite Terre - La Désirade	6
Figure 2 - Périmètre de la zone récifale protégée au sein du lagon (polygone rouge) et position des transects de suivi (en jaune)	6
Figure 3 - Position des 3 sous-stations de suivi au sein de l'herbier de Petite Terre (d'après Google Earth, 2014)	7
Figure 4 - Couverture benthique moyenne sur les deux stations de Petite Terre en 2020 (les camemberts présentent la couverture benthique totale et les histogrammes détaillent les compositions relatives de chaque catégorie)	13
Figure 5 - Proportion des taxons coralliens recensés sur les stations Passe et Nord-est Passe en 2020	14
Figure 6 : Vue de la station NE Passe, où le genre <i>Turbinaria</i> est très fréquent.	15
Figure 7 - Évolution de la couverture corallienne et algale sur la station Passe de 2007 à 2020	16
Figure 8 : Évolution de la couverture corallienne et algale sur la station NE Passe de 2015 à 2020	17
Figure 9 - Évolution de la densité d'oursins diadème (en bleu) et de juvéniles de coraux (en orange) sur les 2 stations de Petite Terre	18
Figure 10 - Oursins Diadème (<i>Diadema antillarum</i>) observé sur la station Passe	19
Figure 11 - Abondance et biomasse moyennes de poissons sur la station NE Passe en 2020 .	22
Figure 12 – <i>Cephalopholis fulva</i> observé sur la station Passe	23
Figure 13 - Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur les stations Passe et Nord-est Passe en 2020	24
Figure 14 – <i>Chromis multilineata</i> présente en abondance au début du transect de la station Passe	25
Figure 15 - Évolution de la structure trophique entre 2009 et 2020 sur la station Passe	26
Figure 16 - Évolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2020 sur la station Passe	27
Figure 17 - Évolution de la structure trophique entre 2015 et 2020 sur la station NE Passe	28
Figure 18 - Évolution de l'abondance par classe de taille entre 2015 et 2020 sur la station NE Passe	29
Figure 19 - Illustrations des stations de suivi des récifs de Petite Terre	30

Figure 20 - Synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur Terre de Haut.....	31
Figure 21 - Représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Petite Terre en 2020.....	32
Figure 22 - Densité de plants moyenne globale et sur chaque radiale, selon l'espèce	33
Figure 23 – Evolution de la densité de plants sur l'herbier de Terre de Haut de 2007 à 2020. ...	34
Figure 24 - Longueur de feuilles en 2020 sur Terre de Haut (en haut) et évolution 2007-2020... 	35
Figure 25 - Composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Terre de Haut en 2020	36
Figure 26 - Évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Terre de Haut entre 2007 et 2020	36
Figure 27 - Illustrations de la station de suivi des herbiers de Petite Terre.....	37
Figure 28 - Localisation des transects d'échantillonnage	40
Figure 29 - Densité de lambis par classe de taille sur les cinq transects en octobre 2020 (ind./100 m²).....	41
Figure 30 - Illustrations de lambis observés lors de la mise en œuvre de la vidéo tractée en 2020 (de gauche à droite : transect 1, 2 et 3).....	41
Figure 31 - Évolution de la densité de lambis et de la surface échantillonnée sur les cinq transects entre 2013 et 2020.....	42
Figure 32 - Evolution de la densité de lambis sur les cinq transects entre 2013 et 2020.....	43
Figure 33 - Évolution de la densité de lambis par classe de taille entre 2013 et 2020 (à droite) et par transect (à gauche).....	45
Figure 34 - Localisation des 4 mouillages suivis et de la zone témoin (d'après Google Earth) .	46
Figure 35 - Illustration du positionnement des quadrats le long du transect.....	46
Figure 36 - Photo-quadrat avant (a) et après (b) analyse CPCe	47
Figure 37 - Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées.....	47
Figure 38 - Évolution de la couverture en Cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre.	48
Figure 39 - Couverture en Cyanophycées par quadrats sous les mouillages et hors mouillage à Petite Terre	49
Figure 40 - Niveau d'alerte au entre le 1er janvier 2019 et le 31 décembre 2020 pour la station Leeward Caribbean Islands (source: http://coralreefwatch.noaa.gov)	51

Figure 41 - Comparaison du Degree Heating Weeks pour la région Caraïbe au 01 novembre 2019 (A) et au 01 novembre 2020 (B)..... 52

Figure 42 - Illustration du site d'implantation de l'enregistreur de température de Petite Terre en février 2020 (source : J. Athanase, RNPT)..... 53

Figure 43 - Année type de la température mensuelle pour la réserve de Petite Terre, calculée entre 2008 et 2020 (température en °C)..... 54

Table des tableaux

Tableau 1 - Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2020..... 6

Tableau 2 - Cordonnées des radiales de suivi Herbiers à Petite Terre..... 7

Tableau 3 - Chronologie des suivis sur les stations des AMP depuis 2007, et dates de suivi en 2020..... 8

Tableau 4 - Paramètres suivis jusqu'en 2012 et à partir de 2013 dans le cadre du réseau des Réserves..... 11

Tableau 5 - Paramètres d'évaluation de l'évolution spatio-temporelle d'un même secteur 12

Tableau 6 - Caractéristiques des peuplements ichtyologiques sur les stations Passe et Nord-est Passe de Petite Terre en 2020 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)..... 20

Tableau 7 - Structure des peuplements ichtyologiques sur la station Passe en 2020 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)..... 21

Tableau 8 - Structure des peuplements ichtyologiques sur la station NE Passe en 2020 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)..... 22

Tableau 9 - Synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les cinq transects en octobre 2020..... 40

Tableau 10 - Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis (% et épaisseur)..... 47

Tableau 11 - Couverture en cyanophycées sur les quadrats hors mouillage (% et épaisseur).. 47

Tableau 12 - Seuil d'alerte du NOAA/NESDIS par rapport au risque de blanchissement corallien, estimé à partir des données de température marine de surface (données satellites)..... 50

Tableau 13 - Niveau d'alerte calculé d'octobre 2017 à octobre 2020 à partir des données des stations Passe (Suivi GCRMN Petite Terre) ou St François (suivi Reef Check) 55

Tableau 14 - Composition des équipes de terrain en 2020 56

Tableau 15 - Liste de l'ensemble des participants aux suivis depuis 2007 56

Annexes

ELEMENTS GENERAUX SUR LES RESERVES NATURELLES MARINE DE PETITE TERRE



LOCALISATION

Désignation :
commune de la Désirade
terrains formant les îlets de Terre de Haut et de Terre de Bas ; secteur de mer territoriale

