



RAPPORT

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

Etat des lieux 2022 et évolution 2007-2022

Février 2023

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE



PROJET COFINANCÉ
par le fonds européen
de développement régional



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	Florian LABADIE Tél. : 06 90 15 78 24 E-mail : labadie@creocean.fr

RAPPORT

TITRE	Suivi de l'état de santé des biocénoses marines de la Réserve Naturelle de Petite Terre - 2022 Etat des lieux 2022 et évolution 2007-2022
N° DE COMMANDE	P22000258
NOMBRE DE PAGES TOTAL	87 (Sans annexes)
NOMBRE D'ANNEXES	3

VERSION

RÉFÉRENCE	VERSION	DATE	REDACTEUR	CONTRÔLE QUALITE
220920		14/02/2023	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
1.3. Déroulement des campagnes de suivi.....	23
2. Méthodologies	24
2.1. Protocole et paramètres.....	24
2.1.1. Suivi des peuplements benthiques coralliens et de l'ichtyofaune	24
2.1.2. Suivi des herbiers et paramètres associés.....	25
2.1.3. Suivi des Lambis (depuis 2013).....	25
2.1.4. Suivi de la couverture en cyanophycées.....	26
2.1.5. Synthèse	28
2.2. Traitement et interprétation des données	29
2.2.1. Peuplements benthiques coralliens et herbiers de phanérogames	29
2.2.2. Population de lambis	31
2.2.3. Couverture en cyanophycées	31
3. Résultats du suivi des stations de la Réserve de Petite terre	32
3.1. Les peuplements benthiques	32
3.2. Les peuplements ichtyologiques	39
3.3. Les herbiers de phanérogames et macrofaune associée	48
3.3.1. Terre de Haut	48
3.3.2. Terre de Bas.....	48
3.4. Suivi spécifique des lambis par vidéo tractée	53
3.5. Suivi spécifique des cyanophycées.....	60
4. Suivi de la température	65
4.1. Le blanchissement corallien.....	65
4.2. Méthode d'évaluation du risque de blanchissement corallien	66

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE -
2022 SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE -
2022

4.3. Risque de blanchissement pour la saison 2022 : données NOAA.....	67
4.4. Évaluation du risque de blanchissement à partir des données de température collectées à Petite Terre.....	69
5. Compagnonnage et formation.....	73
5.1. Principes et résultats du compagnonnage	73
5.2. Bilan sur la formation / Échange des personnels impliqués	73
6. Communication : réalisation de posters destinés au grand public et aux décideurs.....	74
7. Perspectives	75
BIBLIOGRAPHIE	79
Annexes.....	83

Liste des Figures

Figure 1-1 - Périmètre de la Réserve Naturelle de Petite-Terre	15
Figure 1-2 - Périmètre de la zone récifale protégée au sein du lagon (polygone rouge) et position des transects de suivi (en jaune).....	16
Figure 1-3 : Transects de suivi des communautés benthiques de la Réserve Naturelle de Petite Terre.....	17
Figure 1-4 - Position des 3 sous-stations de suivi au sein des herbiers de Petite Terre	18
Figure 1-5 : Stations de suivis benthos et herbiers de la Réserve Naturelle de Petite Terre.....	20
Figure 1-6 : Localisation des stations de suivi des cyanophycées	21
Figure 1-7 : Localisation des transects de suivi des lambis.....	22
Figure 2-1 : Plongeur tractée avec caméra vidéo pour le comptage de lambis.....	26
Figure 2-2 : positionnement des photos-quadrats (orange) de suivi des cyanophycées	27
Figure 2-3 - Photo-quadrat avant (a) et après (b) analyse CPCe	27
Figure 2-4 - Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées	27
Figure 2-5 : Capture d'écran d'une vidéo de suivi avec témoin d'échelle	31
Figure 3-1 : Couverture benthique observées sur les stations Passe et Nord-Est Passe en 2022	32
Figure 3-2 : Illustrations des stations Passe (gauche) et Nord est Passe (droite)	32
Figure 3-3 : Proportions des taxons coralliens relevés sur le PIT des stations Passe (gauche) et Nord Est Passe (droite).....	34
Figure 3-4 : Evolution 2007-2022 du recouvrement corallien et algal sur la station PASSE.....	35
Figure 3-5 : Station Passe.....	35
Figure 3-6 : Evolution 2007-2022 du recouvrement corallien et algal sur la station NORD-EST PASSE.....	36
Figure 3-7 : Hétérogénéité de la station NE Passe, avec un tapis de Dictyota observé en fin de transect et une zone plus corallienne en début de transect.....	36
Figure 3-8 : Évolution de la densité d'oursins diadème (en bleu) et de juvéniles de coraux (en orange) sur la station Passe de Petite Terre	37
Figure 3-9 : Évolution de la densité d'oursins diadème (en bleu) et de juvéniles de coraux (en orange) sur la station Nord-est Passe de Petite Terre	38

