



RAPPORT

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

Etat des lieux 2021 et évolution 2007-2021

Décembre 2021

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE



CLIENT : Réserve Naturelle de Petite Terre

COORDONNÉES	Réserves Naturelles de la Désirade Capitaineries 97127 La Désirade Tel. : 05 90 21 29 93
INTERLOCUTEUR	Sophie LE LOCH Tél. : 05 90 21 29 93 / 06 90 34 97 55 E-mail : sophie.le-loc-h@onf.fr

CREOCEAN

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 : caribes@creocean.fr
INTERLOCUTEUR	Jules KLEITZ Tél. : 05 90 41 16 88 E-mail : jules.kleitz@creocean.fr

RAPPORT

TITRE	Suivi de l'état de santé des biocénoses marines de la Réserve Naturelle de Petite Terre - 2021 Etat des lieux 2021 et évolution 2007-2021
N° DE COMMANDE	P21000155
NOMBRE DE PAGES TOTAL	100 (Sans annexes)
NOMBRE D'ANNEXES	4

VERSION

RÉFÉRENCE	VERSION	DATE	REDACTEUR	CONTRÔLE QUALITE
210926		17/12/2021	J. KLEITZ	F. LABADIE

Sommaire

Contexte et objectifs	14
1. Présentation des sites d'étude	15
1.1. La Réserve Naturelle de Petite Terre	15
1.2. Plan d'échantillonnage.....	16
1.2.1. Suivi des biocénoses : peuplements benthiques coralliens et herbiers	16
1.2.2. Suivis des cyanophycées.....	21
1.2.3. Suivis des lambis.....	22
1.2.4. Caractérisation d'un site à <i>Acropora palmata</i> remarquable.....	23
1.3. Déroulement des campagnes de suivi.....	24
2. Méthodologies	24
2.1. Protocole et paramètres.....	24
2.1.1. Suivi des peuplements benthiques coralliens et de l'ichtyofaune	25
2.1.2. Suivi des herbiers et paramètres associés.....	26
2.1.3. Suivi des Lambis (depuis 2013).....	26
2.1.4. Suivi de la couverture en cyanophycées.....	27
2.1.5. Caractérisation du site à <i>Acropora palmata</i>	29
2.1.6. Synthèse	30
2.2. Traitement et interprétation des données	31
2.2.1. Peuplements benthiques coralliens et herbiers de phanérogames	31
2.2.2. Population de lambis	32
2.2.3. Couverture en cyanophycées	32
3. Résultats du suivi des stations de la Réserve de Petite terre	33
3.1. Les peuplements benthiques	33
3.2. Les peuplements ichtyologiques	40
3.3. Les herbiers de phanérogames et macrofaune associée	49
3.3.1. Terre de Haut	49
3.3.2. Terre de Bas.....	56
3.4. Suivi spécifiques des lambis par vidéo tractée	61
3.5. Suivi spécifique des cyanophycées.....	67
4. Caractérisation du site à <i>Acropora palmata</i>.....	71

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE -
2021

5. Suivi de la température	78
5.1. Le blanchissement corallien.....	78
5.2. Méthode d'évaluation du risque de blanchissement corallien	79
5.3. Risque de blanchissement pour la saison 2021 : données NOAA.....	80
5.4. Évaluation du risque de blanchissement à partir des données de température collectées à Petite Terre.....	82
6. Compagnonnage et formation.....	85
6.1. Principes et résultats du compagnonnage	85
6.2. Bilan sur la formation / Échange des personnels impliqués	85
7. Communication : réalisation de posters destinés au grand public et aux décideurs.....	86
8. Perspectives	87
BIBLIOGRAPHIE	92
Annexes.....	95

Liste des Figures

Figure 1 - Périmètre de la Réserve Naturelle de Petite-Terre.....	15
Figure 2 - Périmètre de la zone récifale protégée au sein du lagon (polygone rouge) et position des transects de suivi (en jaune).....	16
Figure 3 : Transects de suivi des communautés benthiques de la Réserve Naturelle de Petite Terre.....	17
Figure 4 - Position des 3 sous-stations de suivi au sein des herbiers de Petite Terre.....	18
Figure 5 : Stations de suivis benthos et herbiers de la Réserve Naturelle de Petite Terre	20
Figure 6 : Localisation des stations de suivi des cyanophycées	21
Figure 7 : Localisation des transects de suivi des lambis.....	22
Figure 8 : Localisation de la station dense à Acropora.....	23
Figure 9 : Blanchissement corallien observé sur la station Passe en 2021.....	25
Figure 10 : Plongeur tractée avec caméra vidéo pour le comptage de lambis.....	27
Figure 11 : positionnement des photos-quadrats (orange) de suivi des cyanophycées	28
Figure 12 - Photo-quadrat avant (a) et après (b) analyse CPCe	28
Figure 13 - Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées.....	28
Figure 14 : Illustration du site à Acropora palmata avec mise en place du transect (droite) (© J. Chalifour).....	29
Figure 15 : Couverture benthique observées sur les stations Passe et Nord-Est Passe en 2021	33
Figure 16 : Illustrations des stations Passe (haut) et Nord-est Passe (bas)	33
Figure 17 : Proportions des taxons coralliens relevés sur le PIT des stations Passe et Nord Est Passe	34
Figure 18 : Evolution du recouvrement corallien et algal sur la station PASSE	35
Figure 19 : Porites porites et P. astreoides, principales espèces, présentes en petits individus sur les deux stations.....	36
Figure 20 : Evolution du recouvrement corallien et algal sur la station NORD-EST PASSE	37
Figure 21 : La macroalgue Turbinaria sp. très présente sur les deux stations	37

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2021

<i>Figure 22 : Évolution de la densité d'oursins diadème (en bleu) et de juvéniles de coraux (en orange) sur les stations Passe et Nord-est Passe de Petite Terre.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 23 : En journée les oursins se regroupent sur les parties bioconstruites des récifs, à la recherche d'interstices où s'abriter</i>	<i>39</i>
<i>Figure 24 : 5 espèces de poissons observées au début de la station Nord-est Passe</i>	<i>40</i>
<i>Figure 25 : Structure trophiques du peuplement ichtyologique sur la station Passe en 2021 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles).....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 26 : Structure trophiques du peuplement ichtyologique sur la station Nord-est Passe en 2021 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles).....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 27 : Répartition des poissons selon leur famille leur classe de taille (> ou < à 10 cm) ...</i>	<i>43</i>
<i>Figure 28 : Répartition des poissons selon leur famille leur classe de taille (> ou < à 10 cm) ...</i>	<i>44</i>
<i>Figure 29 : Evolution de la densité et de la biomasse de poisson sur la station Passe.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 30 : Evolution de la densité et de la biomasse de poisson sur la station Nord-est Passe</i>	<i>46</i>
<i>Figure 31 : Evolution des classes de tailles (> 10 cm et < 10 cm) sur la station Passe de 2009 à 2021.....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 32 : Banc de Demoiselles bleues (Chromis cyanea) de tailles < 10 cm</i>	<i>47</i>
<i>Figure 33 : Evolution des classes de tailles (> 10 cm et < 10 cm) sur la station Nord-est Passe de 2014 à 2021.....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 34 - Synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur Terre de Haut.....</i>	<i>49</i>
<i>Figure 35 - Représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Terre de Haut en 2021</i>	<i>50</i>
<i>Figure 36 : Evolution du % de recouvrement en phanérogames et des ruptures au sein de l'herbier Terre de Haut</i>	<i>51</i>
<i>Figure 37 : Vue d'ensemble du transect 1 de l'herbier de Terre de Haut</i>	<i>51</i>
<i>Figure 38 - Densité de plants moyenne globale et sur chaque radiale, selon l'espèce.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 39 – Evolution de la densité de plants sur l'herbier de Terre de Haut de 2007 à 2021. ...</i>	<i>53</i>
<i>Figure 40 - Longueur de feuilles en 2021 sur Terre de Haut (en haut) et évolution 2007-2021... ..</i>	<i>54</i>
<i>Figure 41 - Composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Terre de Haut en 2021</i>	<i>55</i>

Figure 42 - Évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Terre de Haut entre 2007 et 2021	55
Figure 43 : Cartographie des herbiers du lagon de Petite Terre (source : Biotope)	56
Figure 44 : Vue d'ensemble de la radiale 1 de l'herbier de Terre de Bas.....	58
Figure 45 : Densité de plants au sein de l'herbier de Terre de Bas (plants/m²).....	59
Figure 46 : Vue générale de la radiale 1	60
Figure 47 : Synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les cinq transects en octobre 2020.....	61
Figure 48 : La différence de substrat entre les radiales peut être un facteur influençant fortement la densité de lambis	62
Figure 49 : Évolution de la densité de lambis et de la surface échantillonnée entre 2013 et 2021	63
Figure 50 : Comptage de lambis sur la radiale 3 (cercles rouges = lambis, cercle verts = lasers étalons).....	64
Figure 51 : Evolution de la densité de lambi par transect.....	64
Figure 52 : Evolution des surfaces échantillonnées sur les transects.....	65
Figure 53 : Évolution de la densité de lambis par classe de taille entre 2013 et 2021 (à droite) et par transect (à gauche).....	66
Figure 54 - Évolution de la couverture en Cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre. 68	
Figure 55 : illustration du recouvrement en cyanophycées sur la station témoin historique dans le lagon	69
Figure 56 - Couverture en Cyanophycées par quadrats sous les mouillages et hors mouillage à Petite Terre.....	70
Figure 57 : Mise en place du quadrat photo en début de transect.....	70
Figure 58 : Localisation détaillée des secteurs à forte densité en <i>Acropora palmata</i>	71
Figure 59 : Massif continu d'<i>Acropora palmata</i> (© Julien Chalifour).....	72
Figure 60 : Maladie (certainement White Plague) se développant sur les colonies d'<i>Acropora palmata</i> (J. Chalifour).....	73
Figure 61 : Modélisation 3D du récif à <i>Acropora palmata</i> :.....	74
Figure 62 : Modèle 3D du récif à <i>Acropora palmata</i> obtenue par photogrammétrie.....	75
Figure 63 : Illustration des principales espèces rencontrées sur ce secteur (© Julien Chalifour)	77

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2021

<i>Figure 64 : Illustration du blanchissement de l'espèce <i>Porites porites</i> sur la station Passe en 2021</i>	78
<i>Figure 65 - Niveau d'alerte au entre le 1er janvier 2020 et novembre 2021 pour la station Leeward Caribbean Islands (source: http://coralreefwatch.noaa.gov)</i>	80
<i>Figure 66 - Comparaison du Degree Heating Weeks pour la région Caraïbe en novembre 2020 (A) et en novembre 2021 (B)</i>	81
<i>Figure 67 - Illustration de l'implantation de la sonde de température de Petite Terre en octobre 2021, avant récupération</i>	82
<i>Figure 68 - Année type de la température mensuelle pour la réserve de Petite Terre, calculée entre 2008 et 2021 (température en °C)</i>	82
<i>Figure 69 : Aperçu du poster de communication sur le suivi 2021</i>	86
<i>Figure 70 : Calcul de hauteur d'une colonie corallienne (haut) et calcul de la surface d'une nécrose causée par la maladie de la White Plague (précision centimétrique). Les mesures sont réalisées sur le modèle photogramétrique.</i>	90

Liste des tableaux

Tableaux 1 - Cordonnées des radiales de suivi herbiers à Petite Terre	19
Tableau 2 - Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2021	20
Tableau 3 : Chronologie des suivis des biocénoses de la Réserve Naturelle de Petite terre.....	24
Tableau 4 : Synthèse des différents paramètres suivis dans le cadre du suivi-réserve	30
Tableau 5 - Paramètres d'évaluation de l'évolution spatio-temporelle d'un même secteur	32
Tableau 6 : Synthèse des observations de lambis par transect.....	61
Tableau 7 : Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis (% et épaisseur).....	67
Tableau 8 : Couverture en cyanophycées sur la station témoin historique (lagon)	67
Tableau 9 : Couverture en cyanophycées sur la station témoin historique (lagon)	68
Tableau 10 : Espèces observées sur la station à <i>Acropora palmata</i> (+ : quelques individus observés ; ++ : entre 5 et 10 individus observés ; +++ : individus observés en abondance)	76
Tableau 11 - 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)	79
Tableau 12 - Niveau d'alerte calculé d'octobre 2017 à octobre 2021 à partir des données des stations Passe (Suivi GCRMN Petite Terre) ou St François (suivi Reef Check)	84
Tableau 13 - Composition des équipes de terrain en 2021	85

Liste des annexes

<i>Annexe 1 : Caractéristiques de la réserve naturelle de petite terre.....</i>	95
<i>Annexe 2 : Chronologie de suivi des stations du réseau réserve naturelle depuis 2007.....</i>	96
<i>Annexe 3 : Liste Des 61 espèces cibles et paramètres de calcul de biomasse</i>	97
<i>Annexe 4 : Liste des especes de poissons observées au sein des stations de suivi</i>	98

Contexte et objectifs

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 CREOCEAN), 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 2021, 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 continue 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.

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 2021 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 2021, de nouvelles données ont été acquises dans le cadre du suivi annuel, par la caractérisation (i) d'une nouvelle station herbier et (ii) d'une station à *Acropora palmata* dense.

1. Présentation des sites d'étude

1.1. La Réserve Naturelle de Petite Terre

Les principales caractéristiques de la Réserve Naturelle de Petite Terre sont présentées dans l'Annexe 1. La délimitation de la réserve est présentée sur la carte ci-dessous.

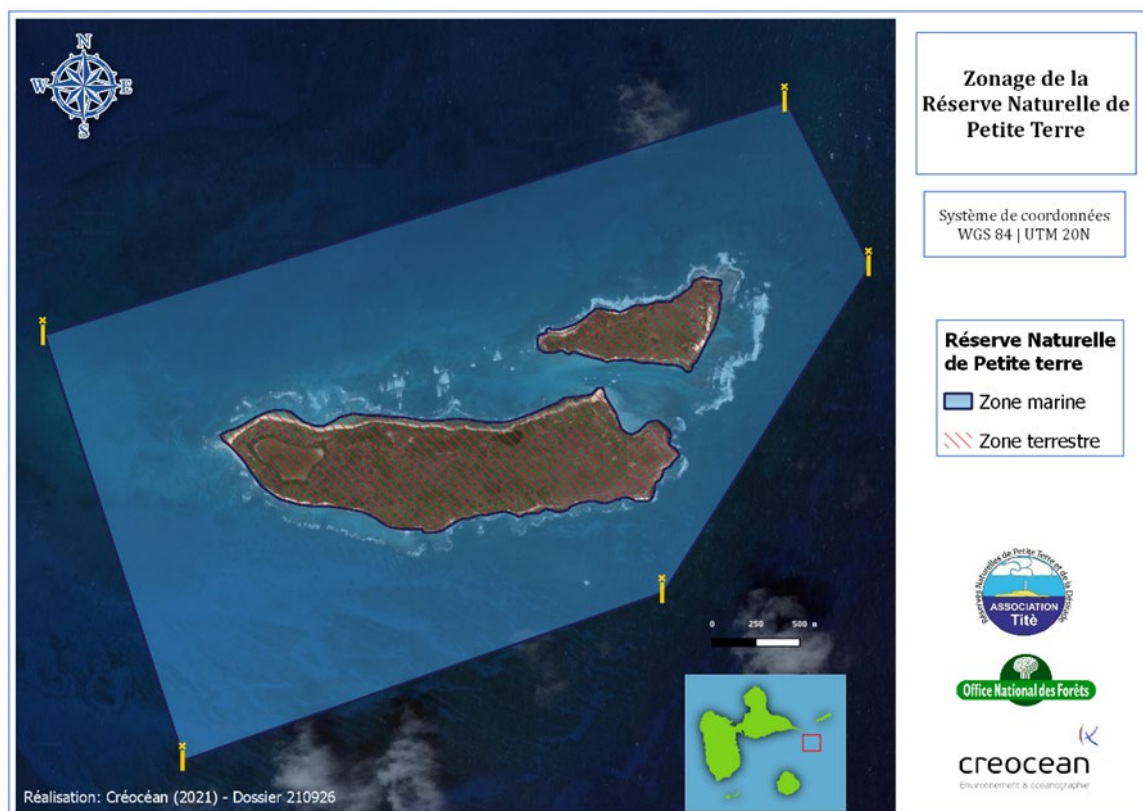


Figure 1 - Périmètre de la Réserve Naturelle de Petite-Terre

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. L'objectif est la restauration naturelle de ces écosystèmes protégés de l'influence du piétinement.



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

1.2. Plan d'échantillonnage

1.2.1. Suivi des biocénoses : peuplements benthiques coralliens et herbiers

En 2007, 2 stations de suivi ont été implantées : 1 station « benthos » sur le récif et 1 station herbier dans le lagon. L'ensemble des récifs et herbiers de Petite Terre étant classé en réserve, aucune station hors réserve n'a été alors définie.

1.2.1.1. Stations benthos

- **La station historique de suivi des peuplements benthiques** (station Passe) est positionnée à -3 m de profondeur, sur la pente interne 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 aux baigneurs, mais le dernier tiers du transect de 60 m se situe dans ce périmètre.

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 2020, les transects des deux stations benthos ont été matérialisés (fer à béton tous les 10m) et cartographiés afin de faciliter les futurs suivis et limiter le décalage de position du transect. En 2021, les piquets ont été retrouvés permettant de positionner précisément le transect.

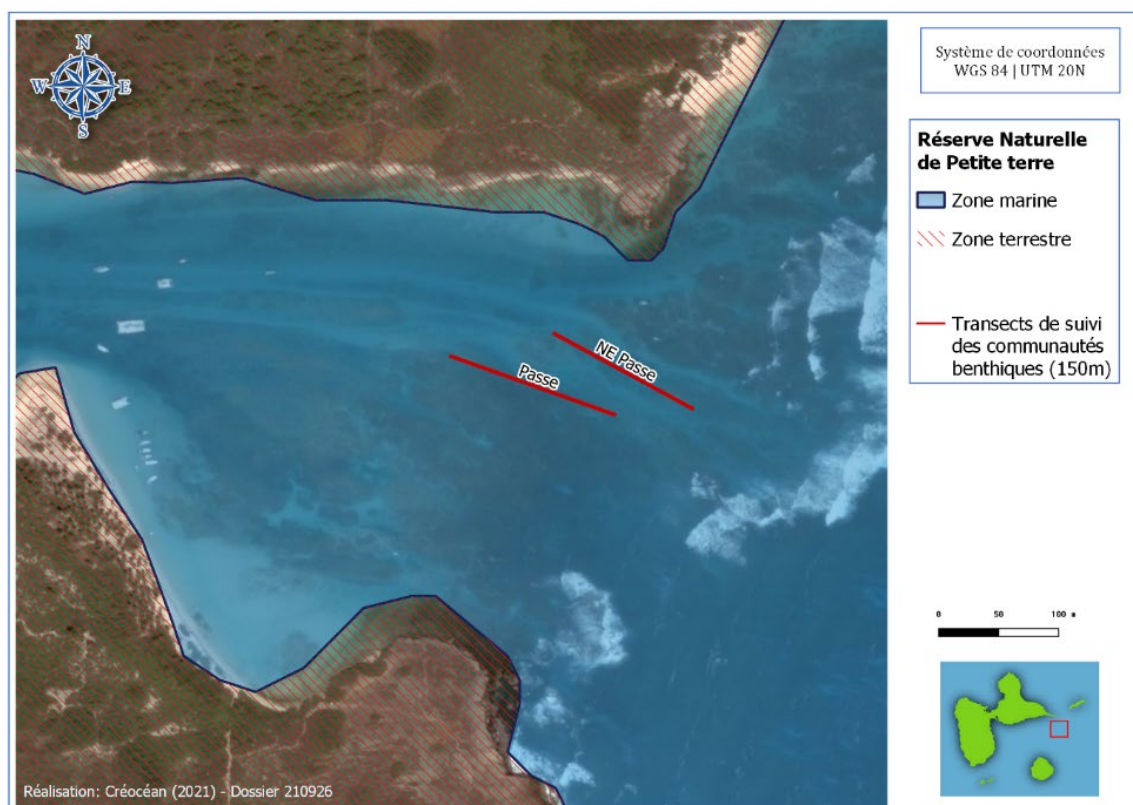


Figure 3 : Transects de suivi des communautés benthiques de la Réserve Naturelle de Petite Terre

1.2.1.2. Stations « herbier »

La station historique 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 apparait 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. Un fort ensablement est observé depuis 2017 sur cette station, provoquant une disparition progressive de l'herbier.

Sur la station de suivi « herbier », 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.

Sur l'herbier historique de Terre de Haut, 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 (Tableaux 1). 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.

Face à la dégradation de l'herbier Terre de Haut, une nouvelle station a été caractérisée en 2021. La recherche d'une nouvelle station a été faite sur la base des travaux de cartographies des herbiers de Petite Terre (source Biotope). La prospection a montré quelques imprécisions entre les données et la réalité terrain.

La nouvelle station de suivi des herbiers (station Terre de Bas) est positionnée à -3 m, au sud de l'entrée du lagon, le long de Terre de Bas. Elle est caractérisée par un substrat sableux. L'herbier est relativement étendu par rapport à la station historique, permettant le positionnement de transect rectiligne. 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 du lagon. L'exposition à la houle dominante (est) est très faible, mais elle peut être exposée aux houles de nord ou d'ouest.

En 2021, l'herbier caractérisé à Terre de Bas était trop étroit pour établir des radiales côte-large. Ces dernières ont donc été définies parallèles à la côte.

Les coordonnées des 4 stations (herbier et benthos) sont fournies dans le Tableau 2 et leur localisation est présentée en Figure 5.



Figure 4 - Position des 3 sous-stations de suivi au sein des herbiers de Petite Terre

Les coordonnées des radiales sont fournies dans les tableaux ci-dessous.

Tableaux 1 - Cordonnées des radiales de suivi herbiers à Petite Terre

Station Herbier Terre de Haut					
Radiale 1		Radiale 2		Radiale 3	
Graduation radiale	Coordonnées	Graduation radiale	Coordonnées	Graduation radiale	Coordonnées
0 m	16°10,594'N	0 m	16°10,584'N	0 m (piquet 2013)	16°10,590'N
	61°06,783'O		61°06,761'O		61°06,735'O
24,5 m (piquet 2013)	16°10,586'N	26 m (changement direction)	16°10,583'N	35-36 m (changement direction)	16°10,594'N
	61°06,793'O		61°06,776'O		61°06,741'O
29,5 m (changement direction)	16°10,585'N	50 m	16°10,594'N	50 m (piquet 2013 à 51 m)	16°10,592'N
	61°06,796'O		61°06,767'O		61°06,721'O
50 m	16°10,584'N				
	61°06,784'O				

Station		Radiale 1	Radiale 2	Radiale 3
Herbier Terre de Bas	Début	16° 10.449'N	16° 10.445'N	16° 10.439'N
		61° 6.768'O	61° 6.771'O	61° 6.776'O
	Fin	16° 10.442'N	16° 10.434'N	16° 10.428'N
		61° 6.794'O	61° 6.798'O	61° 6.801'O

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2021

La carte et le tableau suivant synthétisent la localisation des stations de suivis des biocénoses au sein de la Réserve naturelle de Petite Terre.



Figure 5 : Stations de suivis benthos et herbiers de la Réserve Naturelle de Petite Terre

Tableau 2 - Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2021

Zone géographique	Station	Statut	Type de suivi en 2020	Latitude	Longitude
Petite Terre	Passe	Réserve	Benthos, Ichtyofaune, T°C	16°10,456'N	61°06,382'O
	NE Passe	Réserve	Benthos, Ichtyofaune	16°10,458'N	61°06,346'O
	Terre de Haut	Réserve	Herbiers, Lambis	16°10,573'N	61°06,717'O
	Terre de Bas	Réserve	Herbiers	16°10,449'N	61°06,768'O

1.2.2. Suivis des cyanophycées

Le suivi des cyanophycées est réalisé depuis 2011 dans le but d'étudier l'impact des mouillages organisés sur la prolifération de cyanophycées. 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. Ce suivi a été précisé en 2015, avec la prise de photo-quadrats autour de 4 zones de mouillages. Une station témoin a été défini dans le lagon, coté terre de Bas.

Face à la forte couverture en cyanophycées sur cette dernière, une nouvelle station témoin a été définie en 2021 au niveau de la première bouée de mouillage en amont de la passe, utilisée uniquement par de petits bateaux moteurs (pas de rejet d'eau usée). Ces stations sont localisées sur la carte ci-dessous.

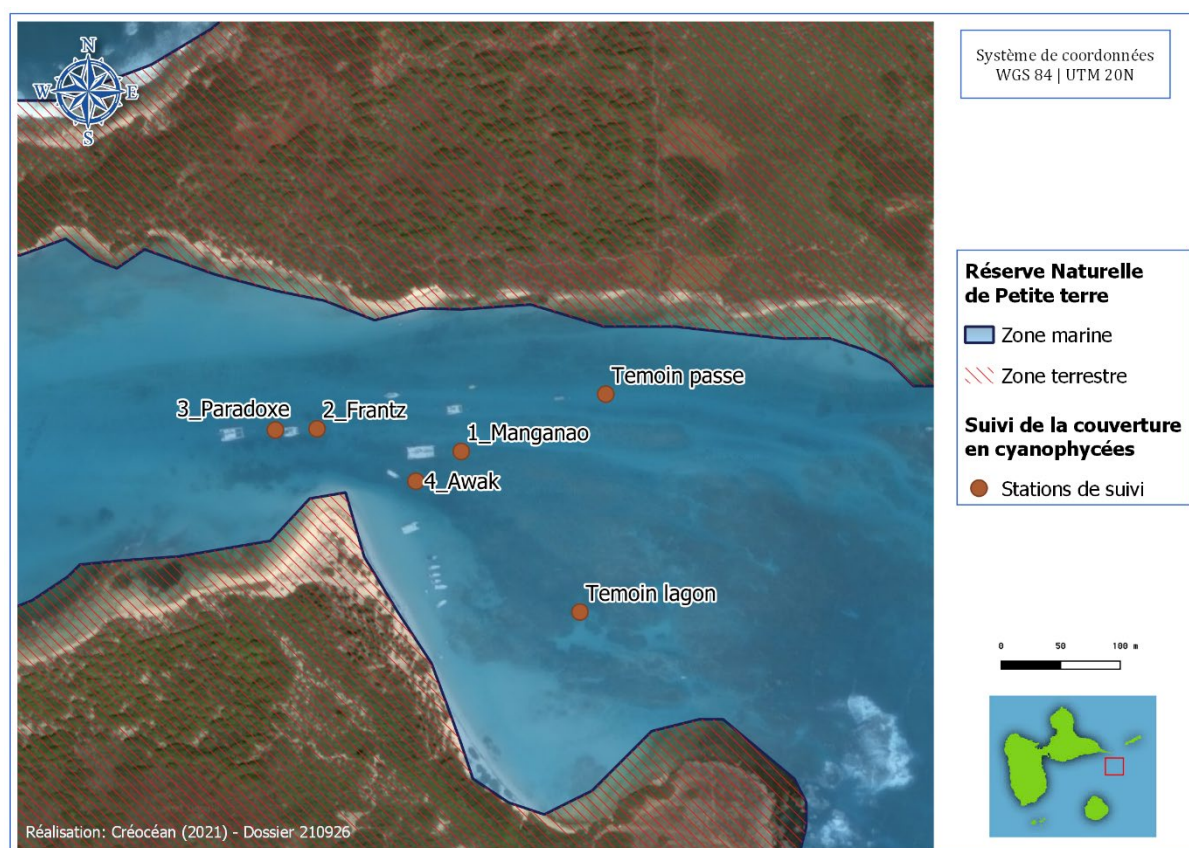


Figure 6 : Localisation des stations de suivi des cyanophycées

Les coordonnées des stations témoins et des bouées de mouillages sont rappelées ci-dessous :

Bouée	Longitude	Latitude
Manganao	16° 10.498'N	61° 6.588'O
Frantz	16° 10.509'N	61° 6.656'O
Paradoxe	16° 10.508'N	61° 6.676'O
Awak	16° 10.485'N	61° 6.610'O
Témoin Passe	16° 10.523'N	61° 6.517'O
Témoin Lagon	16° 10.427'N	61° 6.533'O

1.2.3. Suivis des lambis

Le suivi des lambis par vidéo tractée est réalisé depuis 2013 dans le but d'estimer la population de lambis sur une plus grande surface que les station herbiers (où ils ne sont pas ou peu présents).