Superficie : 990 ha, dont 149 en partie terrestre

REGIME FONCIER ET REGLEMENTAIRE

Type de protection : **décret ministériel n° 98-801 du 3 septembre 1998**
Propriétaires : Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres et Etat (Ministère de l'Équipement, Forêt Domaniale du Littoral et Domaine Public Maritime)
Gestionnaire : Office National des Forêts
Autres types de protection ou inventaire : ZNIEFF type II

Patrimoine biologique :

Cette réserve présente une diversité biologique relativement importante, résultat de l'association d'écosystèmes marins et terrestres.
Deux espèces (protégées par arrêté ministériel) ont justifié à elles seules la mise en réserve de la réserve : le gaiac pour la flore et de l'iguane des Petites Antilles pour la faune. Une estimation de la population d'avancer le nombre de 7 000 à 10 000 individus, ce qui représente probablement 50% de la population. La partie marine comporte essentiellement des communautés récifales de type frangeant parmi les plus riches du sud de la Grande-Terre. Le récif oriental de Terre de Haut s'est révélé très riche en espèces de poissons. Les îlets de Petite Terre constituent des sites importants pour la ponte des tortues marines.



Manatee américain (Dugong americanus)



Iguane des Petites Antilles (Iguana delicatissima)

Patrimoine paysager :

Les îlets de Petite Terre ne sont plus occupés en permanence depuis l'automatisation du phare situé sur Terre de Bas. Leur caractère sauvage et le lagon permettant un mouillage bien abrité les désignent comme destination de voyage à la journée par les croisiéristes.

Gestion :

La délimitation de la partie marine de cette réserve constitue l'objectif principal du gestionnaire pour l'année 2001. La surveillance des espèces et des milieux par le biais d'études et d'inventaires (iguanes, tortues, gaiacs...) forme un deuxième axe prioritaire. Il convient également de gérer au mieux la fréquentation des îlets par les "croisiéristes" ; celle-ci est désormais réglementée par arrêté préfectoral. Des panneaux d'information sont implantés sur les plages fréquentées par les visiteurs. Un plan de gestion sera élaboré afin de mener à bien ces différents objectifs.

Informations pratiques :

Les bureaux de la réserve se situent sur l'îlet de Terre de bas, dans le phare. Le conservateur et les gardes-monteurs sont chargés d'accueillir les visiteurs et de leur faire découvrir la nature. Ils veillent au respect des règles qui garantissent la protection du milieu naturel.

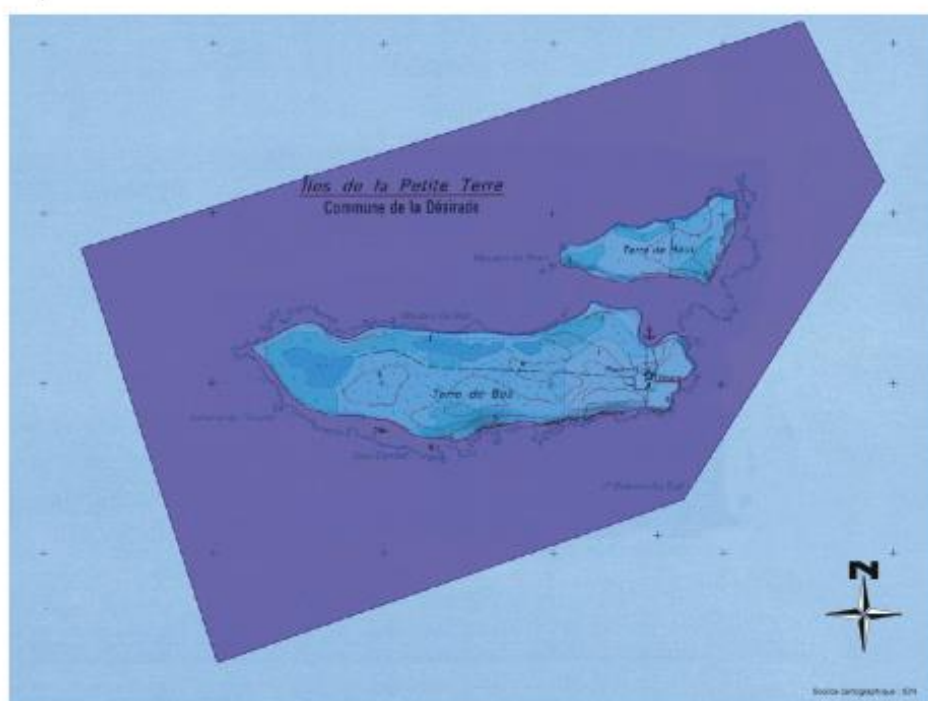


ATLAS DU PATRIMOINE GUADELOUPEEN : ESPACES NATURELS ET PAYSAGES





RESERVE NATURELLE DES ILETS DE PETITE TERRE (TERRESTRE ET MARINE)



Echelle : 1 / 33 000

partie marine partie terrestre

PROTOCOLES DE SUIVI

SUIVI DU BENTHOS RECIFAL

La station, choisie sur des fonds d'environ 12 m (sauf lagon Petite Terre et Rocher Pélican à Saint-Martin), est matérialisée à l'aide de piquets fixés dans le substrat au début de chaque transect, ou à minima tous les 20 mètres afin de pouvoir échantillonner la même station à chaque campagne de suivi. L'échantillonnage est réalisé une fois par an (août/octobre).

PARAMETRE N°1 : STRUCTURE DU PEUPLEMENT BENTHIQUE

Le plongeur n°1 déroule le transect et l'attache en 2 points fixes tendu au-dessus du fond et au plus proche du substrat (moins de 50 cm). Le plongeur réalise un passage unique sur le transect et réalise un relevé de type « point intercept », avec un pas d'espace de 20cm. Pour cela, il identifie la nature du substrat présent sous le transect, tous les 20 cm.

Chaque point est décrit en utilisant les codes (colonne 2) et notes (colonne 3) du tableau ci-dessous, permettant d'identifier sans ambiguïté les différents types de substrat (colonne 1). On note que les codes utilisés sont ceux de la base COREMO 3 – niveau intermédiaire (Reef Check), recommandés par l'IFRECOR.