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE -
2022 SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE -
2022

Figure 3-10 : Structure trophiques du peuplement ichthyologique sur la station Passe en 2022 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles).....	40
Figure 3-11 : Structure trophiques du peuplement ichthyologique sur la station Nord-est Passe en 2022 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles).....	41
Figure 3-12 : Répartition des poissons selon leur famille leur classe de taille (> ou < à 10 cm) 42	42
Figure 3-13 : Evolution de la densité et de la biomasse de poisson sur la station Passe de 2009 à 2022.....	44
Figure 3-14 : Evolution des densité et biomasse de poisson sur la station NE Passe entre 2015 et 2022.....	45
Figure 3-15 : Evolution des classes de tailles (> 10 cm et < 10 cm) sur la station Passe de 2009 à 2022.....	47
Figure 3-16 : Evolution des classes de tailles (> 10 cm et < 10 cm) sur la station Nord-est Passe de 2015 à 2022	47
Figure 3-17 : Vue d'ensemble de l'herbier de Terre de Bas en 2022.....	49
Figure 3-18 : Densité de plants au sein de l'herbier de Terre de Bas (plants/m²).....	50
Figure 3-19 : Evolution 2021-2022 des densités de plants au sein de l'herbier de Terre de Bas 51	51
Figure 3-20 : Longueur moyenne des feuilles sur l'herbier de Terre de Bas.....	51
Figure 3-21 : Détails des plants de phanérogames sur la station de Terre-de-Bas	52
Figure 3-22 : Evolution des densités de plants et des longueurs de feuilles au sein de l'herbier de Terre de Bas.....	52
Figure 3-23 : Illustration des différences de densités entre les 2 méthodes de comptages.....	53
Figure 3-24 : Synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les cinq transects en octobre 2022.....	55
Figure 3-25 : La différence de substrat entre les radiales peut être un facteur influençant fortement la densité de lambis.....	56
Figure 3-26 : Évolution de la densité de lambis et de la surface échantillonnée entre 2013 et 2022	57
Figure 3-27 : Evolution de la densité de lambis par transect et par année.....	58
Figure 3-28 : Évolution de la densité de lambis par classe de taille entre 2013 et 2022 (à droite) et par transect (à gauche).....	59
Figure 3-29: Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis (%de recouvrement et épaisseur).....	60

Figure 3-30: Couverture en cyanophycées sur les stations-témoin (%de recouvrement et épaisseur).....	61
Figure 3-31 - Évolution de la couverture en Cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre	62
Figure 3-32 : Mise en place du quadrat photo en début de transect (photo 2021).....	63
Figure 3-33 - Couverture en Cyanophycées par quadrats sous les mouillages et hors mouillage à Petite Terre.....	64
Figure 4-1 : Illustration du blanchissement de l'espèce <i>Porites porites</i> sur la station Passe en 2021	65
Figure 4-2 - Niveau d'alerte entre le 1er janvier 2021 et novembre 2022 pour la station Leeward Caribbean Islands (source: http://coralreefwatch.noaa.gov).....	67
Figure 4-3 - Comparaison du Degree Heating Weeks pour la région Caraïbe en octobre 2021 (A) et en octobre 2022 (B).....	68
Figure 4-4 - Illustration de l'implantation de la sonde de température de Petite Terre en octobre 2021, avant récupération	69
Figure 4-5 - Année type de la température mensuelle pour la réserve de Petite Terre, calculée entre 2008 et 2022 (température en °C).....	70
Figure 6-1 : Aperçu du poster de communication sur le suivi 2022	74

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE -
2022 SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE -
2022

Liste des tableaux

Tableau 1 - Cordonnées des radiales de suivi herbiers à Petite Terre	19
Tableau 2 - Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2022.....	20
Tableau 3 : Chronologie des suivis des biocénoses de la Réserve Naturelle de Petite terre.....	23
Tableau 4 : Synthèse des différents paramètres suivis dans le cadre du suivi-réserve	28
Tableau 5 - Paramètres d'évaluation de l'évolution spatio-temporelle d'un même secteur	30
Tableau 6 : Synthèse des observations de lambis par transect.....	54
Tableau 7 : Synthèse des observations de lambis classe de taille et par transect.....	54
Tableau 8 : Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis et les deux zones témoins (% et épaisseur)	60
Tableau 9 - 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).....	66
Tableau 10 - Niveau d'alerte calculé d'octobre 2017 à octobre 2022 à partir des données des stations Passe (Suivi GCRMN Petite Terre) ou St François (suivi Reef Check)	71
Tableau 11 - Composition des équipes de terrain en 2022	73

Liste des annexes

Annexe 1 : Caractéristiques de la réserve naturelle de petite terre..... 83

Annexe 2 : Chronologie de suivi des stations du réseau réserve naturelle depuis 2007..... 84

Annexe 3 : Liste Des 61 espèces cibles et paramètres de calcul de biomasse 85

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 2022, 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 ichtyologiques 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 2022 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 (BD Récifs) ;
- ▶ 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.