Il se réalise dans la passe de Petite Terre, sur 5 radiales. Ces dernières ont été définies d'ouest en est (face au courant), sur des profondeurs de -2 m (transect 1) à -4 m pour la plus profonde (transects 2 et 3). Les transects de suivi vidéo sont illustrés dans la carte ci-dessous.

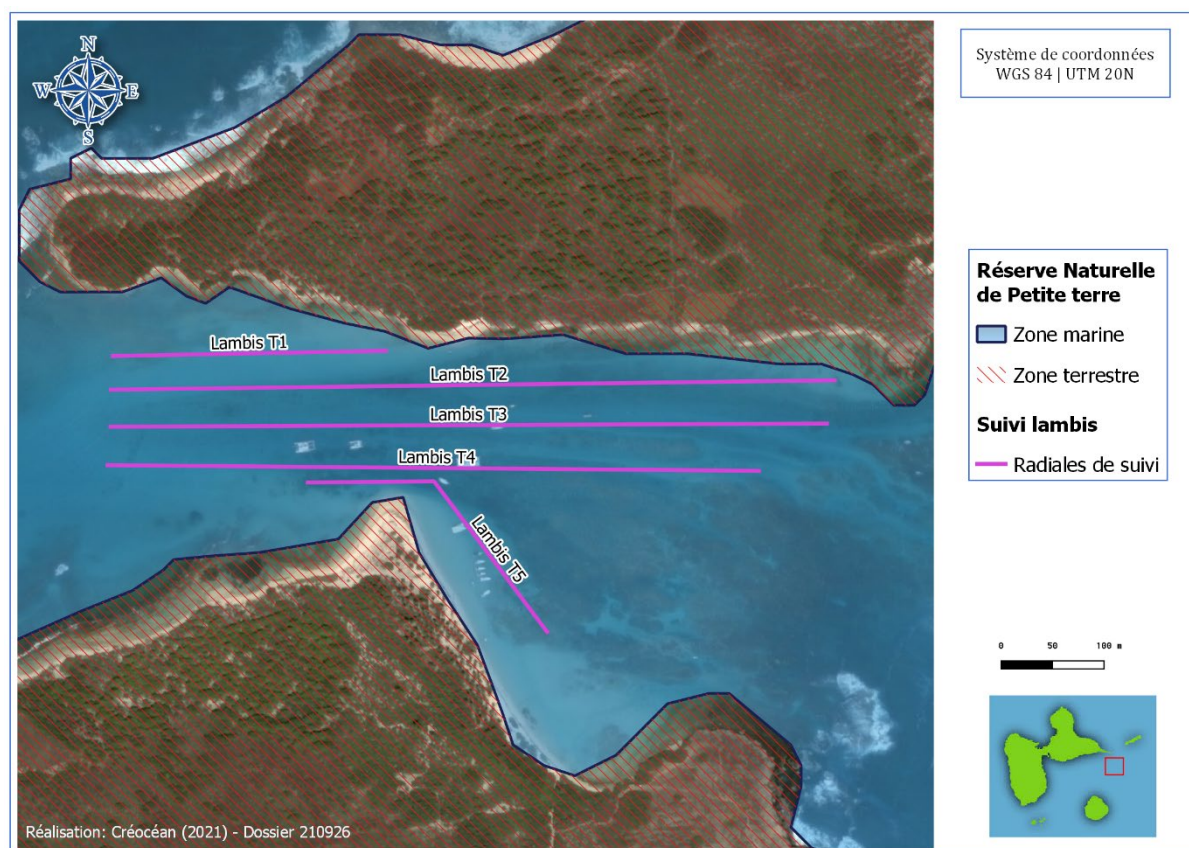


Figure 7 : Localisation des transects de suivi des lambis

En 2021, le nom des radiales a été modifié pour plus de simplicité. Les coordonnées de début et fin de radiales ainsi que les nouveaux noms sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Nouveau nom 2021	Début	Fin
Transect 1	16° 10,555' N - 61° 06,801' W	16° 10,557' N - 61° 06,652' W
Transect 2	16° 10,538' N - 61° 06,802' W	16° 10,539' N - 61° 06,407' W
Transect 3	16° 10,518' N - 61° 06,802' W	16° 10,516' N - 61° 06,412' W
Transect 4	16° 10,498' N - 61° 06,804' W	16° 10,492' N - 61° 06,449' W
Transect 5	16° 10,488' N - 61° 06,695' W	16° 10,408' N - 61° 06,565' W

1.2.4. Caractérisation d'un site à *Acropora palmata* remarquable

Une large zone à *Acropora palmata* dense a été caractérisée en 2021 (recouvrement corallien, inventaire de poissons, photogrammétrie, etc.). Cette station est située à l'est de Terre de Haut, à proximité de la barrière corallienne. La localisation de la station est illustrée ci-dessous.

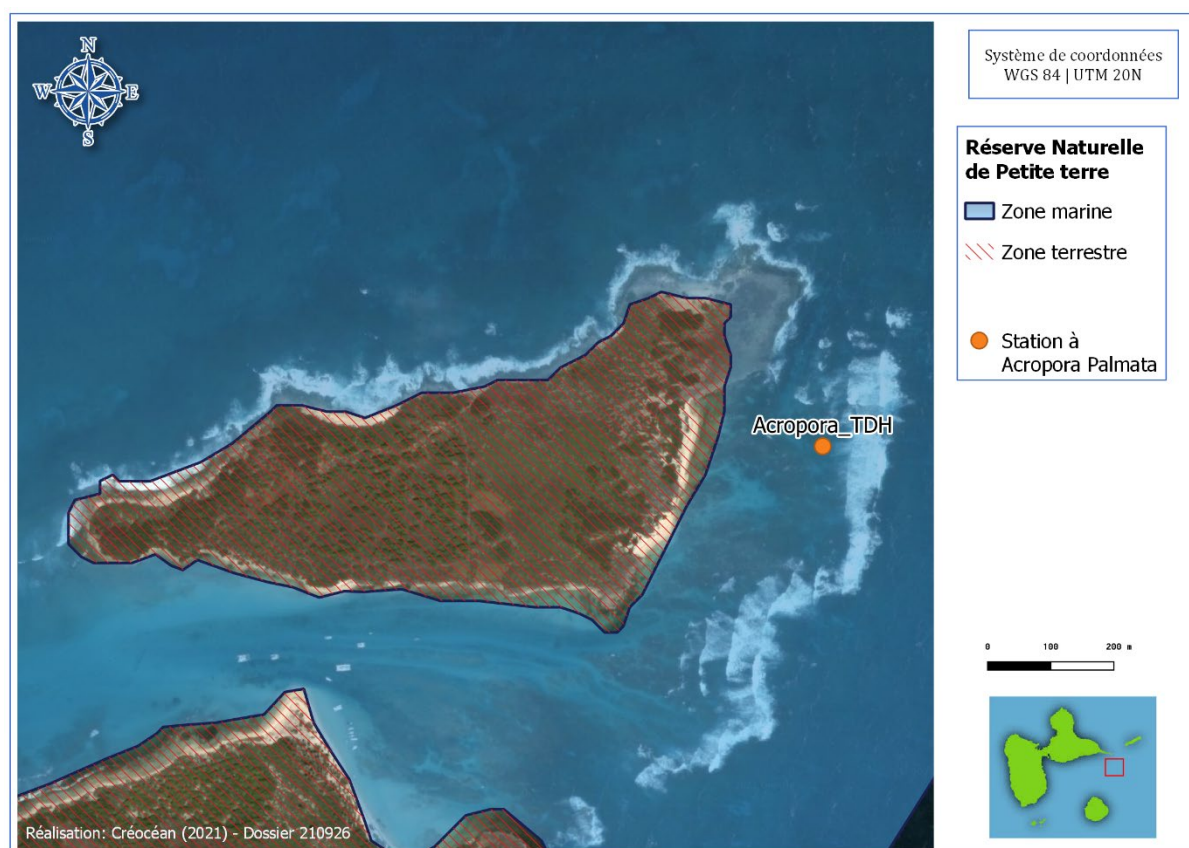


Figure 8 : Localisation de la station dense à *Acropora*

Un transect de caractérisation du couvert corallien a été mis en place, les coordonnées de début et de fin sont :

Début	16° 10,684' N	61° 06,185' W
Fin	16° 10,684' N	61° 06,172' W

1.3. Déroulement des campagnes de suivi

Le suivi de la réserve de petite terre s'est déroulé du **18 au 21 octobre 2021**.

L'évolution des suivis réalisés au sein de la Réserve naturelle de Petite Terre est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Chronologie des suivis des biocénoses de la Réserve Naturelle de Petite terre

Station	Statut	Type de suivi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Dates de suivi 2021
Passe	Réserve	Benthos, Ichtyofaune, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	19/10/2021
Passe nord-est	Réserve	Benthos, Ichtyofaune									I	I	I	I	I	I	I	20/10/2021
Terre de Haut	Réserve	Herbiers, Lambis																18/10/2021
Terre de Bas	Réserve	Herbier																21/10/2021

 Suivis opérés
 I Ajout suivi ichtyofaune

La chronologie des suivis réalisés depuis 2007 sur l'ensemble des stations mises en place par les acteurs du réseau « réserve naturelle » ainsi que les dates de suivi en 2021 sont résumés dans l'annexe 2.

La météo lors du suivi 2021 était particulièrement calme, avec l'absence de courant les 18 et 19 octobre pour les suivis des stations Herbier Terre de Haut et benthos Passe. Ce paramètre est à garder à l'esprit durant l'analyse des données, en effet, la présence de courant ou d'agitation influence les populations ichthyologiques et de macro-invertébrés (lambi).

2. Méthodologies

2.1. Protocole 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.

2.1.1. 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
- 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 peuplements de poissons sont étudiés par l'identification de **61 espèces cibles** (liste en Annexe 3), de leur abondance et de leur taille.



Figure 9 : Blanchissement corallien observé sur la station Passe en 2021

2.1.2. Suivi des herbiers et paramètres associés

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, nacrés, 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.

2.1.3. 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 dont la réserve naturelle de Petite Terre, 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.

En 2021, la méthodologie d'évaluation de lambis a été modifiée dans sa mise en œuvre seulement, par remplacement de la caméra tractée par un plongeur tracté qui filme. Le comptage est toujours effectué par analyse des vidéos.



Figure 10 : Plongeur tractée avec caméra vidéo pour le comptage de lambis

2.1.4. Suivi de la couverture en 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. Le positionnement des photo-quadrats était alors aléatoire dans la zone de mouillage.

En 2015, le suivi des cyanobactéries a été précisé et amélioré : 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 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).

En 2021, du fait de la forte couverture en cyanophycées sur la zone témoin au sein du lagon (suivi historique), une nouvelle station témoin a été définie, sur la première bouée de mouillage en amont de

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.

la passe, tout à l'Est. Cette bouée est utilisée uniquement par de petits bateau moteur n'ayant pas de rejet d'eau usée.

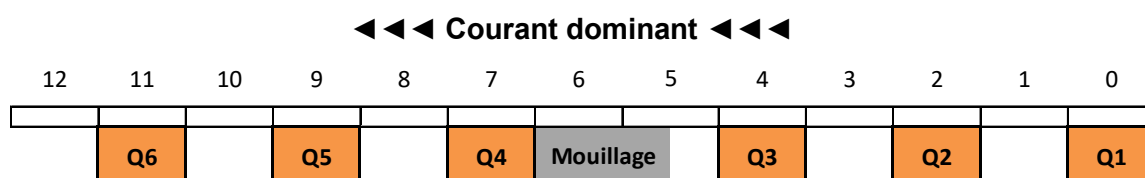


Figure 11 : positionnement des photos-quadrats (orange) de suivi des cyanophycées

Au total 36 quadrats sont photographiés en 2021. Ces photos ont ensuite été analysées à l'aide du logiciel CPCe (Coral Point Count), permettant d'estimer la couverture en cyanophycées des quadrats. 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.

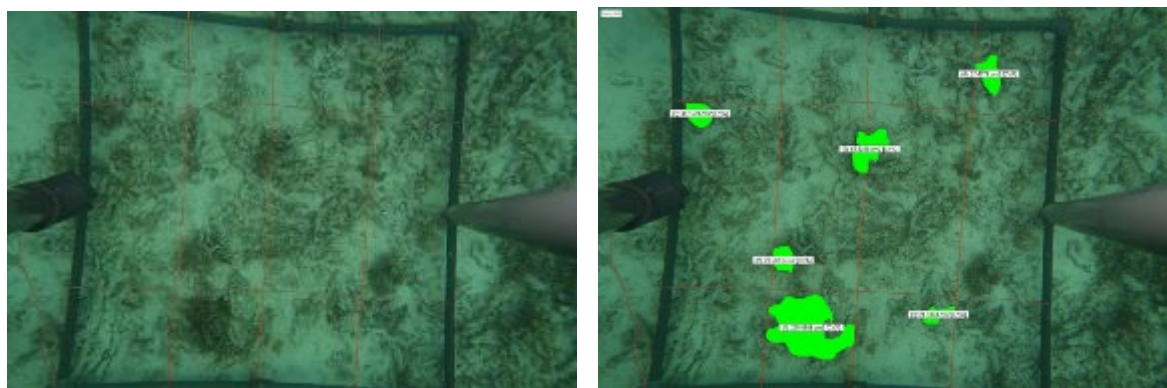


Figure 12 - Photo-quadrat avant (a) et après (b) analyse CPCe

	Code
Absence	0
De 0 à 1 mm	1
De 1 à 5 mm	2
De 5 à 10 mm	3
< 10 mm	4

Figure 13 - Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées

2.1.5. Caractérisation du site à *Acropora palmata*

Ce suivi, initié en 2021 ; a permis, dans un premier temps, de localiser de fortes densités coralliennes en *Acropora palmata*, de les géo-référencer (avec GPS à main) puis les caractériser (notamment en terme de recouvrement).

Tout d'abord une délimitation de la zone la plus dense a été opérée, afin de géolocaliser et estimer la surface de la zone à forte densité d'*Acropora palmata*. Autour de cette zone, d'autres colonies parfois remarquables (de par leur taille) ont aussi été géolocalisées.

Au vu de la couverture en *Acropora sp.*, un protocole LIT a été mis en œuvre, par la mise en place d'un transect de 30 m. Sur la base d'un décimètre, chaque changement de faciès sur le transect est noté, en indiquant la longueur de transition ainsi que le faciès rencontré. Pour cette caractérisation, 4 faciès de recouvrement ont été observés :

- Recouvrement en *Acropora palmata*,
- Recouvrement en *Millepora sp.* (majoritairement *Millepora complanata*),
- Macroalgues calcaires rouges (genre *Amphiroa*) et,
- Substrat rocheux colonisé (turf ensablée, *Turbinaria sp.*, *Porites atreoides*).

Cette méthode est habituellement utilisée dans les zones indo-pacifiques à très fortes couvertures coralliennes mais est apparue adaptée ici pour plusieurs raisons :

- Très faible profondeur (< 3m),
- Superficie de petite taille ne justifiant pas un PIT sur 60m,
- Facilité de mise en œuvre au vu des conditions environnementales (houle régulière, secteur exposé).



Figure 14 : Illustration du site à *Acropora palmata* avec mise en place du transect (droite) (© J. Chalifour)

2.1.6. Synthèse

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.

Tableau 4 : Synthèse des différents paramètres suivis dans le cadre du suivi-réserve

Cible	Paramètres suivis jusqu'en 2012	Paramètres suivis à partir de 2013	Paramètres suivis à partir de 2021
✓ 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. testudinum</i> , <i>S. filiforme</i> - Longueur des feuilles : <i>T. testudinum</i> , <i>S. filiforme</i> - Etat de santé général - Epibiose, - Relief de l'herbier, - Macrophytes non fixées, - Cyanobactéries, - Bioturbation, - Taux de fragmentation / mitage - Mégafaune associée, - Caractéristiques du subtrats dans et hors herbier	
✓ Lambis	Dans le cadre du suivi de la mégafaune de l'herbier : - Densité - Taille, - Mortalité	Dans le cadre du suivi de la mégafaune de l'herbier et par vidéo tractée (RNPT) : - Densité, - Taille, - Mortalité	
✓ Température	- Suivi horaire		
✓ Cyanophycées		Sur 5 stations (4 bouées + 1 témoin) : - Recouvrement - Epaisseur	Sur 6 stations (4 bouées + 2 témoins) : - Recouvrement - Epaisseur
✓ <i>Acropora palmata</i>			- Recouvrement en <i>Acropora palmata</i> - Peuplement ichtyologique (qualitatif) - Etat de santé général

2.2. Traitement et interprétation des données

2.2.1. Peuplements benthiques coralliens et herbiers de phanérogames

Les données issues du suivi des peuplements benthiques coralliens ont été bancarisées dans **BD Récifs**, la base de données développée par IFREMER. Un export de la base de données 2021 a été fourni à la réserve naturelle de Petite Terre en complément de ce présent rapport.

L'analyse descriptive des données se base sur des statistiques élémentaires (moyenne, écart type) et des statistiques comparatives. L'ensemble des analyses statistiques comparatives a été réalisé sous le logiciel XlStat (<http://www.xlstat.com>).

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 réalisée 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 mesurés 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 2021 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 hétérogènes), 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 non-paramétrique 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 la station Passe 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 ichtyologiques).

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 2021)
Peuplement récifal	Corail vivant	X
	Algues (turf, macroalgues, cyanophycées, 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	X
	Biomasse Chaetodon	X
Peuplement herbier	Densité <i>T. testudinum</i>	X
	Densité <i>S. filiforme</i>	X
	Hauteurs des feuilles de <i>T. testudinum</i>	X

2.2.2. Population de lambis

Sur chaque vidéo de radiale, le nombre de lambis ainsi que leur taille (adulte, sub-adulte et juvénile) sont déterminés. L'espacement entre les lasers permet d'avoir une estimation de la surface échantillonnée. L'analyse descriptive des données est ensuite réalisée sur la base de statistiques élémentaires (moyenne, écart type) et des statistiques comparatives. En 2021, la présence d'un plongeur tracté a permis le comptage in situ du nombre de lambis observé sous le manta tow (1m de large). Ainsi, une comparaison entre les données vidéos et les données in situ est réalisée.

2.2.3. Couverture en cyanophycées

Au total 36 quadrats ont été photographiés en 2021 (six de plus que les années précédentes, du fait d'une station témoin supplémentaire). Ces photos ont ensuite été analysées à l'aide du logiciel CPCe (Coral Point Count), permettant d'estimer la couverture en cyanophycées des quadrats. 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.

En 2021, la couverture benthique est identique sur les 2 stations.

- Les stations sont **recouvertes en totalité par des organismes benthiques**, à l'exception d'une occurrence de substrat dur nu sur la station Passe.
- Au sein de la couverture vivante, les **algues sont largement majoritaires** avec 83% (station Passe) et 83% (station Nord Est Passe) du recouvrement.
- La **couverture corallienne est faible** sur les 2 stations : 14% sur Passe et 13% sur Nord Est Passe
- Les **invertébrés non coralliens sont très peu présents** sur les stations. Ils représentent 3% du peuplement.

Analyse détaillée de la couverture benthique en 2021

L'analyse de la composition du recouvrement benthique sur les stations Passe et NE Passe révèle des compositions très similaires :

- **Les peuplements algaux**, sont dominés par le turf algal, qui représente 39% du biote sur NE Passe et 46% sur Passe. Le turf est légèrement ensablé dans les zones aux creux des canyons. Les macroalgues sont aussi très nombreuses, formant de larges touffes. Les genre *Turbinaria* et *Dictyota* sont essentiellement observés. Les algues calcaires encroûtantes sont présentes sur 5% du transect, elles se développent surtout sur les débris coralliens. Les macroalgues calcaires du genres *Galaxaura* et *Amphiroa* sont faiblement présentes (1% sur Passe et 2% sur NE Passe). Les cyanophycées, témoins de déséquilibre nutritif de la masse d'eau représentent seulement 2% du biote sur NE Passe et 4% sur Passe.
- **Les peuplements coralliens** sont exclusivement composés de coraux durs (Scléractiniaires), à l'exception d'une occurrence de zoanthaires sur la station Passe. Le genre *Porites* est largement dominant, avec la présence de l'espèce massive (*P. astreoides*) et digitée (*P. porites*). Deux autres espèces représentent moins de 30% des colonies, dont *Millepora* sp. observée sur 18% du transect de passe et 24% de NE Passe. Quelques colonies d'*Agaricia* sp. sont notées lors des relevés.

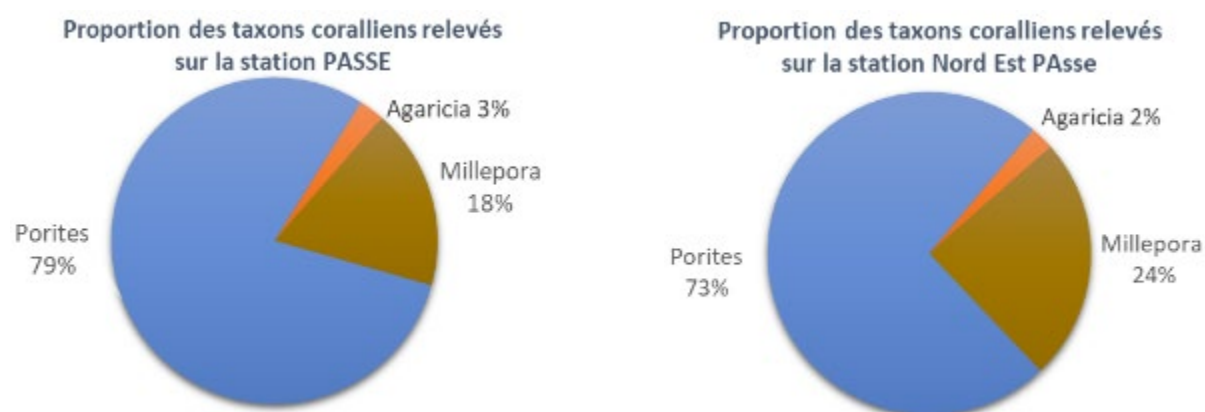


Figure 17 : Proportions des taxons coralliens relevés sur le PIT des stations Passe et Nord Est Passe

L'état des coraux est bon, seule une colonie de la station Passe (sur 39 colonies) présente des signes de blanchissement. Très peu de nécroses sont observées. Toutefois, la maladie corallienne SCTLD a été notée lors des différentes prospections du lagon, hors des station benthos.

Les invertébrés non coralliens sont très peu nombreux et de petites tailles. Quelques éponges sont observées (1% sur Passe et 2 % sur NE Passe) et les gorgones relevées sur la station Passe uniquement sont des colonies de l'espèce encroûtante *Erythopodium caribaeorum*. Quelques anémones solaires (*Stichodactyla helianthus*) se développent sur les deux stations.

Les deux récifs sont évalués en état de santé moyen (indice 3/5). 1 transects sur chaque radiale est évalué en état de santé médiocre du fait de l'abondance des macroalgues et de la très faible couverture corallienne.

Evolution de la couverture benthique entre 2007 et 2021

Les données de couverture corallienne de 2007 à 2021 ont été extraites de BD Récif, afin de vérifier la cohérence des données, relative à l'espèce *Millepora sp* et aux Zoanthaires, qui doivent être intégrés à la couverture corallienne. En effet, certains rapports des premiers suivis distinguaient ces taxons. Les données d'évolutions ci-dessous sont issues de l'extraction de novembre 2021, elles sont donc à jour.

L'évolution de la couverture corallienne et algale sur les stations de suivi, depuis 2007, est représentée dans la figure ci-dessous.

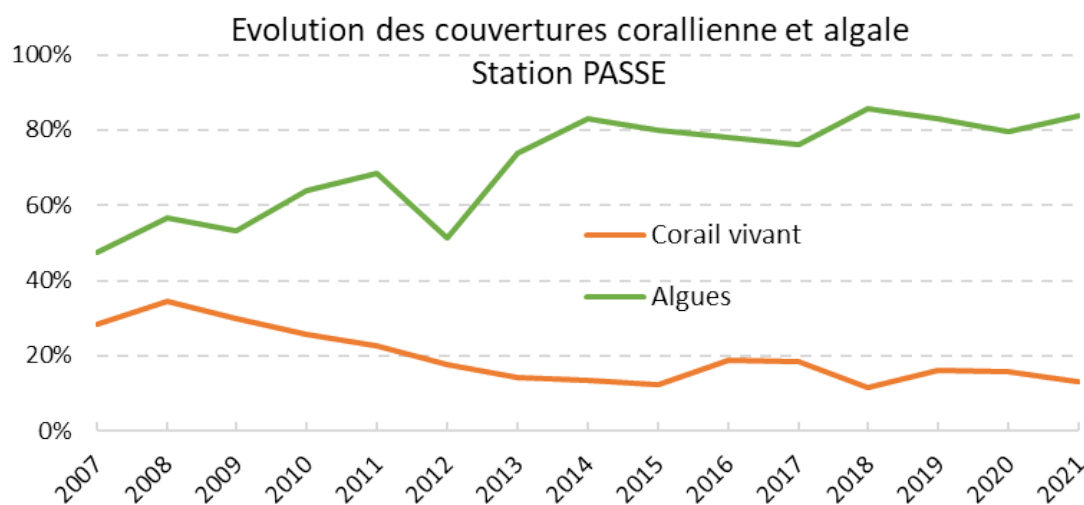


Figure 18 : Evolution du recouvrement corallien et algal sur la station PASSE

Sur la station Passe :

- La couverture corallienne en 2021 est similaire aux années précédentes avec une proportion inférieure à 20%. De 2008 à 2015, la proportion de coraux au sein de la station Passe chute chaque année pour passer de 34% à 12%. Depuis 2015, le recouvrement en corail oscille entre 10% et 20%, sans montrer d'évolution significative. En 2016, une zone de protection contre le piétinement des coraux est mise en place. Malgré une légère augmentation de la couverture corallienne cette année-là, les impacts positifs de cette mise en protection sont encore difficiles à percevoir en termes de couverture corallienne. En effet, de nombreux autres facteurs entrent en jeu, notamment les houles cycloniques survenues en 2017 provoquant l'arrachement de nombreux coraux vivants.

Une évolution de la structure de la couverture corallienne est notée, avec la disparition des zoanthaires, observés lors des premiers suivis.

- Parallèlement, la couverture algale a quasiment doublé depuis 2007. Entre le premier suivi et 2014, la proportion d'algues a augmenté malgré une forte baisse en 2012. Depuis 2014, le recouvrement algal est fort, oscillant autour de 80%. Le genre *Dictyota* est dominant à environ 60% chaque année.



Figure 19 : *Porites porites* et *P. astreoides*, principales espèces, présentes en petits individus sur les deux stations

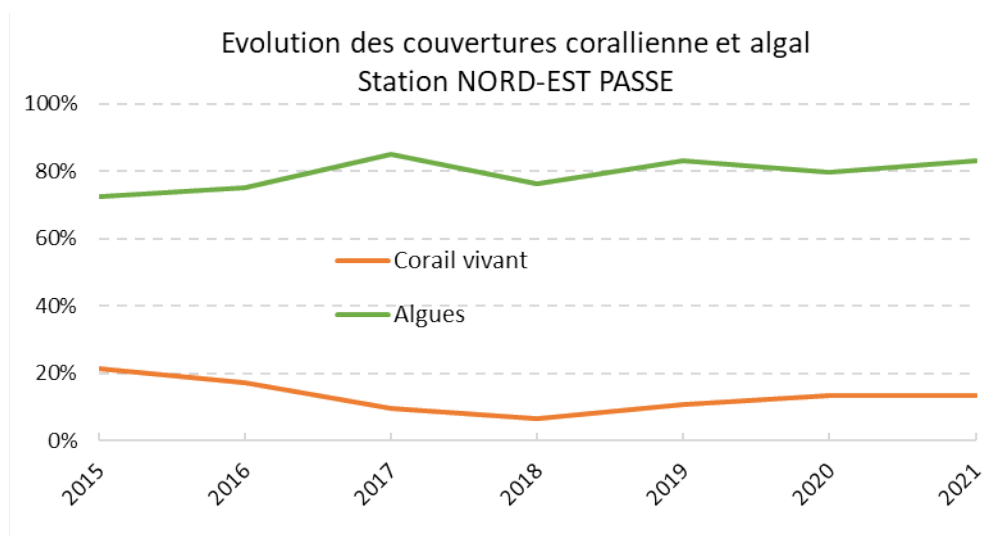


Figure 20 : Evolution du recouvrement corallien et algal sur la station NORD-EST PASSE

Sur la station Nord-est Passe :

- La couverture corallienne a subi une forte diminution de 2015 à 2018 (21% à 7%), puis s'est stabilisée entre 10 et 15%. Cette évolution de la couverture corallienne n'est pas statistiquement significative sur cette station, seules des tendances peuvent être observées.
- En parallèle à cette évolution, la couverture algale révèle une tendance à l'augmentation de 2015 à 2021. Déjà élevée en 2015 (73%), elle a légèrement augmenté depuis pour osciller au-dessus de 80% depuis 2019. A l'instar de la couverture corallienne, les évolutions ne sont pas statistiquement significatives. Le genre *Turbinaria* est en proportion similaire avec le genre *Dictyota* en 2021. Il est habituellement bien moins représenté les années précédentes (30 à 40%).