Descripteur	Code (niveau intermédiaire Reef Check)	Descripteur	Notes
Corail vivant	HC / SC	Hard Corail / Soft Corail	CB
Corail blanchi	HC	Hard Corail	
Eponge	SP	Sponge	GO, AN, ...
Autres invertébrés	OT	Other	
Macroalgues non calcaires	NIA	Nutrient Indicator Algae	MA ou CY A
Macroalgues calcaires	OT	Other	HAL, GAL, ...
Turf algal ou algues calcaires encroûtées	RC	Rock	TU ou AC
Corail mort récemment (< 1 an)	RKC	Recent Killed Corail	
Substrat dur	RC	Rock	
Débris coralliens (< 15cm)	RB	Rubble	
Sable (< 0,5cm)	SD	Sand	
Vase (< 1mm)	SI	Silt/Clay	

NB : Lorsque le substrat est composé de macroalgues (calcaires ou non), de turf ou de cyanophycées, noter la nature du substrat sur lequel ceux-ci se développent.

Effort d'échantillonnage : 300 points au total par station, soit 50 points par transect de 10 m ou 100 par transect de 20 m.

PARAMETRE N°2 : COUVERTURE EN MACROALGUES

Le plongeur n°2 réalise 10 quadrats (20 si on utilise des transects de 20 m) de 25x25 cm le long du transect de 10 m établi par le plongeur n°1, avec un pas d'espace régulier de 1 mètre (c'est-à-dire tous les mètres). Le quadrat est disposé contre le mètre linéaire (à droite), un angle (toujours le même) du quadrat étant en face d'une graduation entière. Le recouvrement en macroalgues est évalué visuellement par quadrat selon les 5 classes du tableau suivant :

Code	Type de présence	% recouvrement
0	Pas de macroalgues	0%
1	Présence éparse	1-10%
2	Présence nettement visible	11-50%
3	Présence et couverture forte	51-90%
4	Couverture totale	91-100%

Effort d'échantillonnage : 1 quadrat de 25 cm x 25 cm par mètre linéaire de transect / 3,75 m² au total.

PARAMETRES N° 3 : RECRUTEMENT CORALLIEN

Après les mesures de recouvrement corallien et algal sur chaque station, il est proposé de réaliser simultanément sur chaque transect des comptages des **recrues coralliennes** (coraux juvéniles <2 cm) sur une largeur de 0,5 m à gauche du transect (marquage à l'aide d'un tube en PVC de 0,5 m).

Ces informations permettront d'évaluer la capacité de renouvellement des peuplements coralliens.

Effort d'échantillonnage : 1 quadrat de 50 cm x 1 m par mètre linéaire de transect / 30 m² au total.

PARAMETRE N°4 : EVALUATION DE L'ETAT DE SANTE GENERAL

L'état général de santé écologique du site est déterminé à partir des cinq classes du suivant :

1 = très bon état	Coraux non nécrosés avec gazon algal. Pas de macroalgues
2 = bon état	Coraux présentant peu de nécroses, avec quelques macroalgues et/ou une légère hypersédimentation
3 = état moyen	Coraux avec nécroses et un peuplement algal dominé par des macroalgues et / ou hypersédimentation forte
4 = état médiocre	La majorité des coraux sont morts, les fonds sont envahis par les macroalgues ou entièrement sédimentés
5 = mauvais état	Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envasés, aucune espèce sensible.

PARAMETRE N°5 : INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Sur chaque station échantillonnée, des informations complémentaires concernant la position de la station et les conditions de milieu seront relevées :

- Date et heure de la plongée,
- Nom des observateurs,
- Point GPS de la station (systèmes WGS84),
- Conditions climatiques (vent, houle, courant, marée, pluviométrie).

Ces informations permettront :

- De disposer de facteurs explicatifs quant à l'état de santé des peuplements benthiques,
- De disposer d'une traçabilité des données dans le cadre de l'assurance qualité.

PARAMETRE N°6 : BLANCHISSEMENT CORALLIEN

Le plongeur n°1 note pour chaque corail présent sur les points intercept une classe de blanchissement :

Code	Type blanchissement	% blanchissement
0	Pas de blanchissement	0%
1	Partiel ou tache	1-10%
2	blanchi	11-50%
3	Blanchi et partiellement mort	51-90%
4	Mort récemment	91-100%

Effort d'échantillonnage : 300 points au total par station, soit 50 points par transect de 10 m ou 100 par transect de 20 m.

PARAMETRE N°7 : OURSINS DIADEMES

Le plongeur n°2 réalise 10 quadrats (20 si on utilise des transects de 20 m) de 1x1 cm le long du transect de 10 m établi par le plongeur n°1, avec un pas d'espace régulier de 1 mètre (c'est-à-dire tous les mètres). Le quadrat est disposé contre le mètre linéaire (à droite), un angle (toujours le même) du quadrat étant en face d'une graduation entière. Le nombre d'oursins diadèmes est comptabilisé visuellement par quadrat.

Effort d'échantillonnage : 60 quadrat de 1 m x 1 m (60 m²) par station, soit 10 m² par transect de 10 m.

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2020

SUIVI DE L'ICHTYOFAUNE

PARAMETRE N°1 : IDENTIFICATION DES ESPECES CIBLES

Le plongeur n°1 déroule le transect et l'attache en 2 points fixes tendu au-dessus du fond et au plus proche du substrat (moins de 50 cm). Le plongeur 1 revient au départ du transect et attend 15 mn afin que les poissons dérangés reprennent place. Les plongeurs 1 et 2 réalisent alors chacun un passage unique sur une bande de 2m de large sur 5m de hauteur, de part et d'autre du transect de 150m de long, en se répartissant les espèces cibles selon leur régime trophique. Les plongeurs s'arrêtent tous les 5 m pendant 1 mn afin de limiter les perturbations et permettre à certaines espèces de revenir. L'identification est réalisée à chaque arrêt et complétée si nécessaire lors de la nage (passage éclair de certains individus). Chaque individu appartenant aux 60 espèces cibles ci-dessous est pris en compte. Les espèces rares éventuellement rencontrées peuvent être indiquées en remarque (raies, tortues, requins).