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.

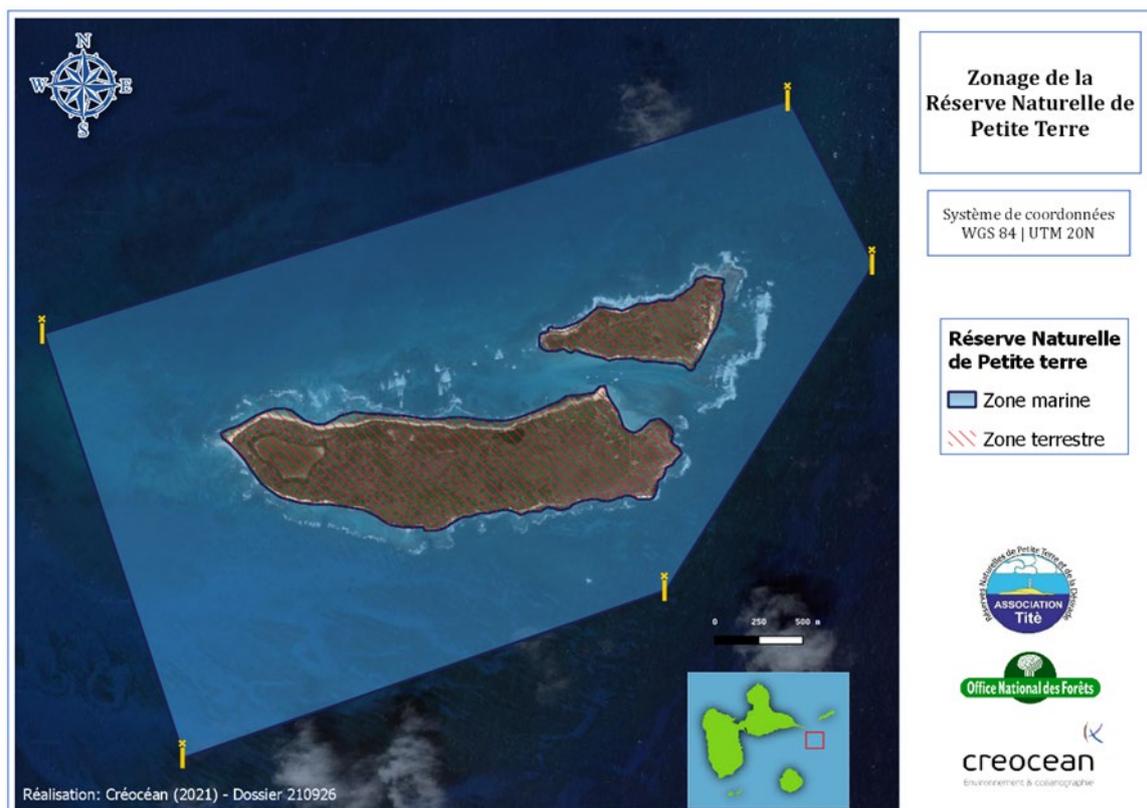


Figure 1-1 - Périmètre de la Réserve Naturelle de Petite-Terre

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 1-2 - 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 2022, les piquets ont été retrouvés permettant de positionner le transect, toutefois un très fort courant lors du suivi peut être à l'origine d'un décalage du décamètre matérialisant le transect.