Figure 21 : La macroalgue *Turbinaria* sp. très présente sur les deux stations

Les analyses statistiques réalisées ne montrent pas de distribution des données selon la loi normale. Les tests effectués sur l'évolution des données sont donc des tests non-paramétriques de type Kruskal-Wallis, avec une comparaison par paire de Steel-Dwass. **Aucune différence significative entre les années n'est observée avec ces tests statistiques.**

Recrutement corallien et densité d'oursins diadèmes

Le dénombrement des recrues coralliennes permet d'estimer le renouvellement des colonies coralliennes et donc de la pérennité du peuplement corallien.

Le calcul de la densité d'oursins diadèmes renseigne sur le niveau de pression de broutage sur les algues, laissant du substrat nu pour l'installation de nouvelles recrues coralliennes.

L'évolution des densités de recrues coralliennes et d'oursins sont exposées ci-dessous pour les deux stations.

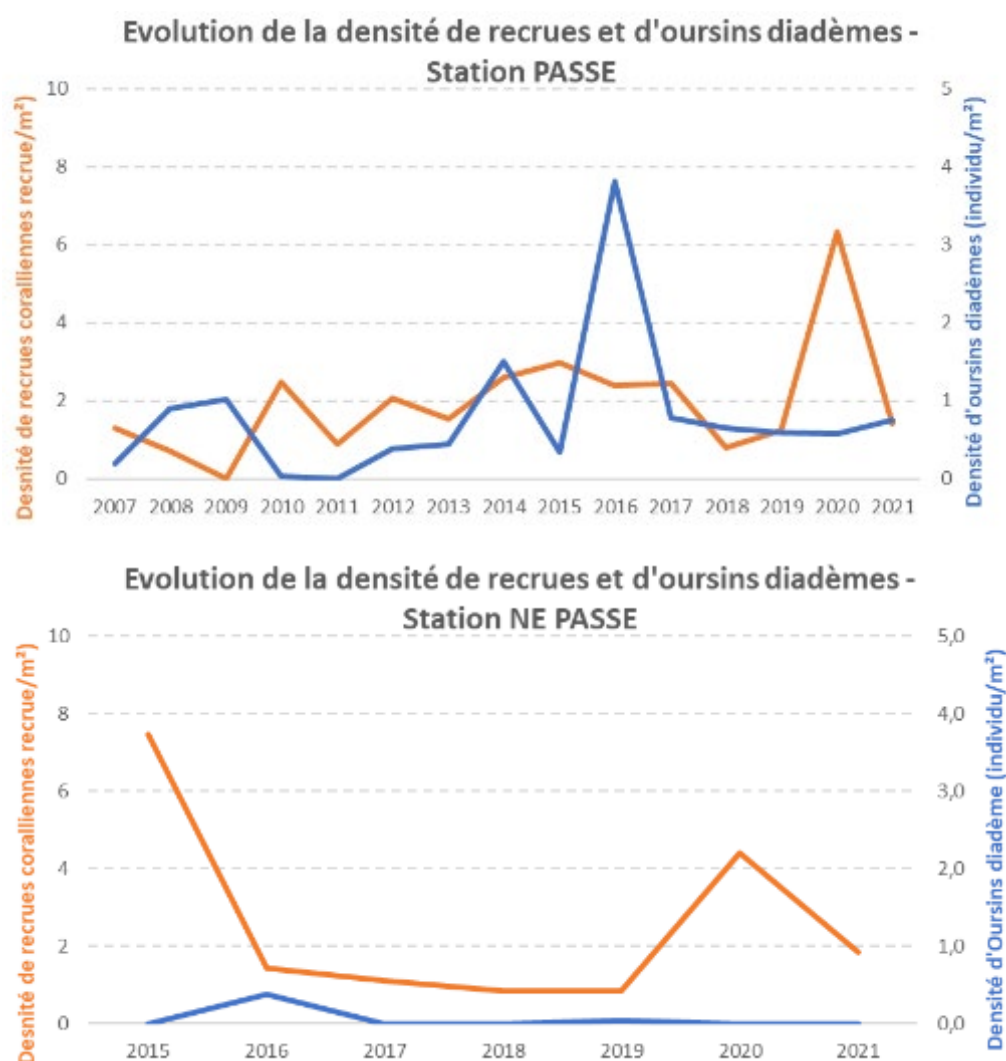


Figure 22 : Évolution de la densité d'oursins diadème (en bleu) et de juvéniles de coraux (en orange) sur les stations Passe et Nord-est Passe de Petite Terre

Après une augmentation de la densité de recrues coralliennes sur les deux stations en 2020, cette densité chute de nouveau à des valeurs plus proches de densité historiques : 1,8 recrues/m² sur NE Passe et 1,4 recrues/m² sur Passe.

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. Aucune tendance claire et significative ne semble se dégager pour le

moment. Les recrues sont principalement des espèces *Portites astreoides*, *Porites porites* et *Agaricia sp.*

La population d'oursins est plus développée en 2021 sur la station Passe (0,75 oursins/m²) que sur la station NE Passe où aucun individu n'est observé). Cette dernière ne présente historiquement que très peu d'oursins, les densités maximales sont observées en 2016 et 2019 avec, respectivement 0,3 et 0,03 individu/m². La configuration de la station (moins de relief et d'anfractuosités) pourrait expliquer la très faible abondance d'oursins. L'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).

Sur la station Passe, la population d'oursins est historiquement plus développée, avec des densités maximales en 2014 (1,5 individu/m²) et 2016 (3,8 individus/m²). Une forte chute de cette densité de brouteur est observée de 2016 à 2017 ; elle est stable depuis, entre 0,58 et 0,78 individu/m².

Il est pour le moment difficile d'établir une tendance d'évolution des densités d'oursins diadèmes et de recrues coralliennes.

Les analyses statistiques réalisées ne montrent pas de distribution des données selon la loi normale. Les tests effectués sur l'évolution des données sont donc des tests non-paramétriques de type Kruskal-Wallis, avec une comparaison par paire de Steel-Dwass. Aucune différence significative entre les années n'est observée avec ces tests statistiques.

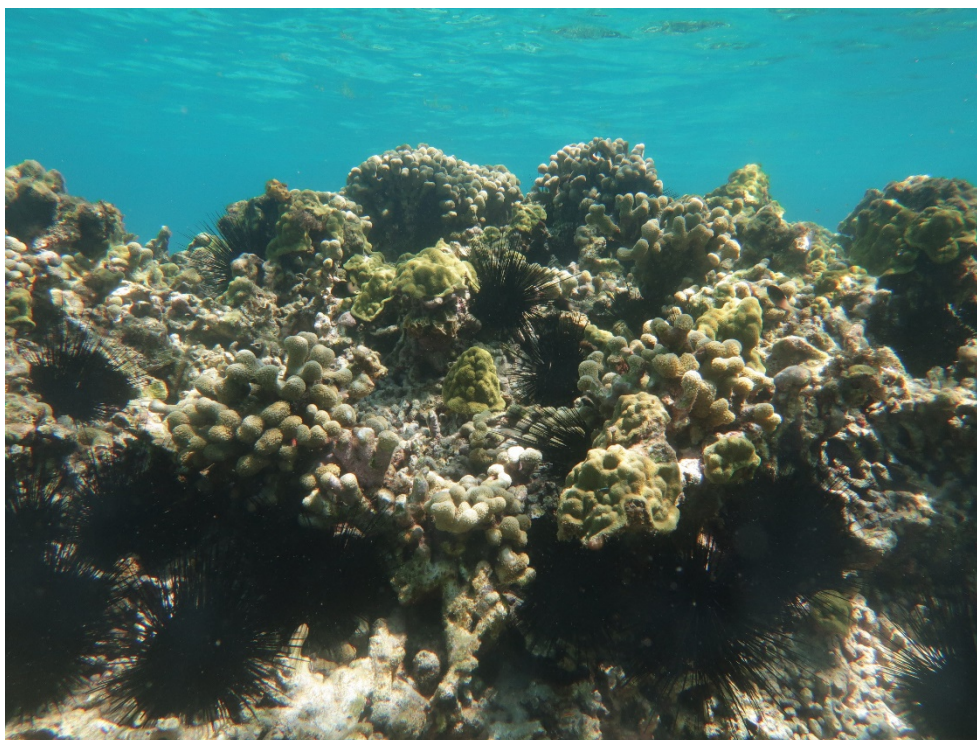


Figure 23 : En journée les oursins se regroupent sur les parties bioconstruites des récifs, à la recherche d'interstices où s'abriter

3.2. Les peuplements ichthyologiques

Le suivi des poissons a été réalisé le 19 octobre 2021 pour la station Passe et le 20 octobre 2021 pour la station Nord-est Passe. Ainsi les deux stations ont pu être étudiées aux mêmes heures de la journée (entre 8h et 10h).

Description synthétique des peuplements ichthyologiques

Les caractéristiques générales des peuplements ichthyologiques des deux stations sont présentées dans le tableau suivant :

	Passe	Nord-est Passe
Richesse spécifique	18	19
Nombre d'individus total	479	144
Densité moyenne (ind. / 100 m²)	160	48
Biomasse moyenne (g / 100 m²)	4 814,8	4 240,0

La richesse spécifique (sur la base des 60 espèces cibles suivies) est similaire sur les deux stations avec 18 espèces sur la station Passe et 19 sur NE Passe. Les espèces de poissons observées sur les deux stations sont listées dans l'annexe 4.

L'abondance totale de poisson est par contre très supérieure sur la station Passe, où 479 individus ont été comptés contre 144 sur la station NE Passe. Ainsi, la densité moyenne de poisson est de 160 individus/100m² sur Passe et 3 fois plus faible sur NE Passe, avec 48 individus/100m².

La biomasse évaluée sur les stations est aussi très similaire, avec 4 814,8 g/100m² sur la station Passe et 4 240 g/100m² sur la station NE Passe. La différence entre les rapports de biomasse (environ 1) et de densité (environ 3) indique une structure du peuplement différente en termes d'espèces ou de tailles.



Figure 24 : 5 espèces de poissons observées au début de la station Nord-est Passe

Analyse de la structure trophique en 2021

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

Nb : les poissons carnivores de 1er 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.

Station Passe				
	Densité moyenne		Biomasse moyenne	
	(individu/100m ²)	%	(g/100m ²)	%
Herbivores	50,0	31,3%	2817,9	58,5%
Planctonophages	101,0	63,3%	720,5	15,0%
Omnivores	4,0	2,5%	487,8	10,1%
Carnivores de 1 ^{er} ordre	0,3	0,2%	18,7	0,4%
Carnivores de 2 nd ordre	0,0	0,0%	0,0	0,0%
Piscivores	4,3	2,7%	769,9	16,0%

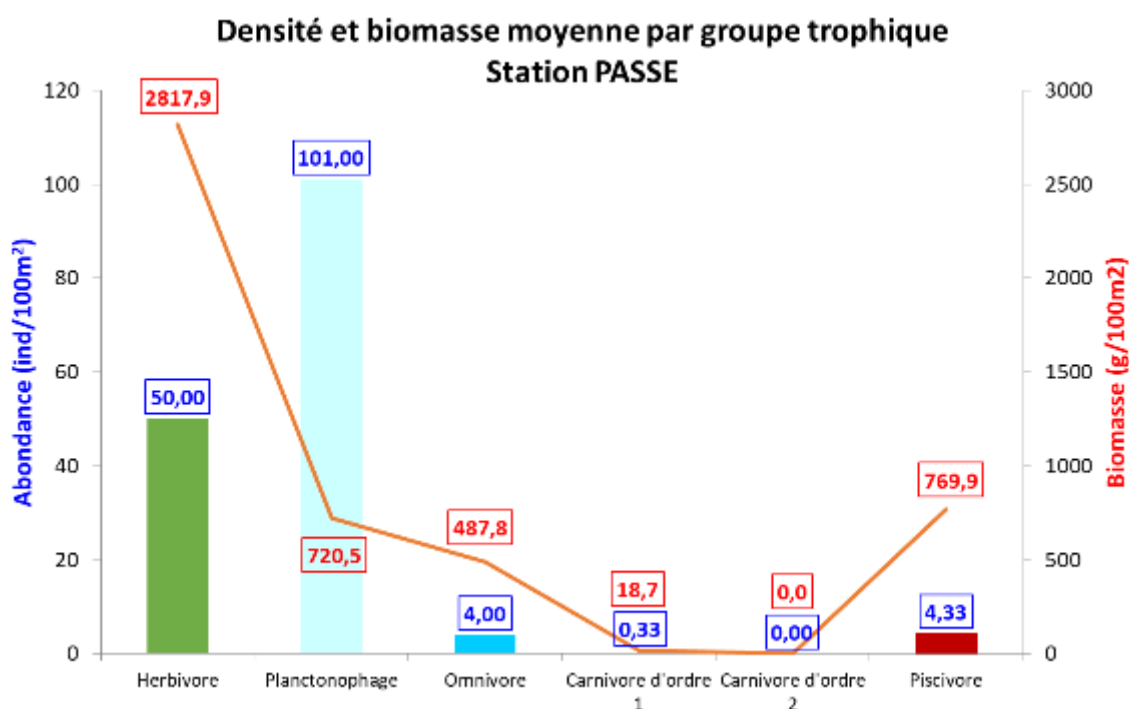


Figure 25 : Structure trophiques du peuplement ichthyologique sur la station Passe en 2021 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)

La structure trophique est hétérogène sur la station Passe.

En termes de densité, la station est dominée par les Planctonophages (101 ind./100m²) puis par les herbivores (43 ind./100m²). Ces deux groupes représentent 90% des poissons, avec la présence de nombreuses Demoiselles (planctonophages) et des Scaridés, dominant parmi les herbivores. Les omnivores et les piscivores comptent environ 4 ind./100m² (2,5% du peuplement environ), alors qu'aucun carnivore n'a été observée à l'exception d'un labre espagnol (*Bodianus rufus*).

En termes de biomasse, les herbivores sont largement dominants, avec 2 818 g/100m². La morphologie des poissons observés (herbivores plus grand que les planctonophages) explique ce changement entre densité et biomasse. 2 *Acanthurus bahianus* supérieurs à 40 cm ont été observés. Les planctonophages et les piscivores représentent chacun environ 15% de la biomasse du peuplement (respectivement 720 et 770 g/100m²), alors que les omnivores sont représentés 488 g/100m² (10% de la biomasse). L'unique carnivore est négligeable par rapport à la biomasse totale (0,4%).

Station Nord-est Passe					
	Densité moyenne		Biomasse moyenne		
	(individu/100m ²)	%	(g/100m ²)	%	
Herbivores	20,0	41,7%	2882,2	68,0%	
Planctonophages	9,3	19,4%	102,3	2,4%	
Omnivores	10,3	21,5%	134,1	3,2%	
Carnivores de 1 ^{er} ordre	2,3	4,9%	154,2	3,6%	
Carnivores de 2 nd ordre	1,0	2,1%	158,2	3,7%	
Piscivores	5,0	10,4%	809,0	19,1%	

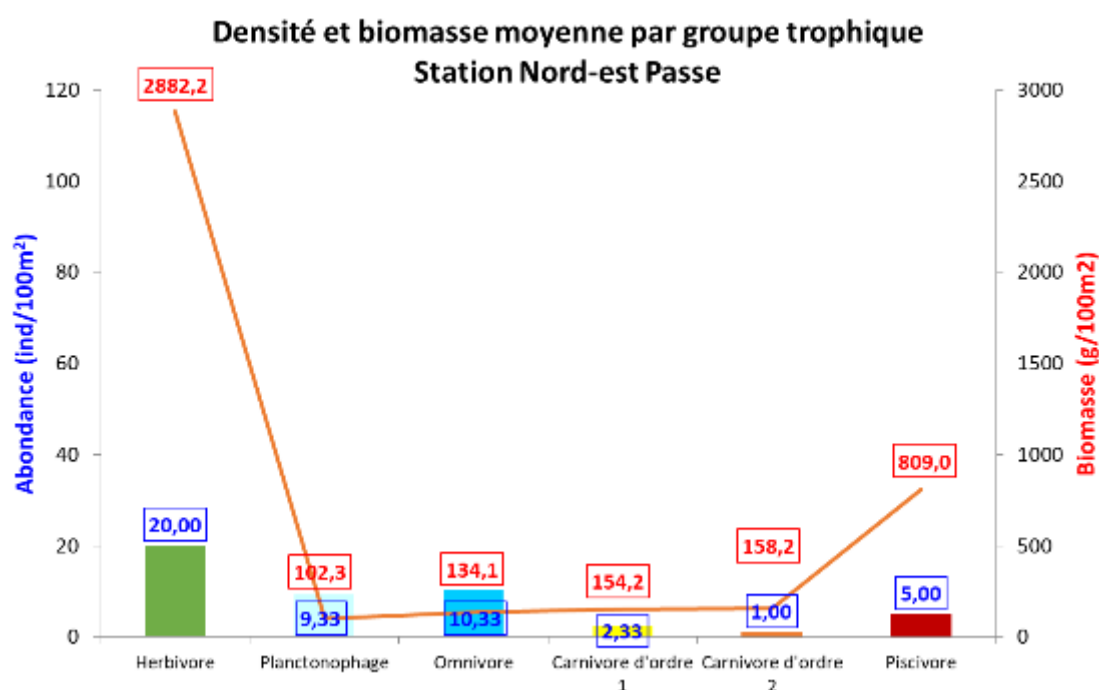


Figure 26 : Structure trophiques du peuplement ichthyologique sur la station Nord-est Passe en 2021 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)

La structure trophique de la station Nord-est Passe est plus équilibrée en termes de densité que la station Passe. Les herbivores sont toujours les plus nombreux (40% de la densité) et possèdent la plus grande biomasse (68%). Sur la station Nord-est Passe, les herbivores sont représentées par les Scaridées (poissons perroquets) et les Acanthuridés (poissons chirurgiens) en proportions similaires.

Les planctonophages (Pomacentridés) et les omnivores (Balistidés) participent à hauteur de 20% environ à la densité de poissons (respectivement 9 et 10 individus/100m²). Les piscivores (5 individus/100m²) sont plus nombreux que les carnivores d'ordre 1 et 2 (1 et 3 individus/100m²). En termes de biomasse, les piscivores représentent le groupe le plus important après les herbivores, avec 809 g/100m² soit 20% de la biomasse totale. Les autres groupes trophiques sont faiblement présents (moins de 3% de la biomasse), ce qui témoigne de la présence de petits individus.

Analyse du peuplement ichthyologique par taxon et taille :

Les poissons sont regroupés sur la liste des 61 espèces cibles en 15 familles taxonomiques. Les classes de tailles permettent de différencier les poissons adultes (généralement > 10 cm) aux poissons juvéniles (généralement < 10 cm).

La figure ci-dessous représentent la répartition du peuplement ichthyologiques par famille et classe de taille, pour chaque station.

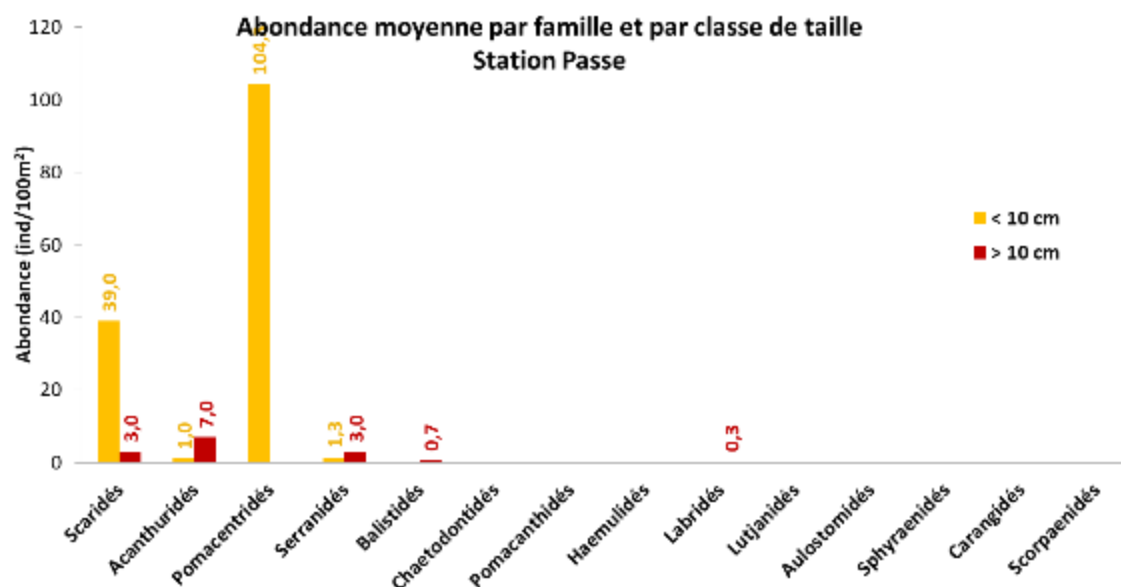


Figure 27 : Répartition des poissons selon leur famille leur classe de taille (> ou < à 10 cm)

Sur la station Passe, les Pomacentridés sont largement majoritaires, tous les individus sont <10 cm. Parmi ces espèces on retrouve les Demoiselles, qui sont généralement de petites tailles même au stade adulte.

Les Scaridés sont le second taxon le plus abondant, avec 42 ind./100m², dont une très large majorité de poisson < 10 cm.

Les Acanthuridés (poissons chirurgiens) et les Serranidés (mérus) sont observés au travers de poissons généralement > 10 cm ; 2 *Acanthurus bahianus* de plus de 40 cm sont notés.

Les Balistidés et Labridés sont très peu observés, respectivement 2 et 1 individus supérieurs à 10 cm.

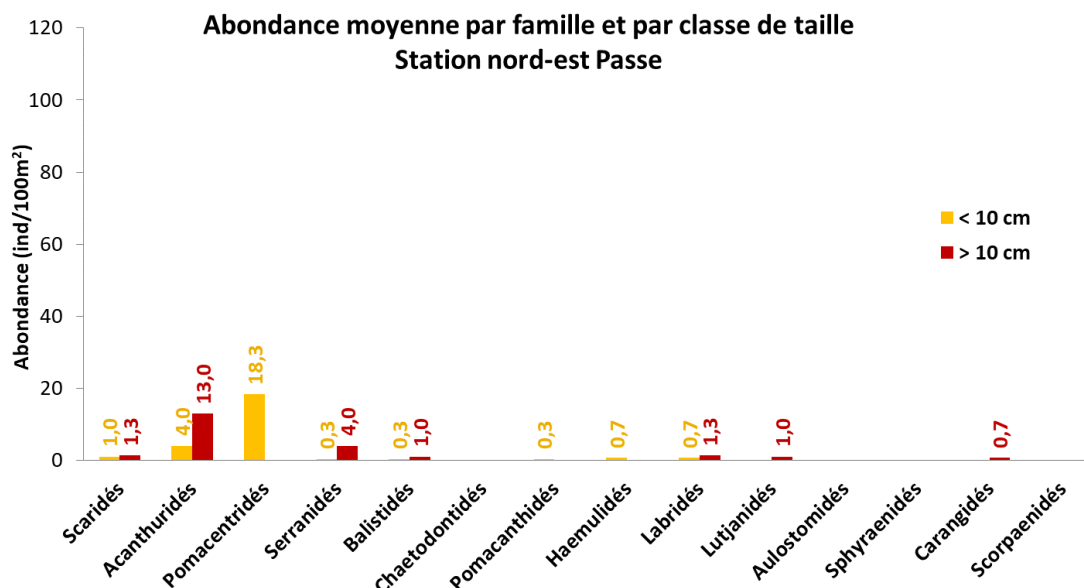


Figure 28 : Répartition des poissons selon leur famille leur classe de taille (> ou < à 10 cm)

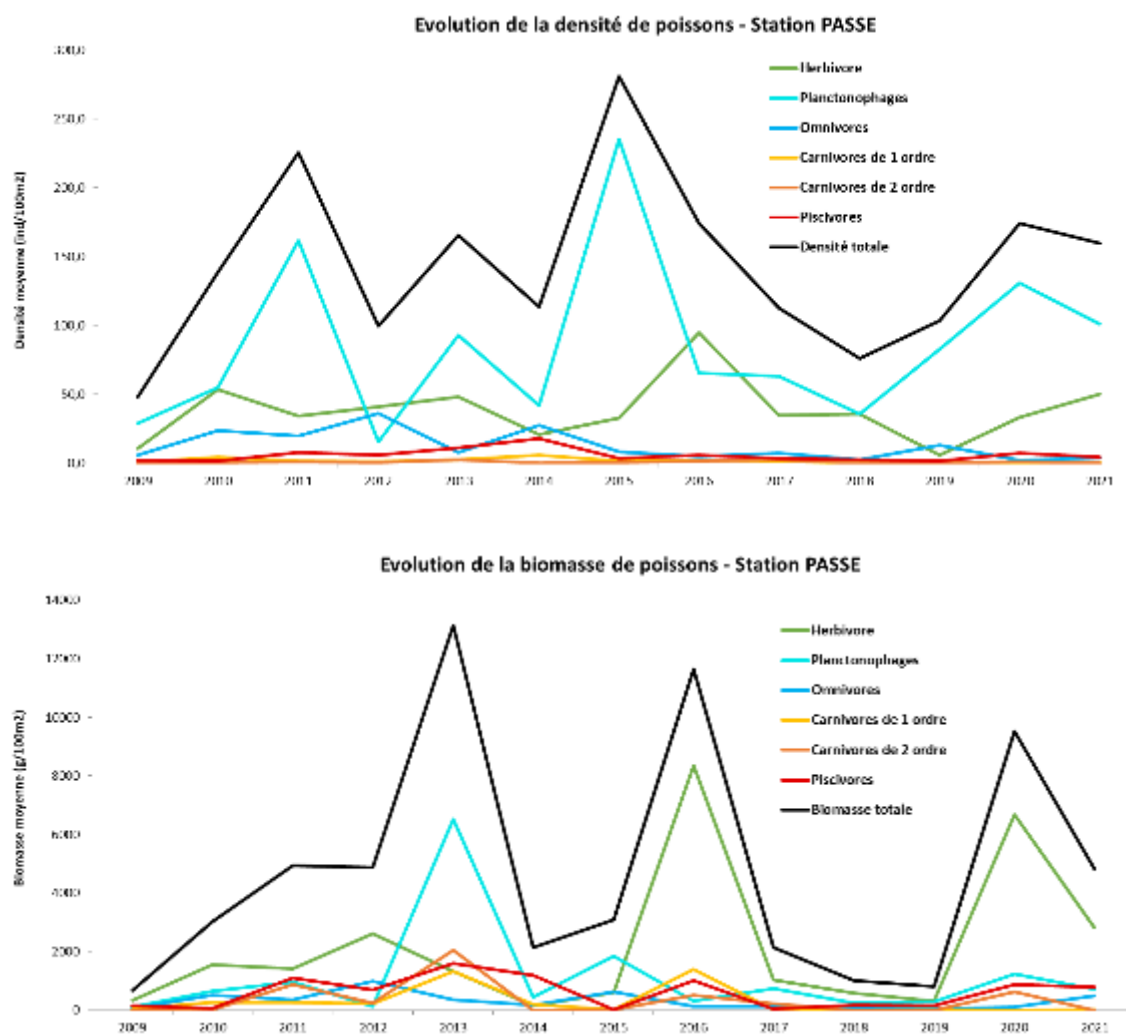
Sur la station Nord Est Passe, les Pomacentridés sont majoritaires et tous inférieurs à 10 cm. Comme mentionné pour la station Passe, ces espèces ne dépassent généralement pas les 15 cm pour les plus grands spécimens.