Groupe trophique	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille	Espèce d'intérêt
Herbivores	Zanag flamand	<i>Scarus guacamaia</i>	Scaridae	A
	Peroquet rayé	<i>Scarus iserti</i>	Scaridae	A
	Peroquet princesse	<i>Scarus taeniopterus</i>	Scaridae	A
	Peroquet royal	<i>Scarus vetula</i>	Scaridae	A
	Peroquet tâche verte	<i>Sparisoma atomarium</i>	Scaridae	A
	Peroquet bandes rouges	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	Scaridae	A
	Peroquet queue rouge	<i>Sparisoma chrysotermum</i>	Scaridae	A
	Peroquet des herbiers	<i>Sparisoma radians</i>	Scaridae	A
	Peroquet queue jaune	<i>Sparisoma rubripinne</i>	Scaridae	A
	Peroquet feu tricolore	<i>Sparisoma viride</i>	Scaridae	A
	Chirurgien noir	<i>Acanthurus bahianus</i>	Acanthuridae	A
	Chirurgien rayé	<i>Acanthurus chirurgus</i>	Acanthuridae	A
	Chirurgien bleu	<i>Acanthurus coeruleus</i>	Acanthuridae	Q
Planctonophages	Chromis bleu	<i>Chromis cyanea</i>	Pomacentridae	Q
	Chromis blanc	<i>Chromis multilineata</i>	Pomacentridae	Q
	Demoiselle queue jaune	<i>Microspathodon chrysurus</i>	Pomacentridae	Q
	Demoiselle brune	<i>Stegastes dorsopunicans</i>	Pomacentridae	Q
	Beau Grégoire	<i>Stegastes leucostictus</i>	Pomacentridae	Q
	Demoiselle 3 points	<i>Stegastes planifrons</i>	Pomacentridae	Q
	Demoiselle cacao	<i>Stegastes variabilis</i>	Pomacentridae	Q
Omnivores	Balisté royal	<i>Balistes vetula</i>	Balistidae	A
	Baliste noir	<i>Melichthys niger</i>	Balistidae	A
	Bourse cabri	<i>Cantherines macrocerus</i>	Monacanthidae	A
	Bourse à points orange	<i>Cantherines pullus</i>	Monacanthidae	A
Carnivores de 1er ordre	Poisson papillon Pinocchio	<i>Chaetodon aculeatus</i>	Chaetodontidae	Q
	Poisson papillon 4 yeux	<i>Chaetodon capistratus</i>	Chaetodontidae	Q
	Poisson papillon ocellé	<i>Chaetodon ocellatus</i>	Chaetodontidae	Q
	Poisson papillon pyjama	<i>Chaetodon striatus</i>	Chaetodontidae	Q
	Poisson ange royal	<i>Holacanthus ciliaris</i>	Pomacanthidae	Q
	Poisson ange chérubin	<i>Centropyge argi</i>	Pomacanthidae	Q
	Poisson ange des Caraïbes	<i>Holacanthus tricolor</i>	Pomacanthidae	Q
	Poisson ange gris	<i>Pomacanthus arcuatus</i>	Pomacanthidae	Q
	Poisson ange français	<i>Pomacanthus paru</i>	Pomacanthidae	Q
	Lippu	<i>Anisotremus surinamensis</i>	Haemulidae	A
	Gorette des Vierges	<i>Anisotremus virginicus</i>	Haemulidae	A
	Gorette doree	<i>Haemulon aurolineatum</i>	Haemulidae	A
	Gorette charbonnée	<i>Haemulon carbonarium</i>	Haemulidae	A
	Gorette argent	<i>Haemulon chrysargyreum</i>	Haemulidae	A
	Gorette jaune	<i>Haemulon flavolineatum</i>	Haemulidae	A
	Gorette blanche	<i>Haemulon plumieri</i>	Haemulidae	A
	Gorette bleue	<i>Haemulon sciurus</i>	Haemulidae	A
	Poisson trompette	<i>Aulostomus maculatus</i>	Aulostomidae	Q
	Capitaine caïenne	<i>Bodianus rufus</i>	Labridae	A
	Capitaine	<i>Lachnolaimus maximus</i>	Labridae	A
Carnivores de 2nd ordre	Pagre vivaneau	<i>Lutjanus analis</i>	Lutjanidae	A
	Pagre jaune	<i>Lutjanus apodus</i>	Lutjanidae	A
	Pagre gris	<i>Lutjanus griseus</i>	Lutjanidae	A
	Pagre dents de chien	<i>Lutjanus jocu</i>	Lutjanidae	A
	Pagre mahogani	<i>Lutjanus mahogani</i>	Lutjanidae	A
	Pagre wayack	<i>Lutjanus synagris</i>	Lutjanidae	A
	Colas	<i>Ocyurus chrysurus</i>	Lutjanidae	A
Carnivores piscivores	Vieille de roche	<i>Cephalopholis cruentatus</i>	Serranidae	A
	Tanche	<i>Cephalopholis fulvus</i>	Serranidae	A
	Walwa	<i>Epinephelus adscensionis</i>	Serranidae	A
	Grand gueule couronné	<i>Epinephelus guttatus</i>	Serranidae	A
	Vieille française	<i>Epinephelus striatus</i>	Serranidae	A
	Creole	<i>Paranthias furcifer</i>	Serranidae	A
	Barracuda	<i>Sphyrna barracuda</i>	Sphyrnidae	A
	Carangue gros-yeux	<i>Caranx latus</i>	Carangidae	A
	Carangue française	<i>Caranx ruber</i>	Carangidae	A

A: Alimentation

Q: Aquariophilie

Effort d'échantillonnage : 300 m² échantillonnés par station, avec une attention particulière portée sur la présence ou non de l'espèce invasive *Pterois volitans* : la rascasse volante ou poisson lion.

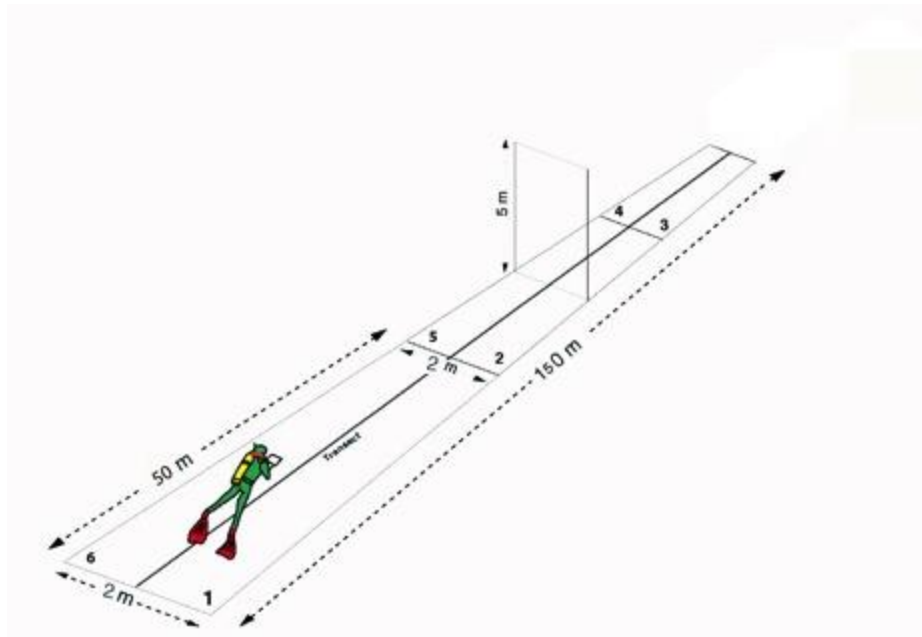


Schéma d'un bande-transect adapté d'après Y. BOUCHON.