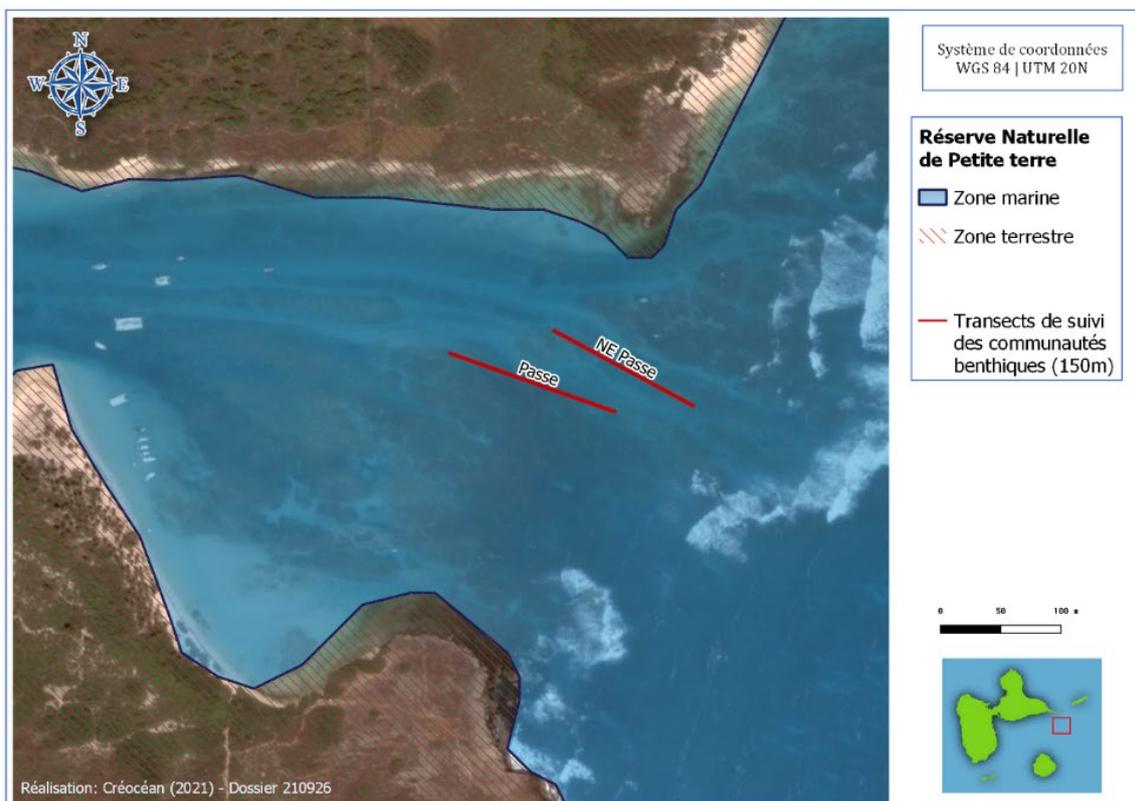


Figure 1-3 : Transects de suivi des communautés benthiques de la Réserve Naturelle de Petite Terre

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.

Lors des dernières années de suivi, un fort ensablement et une faible densité de phanérogames sont observés sur l'herbier de Terre de Haut. Ainsi, en accord avec les gestionnaires de la réserve, la fréquence de suivi de cette station est diminuée avec **un suivi réalisé tous les 2 ans**. La dernière caractérisation ayant eu lieu en 2021, le prochain suivi de cet herbier sera réalisé en 2023.

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.

L'herbier de Terre de Bas est toutefois trop étroit pour établir des radiales côte-large. Ces dernières ont donc été définies parallèles à la côte.

En 2022, seul cet herbier a été caractérisé au sein de la Réserve Naturelle de Petite-Terre.

Les coordonnées des 4 stations (herbier et benthos) sont fournies dans le Tableau 2 et leur localisation est présentée en Figure 1-5.



Figure 1-4 - 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.

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

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

Station		Radiale 1	Radiale 2	Radiale 3
Herbière 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 - 2022

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 1-5 : Stations de suivis benthos et herbiers de la Réserve Naturelle de Petite Terre

Tableau 2 - Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2022

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 Bas	Réserve	Herbiers, Lambis	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.