Pour l'ensemble des autres taxons, les individus supérieurs à 10 cm sont majoritaires. Les grands poissons observés sont des Serranidés de 30 à 40 cm.

Sur les 15 groupes taxonomiques des espèces cibles, 10 sont représentés sur la station Nord-est Passe.

Evolution du peuplement ichthyologique de 2009 à 2021 :

Station Passe

**Figure 29 : Evolution de la densité et de la biomasse de poisson sur la station Passe**

La densité du peuplement ichthyologique évolue peu de 2020 à 2021, avec une légère baisse de densité (174 à 160 individus/100m²), alors que la biomasse accuse une forte baisse (de 9 517 à 4 815 g/100m²). La baisse de densité est essentiellement due à une baisse du nombre de planctonophages observés sur le transect, alors que la densité d'herbivore augmente pour la seconde année consécutive (33 à 50 ind./100m²). Les évolutions de densité des autres groupes trophiques sont négligeables par rapport au planctonophages et herbivores. A noter toutefois la baisse de densité de piscivores (7,3 à 4,3 ind./100m²).

Concernant l'évolution de la biomasse, la chute de la biomasse des herbivores (-40%) provoque une forte baisse de la biomasse totale (-50%, de 9 517 à 4 814 g/100m²). La biomasse en herbivore reste toutefois relativement élevée par rapport aux précédents suivis. Les planctonophages, les carnivores d'ordre 2 et les piscivores voient aussi leur biomasse diminuer, alors que celle des omnivores augmente.

Des tests non paramétriques ont été réalisés sur les données, aucune évolution n'est statistiquement significative.

Station Nord-est Passe

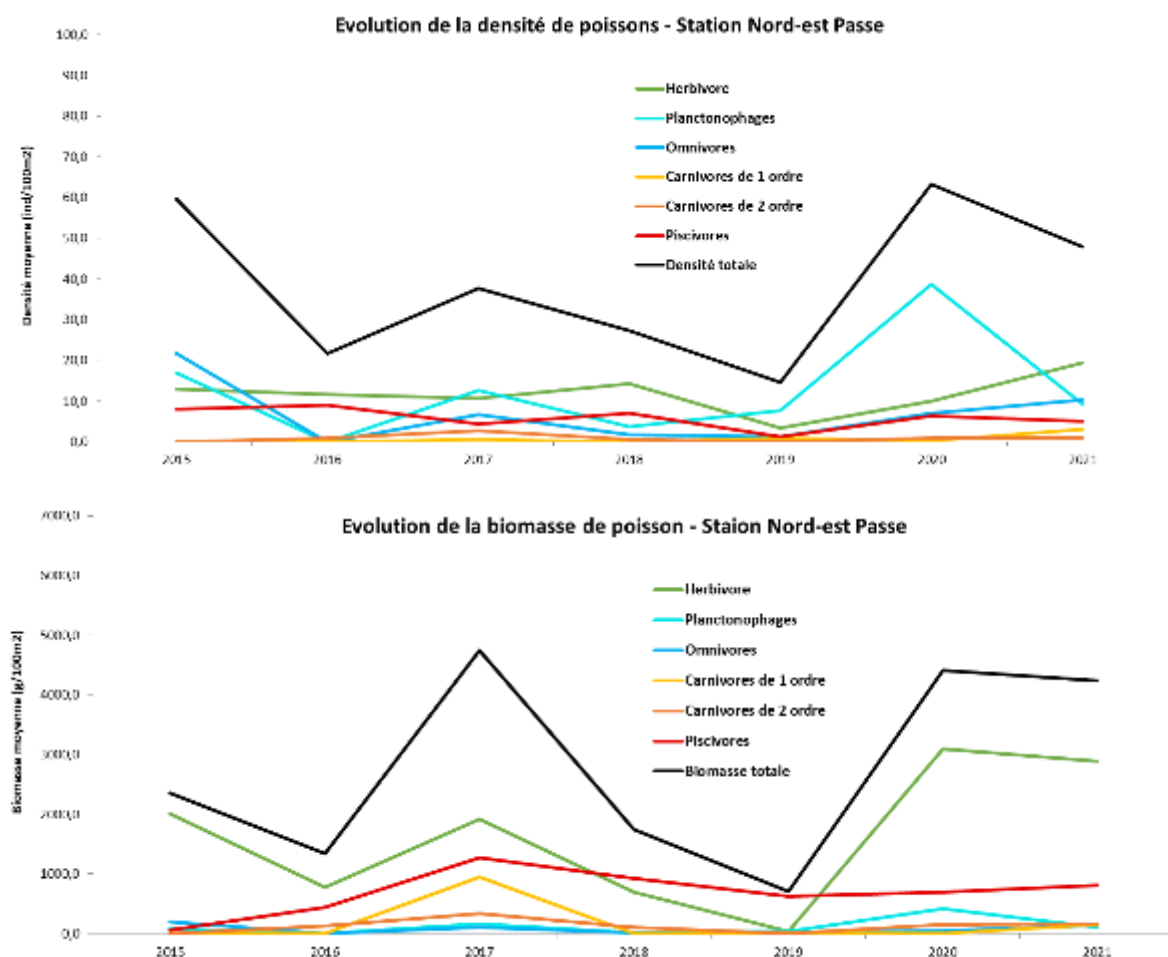


Figure 30 : Evolution de la densité et de la biomasse de poisson sur la station Nord-est Passe

En 2021, une légère diminution de la densité et de la biomasse de poisson est observée, mais ces dernières restent à des valeurs relativement élevées par rapport aux années précédentes (troisième plus haute densité et biomasse depuis le début du suivi en 2015).

En termes de densité, la population de planctonophages chute 39 à 9 ind./100m² alors que la densité d'herbivores (et d'omnivores en moindre mesure) continue d'augmenter. L'absence de grands bancs de Pomacentridés (planctonophages) comme ceux observés en 2021, est responsable de cette baisse.

En termes de biomasse, les herbivores restent majoritaires, suivis des piscivores, avec des valeurs proches de celles de 2020. Les autres groupes trophiques représentent une très faible proportion de la biomasse totale.

Des tests non paramétriques ont été réalisés sur les données, aucune évolution n'est statistiquement significative.

La réserve de Petite Terre a été non accessible au grand public du 1^{er} août au 1 octobre 2021 du fait du contexte sanitaire. L'absence du grand public via les prestataires touristiques pourrait avoir eu une influence positive et être en partie responsable du maintien des populations ichthyologiques à des valeurs relativement hautes en termes de biomasse et de densité. En 2020, l'accès a aussi été interdit pour les mêmes raisons sur plusieurs périodes dont mars à juin 2020. Cependant les fortes oscillations des années précédentes n'apportent pas de tendance claire sur cette évolution.

Evolution des classes de tailles de 2009 à 2021 :

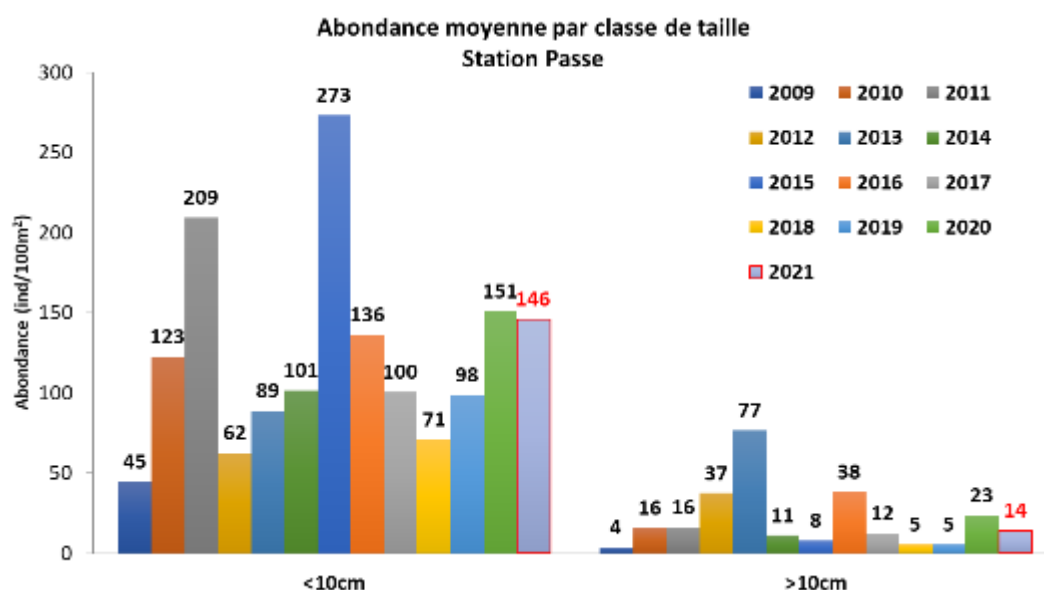


Figure 31 : Evolution des classes de tailles (> 10 cm et < 10 cm) sur la station Passe de 2009 à 2021

En 2021, les poissons de petites tailles sont majoritaires, à l'instar des années précédentes. Peu d'évolution de la structure du peuplement au regard des tailles est noté. De manière générale, les petits individus (< 10 cm) sont 5 à 10 fois plus nombreux que leurs congénères > 10 cm. En 2015 et 2019 ce rapport est bien au-delà, avec très peu d'individu > 10 cm observés. En 2012 et 2013, le rapport entre les deux classes de population était seulement de 2 environ.



Figure 32 : Banc de Demoiselles bleues (*Chromis cyanea*) de tailles < 10 cm

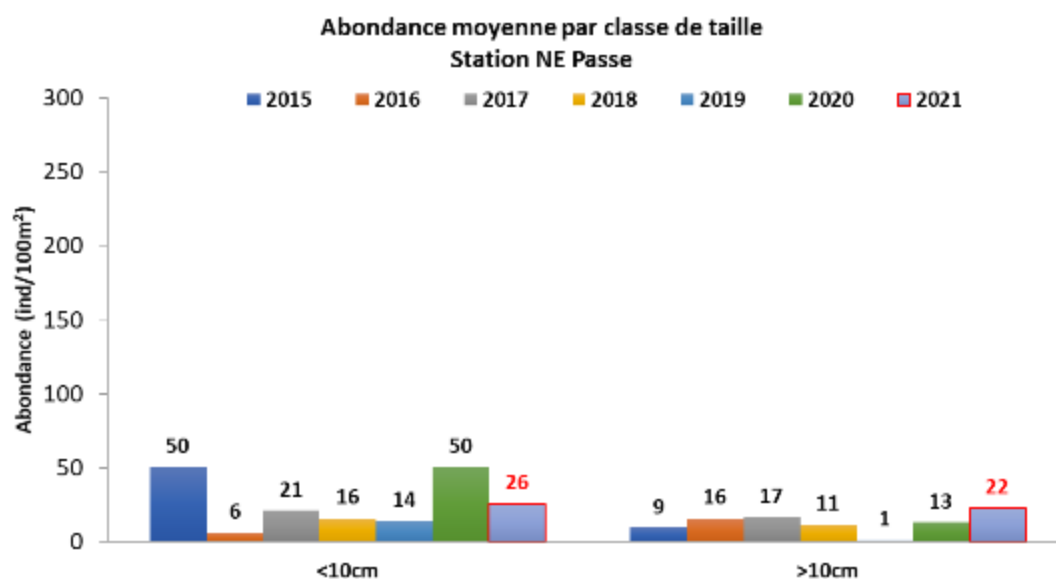


Figure 33 : Evolution des classes de tailles (> 10 cm et < 10 cm) sur la station Nord-est Passe de 2014 à 2021

Sur la station NE Passe, les poissons inférieurs et supérieurs à 10 cm sont en proportions similaires, avec une petite majorité de petits poissons (26 contre 22 ind./100m²). La dominance des poissons < 10 cm est observée lors des suivis bien qu'en 2016 les poissons > 10 cm sont majoritaires. Cette évolution fait apparaître une population ichtyologique plus équilibrée sur la station NE Passe par rapport à Passe, avec des proportions de petits et de grands poissons plus similaires.

3.3. Les herbiers de phanérogames et macrofaune associée

3.3.1. Terre de Haut

L'herbier étudié à Terre de Haut situé en réserve est suivi depuis 2007. Le secteur est soumis 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 établies. L'herbier étudié est d'autant plus exposé que la profondeur est faible, localement moins d'1 m. Au cours des suivis, un fort ensablement et une perte de densité a été observée.

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, elle domine parfois le peuplement. 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

Les caractéristiques générales de l'herbier de Terre de Haut sont présentées sur la Figure 34.

2021	Epibiose	Relief	Macrophytes non fixées	Cyano	Bioturbation	Etat de santé	Caractéristique du sédiment	
							Dans l'herbier	Sédiment nu
Radiale 1	3;4	1	1	0	1	4	3	4
Radiale 2	3	2	1	0	1	4	3	4
Radiale 3	4;3	1	1	0	1	4	3	4
Station	Algues filamenteuses et film biosédimentaire	1,3	1,0	0,0	1,0	4,0	3,0	4,0

2020	2, 3 et 4	1,0	0,3	0,7	0,0	4,5	2,3	2,3
2019	2, 3 et 4	1,3	0,0	0,0	0,0	2,3	2,3	2,3
2018	Présence de 1, 2 et 4	1,3	0,0	0,0	0,3	2,5	3,0	2,0
2017	Présence de 2, 3 et 3	1,3	0,3	0,0	0,0	2,5	2,7	2,7
2016	Présence de 2, 3 et 4	1,0	0,0	0,3	0,0	2,2	2,0	2,0
2015	Présence de 2 et 4	1,7	0,7	1,2	0,0	2,5	3,0	3,0
2014	Présence de 4	1,0	0,0	0,3	0,3	2,0	3,0	3,0
2013	Présence de 3 et 4	1,0	1,0	0,7	0,3	3,0	2,3	2,3

Nomenclature :	EPIBIOSE	1 : pas d'épibiose 2 : algues calcaires 3 : algues filamenteuses 4 : film sédimentaire
	RELIEF	1 : faible (<15cm) 2 : moyen (15-50cm) 3 : fort (>50cm)
	ALGUES / DEBRIS PHANEROGAMES DANS TROUS DE SABLE	0 : quasi 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 34 - Synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur Terre de Haut

Lors de la caractérisation générale de l'herbier en 2021, ce dernier présente :

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.

- ▶ **Une épibiose composée d'algues filamenteuses et d'un film biosédimentaire.** Ce dernier peut contribuer au déclin de l'herbier, en occultant la lumière, nécessaire à la photosynthèse des phanérogames.
- ▶ **Un relief présent mais peu marqué** (indice moyen : 1/3). Ce faible relief est observé depuis le début des suivis à l'exception de 2015 où il était plus fort.
- ▶ **Les macrophytes dérivantes sont présentes sur les transects** (indice moyen : 0,7/1). Des débris de *Turbinaria sp.*, de *Sargassum sp.* et de *Dictyota sp.* dérivants ont été observés.
- ▶ **Aucune cyanobactérie n'a été relevée sur les transects de l'herbier de Terre de Haut** (indice 0/2). Des patches de cyanobactéries étaient présents ou abondants de 2013 à 2016.
- ▶ **Quelques trous sont observés sur les transects, témoignant d'une bioturbation moyenne** (indice 1/2). Ces signes étaient très peu présents les années précédentes.

Le substrat a été caractérisé en 2021 comme du sable fin propre dans l'herbier. Hors de l'herbier, des particules plus grosses classent le substrat en sable grossier propre. Les données historiques indiquent la présence de vase en faible proportion (substrat=sable fin vaseux) dans et hors de l'herbier pour certains transects.

Mitage et fragmentation des herbiers en 2021 et évolution depuis 2017

Les données obtenues lors de la réalisation du LIT en 2021 sont illustrées ci-dessous :

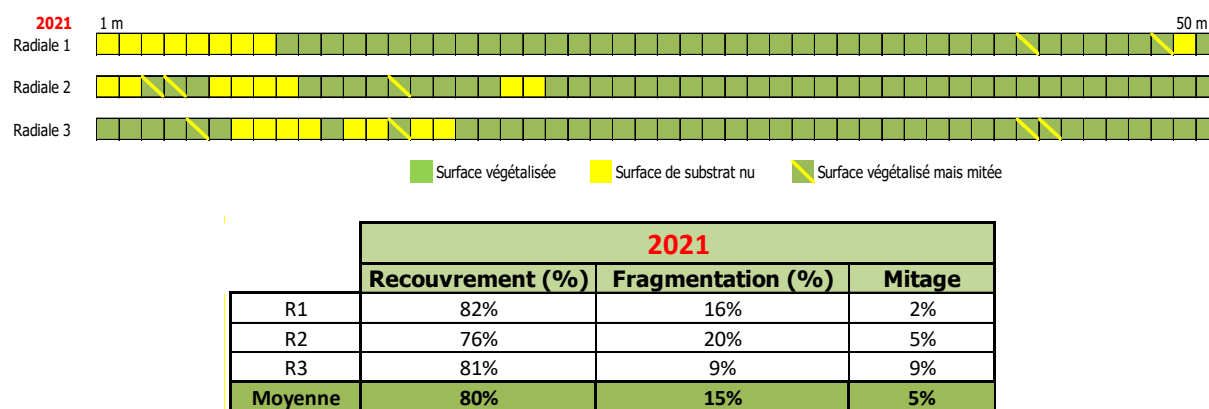


Figure 35 - Représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Terre de Haut en 2021

Des points de rupture de l'herbier sont présents sur toutes les radiales, notamment au début des transects. La fragmentation représente en moyenne 15% des transects, avec des étendues de sable dénuées d'herbier ou de la roche ensablée. Les radiales 1 et 2 ne présentent presque pas d'herbier jusqu'à 10m environ. Cette absence de phanérogame est constatée entre les 5m et 15m de la radiale 3. La proximité du début des radiales avec le trait de côte pourrait aussi expliquer cet ensablement.

Les secteurs de mitages sont peu présents (5% en moyenne) ils sont présents en fin et en début de transect.

Les données historiques des pourcentages moyens de recouvrement et de ruptures sont présentées ci-dessous.

	Recouvrement (%)	Fragmentation (%)	Mitage	Tendance
2015	92%	8%	1%	↘
2016	93%	7%	0%	↘
2017	91%	9%	0%	↘
2018	87%	13%	4%	↘
2019	79%	21%	0%	↘
2020	75%	23%	2%	↘
2021	80%	15%	5%	↗

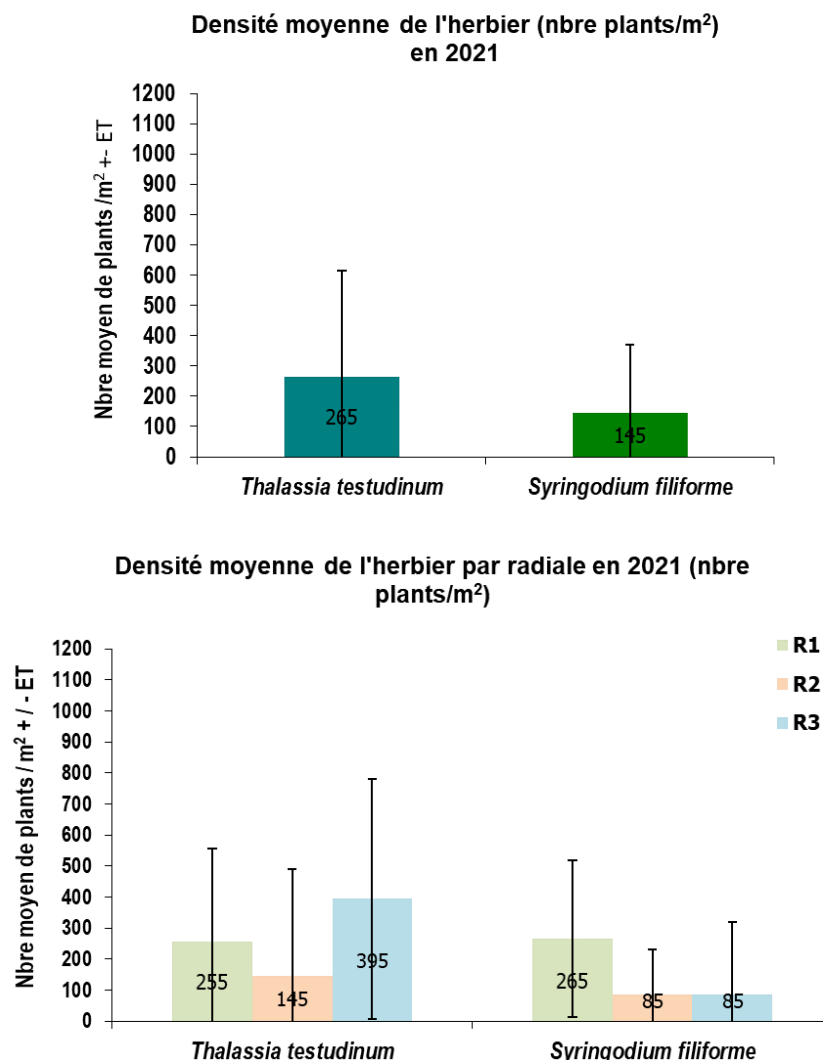
Figure 36 : Evolution du % de recouvrement en phanérogames et des ruptures au sein de l'herbier Terre de Haut

Depuis les premières évaluations des zones de fragmentations et mitages en 2015, et jusqu'en 2020, la proportion de phanérogames diminuait au profit des la fragmentation (sable/roche ensablée). En 2021, cette tendance semble s'infléchir, mais la fragmentation et le mitage restent forts, proche des valeurs de années 2019 et 2020 (20%).

L'herbier de Terre de Haut connaît un ensablement et une diminution de la couverture de phanérogames depuis le début des suivis. 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). Cette tendance semble ralentir en 2021 mais la couverture en phanérogames est toutefois en régression avec des densité de plants très faibles.



Figure 37 : Vue d'ensemble du transect 1 de l'herbier de Terre de Haut

Densité de l'herbier en 2021 et évolution depuis 2017**Figure 38 - Densité de plants moyenne globale et sur chaque radiale, selon l'espèce**

La densité moyenne de plants de l'herbier de Terre de Haut à Petite Terre est évaluée à **410 plants/m²** toutes espèces confondues. L'espèce *T. testudinum* est la plus représentée, avec 265 plants/m² contre 145 plants/m² pour *S. filiforme*.

L'espèce *Halodule wrightii* n'est pas comptabilisée dans ce comptage mais participe aussi à la couverture de l'herbier.

La répartition des deux espèces sur les radiales est hétérogène. *T. testudinum* est largement majoritaire sur la radiale 2 et 3 alors que les deux espèces sont en proportion similaires sur la radiale 1.

La figure suivante présente l'évolution de la densité de *T. testudinum* et *S. filiforme* au sein de l'herbier.

La densité de *Thalassia testudinum* est la plus faible observée depuis le début des suivis. Cette densité subie une baisse progressive depuis les premiers suivis.

La densité de *S. filiforme* est aussi en déclin, après avoir atteint des valeurs élevées en 2010 et 2014.

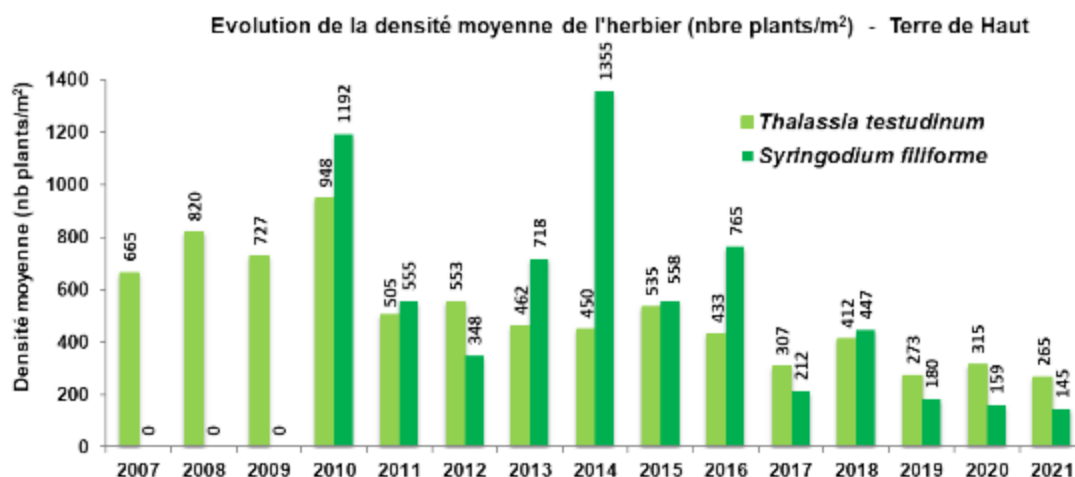


Figure 39 – Evolution de la densité de plants sur l'herbier de Terre de Haut de 2007 à 2021.

La densité totale en phanérogames observée en 2021 est la plus faible comparée aux années précédentes. La dégradation de l'herbier et le recul des phanérogames sont confirmés par cette tendance.³

Cette baisse est retrouvée au sein des deux espèces, dont la densité est la plus faible des 15 années d'études.

La densité en *Thalassia testudinum* subie une baisse significative de 2010 à 2011. Les valeurs observées depuis 2017 montrent une différence significative avec les densités observées en 2011 et 2012, témoignant d'une nouvelle baisse de densité de *Thalassia testudinum*.

La densité de *Syringodium filiforme* est significativement plus basse depuis 2017 par rapport aux premières années d'observation (2011 et 2012).

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.

Aucune fleur et aucun fruit n'a été observé sur cet herbier.

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 (2 635 plants/m² contre 440 en 2015).

Longueur de feuilles en 2021 et évolution 2007-2021

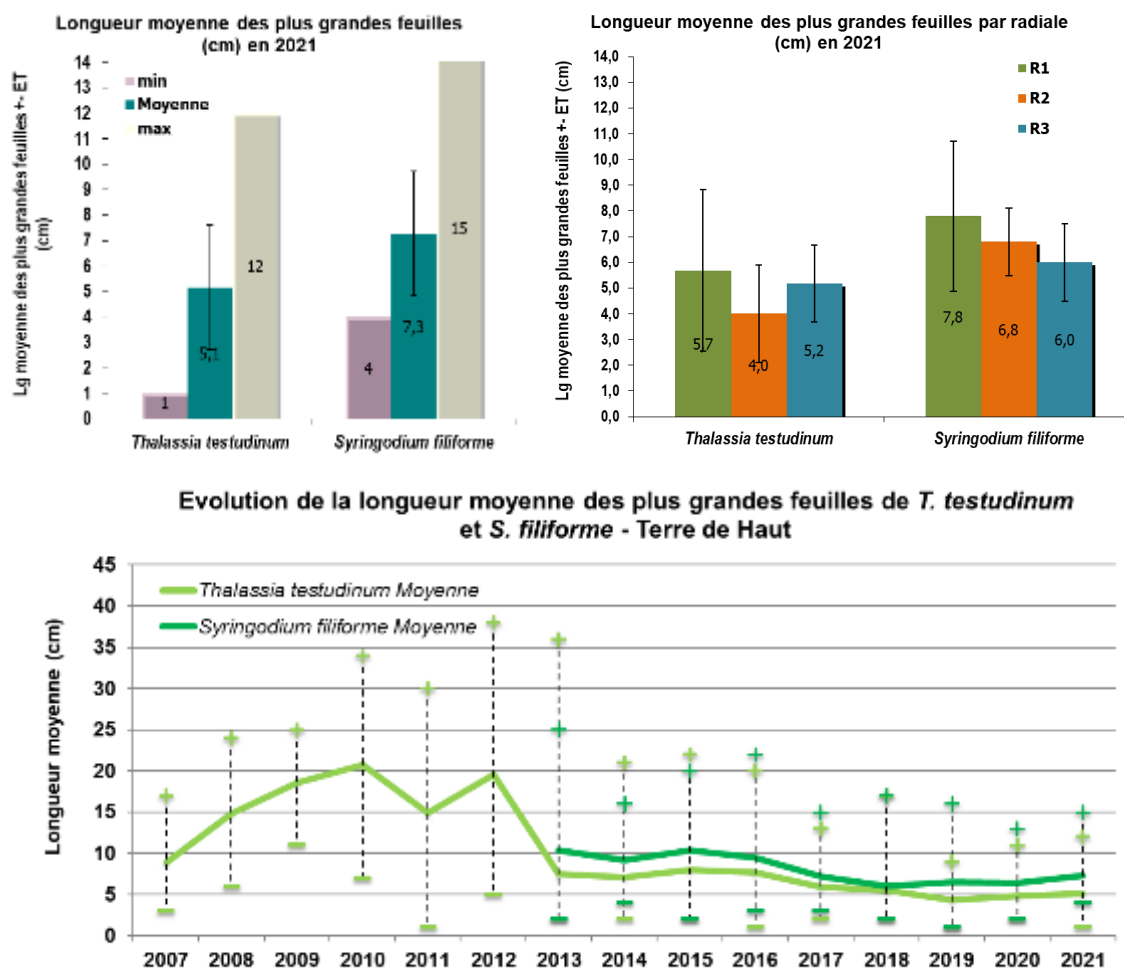


Figure 40 - Longueur de feuilles en 2021 sur Terre de Haut (en haut) et évolution 2007-2021

Les feuilles sont en moyenne de faible longueur, du fait de l'ensablement de l'herbier. L'espèce *T. testudinum* est plus courte en moyenne (4,4 cm) que *S. filiforme* (7,3 cm). Les plus hautes feuilles observées en 2021 pour ces espèces sont respectivement de 12 et 15 cm. Dans des conditions favorables, ces espèces peuvent avoir des feuilles mesurant jusqu'à plus de 30 cm.