PARAMETRE N°2 : ABONDANCE

Chaque plongeur comptabilise les individus appartenant aux espèces cibles identifiées.

Effort d'échantillonnage : 300 m² échantillonnés par station.

PARAMETRE N°3 : TAILLE

Chaque plongeur estime la taille des individus appartenant aux espèces cibles identifiées. Pour chaque individu ou groupe d'individu, une classe de taille est attribuée parmi les 6 classes suivantes :

n° de classe	Taille (cm)
a	<5
b	5-10
c	10-20
d	20-30
e	30-40
f	>40

Effort d'échantillonnage : 300 m² échantillonnés par station.

Nb concernant le calcul de la biomasse pour l'ichtyofaune :

La biomasse est estimée à partir de l'évaluation des longueurs en utilisant la relation LENGTH-WEIGHT (longueur-poids) : $W = aL^b$. Pour chaque espèce (ou espèce proche), les valeurs des constantes a et b ont été recherchées dans la bibliographie. Enfin, la surface échantillonnée est également prise en compte et la biomasse est exprimée en g/100 m².

SUIVI DES HERBIERS

Le protocole mis en œuvre depuis 2007 dans le cadre du suivi des Réserves Naturelles a été modifié en 2013, conformément aux propositions réalisées par C. Hily et après validation par la DEAL et les AMP (cf. doc. de travail Hily C., Kerninon F., juillet 2013 : « Proposition de protocole plongeur pour le suivi des herbiers de phanérogames marines dans les Réserves Naturelles Nationales d'Outre-mer ». Les illustrations ci-dessous sont tirées de ce document).

La station de suivi est choisie sur des fonds d'environ 6 mètres (1,5 m pour Petite Terre). L'échantillonnage est réalisé une fois par an. Les relevés sont réalisés au sein de la station de suivi, subdivisée en 3 sous-stations. Chaque sous-station consiste en une radiale de 50 m de longueur sur laquelle un ruban gradué est déployé selon une direction côte vers le large.

La radiale de suivi est marquée de manière pérenne (marquage en début, milieu et fin de radiale) ou, a minima, les points GPS de début et de fin de radiale sont relevés précisément. La distance entre les trois radiales est à discuter et à adapter en fonction des sites et des intérêts relatifs du gestionnaire sur son site en terme patrimonial, impacts potentiels ou autres.

A- RELEVÉ DES PARAMETRES DESCRIPTIFS GLOBAUX DE LA RADIALE

Le plongeur réalise les observations des paramètres suivants le long de la radiale de 50 m, sur une bande d'environ 1 mètre de large. Une valeur d'indice globale par paramètre est attribuée pour l'ensemble de la radiale (50 m²). On obtient alors 3 valeurs d'indice par station.

PARAMETRE N°1 : EPIBIOSE

Paramètre important pour apprécier la qualité de l'eau, il résume les conditions de turbidité et lumière disponibles pour les feuilles. Une valeur d'indice globale est attribuée par radiale :

- 1 : pas d'épibiose
- 2 : algues calcaires
- 3 : algues filamenteuses
- 4 : film sédimentaire



PARAMETRE N°2 : RELIEF DE L'HERBIER

Ce paramètre permet de caractériser l'herbier en terme d'hydrodynamisme. Il permet de constater les effets de houle et des événements de type cyclonique.

- 1 : Relief faible : dénivelé < 15 cm. L'herbier est quasiment plat, il n'y a pas de dépression ni de microfaisle.
- 2 : Relief moyen : dénivelé de 15 - 50 cm. Des dénivelés en limites de patch mais sinon l'herbier est plat et continu.
- 3 : Relief important : dénivelé > 50 cm. L'herbier est fortement vallonné et/ou comporte des microfaisles franches, souvent sur plusieurs niveaux.

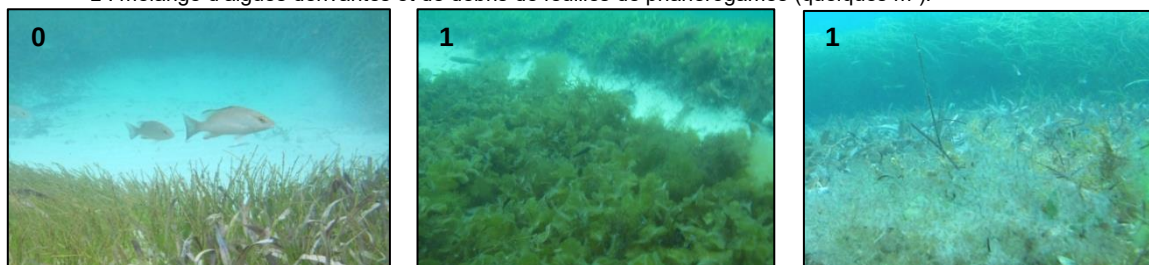
Nb : le dénivelé correspond à la différence de niveau de substrat entre la bordure du patch et le fond de la cuvette ou la bande de substrat entre 2 patchs.



PARAMETRE N°3 : MACROPHYTES NON FIXEES DANS LES TROUS DE SABLE (trous de mitage et/ou le sable inter-patch)

Ces macrophytes sont souvent des algues dérivantes qui n'ont pas la même signification que le développement d'algues dans l'herbier lui-même. Leur présence sera un signe que l'herbier est dans une zone de décantation, et qu'il sera sensible aux échouages de sargasses, d'algues opportunistes et macrodéchets (il s'agit d'un paramètre indicatif car assez variable dans le temps selon les conditions météo mais des tendances sont cependant très visibles d'un herbier à l'autre).

- 0 : pas ou très d'algues dérivantes ou de débris de feuilles de phanérogames.
- 1 : mélange d'algues dérivantes et de débris de feuilles de phanérogames (quelques m²).



PARAMETRE N°4 : PRESENCE DE CYANOBACTERIE

La présence de cyanobactéries s'étendant en couche ou en tache colorées souvent brun rouille de plusieurs dizaines de cm² sur le sédiment ou sur les herbiers eux-mêmes est un signe fort de surcharge du milieu en matière organique voire d'eutrophisation, lorsqu'elles deviennent abondantes.