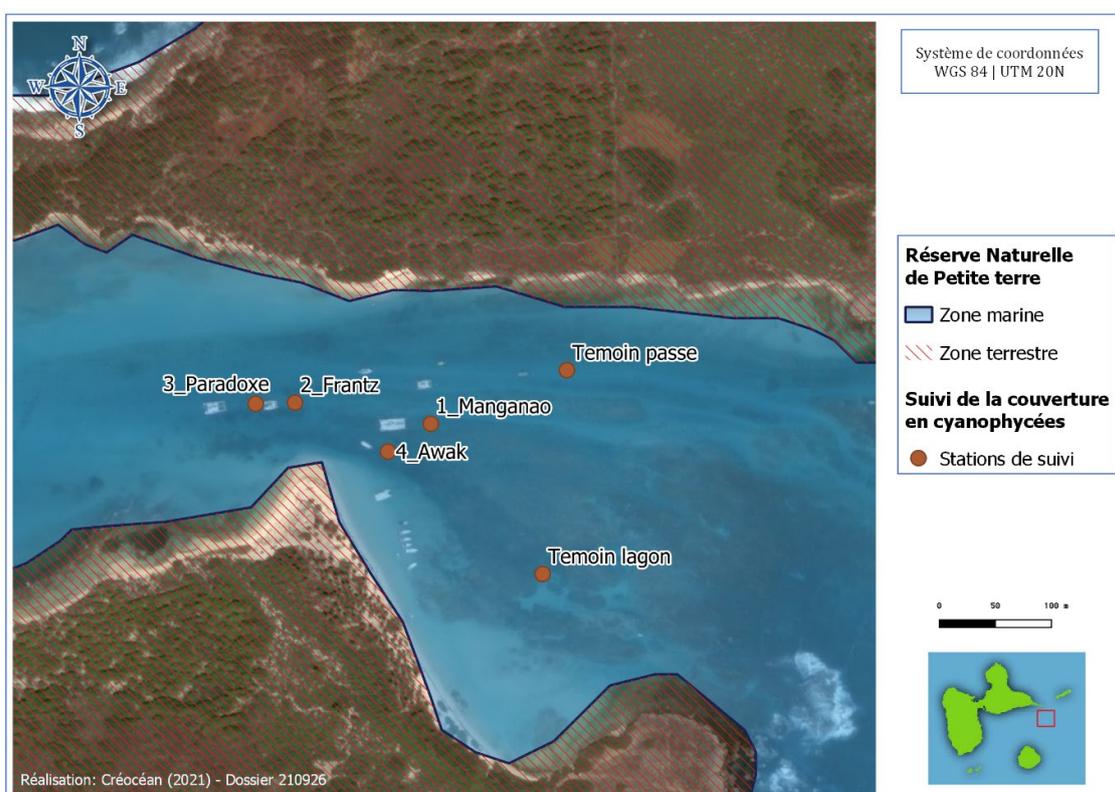


Figure 1-6 : Localisation des stations de suivi des cyanophycées

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.

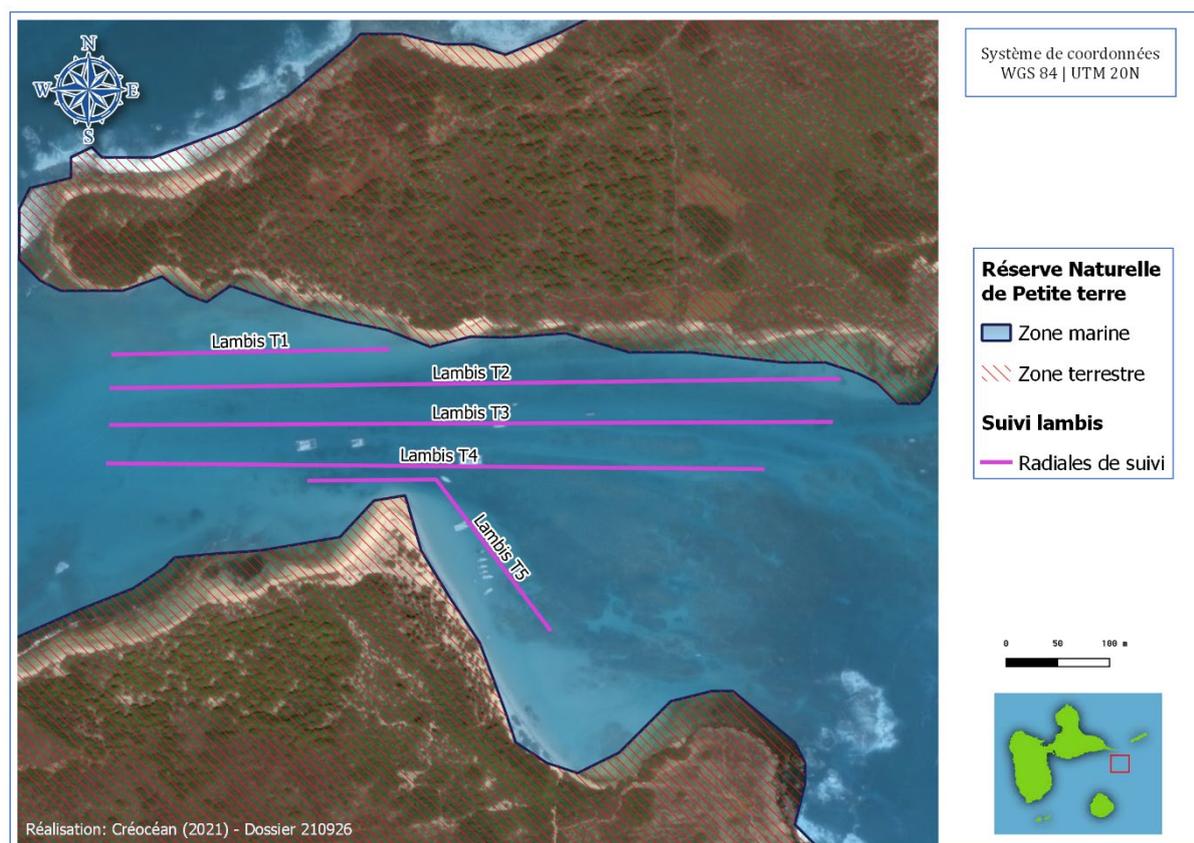


Figure 1-7 : Localisation des transects de suivi des lambis

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

1.3. Déroulement des campagnes de suivi

Le suivi de la réserve de petite terre s'est déroulé du **03 au 06 octobre 2022**.