La longueur des feuilles ne montre pas d'évolution en 2021. Les feuilles mesurées lors du suivi présentent des longueurs moyenne similaire à 2020 ou 2019 (entre 5 et 10 cm environ). La longueur des feuilles est toujours faible depuis la forte diminution observée entre 2012 et 2013.

D'un point de vue statistique, la longueur des feuilles de *Syringodium filiforme* diminue significativement en 2017. La longueur des feuilles de *Thalassia testudinum* augmente significativement de 2007 à 2010 puis subit une forte baisse significative de 2012 à 2013. Une nouvelle baisse est enregistrée depuis 2020 par rapport aux années 2015 et 2016.

Depuis 2013, cet herbier subit une régression au niveau de la densité et de la longueur de ses feuilles. Les houles cycloniques de 2017 sont venues entretenir l'ensablement de l'herbier. La faible profondeur exacerbe l'effet de la houle sur l'herbier.

Mégafaune associée aux herbiers

L'herbier de Terre de Haut abrite très peu d'invertébrés en 2021.

Seulement un lambi sub-adulte (*Aliger gigas*) et un oursin diadème (*Diadema antillarum*) ont été observés sur l'ensemble des radiales en 2021.

Les densités sont inférieures à 1 individu/100m².

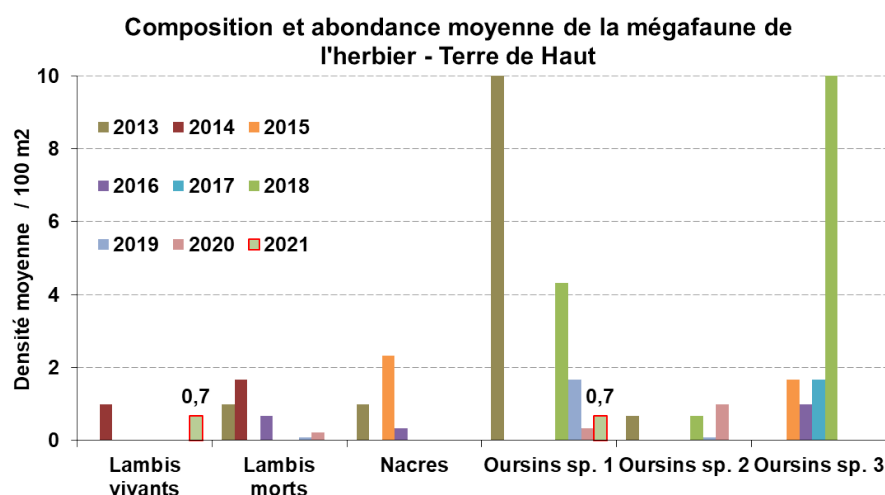


Figure 41 - Composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Terre de Haut en 2021

La mégafaune de l'herbier de Terre de Haut est donc peu diversifiée et très peu abondante. L'état de dégradation avancé de l'herbier peut expliquer la quasi-absence de macro-invertébré qui ne trouvent pas d'habitat propice à leur développement, du fait des faibles densités et des faibles hauteurs de feuilles.

Évolution des populations de lambis sur l'herbier sur la période 2007-2021

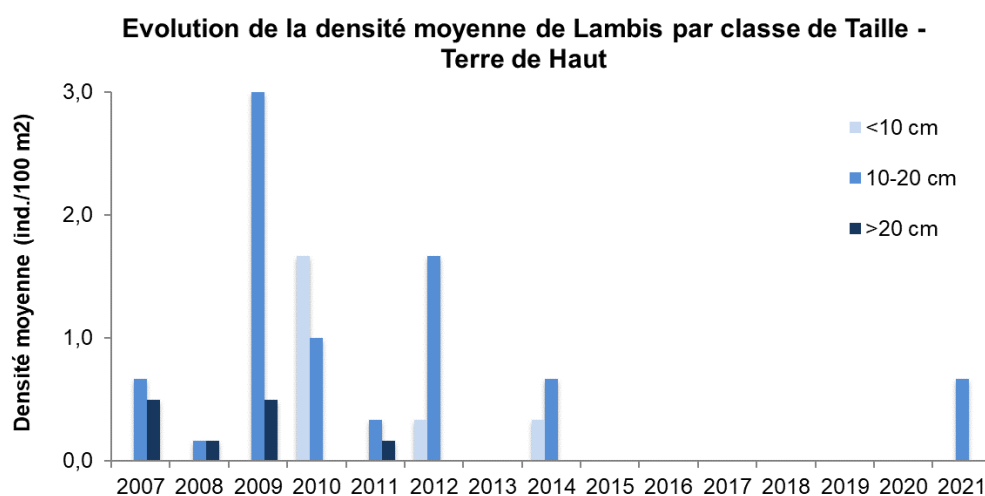


Figure 42 - Évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Terre de Haut entre 2007 et 2021

En 2021, un seul lambi sub-adulte a été observé sur la première radiale, traduisant une densité inférieure à 1 individu/100m². Les lambis étaient présents sur cet herbier de 2007 à 2014, puis n'ont plus été observés. Les individus adultes n'étaient plus observés dès 2011.

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. La disparition des lambis sur cette herbier pourrait être notamment être lié à la hauteur des feuilles qui a significativement diminué en 2013.

Les relevés sur cet herbier ne sont toutefois pas représentatifs 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 3.4 .

3.3.2. Terre de Bas

Cette nouvelle station a été choisie sur la base des données cartographiques produite par Biotope en 2020/2021 (voir la carte ci-dessous).

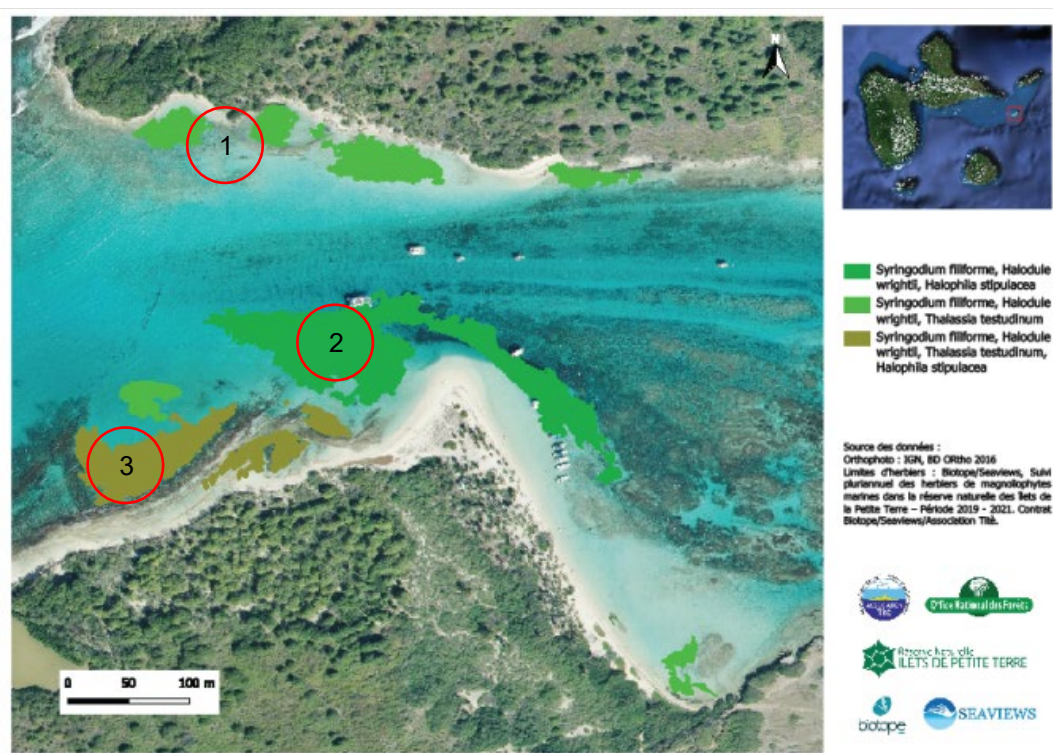


Figure 43 : Cartographie des herbiers du lagon de Petite Terre (source : Biotope)

Après prospection par manta taw, le seul véritable herbier rencontré est celui proche de Terre de Bas (3). Certaines imprécisions ont été relevées sur la carte ci-dessus après les prospections terrain :

- **la densité des herbiers** est très différente entre les zones. Les patches proches de Terre de Haut (1) sont très peu denses contrairement à la zone d'herbier proche de Terre de Bas (3)
- la large zone d'herbier mixte au niveau de la passe (2) ne présente pas d'herbier sur une aussi grande surface. Cette zone se compose principalement de débris coralliens avec une forte couverture en macroalgues.

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

Le nouvel herbier prospecté en 2021 se situe sur un fond de 2 à 3 m, à l'ouest de la pointe nord-est de Terre de Bas. Il s'agit d'un herbier mixte, composé des espèces *Syringodium filiforme*, *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii* et de très rares brins d'*Halophila stipulacea*. Les caractéristiques générales de l'herbier sont exposées ci-dessous.

2021	Epibiose	Relief	Macrophytes non fixées	Cyano	Bioturbation	Etat de santé	Caractéristique du sédiment	
							Dans l'herbier	Sédiment nu
Radiale 1	2	1	1	1	1	2	4	4
Radiale 2	2;4	1	1	2	2	2	4	4
Radiale 3	2;4	1	1	1	2	2/3	3	3
Moyenne	Présence de d'algues calcaires et d'un film biosédimentaire	1,0	1,0	1,3	1,7	2,0	3,7	3,7

Nomenclature :

EPIBIOSE	1 : pas d'épibiose 2 : algues calcaires 3 : algues filamenteuses 4 : film sédimentaire
RELIEF	1 : faible (<15cm) 2 : moyen (15-50cm) 3 : fort (>50cm)
ALGUES / DEBRIS PHANEROGAMES DANS TROUS DE SABLE	0 : quasi 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

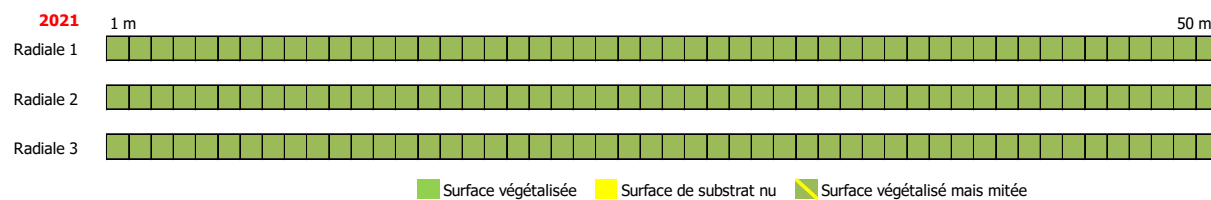
L'herbier présente :

- **Une épibiose composée d'algues calcaires et d'un film bio-sédimentaire.** Ces épibiontes peuvent ralentir la croissance des phanérogames par occultation de la lumière nécessaire à la photosynthèse.
- **Un relief peu élevé (indice 1/3).** Le substrat est sculpté en larges ripples-marks parallèles à la côte.
- **Les macrophytes dérivantes sont présentes mais en faible proportion.** Il s'agit principalement de petites touffes de *Ditcota sp.* et de débris de *Sargassum sp.*
- **Des cyanophycées sont présentes sur les transects.** Elles sont relativement abondantes sur la radiale 2, formant des patchs sur le substrat et les phanérogames
- **Les signes de bioturbation sont présents** sur les radiales 1 et abondants (>10) sur les radiales 2 et 3. L'herbier de Terre de Bas abrite une endofaune active.

L'état de santé de l'herbier est évalué comme bon à moyen (indice 2 à 3/5). La présence de macroalgues et une légère sédimentation déclassent cet état de santé.

Mitage/fragmentation de l'herbier

Les données obtenues lors de la réalisation du LIT en 2021 sont illustrées ci-dessous :



L'herbier de Terre de Bas présente une couverture continue sans point de rupture.



Figure 44 : Vue d'ensemble de la radiale 1 de l'herbier de Terre de Bas

Densité de plants en 2021

Les données de densité de plants au sein de l'herbier sont présentées dans la figure suivante.

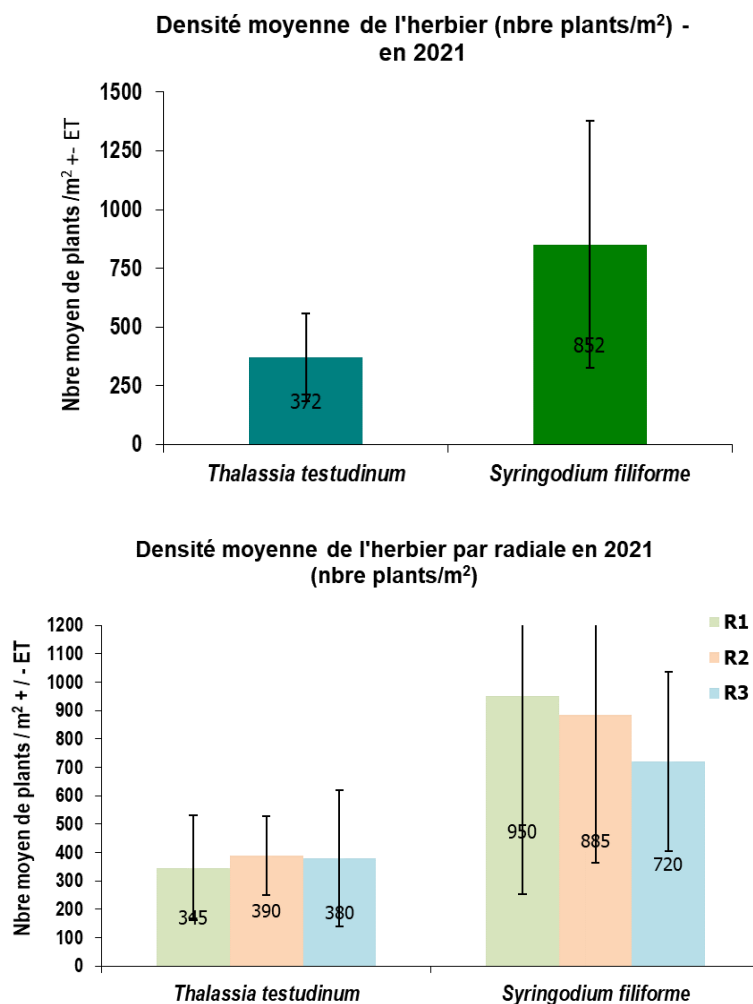


Figure 45 : Densité de plants au sein de l'herbier de Terre de Bas (plants/m²)

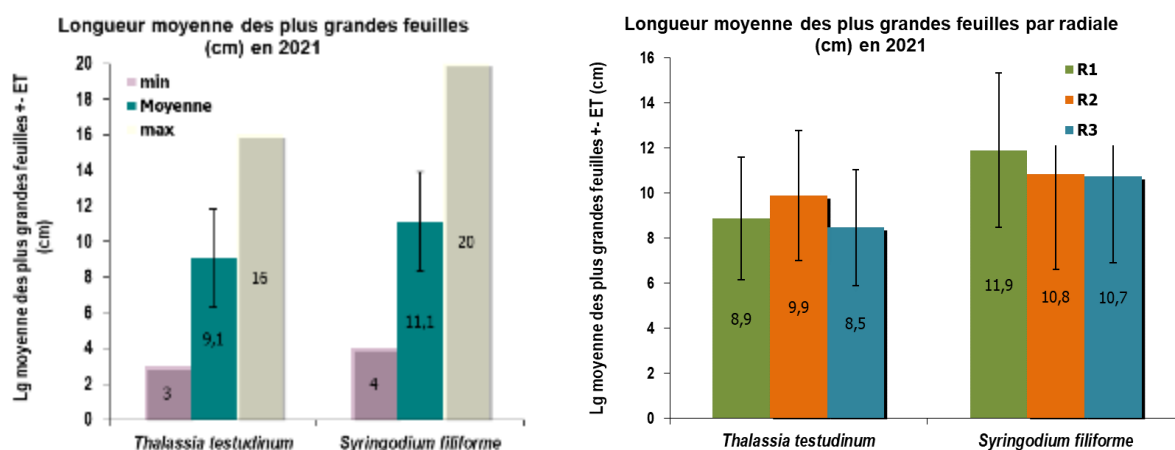
La densité de plants totale de *T. testudinum* et *S. filiforme* est de 1 223 plants/m². D'autres espèces sont présentes parfois en forte proportion, notamment *Halodule wrightii*, augmentant encore la densité de phanérogames au sein de l'herbier.

La densité de *S. filiforme* est beaucoup plus élevée que celle de *T. testudinum* (852 contre 372 plants/m²). Cette dominance s'observe au sein de chaque radiale.

L'herbier de Terre de Bas possède une densité en phanérogames environ 3 fois plus élevée que l'herbier de Terre de Haut. Cette différence est significative pour l'espèce *S. filiforme* qui possède une densité 5 à 6 fois plus forte à celle de Terre de Bas.

Longueur des feuilles en 2021

La mesure des feuilles les plus longues permet d'obtenir la hauteur moyenne de la canopée. Ces données sont visibles dans la figure suivante.



La hauteur moyenne des plus grandes feuilles est de 9,1 cm pour l'espèce *Thalassia testudinum* et 11,1 cm pour *Syringodium filiforme*. Les plus hautes feuilles de ces espèces ont respectivement été mesurée à 16 cm et 20 cm alors que les plus petites étaient de 3 et 4 cm.

La hauteur des feuilles est homogène entre les 3 radiales et elle est sensiblement supérieure à celle de l'herbier de Terre de Haut (+ 4 cm pour les 2 espèces).



Figure 46 : Vue générale de la radiale 1

Mégafaune associée aux herbiers

Aucun macro-invertébré n'a été observé dans l'herbier de Terre de Bas.

Le nouvel herbier caractérisé à proximité de Terre de Bas peut être considéré comme une nouvelle station de suivi de phanérogames au sein de la Réserve Naturelle de Petite Terre.

En effet, l'herbier est étendu, suffisamment dense et haut pour conserver certaines fonctionnalités contrairement à l'herbier de Terre de Haut. Ce dernier est en cours de disparition du fait d'un hydrodynamisme peu favorable provoquant un fort ensablement.

3.4. Suivi spécifiques des lambis par vidéo tractée

Etat de la population en octobre 2021

Le traitement des vidéos des 5 transects a permis de comptabiliser les lambis suivant leur taille et leur état (vivant ou non).

La figure ci-dessous fournit les résultats du dénombrement par vidéo, pour chaque radiale.

Tableau 6 : Synthèse des observations de lambis par transect

Transect	1	2	3	4	5	Total
Estimation de la surface échantillonnée (m ²)	553	2227	2549	1705	1193	8228
Nombre d'individus observés	0	41	39	17	10	107
..dont individus morts	0	5	6	6	2	19
Densité (ind./100 m ²)	0,0	1,0	1,8	1,5	0,8	1,3

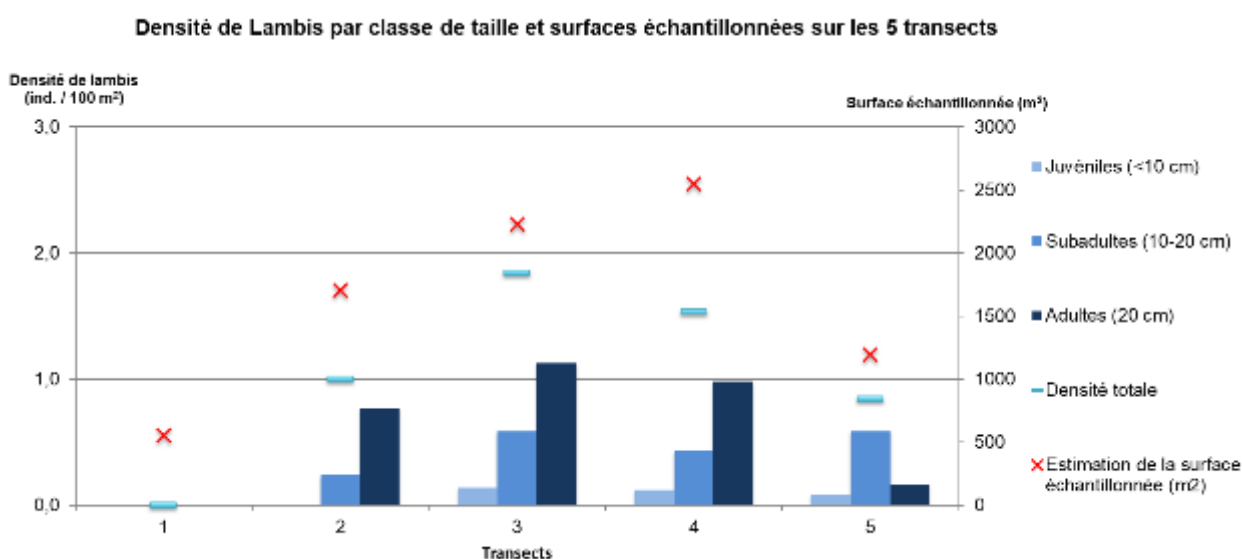


Figure 47 : Synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les cinq transects en octobre 2020

Sur l'ensemble des 5 transects, **107 individus ont été comptés**, pour une surface d'échantillonnage de 8 228 m².

La densité de lambis en 2021 est donc estimée à **1,3 individus/100m² soit 130 individus/hectare**. Cette densité est du même ordre de grandeur que les densités observées dans l'arc des Petites et des Grandes Antilles (Prada, 2020). Ce recensement ne revêt toutefois pas un caractère exhaustif mais constitue **un état** à une saison donnée.

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 107 individus comptabilisés, a minima 19 sont des lambis morts. Cette part de lambis morts (20% environ) est relativement constante depuis les 3 derniers suivis.

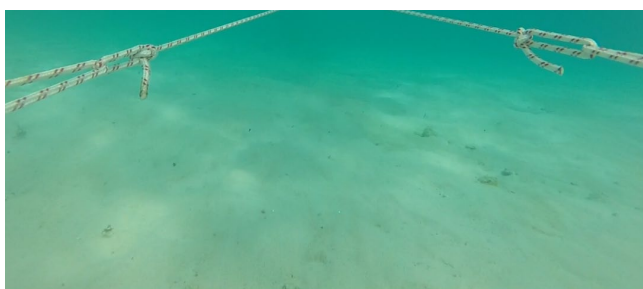
Une forte disparité des densités est observée entre les transects. Les radiales 2, 3 et 4, les plus centrales dans le lagon et donc les plus profondes (environ 5m), possèdent les densités les plus élevées. La radiale 1, proche du littoral de Terre de Haut, possède des petits fonds sableux (<2m) et aucun lambi n'y a été observé. La profondeur et le substrat apparaissent alors comme deux des facteurs d'influence sur répartition de la population de lambi.

Les classes de taille révèlent une majorité d'individus adultes (60% au total). Les subadultes sont moins nombreux (33% au total) alors que les juvéniles ne représentent que 7% du peuplement. Cette répartition se retrouve au sein des transects 2, 3 et 4 alors que sur la radiale 5, les subadultes sont majoritaires.

De très nombreux lambis étaient observés dans le lagon lors des premiers jours de la mission. La météo très calme pendant plusieurs jours pourrait avoir une forte influence sur les déplacements des lambis. Afin d'essayer de prendre en compte ce biais, une courte synthèse météo pour connaître les conditions précomptages en 2021 et les années suivantes.

Radiale 1 :

Sable nu



Radiale 2 :

Débris coralliens et
macroalgues



Radiale 5 :

Herbier de
phanérogame



Figure 48 : La différence de substrat entre les radiales peut être un facteur influençant fortement la densité de lambis

Evolution de la population de lambis entre 2013 et 2021

Remarques préliminaires :

En 2016, contrairement aux années précédentes, le suivi n'a pas pu être réalisé en septembre/octobre mais en janvier 2017, du fait du passages de 2 cyclones (José et Maria). 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.

De plus en 2020, la pêche au lambi a été suspendue pendant un an, à cause des faibles stocks.

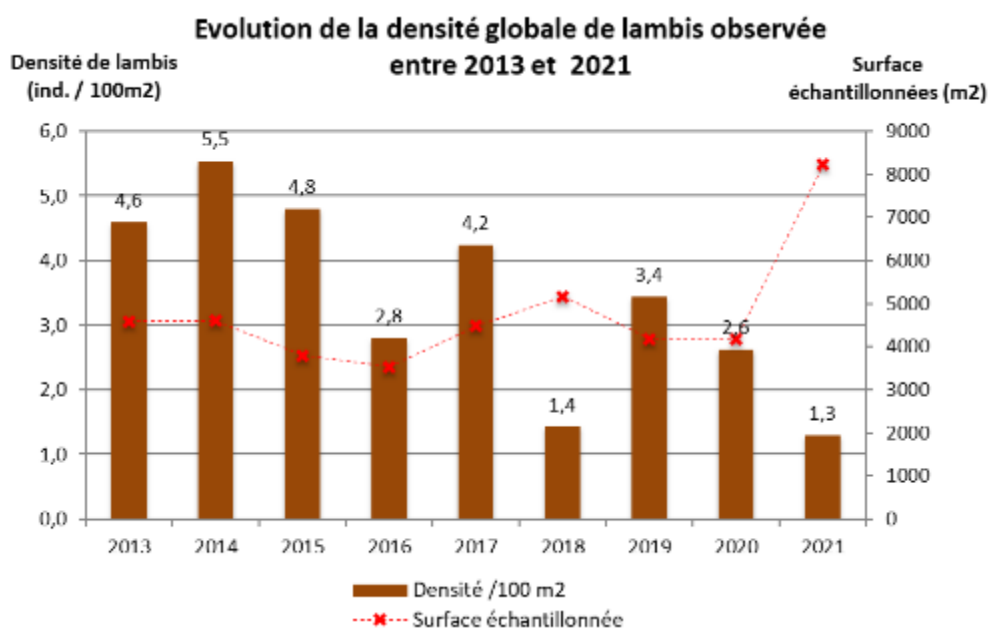


Figure 49 : Évolution de la densité de lambis et de la surface échantillonnée entre 2013 et 2021

En 2021 la surface échantillonnée est de 8 228 m². C'est la plus grande surface prospectée depuis le début des suivis lambi, elle est environ 2 fois plus élevée que la surface échantillonnée en 2016. La nouvelle méthode de prise de vue (plongeur tracté) semble considérablement augmenter la surface d'échantillonnage, du fait de la hauteur de prise de vue par rapport au fond, qui est plus élevée.

La densité de lambi calculée est la plus faible des 9 années de suivi avec 1,3 individus/100m². Cette faible densité avait déjà été observée en 2018, avec une surface échantillonnée de 5 168 m². La densité de lambi lors des premiers suivis était supérieure à 4 individus/100m², cette densité a tendance à diminuer depuis 2013.

La densité de lambi sur la période 2013-2017 semble bien plus forte que sur la période 2018-2021.