- 0 : absence : pas de cyanobactéries.
- 1 : présence occasionnelle : des tâches de cyanobactéries sont présentes occasionnellement dans l'herbier et/ou présence de cyanobactéries sur les feuilles de nombreux pieds d'herbier.
- 2 : présence forte : l'herbier est majoritairement colonisé par les cyanobactéries jusqu'à asphyxie dans les cas extrêmes.



PARAMETRE N°5 : BIOTURBATION

La présence de tumulus et entonnoirs d'au moins 10 cm de diamètre, correspondant à l'activité de l'endofaune est évaluée. Celle-ci peut jouer un rôle sur les plants d'herbiers qui peuvent être fortement recouverts par les sédiments relargués en surface par ces organismes sous forme de monticules ou creusés (entonnoirs) avec une destruction des rhizomes et racines.

- 0 : absence de bioturbation : Aucun monticule de sédiment n'est présent sur la radiale.
- 1 : bioturbation moyenne : l'herbier présente quelques monticules ou entonnoirs très espacés les uns des autres ou la bioturbation bien visible mais le sable reste largement minoritaire en recouvrement par rapport à la surface d'herbier.
- 2 : bioturbation forte : l'herbier est très fortement impacté par les monticules. Le recouvrement par le sédiment est égal, voire supérieur au recouvrement en phanérogames marines.

**PARAMETRE N°6 : EVALUATION DE L'ETAT DE SANTE DE L'HERBIER**

L'état écologique de l'herbier est déterminé à partir des cinq classes du tableau suivant :

1 = très bon état	Herbier de <i>Thalassia testudinum</i> monospécifique
2 = bon état	Herbier mixte à <i>T. testudinum</i> et <i>Syringodium filiforme</i> , avec présence ou non de macroalgues typiques de l'herbier (en faible abondance)
3 = état moyen	Signe d'eutrophisation ou de sédimentation
4 = état médiocre	Herbier avec macroalgues (typiques abondantes et ou autres macroalgues) ou envasé. Eutrophisation ou hypersédimentation marquée.
5 = mauvais état	Herbier envahi par les macroalgues ou très envasé

B- RELEVES SUR TRANSECT LIT (LINE INTERSECT TRANSECT) :

Ces données permettent d'obtenir les taux de fragmentation et de mitage de l'herbier, longueur et nombre de patches, et les indications sur sa dynamique (érosion ou régression).

PARAMETRE N°6 : INTERSECTIONS DE LA LIGNE DE 50 M.

Le plongeur réalise un trajet le long du transect de 50 m pour relever les points de rupture de l'herbier (limites entre l'herbier et le sable nu) et caractériser ces points (ne noter que si cette distance de sable nu entre deux limites d'herbier est >50cm).

L'expérience montre que le plus simple et rapide consiste à marquer sur la tablette sur une première colonne la valeur (en mètres) du point d'intersection entre le sable et l'herbier, suivi dans la deuxième colonne d'un code décrivant s'il s'agit d'une sortie (S) d'herbier ou d'une entrée (E), puis dans une troisième colonne le type de chaque limite (en falaise (F), en progression (P) ou stable (S)).

Codage :

F : (Micro) Falaise (signe d'un herbier en érosion) : limite d'herbier en microfalaise faisant apparaître les racines de l'herbier à nu.

P : Progression : limite d'herbier montrant une colonisation du sable nu par traçage des rhizomes. Les pieds en bordure d'herbier sont bien ensablés.

S : Stabilité pas de signe d'érosion ou de progression

NB : S'il y a un doute sur ce code il est possible de s'aider de la limite de l'herbier de part et d'autre du point d'intersection lui-même (environ 50 cm de part et d'autre comme sur les photos).



C- RELEVES SUR QUADRATS

Le principe est d'obtenir une valeur de la hauteur de la canopée de l'herbier, de la diversité des espèces d'herbiers, de leurs proportions relatives.

Le plongeur réalise 10 quadrats par radiale (un par section de 5 m). Les quadrats sont effectués au hasard de part et d'autre de la radiale. Les quadrats sont positionnés dans les patches d'herbier par tranche de 5 mètres sur la radiale de manière à disposer d'une description des abondances et répartition des espèces et des longueurs sur l'ensemble de la radiale. Pour éviter le problème d'une pose pseudo-aléatoire, une valeur est tirée au hasard (parmi 0, 1, 2, 3, 4 pour la 1^{ère} bande ; parmi 5, 6, 7, 8, 9 pour 2^{ème}, etc.). A chaque marque tirée : y a-t-il de l'herbier sur la perpendiculaire à moins de 1 m à droite ou à gauche de la ligne ? Si non, on avance sur la ligne jusqu'à trouver de l'herbier sur cette bande de 1 m de large. Lorsque l'on a de l'herbier à la perpendiculaire on pose le quadrat en bordure de la ligne, si pas d'herbier en bordure on pose le quadrat à droite (la pose se fera toujours à 20 cm au moins de la bordure du patch d'herbier pour éviter un effet de lisière). Si pas d'herbier dans la bande de 1 m à droite on fait la manip côté gauche. Si possible, une photo du quadrat sera réalisée avant chaque relevé.

PARAMETRE N° 7 : DENSITE DES PLANTS

Le plongeur réalise le comptage du nombre total de faisceaux de feuilles de *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* dans 10 quadrats de 10 x 20 cm le long de chaque radiale.
Effort d'échantillonnage : 30 quadrats de 10 cm x 20 cm, soit 0,6 m² par station.

PARAMETRE N°8 : LONGUEUR DES FEUILLES

La longueur de 10 feuilles les plus longues de plants pris au hasard (mais non « broutés ») et appartenant à des plants différents (1 feuille par plant) est mesurée depuis leur base jusqu'à leur extrémité, pour chaque radiale. Les plants mesurés sont répartis dans au moins 3 quadrats sur la radiale.
Les mesures sont réalisées pour les espèces *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*.
La présence de signes de broutage de l'herbier est notée. Dans le cas où pratiquement toutes les extrémités des feuilles sont cassées/broutées, la valeur de la longueur du faisceau sera complétée par la mention « C » pour « Cassée » pour en tenir compte ensuite dans les interprétations des données.
Effort d'échantillonnage : 30 mesures dans au moins 9 quadrats de 10 cm x 20 cm, soit au moins 0,18 m² par station.