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	2022	Dates de suivi 2022
Passe	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	3 au 7 octobre 2022
Passe nord-est	réserve	Benthos, Ichtyo								I	I	I	I	I	I	I	I		
Terre de Haut	réserve	Herbiers, Lambis																	
Terre de Bas	réserve	Herbier																	
Terre de Bas	réserve	Radiales lambis																	

 Suivis opérés  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 2022 sont résumés dans l'annexe 2.

Les conditions météo et de mer lors du suivi 2022 ont entravé le bon déroulement des suivis :

- Lors du suivi de la station Passe le 4 octobre 2022, le courant trop intense a contraint les opérateurs à stopper les opérations ;
- Les suivis des stations benthos ont alors été terminés le 6 octobre, avec tout de même un fort courant.
- De même, la qualité des photo-quadrats de suivi des cyanophycées n'est pas optimale du fait du fort courant ne permettant pas un cadrage précis

Les conditions de courant sur les stations benthos n'ont pas permis la prise de photographie. Les illustrations du présent rapport sont donc issues des vidéos des stations coralliennes ou des précédents suivis (2021 et 2020).

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 ichtyologiques 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 (*Scléactiniaires*) 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.

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 :

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

2.1.3. Suivi des Lambis (depuis 2013)

Le nouveau protocole proposé dans le Cadre du TIT IFRECOR inclut un suivi de la macrofaune 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.

Depuis 2021, une réflexion est en cours afin d'optimiser ce protocole opératoire. En 2022, un plongeur est tracté avec une caméra et 2 lasers matérialisant un couloir de 1m de large. Les lambis sont dénombrés au sein de ce couloir par le plongeur et par comptage vidéo pour caractérisation des tailles (juvéniles, sub-adultes, adultes).



Figure 2-1 : 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).

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.

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

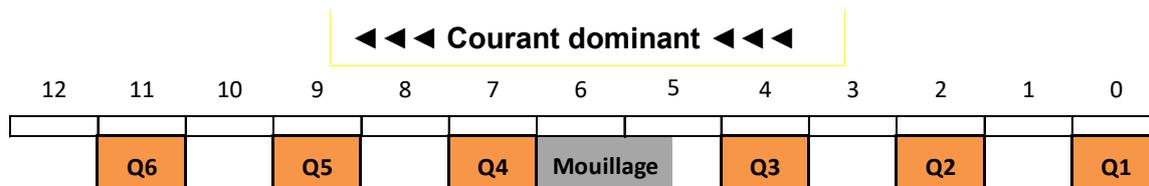


Figure 2-2 : positionnement des photos-quadrats (orange) de suivi des cyanophycées

Du fait du très fort courant au sein de la passe, l'intégralité des photoquadrats n'ont pas pu être réalisées autour des mouillages. Au total, 32 photos ont pu être exploitées sur 36 initialement.

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.

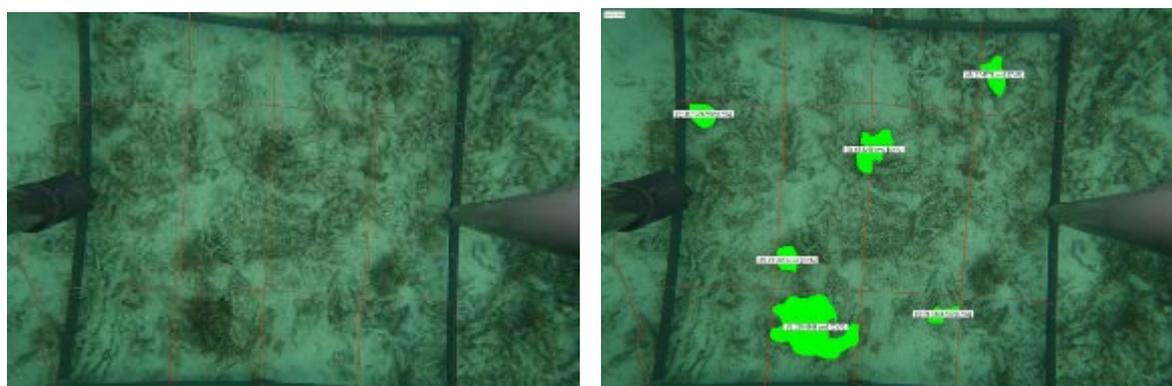


Figure 2-3 - Photo-quadrat avant (a) et après (b) analyse CPCe

	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 2-4 - Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées

2.1.5. 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	<ul style="list-style-type: none"> - Structure des peuplements benthiques - Couverture en macroalgues - Recrutement corallien - Etat de santé général - Blanchissement corallien - Densité en Oursins diadèmes 		
✓ Ichtyofaune	<ul style="list-style-type: none"> - Espèces cibles - Abondance - Biomasse 		
✓ Herbiers	<ul style="list-style-type: none"> - Densité : <i>T. testudinum</i> , <i>S. filiforme</i> - Longueur des feuilles : <i>T. testudinum</i> - Etat de santé général 	<ul style="list-style-type: none"> - 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 substrats dans et hors herbier 	
✓ Lambis	Dans le cadre du suivi de la mégafaune de l'herbier : <ul style="list-style-type: none"> - Densité - Taille, - Mortalité 	Dans le cadre du suivi de la mégafaune de l'herbier et par vidéo tractée (RNPT) : <ul style="list-style-type: none"> - Densité, - Taille, - Mortalité 	
✓ Température	- Suivi horaire		
✓ Cyanophycées		Sur 5 stations (4 bouées + 1 témoin) : <ul style="list-style-type: none"> - Recouvrement - Epaisseur 	Sur 6 stations (4 bouées + 2 témoins) : <ul style="list-style-type: none"> - Recouvrement - Epaisseur

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 2022)
Peuplement récifal	Corail vivant	X
	Algues (turf, macroalgues, cyanophycées, algues calcaires)	X
	Densité recrues coralliennes	X
	Densité oursins diadèmes	X
Peuplement ichtyologique	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 (1 mètre) permet d'avoir une estimation de la surface échantillonnée.

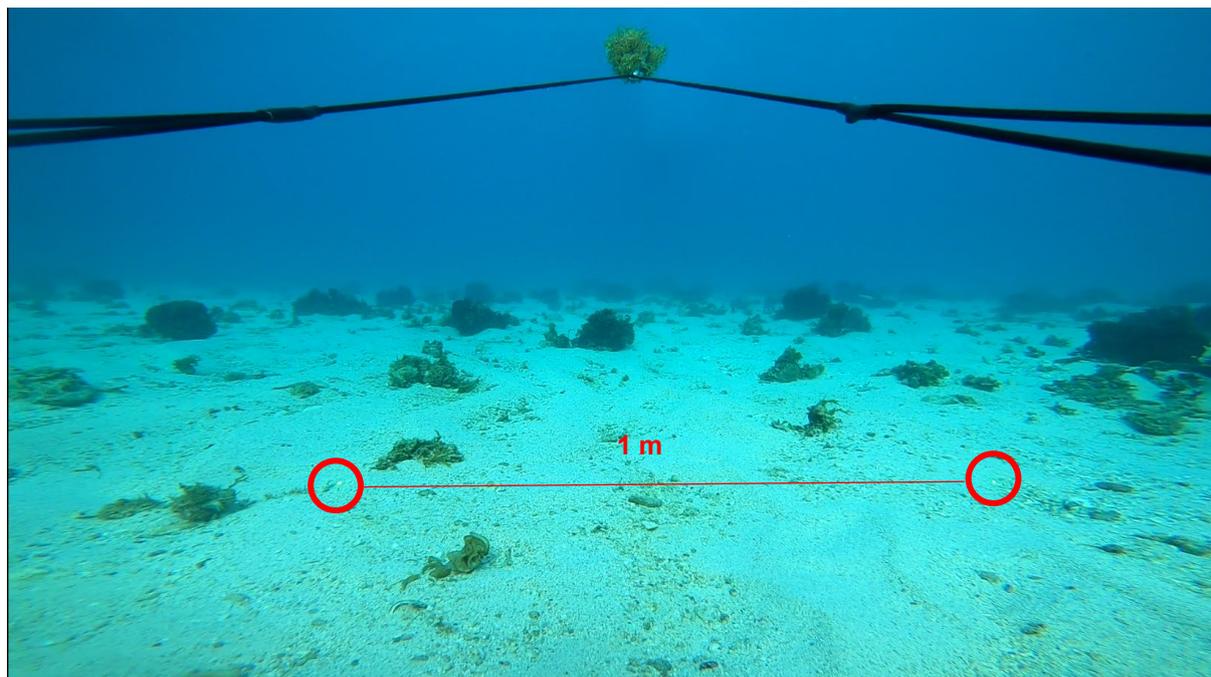


Figure 2-5 : Capture d'écran d'une vidéo de suivi avec témoin d'échelle

L'analyse descriptive des données est ensuite réalisée sur la base de statistiques élémentaires (moyenne, écart type) et des statistiques comparatives.

En 2022, 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

Los du suivi 2022 des cyanophycées, un très fort courant n'a pas permis la prise de photo de qualité. Pour la zone témoin en amont du chenal, seules 3 photos exploitables ont pu être réalisées. Pour les autres photos, une partie du quadrat est absente ; le traitement des données est donc réalisé pour ces photos sur 0,5m² si possible.

Ainsi, 32 photos ont été traitées 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.