Figure 50 : Comptage de lambis sur la radiale 3 (cercles rouges = lambis, cercle verts = lasers étalons)

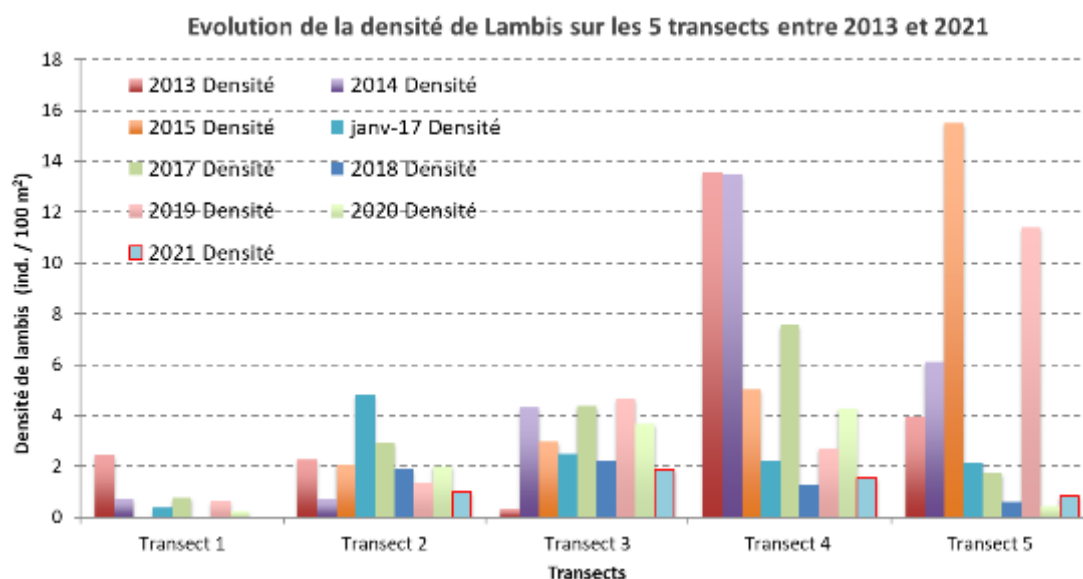


Figure 51 : Evolution de la densité de lambi par transect

Les densités les plus fortes sont observées sur les radiales 2, 3 et 4. La profondeur et la courantologie pourrait expliquer ces plus fortes densités. La radiale 1 ne présente que de très faibles densités depuis 2013 voir pas d'individu comme en 2015, 2018 et 2021.

La fermeture de la pêche en 2020 ne semble pas avoir eu d'influence positive sur la population de lambis de Petite Terre. Toutefois, les facteurs influençant la population de lambis sont nombreux et un seul échantillonnage ne peut pas renseigner sur l'effet d'un non-prélèvement pendant 1 année. Le braconnage de lambi est toujours observé dans la réserve de Petite Terre (communication personnelle) et peut avoir une très forte influence sur les populations de lambi. Une étude plus complète sur les

populations de lambis devrait être engagée à cet effet., avec par exemple l'ajout de nouvelles campagnes dans l'année et une comparaison avec des sites hors réserve.

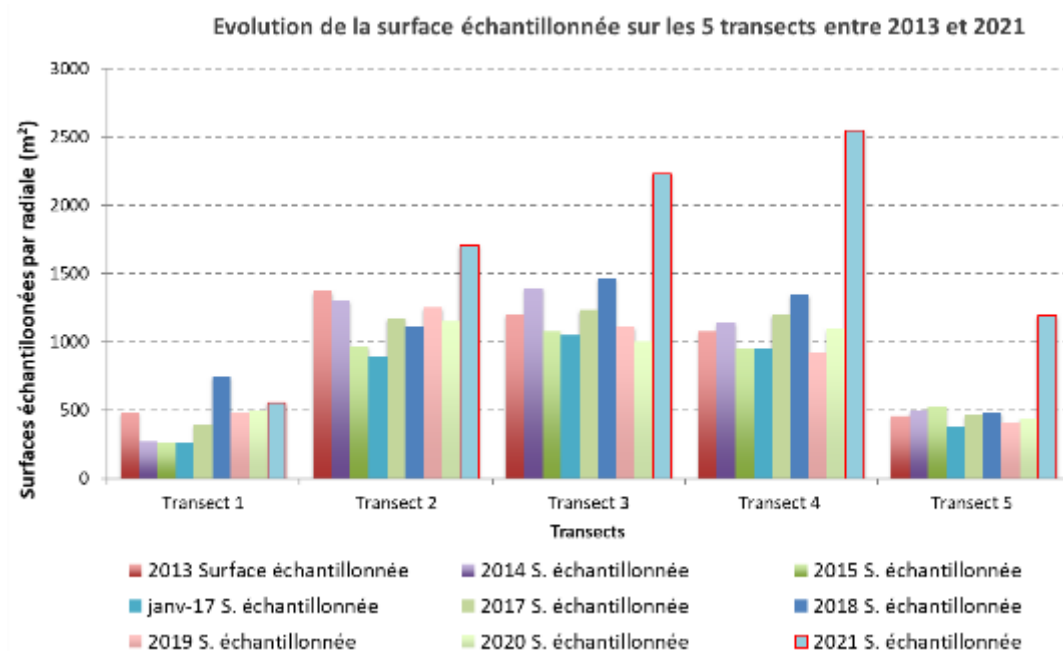
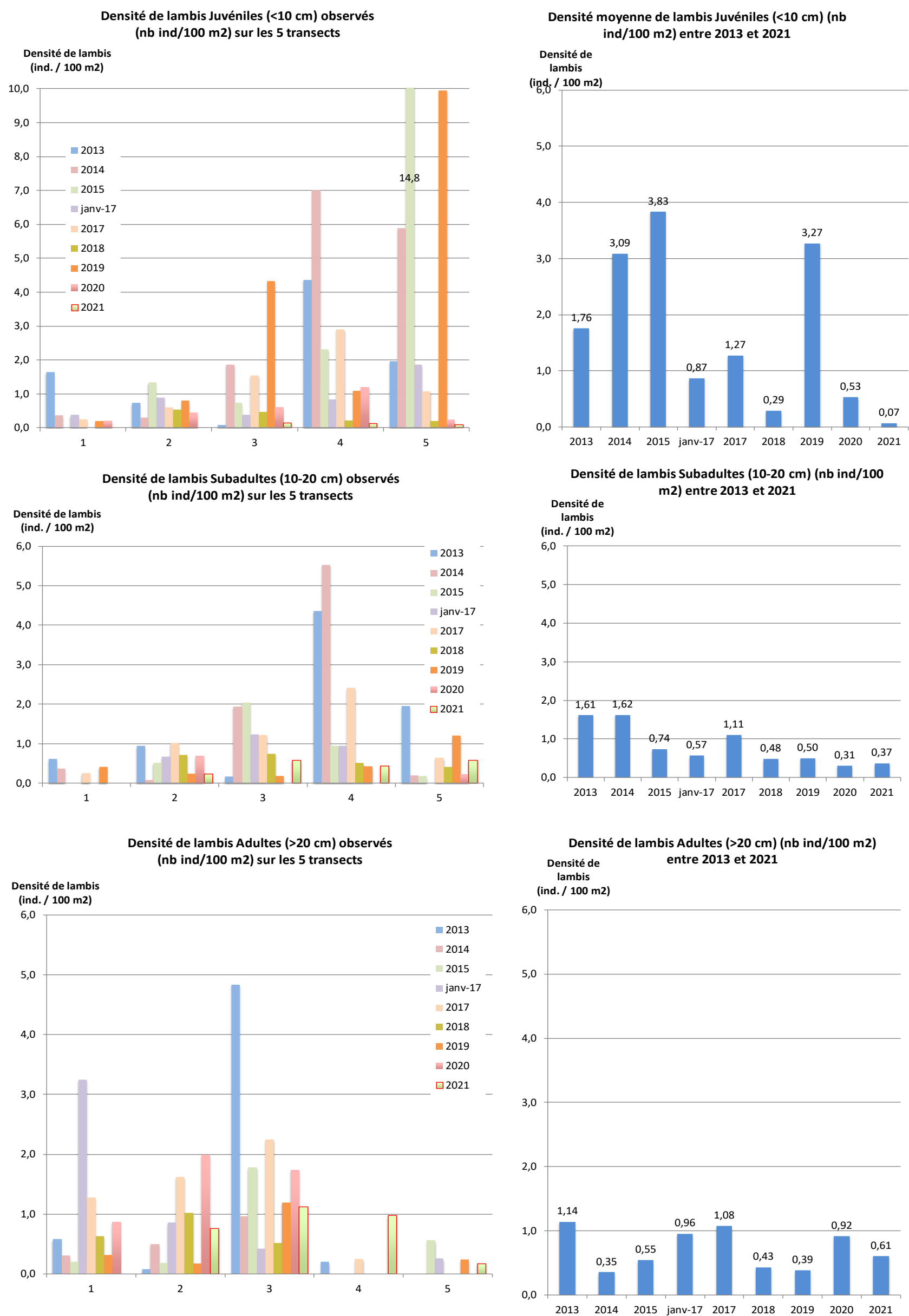


Figure 52 : Evolution des surfaces échantillonnées sur les transects

Les surfaces échantillonnées sont plus élevées sur les transects 2, 3 et 4 qui présentent de plus grandes longueurs. En 2021, les surfaces sont les plus élevées sur l'ensemble des transects à l'exception de radiales 1. Ces données mettent en lumière le changement de méthode de vidéo tractée, qui permet un échantillonnage d'une plus grande surface.

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 2021 va dans le sens de la tendance à la baisse de la densité de lambis dans le lagon de Petite Terre. 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).



3.5. Suivi spécifique des cyanophycées

En 2021, les cyanophycées sont peu présentes voir absentes sous les mouillages.

La couverture la plus grande est rencontrée sous le mouillage 1 (Ti Manganao), alors que le mouillage 2 (Frantz) ne possède pas de couverture en cyanophycées au sein des quadrats. Les mouillages 3 et 4 présentent aussi une faible couverture (<5%). L'épaisseur des cyanophycées observée est faible, avec un maximum sous le mouillage 3 (Paradoxe).

Les cyanophycées recouvrent préférentiellement les organismes benthiques tels que les macroalgues ou les phanérogames.

Tableau 7 : Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis (% et épaisseur)

	Quadrats sous mouillages		
	Couverture (%)	Code épaisseur (moyenne des quadrats)	Observations
Mouillage 1 (Ti Manganao)	8,0%	0,8	Très petits patchs sur débris et algues
Mouillage 2 (Frantz 3)	0,0%	0,0	Aucune cyanophycée observée
Mouillage 3 (Paradoxe)	4,4%	1,7	Film brun fin à épais, sur macroalgues et débris
Mouillage 4 (Awak)	2,1%	0,7	Film brun discontinu sur Halophila stipulacea

Le même protocole a été mis en place sur la station témoin historique, où les cyanophycées sont très développées. Elles recouvrent en moyenne 83% du quadrat et se développent en une couche épaisse et continue.

Tableau 8 : Couverture en cyanophycées sur la station témoin historique (lagon)

	Quadrat Hors mouillage - LAGON						Moyenne de la zone témoin
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
Aire moyenne (cm²)	5056,3	10000,0	8217,0	9075,2	8118,7	9536,8	
Couverture (%)	50,6%	100,0%	82,2%	90,8%	81,2%	95,4%	83,3%
Code épaisseur	3	3	3	4	4	3	3,3
Observations	Film brun noir très épais, couvrant organismes et substrat						

La station témoin historique, dans le lagon, apparaît bien plus impactée par les cyanophycées que les stations sous les mouillages. La faible circulation de l'eau dans la zone du lagon (contrairement aux stations dans le courant de la passe) pourrait être une des raisons à ce très fort développement de cyanophycées. L'impact des mouillages très utilisés (Awak, Ti Manganao, Paradoxe et Frantz) sur les cyanophycées n'est alors pas décelable avec une telle station témoin. Le suivi de cette dernière ne semble alors pas nécessaire dans l'étude de l'influence des mouillages dans le développement des cyanophycées.

En 2021 une nouvelle station témoin a été caractérisée, située au niveau de la première bouée de mouillage (le plus à l'est) qui est peu utilisée et uniquement par de petits bateaux moteur de particuliers.

Le film bactérien n'est que très peu développé, sur 2 quadrats seulement, en petits patchs représentant moins de 2% de la surface d'étude en moyenne. La couverture en cyanophycées sur cette station (0,4%) est plus faible que sur les mouillages 1, 3 et 4.

Tableau 9 : Couverture en cyanophycées sur la station témoin historique (lagon)

	Quadrat Hors mouillage - PASSE						Moyenne de la zone témoin
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
Aire moyenne (cm ²)	0,00	0,00	78,53	0,00	150,90	0,00	
Couverture (%)	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	1,5%	0,0%	0,4%
Code épaisseur	0	0	0	0	0	0	0,0
Observations	Très petit patch brun rouge sur phanérogame						

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.

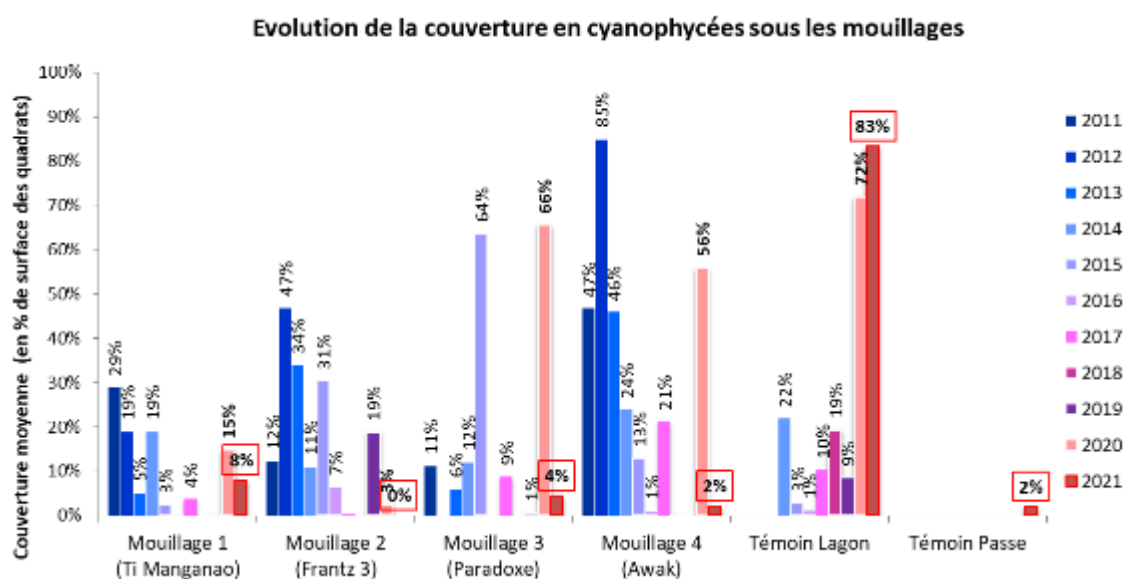


Figure 54 - Évolution de la couverture en Cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre

Les couvertures moyennes en cyanophycées sont plus faibles qu'en 2019 et globalement plus faibles que les années antérieures. Les pourcentages moyens de couverture en cyanophycées ont toutefois déjà été aussi faibles, en 2016 ou 2018 par exemple. La tendance générale est à la diminution de la couverture en cyanophycées.

La réserve de Petite Terre n'a accueilli aucune structure touristique du 1^{er} aout à début octobre 2021. Cette absence de navire pourrait être une des raisons des faibles couvertures en 2021. Cette diminution s'inscrit toutefois dans une tendance générale à la baisse depuis le début du suivi.

Une irrégularité est aussi observée selon les années. Les cyanophycées se développent préférentiellement durant la période estivale et peuvent être remobilisées lors de fortes houles.

Sur la zone témoin en lagon, la couverture est très forte pour la seconde année consécutive. Les cyanophycées semblent durablement coloniser le substrat et les organismes benthiques. Ces derniers subissent la compétition directe du film bactérien comme le montre la photo ci-dessous.

La station témoin en amont des mouillages possède une très faible couverture en cyanophycée.



Figure 55 : illustration du recouvrement en cyanophycées sur la station témoin historique dans le lagon

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

Les 2 stations témoins sont hétérogènes en termes de couverture de cyanophycées.

La station Témoin Lagon possède une très forte couverture (environ 80%) alors que la station Témoin Passe ne révèle quasiment pas de cyanophycées (0,4%)

Les deux stations possèdent des caractéristiques de profondeur, orientation et d'hydrodynamisme très différentes. Les conditions de la station Témoin Passe se rapprochent de celles des stations de suivi sous les mouillages. Le suivi sur la station Témoin Lagon apparaît toujours nécessaire afin d'obtenir de la donnée sur l'état des biocénoses au sein des petits fonds, mais il est difficile d'en faire une station témoin pour l'étude des cyanophycées sous les mouillages, du fait de sa très forte couverture en cyanophycées.

Les faibles hydrodynamisme et profondeur peuvent être des facteurs expliquant ce fort développement de cyanophycée, qui se développent préférentiellement dans des eaux chaudes et chargées en nutriment. La forte fréquentation par les baigneurs peut également favoriser leur développement (urines, crèmes solaires...).

Afin de connaître l'influence des eaux de rejets des navires sur le développement des cyanophycées, il est recommandé de ne prendre en compte uniquement la station Témoin Passe.

Cette station ne présente que très peu de cyanophycées par rapport aux mouillage 1, 3 et 4. Le mouillage 2 ne présente aucun développement de film bactérien.

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 figure suivante.

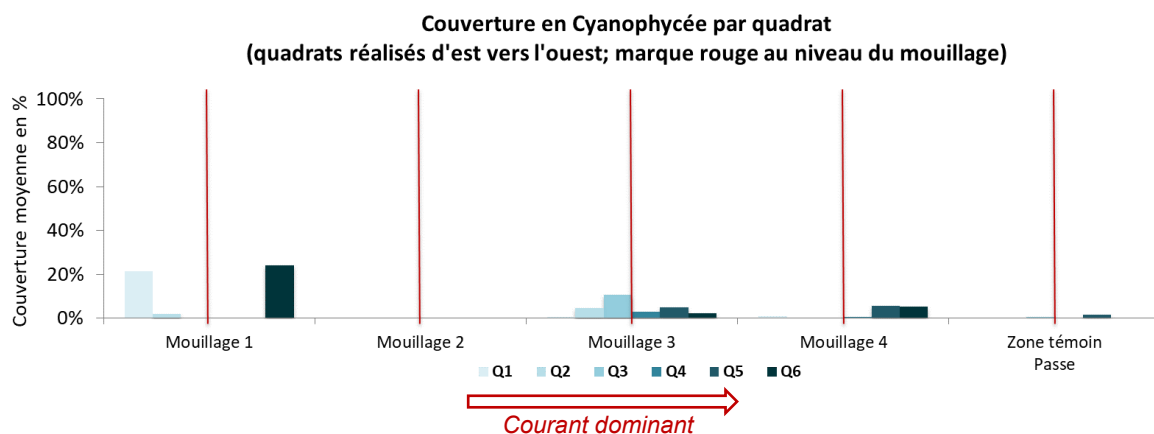


Figure 56 - Couverture en Cyanophycées par quadrats sous les mouillages et hors mouillage à Petite Terre

Les cyanophycées sont présentes en amont et en aval du mouillage par rapport au courant. Toutefois, pour les mouillages 3 et 4, la couverture en cyanophycées apparaît légèrement supérieure en aval du mouillage. Le mouillage 1 présente une couverture équivalente en amont et en aval du corps mort.

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.



Figure 57 : Mise en place du quadrat photo en début de transect

4. Caractérisation du site à *Acropora palmata*

Localisation et superficie du site

Le site à forte densité en *Acropora palmata* se situe à l'est de Terre de Haut, proche de la barrière corallienne et de déferlement des vagues. La carte ci-dessous localise le site, mais aussi d'autres secteurs présentant une densité d'individus élevée et/ou des colonies remarquables.

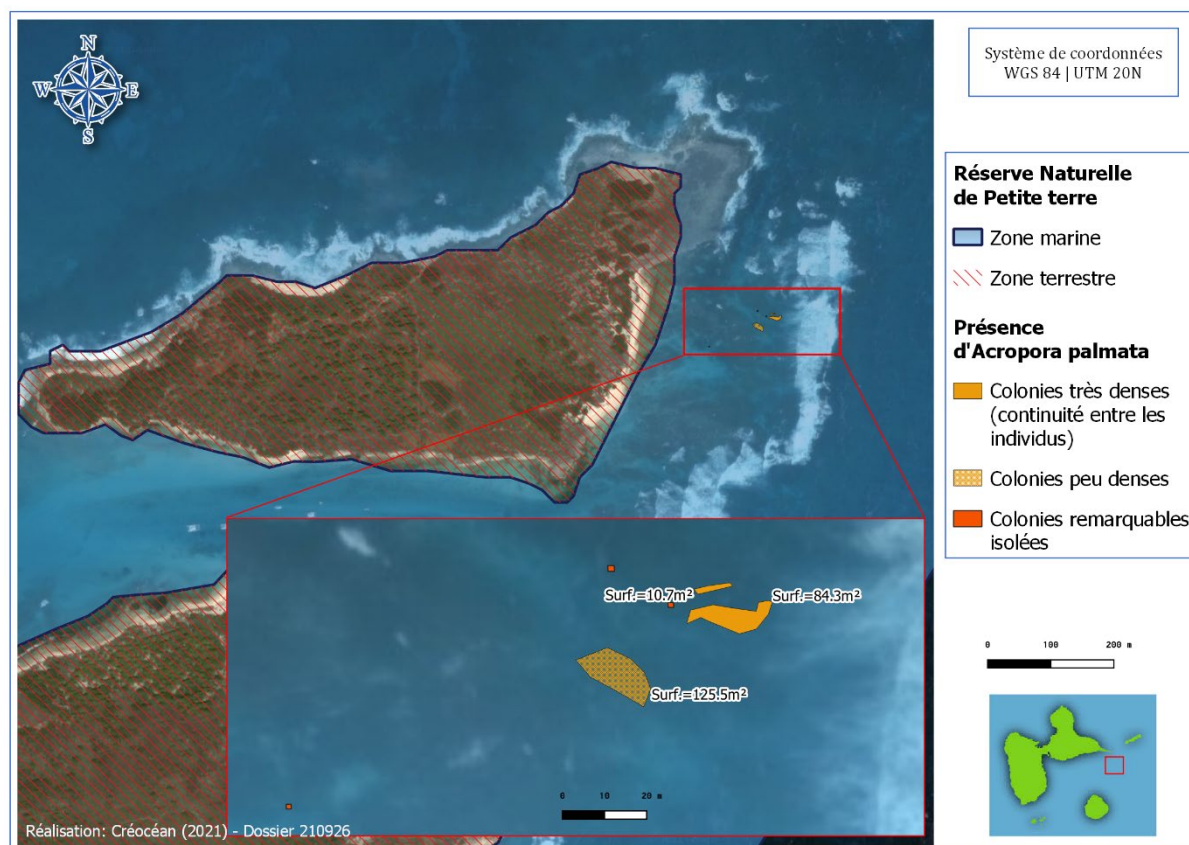


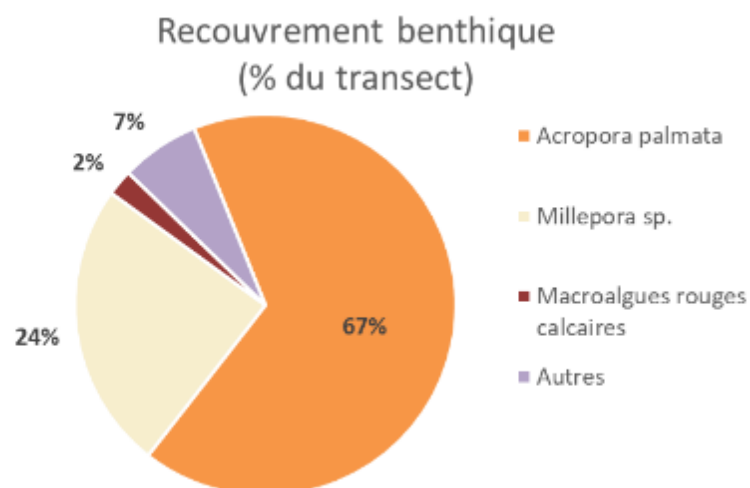
Figure 58 : Localisation détaillée des secteurs à forte densité en *Acropora palmata*

Deux zones de fortes densités d'individus sont observées, pour une surface totale d'environ 100m². Sur ces zones, les colonies sont très anciennes et une continuité entre les colonies voisines est observée. Une troisième zone, plus étendue (125 m² environ) possède une densité plus faible en colonies mais ces dernières restent remarquables ; certaines sont supérieures à 2m de diamètre.

Enfin, des colonies remarquables (en termes de taille) isolées ont été aussi localisées ponctuellement. Ces dernières sont parfois très grandes, parfois plus petites mais se développant systématiquement sur des anciennes colonies mortes de grandes tailles. La prospection s'est limitée à la zone autour du secteur de fortes densité, d'autres colonies remarquables sont présentes à l'est de Terre-de-Bas, mais n'ont pas encore été répertoriées.

Caractérisation de la couverture corallienne :

Les données issues du LIT sont présentées dans la figure suivante.



La couverture benthique le long du transect est largement dominée par l'espèce *Acropora palmata* qui représente 67% du recouvrement du transect. Cette espèce est représentée par de très larges colonies, parfois en continuité avec les colonies voisines. Ces dernières forment une couverture continue de 12,6 m à 22,6 m soit 10 m de couverture corallienne continue, fait rare en Guadeloupe.

Autour des colonies d'*A. palmata*, le genre *Millepora* est bien développé avec 24% du recouvrement, avec des colonies de *Millepora complanata* essentiellement.

Les macroalgues calcaires sont un peu présentes entre les colonies coralliennes, observées en touffes. Le genre *Amphiroa sp.* est largement dominant.

7% du transect est colonisée par un cortège de macroalgues du genre *Turbinaria* et de petites colonies de *Porites astreoides* sur substrat rocheux, catégorisés en *Autres*.

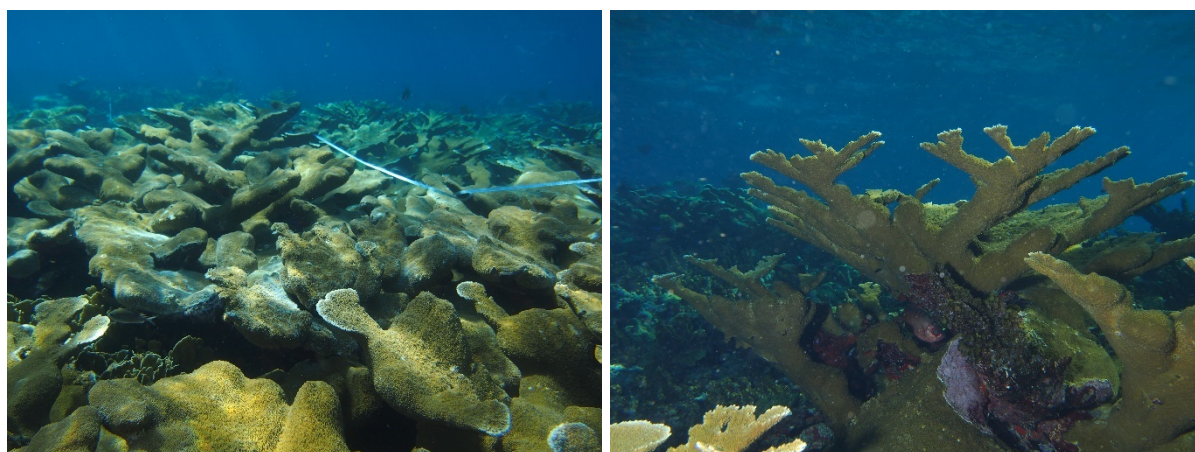


Figure 59 : Massif continu d'*Acropora palmata* (© Julien Chalifour)

Etat de santé du peuplement corallien :

Leur taille peu commune (certaines colonies sont supérieure à 2m de diamètre) laisse penser à des conditions favorables de développement. Toutefois quelques perturbations sont présentes sur les colonies :

- De la prédation est observée, directement pas des mollusques ou indirectement par des traces de broutages de poissons (perroquets, papillons, demoiselles) ;
- Des traces de maladies sont observées sur quelques colonies. Elles sont sporadiques mais impactent quelques fois des surfaces plus larges. Il s'agit certainement de la maladie de la *White Plague*, qui touche essentiellement le genre *Acropora*.
- Des perturbations par des vers tubicoles (*Spirobranchus giganteus*), qui se développent au sein du corail. Ces points de perturbations sont souvent le départ de nécroses sur les colonies coralliennes.