C- PARAMETRES COMPLEMENTAIRES DE L'HERBIER

PARAMETRE N°9 : MEGAFaUNE ASSOCIEE A L'HERBIER

Le plongeur compte les individus des espèces d'oursins, nacres, étoiles de mer et lambis sur 2 mètres le long de la radiale (1 m de part et d'autre du ruban).
Effort d'échantillonnage : 300 m² échantillonnés par station (3 radiales x 100 m²).

PARAMETRE N°10 : CARACTERISTIQUES DU SUBSTRAT DANS ET HORS HERBIER

Principe : Il est important de caractériser le sédiment dans l'herbier et hors de l'herbier (sédiment nu dans les interpatches). L'herbier, ayant une action facilitant la sédimentation, sera toujours plus « envasé » que le sable nu à proximité.
Le plongeur prélève une ou quelques poignées de sédiment et le laisse se redéposer sur le fond afin de situer le sédiment à l'échelle globale de la radiale dans un des types suivants.
Une valeur d'indice est attribuée pour l'ensemble de la radiale pour l'herbier ET une autre pour le sédiment nu.

- 1 : vase (le poing fermé s'enfonce facilement dans le sédiment)
- 2 : sable fin vaseux (nuage turbide lorsque le sable se redépose mais le poing fermé ne pénètre quasiment pas).
- 3 : sable fin propre (pas de nuage turbide)
- 4 : sable grossier propre (grains de l'ordre de 1 à 5 mm) (typiquement fragments et articles d'algues calcaires).
- 5 : macrodébris coralliens ou graviers/cailloutis (ordre du centimètre ou plus) (ces éléments sont dominants mais il y a toujours un peu de sédiment plus fin colmatant plus ou moins les interstices).

SUIVI DES LAMBIS

SUIVI DES LAMBIS A L'ECHELLE DE LA STATION

Les Réserves Naturelles ont souhaité en 2013 que le suivi de la macrofaune au sein de l'herbier (cf. ci-dessus) remplace le protocole de suivi lambis tel qu'il était réalisé jusqu'en 2012. Les paramètres relevés sont les suivants :

PARAMETRE N°1 : DENSITE DE LAMBIS

Le plongeur compte les individus de lambis (simultanément au comptage des autres invertébrés) sur 2 mètres le long de la radiale (1 m de part et d'autre du ruban).

Effort d'échantillonnage : 300 m² échantillonnés par station (3 radiales x 100 m²).

PARAMETRE N°2 : TAILLE DES LAMBIS

Pour chaque Lambi comptabilisé, il sera noté sa classe de taille :

classe 1 (<10cm)	classe 2 (10-20 cm)	classe 3 (>20 cm)
----------------------------	-------------------------------	-----------------------------

Effort d'échantillonnage : 300 m² échantillonnés par station (3 radiales x 100 m²).

PARAMETRE N°3 : PREVALENCE MORTALITE

Pour chaque Lambi comptabilisé, il sera noté s'il est vivant ou mort.

Effort d'échantillonnage : 300 m² échantillonnés par station (3 radiales x 100 m²).

SUIVI SPECIFIQUE DES LAMBIS PAR VIDEO TRACTEE (RN DE PETITE TERRE)

Parallèlement, la Réserve Naturelle de Petite Terre a émis des réserves quant à la représentativité des résultats du suivi des lambis mis en œuvre à l'échelle de la station « herbiers ». Afin d'améliorer la représentativité du suivi, l'augmentation de la surface de la zone échantillonnée a été envisagée. Ceci impliquait la mise en œuvre d'un protocole de suivi à plus grande échelle que celui utilisé en plongée sous-marine. Le suivi des lambis par vidéo tractée a ainsi été testé au cours de la mission à Petite Terre en 2013 et réitéré en 2014. Le dispositif de vidéo tractée est disponible en interne à Créocéan.

La méthodologie est la même que celle utilisée par le CRPMEM dans le cadre de missions d'évaluation de certains gisements de lambis en Guadeloupe (Solan, 2008). La méthodologie est décrite brièvement ci-dessous :

PHASE TERRAIN :

Le dispositif de vidéo tractée permet de disposer d'un retour surface de la vidéo. Le système a été couplé à une Go Pro afin d'obtenir des images de meilleure résolution. Le dispositif a également été équipé de lasers montés en parallèle (faisceaux projetés dans l'axe de la caméra, espacés de 1 m). Ceux-ci vont permettre a posteriori de calculer la surface échantillonnée.

- La position GPS des transects réalisés est relevée.
- Dans la mesure du possible, les transects présentent une profondeur constante afin de minimiser les variations d'altitude de la caméra et sont réalisés face au courant, par temps calme.
- Une personne visionne en temps réel les images sur l'écran de contrôle afin de donner des indications à une 2^{ème} personne qui règle l'altitude de la caméra.
- L'altitude optimale de la caméra est d'environ 1 m au-dessus du fond.

- Le bateau (embarcation légère) avance à vitesse réduite (1 nœud environ) afin de disposer d'images nettes et précises.

ANALYSE DES DONNEES VIDEO :

- Lors d'un 1^{er} visionnage des images à vitesse réduite, les lambis sont recensés. Le temps sur la vidéo correspondant à l'observation est noté pour chaque individu. Selon la qualité de l'observation, le stade de développement de chaque individu est recensé :
 - Juvénile : le pavillon n'est pas formé (taille environ >10 cm),
 - Sub-adulte : pavillon en formation (taille entre 10-20 cm),
 - Adulte : individu massif au pavillon bien formé, érosion de la coquille (taille >20 cm),
 - Indéterminé : impossible de définir, mauvaise visibilité.Lorsqu'il est possible de déterminer avec certitude qu'il s'agit d'un individu mort, l'information est notée en complément. Il est toutefois difficile de distinguer les coquilles vides des lambis vivants sur les images vidéo (excepté par exemple quand l'ouverture de la coquille est orientée vers le haut).
- Lors du 2nd visionnage à vitesse normale, la surface échantillonnée est calculée à l'aide des repères constitués par les faisceaux lasers :
 - définition et écartement des séquences non interprétables du transect,
 - division du film en tronçons de largeur de champ donnée (en fonction des variations d'altitude de la caméra),
 - calcul des largeurs de champs et de la longueur de chaque tronçon (en fonction de la vitesse moyenne d'exploration et la durée en min des tronçons),
 - calcul de la superficie de chaque tronçon et de la superficie totale échantillonnée par transect.
- Enfin, les densités pour chaque transect sont calculées sur la base du recensement et des calculs de superficie réalisés.