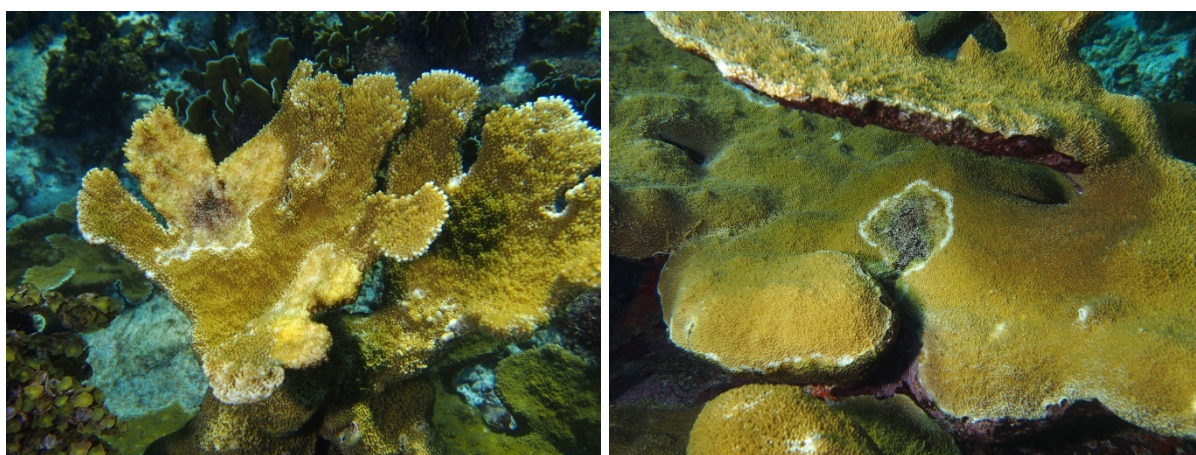


Figure 60 : Maladie (certainement *White Plague*) se développant sur les colonies d'*Acropora palmata* (J. Chalifour)

Malgré ces perturbations ponctuelles, le peuplement d'*Acropora* est en bon état de santé.

Au sein des zones de fortes et de plus faible densité, des fragments de colonies encore non nécrosées ont été observés, ainsi que de larges colonies retournées. Ces observations témoignent de la présence d'un très fort hydrodynamisme à certaine période de l'année. Les coraux du genre *Acropora* se développent préférentiellement au sein de zones agitées, cependant un trop fort hydrodynamisme (du fait de la dégradation du récifs frangeant) pourrait être dommageable à ces colonies.

Une modélisation 3D du récif à *Acropora* a été réalisée grâce à la technique innovante de la photogrammétrie. Cette technique d'acquisition de données sur le terrain, permet d'obtenir une ortho photo du récif, sa bathymétrie précise ainsi qu'un modèle 3D. Ces résultats succincts sont présentés ci-dessous.

Cette modélisation n'a pas été budgétisée dans notre offre initiale. Ces données récoltées combinées à la réalisation d'une photographie de haute qualité géoréférencée, peut nous permettre d'extraire à posteriori de nombreuses données : **complexité architecturale, réalisation de quadrats d'identification, densités de tâches de maladies observées, recouvrement corallien.** En réalisant une nouvelle image lors de prochaines campagnes de terrain, **une comparaison très fine (de l'ordre centimétrique) pourrait être faite sur les paramètres cités.** Une offre technique et financière sera réalisée en ce sens.

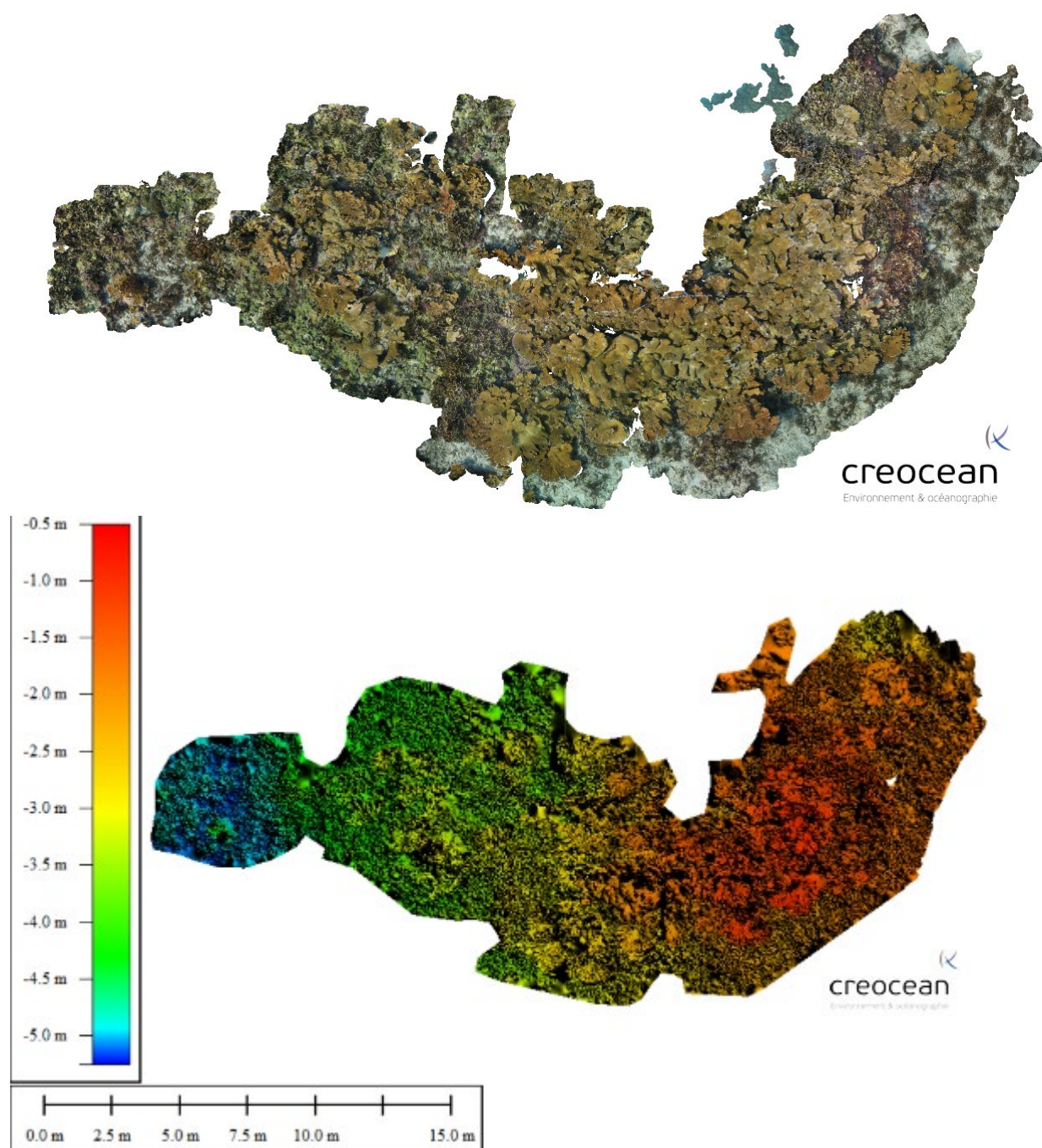


Figure 61 : Modélisation 3D du récif à *Acropora palmata* :

Haut : Vue du dessus

Bas : Depht electronic model (DEM), permettant de calculer la rugosité du site

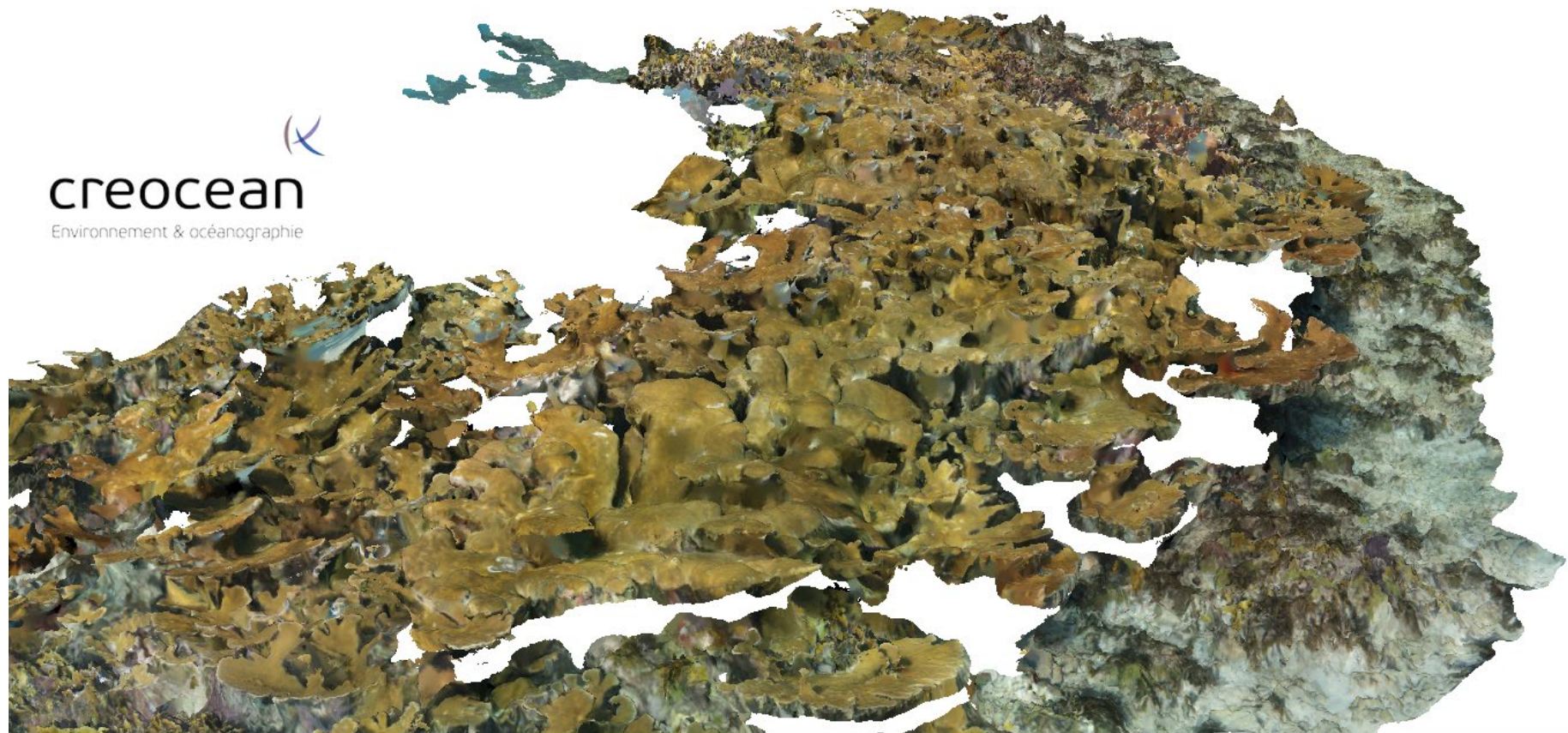


Figure 62 : Modèle 3D du récif à *Acropora palmata* obtenue par photogrammétrie

Peuplement ichthyologique associé :

Une caractérisation semi-quantitative du peuplement de poissons a été réalisée en fin de journée, autour des 2 secteurs à très fortes densité d'*Acropora palmata*. Les relevés ont été faits pour l'ensemble des poissons et crustacés (en plus des 61 espèces ciblées pour le suivi des communautés coralliennes).

16 espèces ont été observées lors de cette caractérisation. La liste des espèces est citée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : Espèces observées sur la station à *Acropora palmata* (+ : quelques individus observés ; ++ : entre 5 et 10 individus observés ; +++ : individus observés en abondance)

Espèces		Présence	Régime trophique
<i>Acanthurus coeruleus</i>	Chirurgien bleu	+++	Herbivore
<i>Haemulon chrysargyreum</i>	Gorette Tibouch	+++	Carnivore 1
<i>Microspathodon chrysurus</i>	Demoiselle à queue jaune	+++	Planctonophage
<i>Palinurus argus</i>	Langouste royale	+++	Omnivore
<i>Stegastes partitus</i>	Demoiselle bicolore	+++	Omnivore
<i>Abudefduf saxatilis</i>	Sergent major	++	Planctonophage
<i>Cephalopholis fulva</i>	Coné ouatalibi	++	Piscivore
<i>Chromis multilineata</i>	Demoiselle brune	++	Planctonophage
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	Soleil	++	Carnivore 1
<i>Ophioblennius macclurei</i>	Blennie à levre rouge	++	Herbivore
<i>Sparisoma viride</i>	Perroquet feu	++	Herbivore
<i>Acanthurus bahianus</i>	Chirurgien noir	+	Herbivore
<i>Holocentrus rufus</i>	Cardinal queue fine	+	Carnivore 1
<i>Lutjanus apodus</i>	Pagre jaune	+	Carnivore 2
<i>Sphyrna barracuda</i>	Barracuda	+	Piscivore
<i>Stegastes leucosticus</i>	Beau grégoire	+	Omnivore

Le cortège d'espèces ichthyologiques présente 16 espèces différentes. Cette diversité est moyenne sur cette zone, avec des espèces relativement similaires aux stations Passe et Nord-est Passe (les nouvelles espèces sont celles hors de la liste des espèces cible).

Le peuplement est dominé par 5 espèces, vivant majoritairement en bancs : Chirurgien bleus, Gorettes tibouche et deux espèces de Demoiselles. A noter la forte concentration de langoustes (*Palinurus argus*) abritées sous les branches des colonies d'*Acropora palmata*, qui n'est observée nulle part ailleurs sur les autres stations ou dans la passe.

Les poissons les plus abondants sont généralement de petites tailles (Demoiselles, Gorette) à l'exception des chirurgiens qui sont de taille moyenne (20 à 30 cm). Les langoustes observées en nombres sont par contre de très grandes tailles, certaines dépassant les 50 cm.

Les régimes trophiques sont présentés dans le tableau ci-dessus. Les données montrent une faible présence des régimes trophiques les plus hauts, avec seulement 2 espèces piscivore et 1 espèce carnivore d'ordre 2. L'observation du peuplement ichthyologique le matin pourrait conduire à une structure trophique et spécifique différente.

Cette station à forte densité d'*Acropora palmata* est exceptionnelle d'un point de vue de la couverture corallienne et de l'envergure de certaines colonies coralliennes. Bien que relativement exposée à la houle et aux déferlantes (proche de la barrière) un suivi régulier de cette station est conseillé afin d'étudier l'évolution de cette espèce protégée et de compléter les connaissances, en termes de macrofaune associée (invertébrés et poissons)

Ce site n'est pas le seul à présenter une forte densité d'*Acropora palmata*, d'autres colonies remarquables sont présentes à l'est de Terre de Bas. Il conviendrait de cartographier de manière plus exhaustive ces récifs si spécifiques.

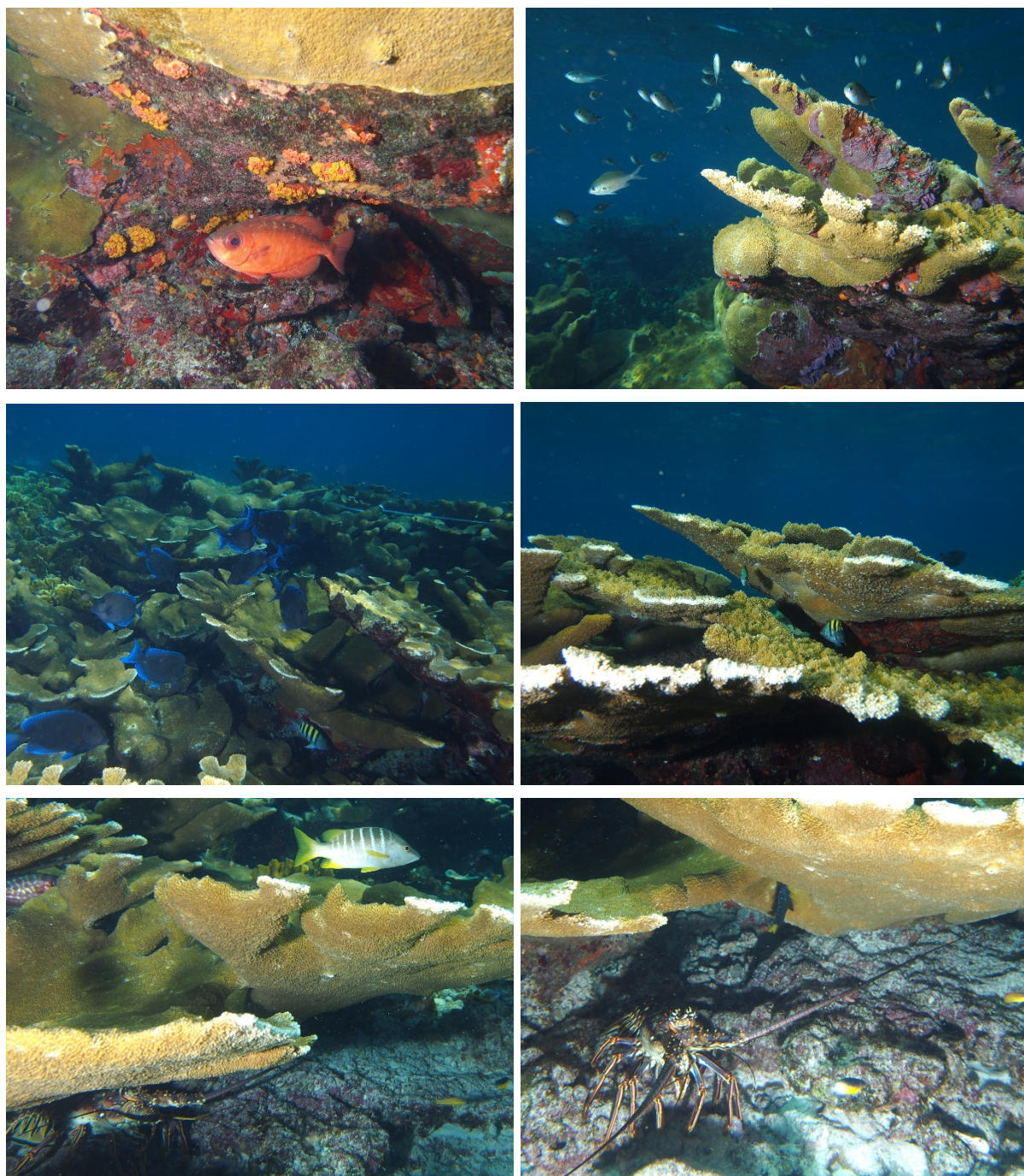


Figure 63 : Illustration des principales espèces rencontrées sur ce secteur (© Julien Chalifour)

5. Suivi de la température

5.1. Le blanchissement corallien

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 éclatant. 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.



Figure 64 : Illustration du blanchissement de l'espèce *Porites porites* sur la station Passe en 2021

5.2. Méthode d'évaluation du risque de blanchissement corallien

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 13).

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 11 - 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.

5.3. Risque de blanchissement pour la saison 2021 : données NOAA

Les données de DWH obtenue sur la station Leeward Caribbean Island (Montserrat) à permis d'établir les niveaux d'alerte sur les années 2020 et 2021.

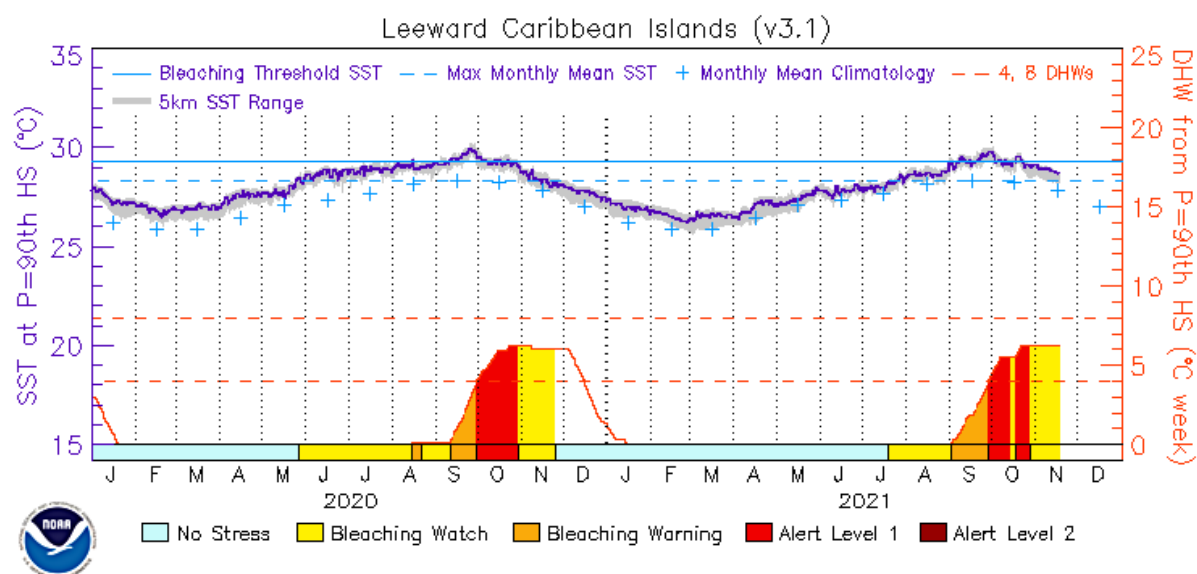


Figure 65 - Niveau d'alerte au entre le 1er janvier 2020 et novembre 2021 pour la station Leeward Caribbean Islands (source: <http://coralreefwatch.noaa.gov>)

Sur l'année 2021, les données de NOAA font état d'une période de *Bleaching Watch*, démarrante en juillet 2021. Les températures ont continué d'augmenter pour dépasser les seuils de *Bleaching Alert niveau 1* sur 2 sur de courtes périodes au mois d'octobre 2020. Les dernières données récoltées en novembre 2021 sont toujours état d'un *Bleaching Watch*.

D'après les données de NOAA, l'année 2021 présente un risque de blanchissement corallien, bien que celui-ci soit inférieur au risque de l'année 2020 ou 2019.

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.

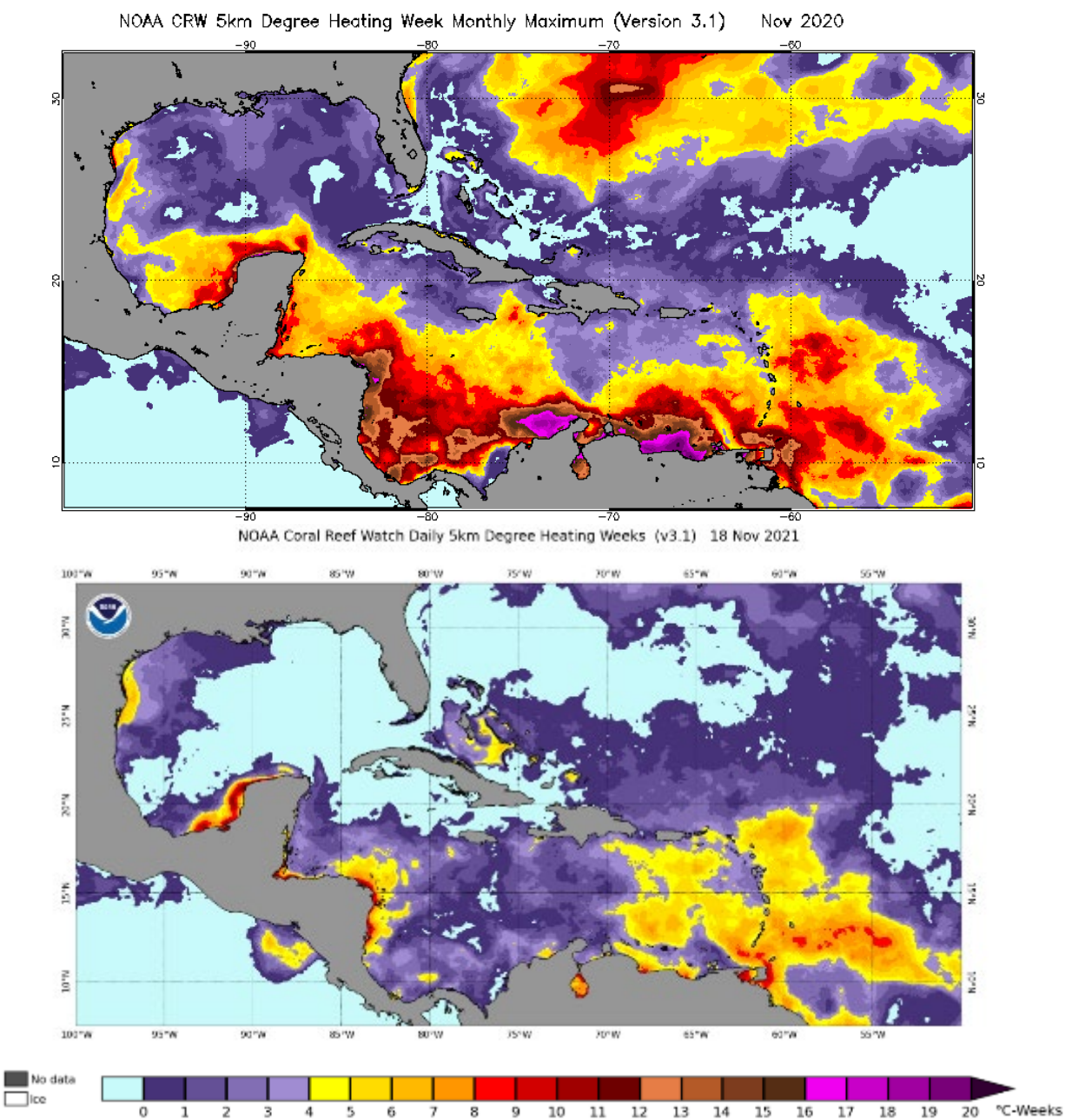


Figure 66 - Comparaison du Degree Heating Weeks pour la région Caraïbe en novembre 2020 (A) et en novembre 2021 (B)

Les cartes générales de DHW permettent d'observer ce paramètre au niveau des Caraïbes. En novembre 2021, le DHW est bien plus faible sur l'ensemble de la Caraïbe qu'un an auparavant. Il reste cependant positif à cette période sur l'ensemble des Petites Antilles.

5.4. Évaluation du risque de blanchissement à partir des données de température collectées à Petite Terre

La sonde mise en place par les gardes de la Réserve en février 2020 a pu être récupérée le 19 octobre 2021 et remise en place le 20 octobre 2021



Figure 67 - Illustration de l'implantation de la sonde de température de Petite Terre en octobre 2021, avant récupération

Les suivis de température depuis 2008 permettent de modéliser l'année type, présentée par le graphique ci-dessous. Le grand nombre de données (14 ans de suivi) atteste de la robustesse de l'année type, intégrant plus de 10 ans de données de suivi.

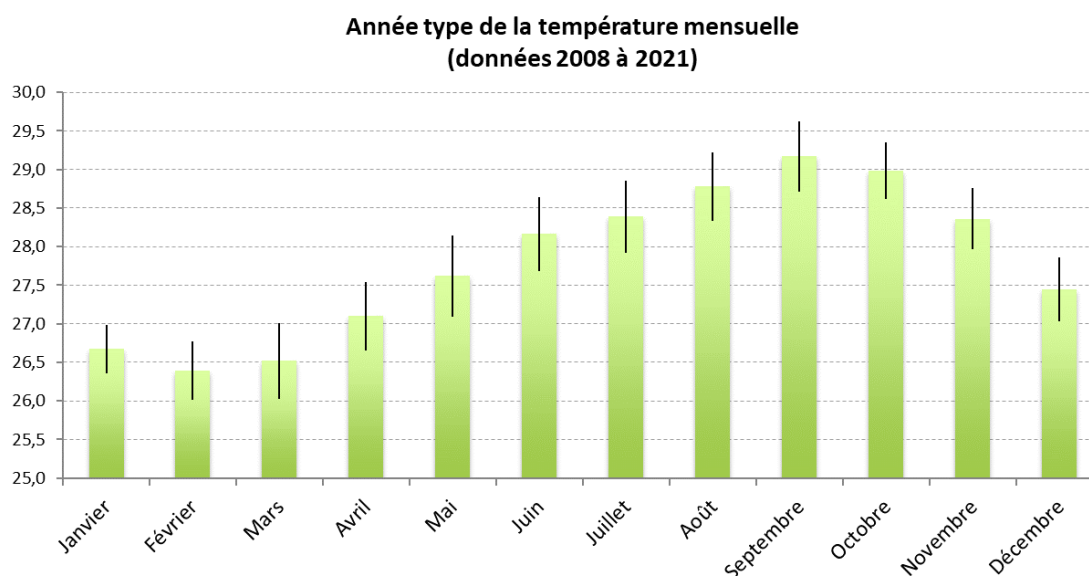


Figure 68 - Année type de la température mensuelle pour la réserve de Petite Terre, calculée entre 2008 et 2021 (température en °C)

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 : une différence de 2,07°C est observée entre les mois de février et septembre.

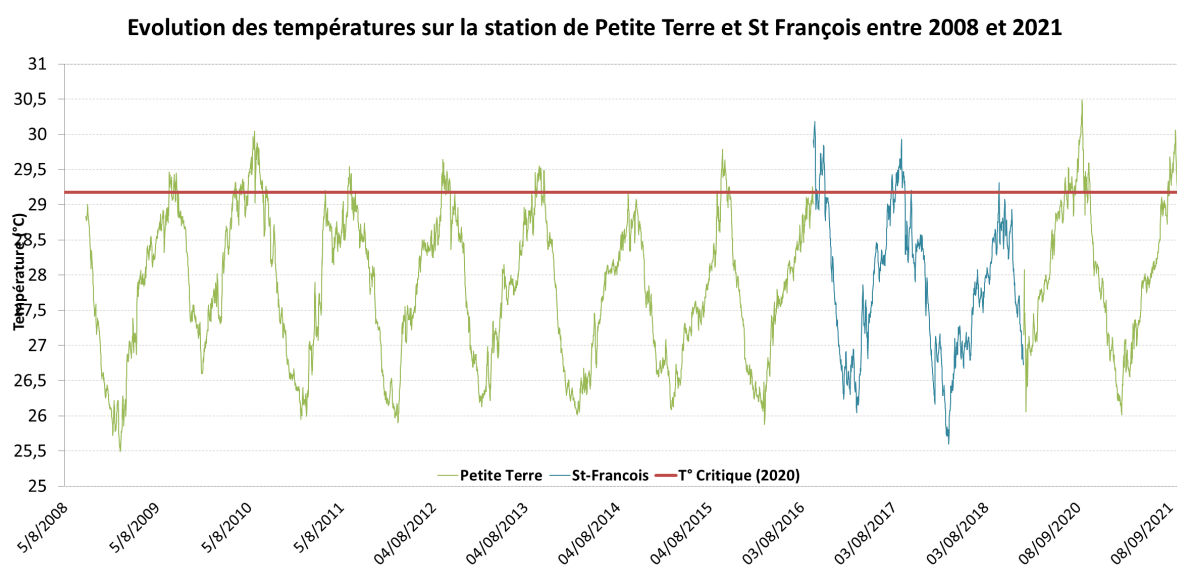
A l'instar des précédentes années types, le mois de septembre est le plus chaud, avec une température moyenne de **29,17°C** qui correspond donc à la température critique. Cette valeur a légèrement augmenté depuis la dernière modélisation en 2020.

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).

Sur l'année 2021, les températures récoltées ont permis de calculer les Hot Spot en continu sur la période novembre 2021 à octobre 2021.

En 2020, les dernières anomalies de températures ont lieu fin octobre, sans alerte de blanchissement (*Bleaching Watch* seulement). En 2021 les premières températures critiques apparaissent début août, relativement tardivement par rapport aux années précédentes. Les *HotSpot* n'atteignant pas 1 sur la période août 2021/octobre 2021, le DWH n'est pas initialisé et la période reste en *Bleaching Watch* seulement. La plus haute température est mesurée le 30 septembre 2021 avec 30,72°C (+1,55°C par rapport à la température critique).

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



Les températures relevées à Petite Terre dépassent, presque chaque année, la température critique calculée d'après l'année type. 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 le stress thermique allant parfois jusqu'au blanchissement corallien.

Lors du suivi des stations benthos de Petite Terre, quelques rares observations de blanchissement corallien sont notées.

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2021

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

Tableau 12 - Niveau d'alerte calculé d'octobre 2017 à octobre 2021 à partir des données des stations Passe (Suivi GCRMN Petite Terre) ou St François (suivi Reef Check)

Niveau d'alerte	2017	2018	2019	2020	2021
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	Bleaching Watch (0<HotSpot<1 à partir du 01/08/2021)
Lagon de St François (données Reef Check)	Bleaching Watch (0<HotSpot>1)	No stress (HotSpot<0)	Pas de données	-	

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 2021, le suivi à Petite Terre mais aussi celui de la Réserve de Saint-Barthélemy ont été réalisés dans le cadre du réseau. Des échanges techniques et un rappel des protocoles de suivi des différents types de peuplements ont toutefois pu être réalisés.

Dans cadre du suivi de Petite Terre, deux personnes de la Réserve Nationale naturelle de Saint Martin été présentes, ainsi qu'une personne de la réserve naturelle de Saint Barthélemy. Les agents de terrain de la réserve de Petite Terre ont aussi participé au suivi mais n'ont pas pu accompagner les opérateurs dans la prise de données du fait d'un manque de plongeur classé.

Les formations en plongée professionnelle reçues par le personnel de Petite Terre en octobre 2021 rendra leur participation possible en 2022. Comme cela a été proposé, il conviendrait qu'une formation soit délivrée aux nouveaux gardes, avant le lancement de la campagne 2022, afin que les gardes soient pleinement opérationnels. Les constitutions des équipes de terrain en 2021 sont présentées ci-dessous.

Tableau 13 - Composition des équipes de terrain en 2021

	Réserve de Petite Terre (19 au 22 octobre)	Réserve de Saint-Barthélemy (25 au 27 octobre)
Julien Chalifour (RNSM)	X	X
Vincent Oliva (RNSM)	X	X
Jonas Hochart (RNSB)	X	X
Alain Saint Auret (RNPT)	X	
Léa Sebesi (RNPT)	X	
Florian Labadie (CREOCEAN)	X	X
Jules Kleitz (CREOCEAN)	X	

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.

Un support de communication format A3 a été réalisé. Il illustre les principales évolutions observées sur la période 2007-2021 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.

Le document a été remis à la Réserve Naturelle de Petite Terre, un aperçu est présenté ci-dessous.

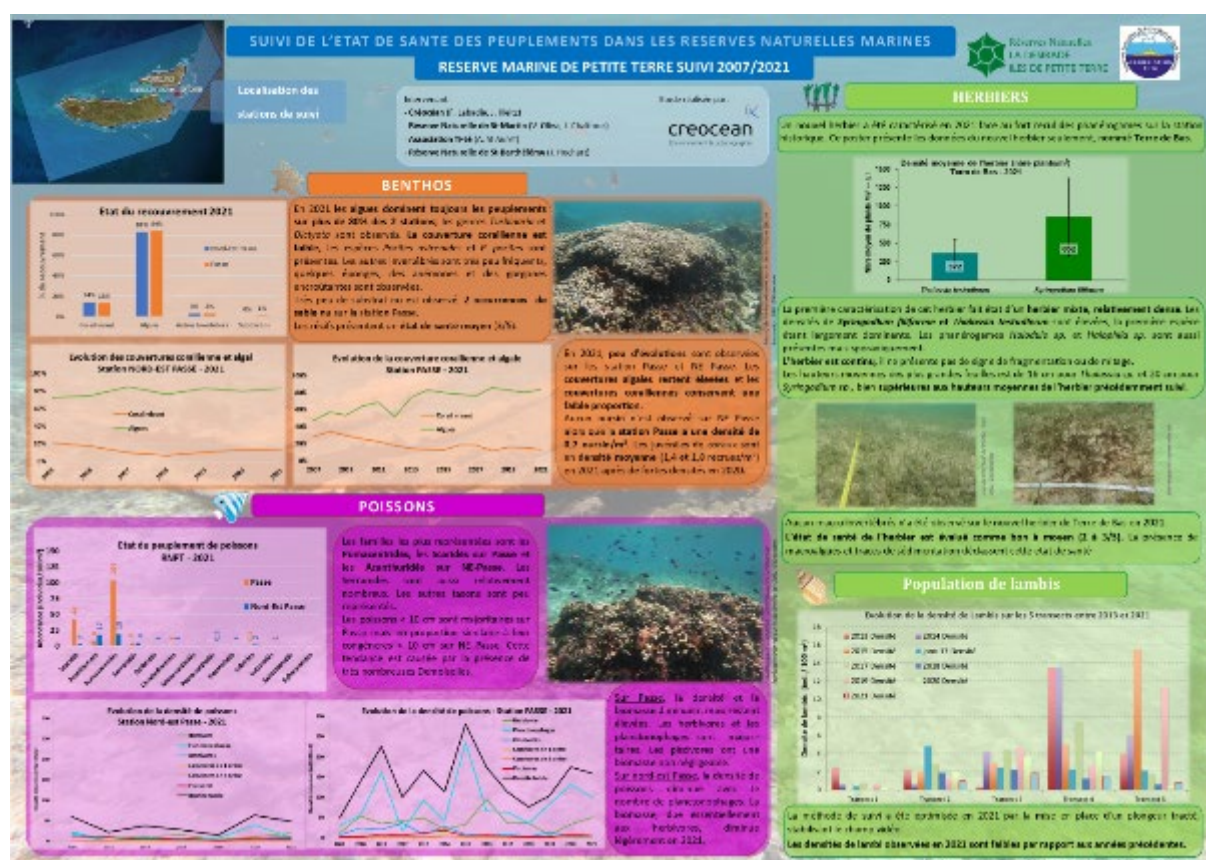


Figure 69 : Aperçu du poster de communication sur le suivi 2021

8. Perspectives

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

La présente étude s'inscrit dans la **14^{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 de suivis complémentaires.

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, du fait de leur protection. La mise en place d'une station hors réserve possédant les mêmes caractéristiques que la station Passe 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 herbier. L'augmentation de la surface de la zone échantillonnée a été possible par la mise en œuvre d'un suivi par vidéo tractée. Cette méthodologie a encore été optimisée en 2021 par la réalisation de vidéo en plongeur tracté.

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.

En 2020, un marquage permanent a été réalisé par des fers à béton (tous les 20m) sur les stations benthos et herbier historique.

En 2021, plusieurs modifications ont été apportées :

- Ajout d'une nouvelle station de suivi herbier sur Terre de Bas (avec marquage des radiales de début et fin),
- Ajout d'une nouvelle station de suivi « cyanophycées » en amont du réseau de stations existants (et en remplacement de la station-témoin du lagon)
- Caractérisation d'un nouveau secteur à fort intérêt patrimonial : une zone à forte densité d'*Acropora palmata*.

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.

L'IFREMER a récemment (fin 2021) terminé le module de bancarisation des données herbiers au sein de BD Récif. Une partie des données de Petite Terre a déjà été bancarisée (données quadrats de 2009 à 2016) mais les données les plus récentes restent à bancariser. Une concertation avec l'IFREMER aura lieu début 2022 afin de s'assurer que la bancarisation de l'ensemble des données est possible. **Cette bancarisation serait à programmer au cours de l'année 2022.**

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, d'autant plus en 2021 avec le nouveau protocole qui place la caméra plus haut que les précédents relevés par rapport au fond.

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. La stabilité de la caméra avec le plongeur tracté pourrait en partie palier à cette limite.

Le nouveau matériel utilisé en 2021 (plongeur tracté sur planche de type manta-tow, avec lasers et caméra) paraît tout à fait adapté au suivi des lambis par caméra vidéo. Des comptages *in situ* ont été faits lors de la réalisation des radiales, les résultats sont présentés ci-dessous et comparés aux résultats de la méthode vidéo :

Transect	1	2	3	4	5	Total
Estimation par comptage <i>in situ</i> (individu/100m ²)	0,0	1,3	3,7	3,8	1,0	2,4
Estimation par comptage vidéo (individu/100 m ²)	0,0	1,0	1,8	1,5	0,8	1,3

Les résultats de la méthode de comptage *in situ* sont plus élevés que par la méthode vidéo. Le comptage des lambis en parallèle par les deux méthodes semble judicieux à continuer, afin d'essayer d'optimiser l'échantillonnage de la population de lambis.

La grande surface échantillonnée en 2021 (comparée aux années précédente) apparaît cohérente du fait de la hauteur de prise de vue. En effet, la caméra tractée avait tendance à être très proche du fond, avec un champ de vidéo limité, alors que le plongeur tracté se situe à une certaine distance du fond élargissant considérablement le champ de la vidéo.

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 programmer 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 2022

Les campagnes de 2022 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 6 années de suivi. Cette méthodologie pourra toutefois évoluer avec la création d'indices de suivi robustes issus de la thèse de F. Kerninon (2020). Ces indices devraient être utilisables en 2023 (F.Kerninon, communication personnelle) mais une mise à jour en 2022 pourrait être envisagée suivant l'avancement des travaux.

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

L'herbier de Terre de Haut apparaît, toujours en forte dégradation (mitage et fragmentation, ensablement), avec une résilience très faible sur le court terme. Cette station ne présente que peu

d'intérêt à poursuivre le suivi. Cette décision devra être prise conjointement avec les conservateurs pour le futur suivi.

La nouvelle station caractérisée en 2021 (Terre de Bas) présente une couverture continue et semble moins soumise à l'ensablement (plus loin du littoral et protégée par une caye. Il devrait constituer pour les futurs suivis le nouvel herbier de référence.

Suivi des massifs d'*Acropora palmata* : En 2021, un massif corallien à forte densité d'*Acropora palmata* a été caractérisé pour la première fois.

Le modèle photogrammétrique présenté dans la partie 4 est un **nouvel outil innovant pour le suivi de récifs corallien**. Il permet une **grande précision** dans l'estimation des couvertures coralliennes, de la présence de maladie (voir figure ci-dessous) puisque les traitements sont réalisés a posteriori sur ordinateur. Lors du futur suivi, un nouveau modèle pourrait être créé et une comparaison serait alors possible entre les deux années pour déceler les évolutions des colonies d'*Acropora palmata*.

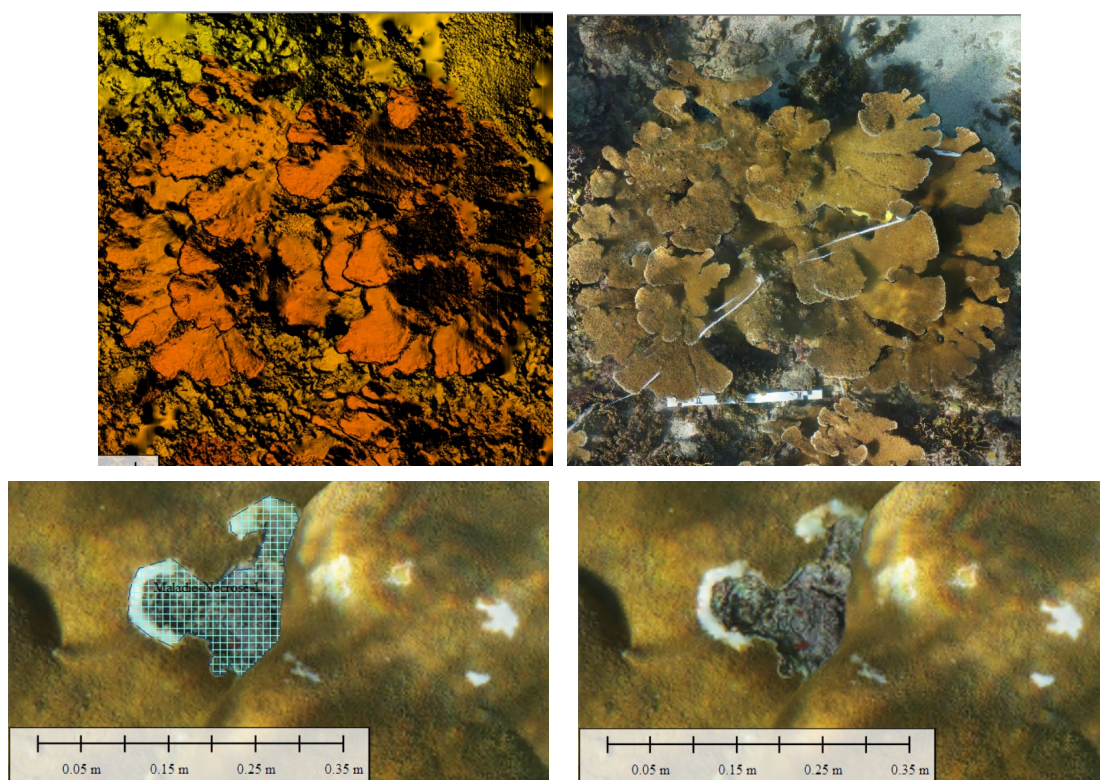


Figure 70 : Calcul de hauteur d'une colonie corallienne (haut) et calcul de la surface d'une nécrose causée par la maladie de la White Plague (précision centimétrique).

Ces massifs étant très exposés à la houle, les conditions de suivi devront donc être optimales, nécessitant une forte réactivité d'intervention (dans les 2-3 jours). La mise en place d'un tel suivi n'est pas compatible avec le suivi-réserve et le compagnonnage avec les gardes des autres réserves (St Martin, St Barthélemy). En cas d'intérêt, cela devra faire l'objet d'une commande spécifique et distincte.

Enfin, plusieurs massifs de ce type sont présents à l'est (au moins) des îles de Terre de Bas et Terre de haut, d'après les observations faites rapidement par certains gardes lors de ce suivi 2021 **Une cartographie et une caractérisation de ces autres massifs** apporteraient une information innovante sur la population d'*Acropora* dans la réserve de Petite Terre (commande distincte du suivi réserve pour les mêmes raisons de logistique et de réactivité).

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. L'amélioration du système de tractage est effective en 2021, une profondeur optimale (distance au fond) reste à déterminer afin d'obtenir le bon compromis entre surface échantillonnée et visibilité des lambis au traitement vidéo.

Le comptage *in situ* par le plongeur doit être poursuivi en parallèle du comptage vidéo, bien que majorant. Il permettra à terme de définir quelle méthode rend le mieux compte de la population de lambi.

Afin d'étudier les variations intersaisons de la répartition des individus (suivant les facteurs d'agitation, de température, de la saison de pêche), une seconde campagne de suivi est préconisée. De même, le suivi de la population de lambis hors réserve pourrait être envisagée selon les 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 » : En 2021 une nouvelle station de suivi des cyanophycées a été caractérisée. Le suivi est à pérenniser sur cette station pour avoir un témoin plus fiable que la station Témoin Lagon, qui présente une très forte couverture en cyanophycée. Cette dernière station n'est toutefois pas à abandonner mais doit être analysée à part des stations sous les mouillages. En effet, la couverture en cyanophycées dans le lagon est un bon indicateur de l'état de santé des communautés benthique.

L'harmonisation des démarches et de mutualisation des moyens entre l'IFRECOR, les AMP et la DCE a 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

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.

PRADA, M. C., APPELDOORN, R. S., VAN EIJS, S. et PEREZ, M. 2020. Plan régional de gestion et de conservation des pêcheries de lambis. FAO, Document technique sur les pêches et l'aquaculture no. 610. Rome.

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.

ANNEXES

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DE LA RESERVE NATURELLE 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 : le gailac 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 lesquelles le sud de la Grande-Terre. Le récif oriental de Terre de Haut s'est révélé très riche en espèces de poissons. L'ensemble des îlets constituent des sites importants pour la ponte des tortues marines.



Platanus américaine (Dasyatis americana)



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.

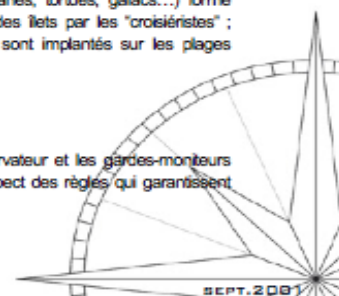
Gestion :

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, gailacs...) 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-moniteurs 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.



RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2021

ANNEXE 2 : CHRONOLOGIE DE SUIVI DES STATIONS DU RESEAU RESERVE NATURELLE DEPUIS 2007

Zone géographique	Station	Statut	Type de suivi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Dates de suivi 2021
GCSM	Fajou	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	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	I	-
	Passé à Colas	réserve	Herbiers, Lambis																-
	Sud Caret	hors réserve	Herbiers, Lambis																-
Petite Terre	Passé	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	19/10/2021
	Passé nord-est	réserve	Benthos, Ichtyo									I	I	I	I	I	I	I	20/10/2021
	Terre de Haut	réserve	Herbiers, Lambis																18/10/2021
	Terre de Bas	réserve	Herbiers, Lambis																21/10/2021
Saint Barth	Colombier	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	26/10/2021
	Le Boeuf	hors réserve	Benthos, Ichtyo			I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	27/10/2021
	Marigot	réserve	Herbiers, Lambis																
	Pointe Milou	hors réserve	Lambis																
Saint Martin	Petit-Cul-de-Sac	réserve	Herbiers, Lambis																26/10/2021
	Bonhomme	hors réserve	Herbiers, Lambis																27/10/2021
	Chicot	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	-
	Fish Point	hors réserve	Benthos, Ichtyo			I	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	I	-
	Rocher Créole	réserve	Herbiers, Lambis																-
	Grand Case	hors réserve	Herbiers, Lambis																-
	Illet Pinel	réserve	Herbiers, Lambis																-

ANNEXE 3 : LISTE DES 61 ESPECES CIBLES ET PARAMETRES DE CALCUL DE BIOMASSE

Paramètres			Régime trophique	Famille
Espèces	a	b		
<i>Scarus guacamaia</i>	0,0155	3,063	Herbivore	Scaridés
<i>Scarus iseri</i>	0,0158	3,0515	Herbivore	Scaridés
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,0135	3	Herbivore	Scaridés
<i>Scarus vetula</i>	0,025	2,9214	Herbivore	Scaridés
<i>Sparisoma atomarium</i>	0,0122	3,028	Herbivore	Scaridés
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,0206	3	Herbivore	Scaridés
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0,0154	3,0423	Herbivore	Scaridés
<i>Sparisoma radians</i>	0,0179	3,0348	Herbivore	Scaridés
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,0194	3	Herbivore	Scaridés
<i>Sparisoma viride</i>	0,037	2,905	Herbivore	Scaridés
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,0348	2,6894	Herbivore	Acanthuridés
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,0282	2,8137	Herbivore	Acanthuridés
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,0415	2,8346	Herbivore	Acanthuridés
<i>Chromis cyanea</i>	0,019	3,24	Planctonophage	Pomacentridés
<i>Chromis multilineata</i>	0,019	3,24	Planctonophage	Pomacentridés
<i>Paranthias furcifer</i>	0,0135	3,043	Planctonophage	Serranidés
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0,0239	3,0825	Omnivore	Pomacentridés
<i>Stegastes adustus</i>	0,0328	2,86405	Omnivore	Pomacentridés
<i>Stegastes leucostictus</i>	0,0277	2,8711	Omnivore	Pomacentridés
<i>Stegastes planifrons</i>	0,0379	2,857	Omnivore	Pomacentridés
<i>Stegastes variabilis</i>	0,0328	2,86405	Omnivore	Pomacentridés
<i>Balistes vetula</i>	0,0109	3,23	Omnivore	Balistidés
<i>Melichthys niger</i>	0,0562	2,6534	Omnivore	Balistidés
<i>Cantherhines macrocerus</i>	0,0561	2,653	Omnivore	Monacanthidés
<i>Cantherhines pullus</i>	0,0683	2,563	Omnivore	Monacanthidés
<i>Chaetodon aculeatus</i>	0,022	3,1897	Carnivore1	Chaetodontidés
<i>Chaetodon capistratus</i>	0,0147	3,4301	Carnivore1	Chaetodontidés
<i>Chaetodon ocellatus</i>	0,0318	2,984	Carnivore1	Chaetodontidés
<i>Chaetodon striatus</i>	0,0222	3,14	Carnivore1	Chaetodontidés
<i>Holacanthus ciliaris</i>	0,0337	2,9	Carnivore1	Pomacanthidés
<i>Holacanthus tricolor</i>	0,0428	2,858	Carnivore1	Pomacanthidés
<i>Centropyge argi</i>	0,0601	2,692	Carnivore1	Pomacanthidés
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0,0345	2,968	Carnivore1	Pomacanthidés
<i>Pomacanthus paru</i>	0,0203	3,126	Carnivore1	Pomacanthidés
<i>Anisotremus surinamensis</i>	0,0059	3,3916	Carnivore1	Haemulidés
<i>Anisotremus virginicus</i>	0,0101	3,0813	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon aurolineatum</i>	0,0101	3,081	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon carbonarium</i>	0,0147	3,0559	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon chrysargyreum</i>	0,0106	3,0474	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0,013	3,034	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon plumieri</i>	0,0143	3,0502	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon sciurus</i>	0,0139	3,0742	Carnivore1	Haemulidés
<i>Bodianus rufus</i>	0,0144	3,0532	Carnivore1	Labridés
<i>Lachnolaimus maximus</i>	0,0203	2,988	Carnivore1	Labridés
<i>Lutjanus analis</i>	0,0113	3,05	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Lutjanus apodus</i>	0,0211	2,9261	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Lutjanus griseus</i>	0,0202	2,8928	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Lutjanus jocu</i>	0,0158	2,998	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Lutjanus mahogoni</i>	0,0429	2,719	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Lutjanus synagris</i>	0,0159	2,9561	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0,0185	2,8015	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Aulostomus maculatus</i>	0,004	2,866	Piscivore	Aulostomidés
<i>Cephalopholis cruentata</i>	0,0121	3,082	Piscivore	Serranidés
<i>Cephalopholis fulva</i>	0,0174	3	Piscivore	Serranidés
<i>Epinephelus adscensionis</i>	0,0153	3	Piscivore	Serranidés
<i>Epinephelus guttatus</i>	0,0111	3,112	Piscivore	Serranidés
<i>Epinephelus striatus</i>	0,0052	3,3	Piscivore	Serranidés
<i>Sphyrna barracuda</i>	0,0038	3,0859	Piscivore	Sphyrnaeidae
<i>Caranx latus</i>	0,0186	2,856	Piscivore	Carangidés
<i>Caranx ruber</i>	0,0074	3,237	Piscivore	Carangidés
<i>Pterois volitans</i>	0,0135	3,043	Piscivore	Pteroidés

ANNEXE 4 : LISTE DES ESPECES DE POISSONS OBSERVEES AU SEIN DES STATIONS DE SUIVI

PASSE	NORD-EST PASSE
<i>Acanthurus bahianus</i>	<i>Acanthurus bahianus</i>
<i>Acanthurus chirurgus</i>	<i>Acanthurus coeruleus</i>
<i>Acanthurus coeruleus</i>	<i>Bodianus rufus</i>
<i>Bodianus rufus</i>	<i>Cantherhines pullus</i>
<i>Cantherhines macrocerus</i>	<i>Caranx latus</i>
<i>Cephalopholis cruentata</i>	<i>Centropyge argi</i>
<i>Cephalopholis fulva</i>	<i>Cephalopholis fulva</i>
<i>Chromis cyanea</i>	<i>Chromis cyanea</i>
<i>Chromis multilineata</i>	<i>Chromis multilineata</i>
<i>Scarus iseri</i>	<i>Epinephelus striatus</i>
<i>Scarus taeniopterus</i>	<i>Lutjanus analis</i>
<i>Scarus vetula</i>	<i>Lutjanus griseus</i>
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	<i>Melichthys niger</i>
<i>Sparisoma rubripinne</i>	<i>Scarus taeniopterus</i>
<i>Sparisoma viride</i>	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>
<i>Stegastes adustus</i>	<i>Sparisoma viride</i>
<i>Stegastes leucostictus</i>	<i>Stegastes adustus</i>
<i>Stegastes variabilis</i>	<i>Stegastes leucostictus</i>
	<i>Stegastes variabilis</i>



creocean

Environnement & océanographie

www.creocean.fr



keran

Des hommes, une planète

[GROUPE KERAN](#)