SUIVI DE LA TEMPERATURE DES EAUX

Sur chaque station « benthos », un enregistreur en continu de température a été implanté. Comme cela est déjà réalisé dans plusieurs régions du monde (Australie, Océan Indien), la mise en place de ces sondes permet de disposer d'un « réseau de surveillance des températures » dont l'objectif est double :

- Suivi de l'évolution des températures : les données collectées tout au long de l'année en continu (pas de temps de 60 min), permettent d'enrichir les connaissances sur les variations saisonnières d'une part mais également d'une année à l'autre dans le contexte de réchauffement des océans à l'échelle planétaire.

- Mise en place d'un système d'alerte : le relevé périodique des données (fréquence trimestrielle ou bimestrielle) permet de disposer d'un outil d'alerte sur le réchauffement des eaux afin d'anticiper les phénomènes de blanchissement et d'organiser un éventuel suivi du phénomène pour quantifier le taux de colonies affectées et le taux de mortalité. Compte tenu de la zone de couverture géographique importante des réserves dans les caraïbes du Nord au Sud (îles du Nord / Guadeloupe / Petite Terre), l'analyse des données collectées devrait permettre de mettre en évidence d'éventuels différences d'évolution de la température.

Les caractéristiques des enregistreurs qui ont été implantés en 2020 (HOBO) sont les suivantes :



ENREGISTREUR DE TEMPERATURE POUR L'EAU HOBO WATER TEMP PRO V2 – U22-001

Ce nouvel enregistreur a une résolution 12-bit et dispose d'une sonde de précision : $\pm 0,2$ °C sur une large échelle de température ambiante.
 Cette nouvelle version a deux fois plus de mémoire, une station de base optique USB fonctionnelle, et est compatible avec la nouvelle navette HOBO étanche.
 Son boîtier profilé est spécialement conçu pour des enregistrements de longue durée en eau douce ou salée.
 L'enregistreur Water Temp Pro v2 est équipé d'une interface optique pour un déchargement rapide des données sur site, même lorsque l'enregistreur est mouillé.

Echelle de mesure :	-20 °C à +50 °C dans l'eau -20 °C à +70 °C dans l'air
Étanche jusqu'à 120 m	
Précision :	$\pm 0,2$ °C de 0 à +50 °C
Résolution :	0,02 °C à +25 °C
Précision de l'horloge :	±1 minute par mois
Capacité :	42000 mesures – 12 bits



Interface USB optique grande vitesse, déchargement d'un enregistreur plein en moins de 30 secondes
 Date et heure de départ programmable
 Fréquence d'enregistrement configurable par l'utilisateur d'1 seconde à 18 heures
 Nécessite le logiciel HOBOWare pour le lancement et l'exploitation des données
 Autonomie 6 ans (typique), pile remplaçable en usine (les températures extrêmes réduisent la durée de vie de la pile)
 Indication du niveau de pile lors de lancement
 Mémoire non volatile (conserve les données en cas de pile usée)
 Confirmation des opérations par LED clignotante
 Plastique stable aux UV pour une immersion à long terme en eau douce ou salée mais pas adapté à une exposition prolongée en eau chlorée
 Boîtier de conception robuste et profilée assurant des années d'utilisation en conditions rudes
 Le boîtier gris foncé se fond dans son environnement, réduisant au minimum les risques de détection
 Protecteur antichoc en caoutchouc en option pour situation en débit d'eau important, avec débris, ou inondations
 Temps de réponse : 5 minutes dans l'eau ; 12 minutes dans l'air ventilé à 2 m/sec, pour 90% typique
 Mode mémoire : arrêt de l'enregistrement quand la mémoire est pleine
 Déchargement de données : lecture d'un enregistreur plein en moins de 30 secondes en cours d'enregistrement ou à l'arrêt

ENREGISTREUR	REFERENCE
Hobo Water Temp Pro v2	U22-001
ACCESSOIRES	
Station de Base USB Optique**	BASE-U-4
Navette HOBO Waterproof**	U-DTW-1
Coupleur (indispensable avec la navette U-DTW-1)	COUPLER2-C
Protecteur anti-choc caoutchouc noir	BOOT-BLK
Protecteur anti-choc caoutchouc blanc	BOOT-WHT
Logiciel d'exploitation PC ou Mac	HOBOWARE-CD
Remplacement de pile en usine	FRB-U22

Matériaux : polypropylène, acier inoxydable, joint EPDM
 Flottabilité : +13 g (eau douce à 25°C) ; +17 g avec le protecteur antichoc optionnel
 Pile lithium 3.6 V uniquement remplaçable en usine
 Constat de vérification température réalisable en option
 Dimensions (mm) : 114 x 30
 Masse : 42 g
 Anneau de fixation percé Ø 6,3 mm

SUIVI DU DEVELOPPEMENT DE CYANOPHYCEES A PROXIMITE DES MOUILLAGES PERMANENTS

Lors d'observations en 2010, un suivi du développement des cyanophycées à proximité des mouillages permanents installés par les agents de la Réserve, à l'attention des professionnels et des particuliers, a été initié en 2011.

En effet, un accroissement de la couverture en cyanophycées semble s'opérer d'année en année sur ces zones bien identifiées. Il pourrait être la conséquence de divers rejets imputables aux usagers de ces installations. Il conviendrait donc de le caractériser afin de sensibiliser les usagers sur ce point.

24 photo-quadrats ont été réalisés sous les 4 mouillages de la zone : les quadrats réalisés sont « fixes », le long d'un transect de 12 m (avec marque 6 m au niveau du mouillage) déroulé dans l'axe du courant (est-ouest) afin de disposer de quadrats en amont et en aval du mouillage par rapport au courant (sous l'influence de celui-ci, les eaux ou matériel organique éventuellement rejetés par les bateaux peuvent en effet sédimenter plusieurs mètres derrière le point de mouillage). Une photo-quadrat tous les 2 mètres a été réalisée, soit 6 quadrats sous chaque mouillage (3 en amont et 3 en aval par rapport au flux dominant).

De la même manière, 6 photo-quadrats ont été réalisés sur une zone témoin en dehors de la zone de mouillage (en amont du courant), située plusieurs dizaines de mètres à l'est du mouillage 4 (1 quadrat tous les 2 m le long du transect de 12 m).

Les clichés ainsi produits sont analysés sous logiciel CPCe, afin d'établir les taux de couverture en cyanophycées observés sur les fonds sous influence des navires stationnant et de les comparer à ceux provenant de sites dénués de toute influence de ce type. L'épaisseur de la matre de cyanophycées sera également mesurée et prise en compte dans l'analyse.



www.creocean.fr

GROUPE KERAN