3. Résultats du suivi des stations de la Réserve de Petite terre

3.1. Les peuplements benthiques

Analyse de la couverture benthique en 2022

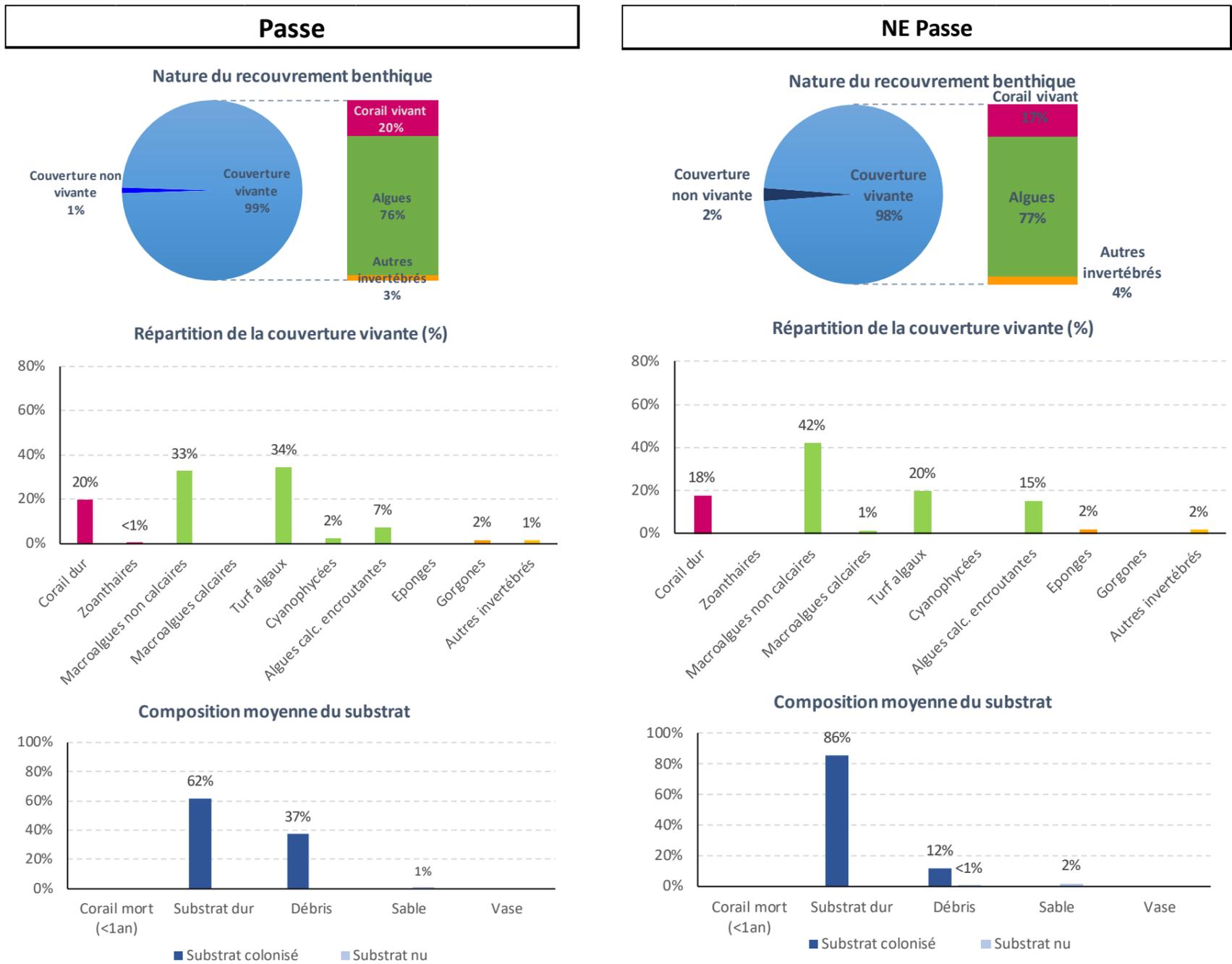


Figure 3-1 : Couverture benthique observées sur les stations Passe et Nord-Est Passe en 2022



Figure 3-2 : Illustrations des stations Passe (gauche) et Nord est Passe (droite)

La couverture benthique des stations Passe et NE Passe est similaire en 2022 :

- **Les organismes benthiques recouvrent la grande majorité du substrat** avec, respectivement, 99 et 98% de couverture sur Passe et NE Passe. Quelques occurrences de sable et de débris coralliens nus sont relevées.
- **Les peuplements algaux dominent la couverture vivante** avec 76% (Passe) et 77% (NE Passe) d'algues sur les stations.
- **La couverture corallienne est moyenne.** Les coraux représentent 20% de la couverture benthique sur Passe et 17% sur NE Passe.
- Les **invertébrés non coralliens sont peu développés** sur la station avec moins de 5% de la couverture benthique occupée par des éponges ou des gorgones.

Globalement **les stations sont très hétérogènes**, avec des zones très colonisées par les macroalgues, des couloirs de sable ou de débris coralliens et patches de forte densité corallienne (généralement colonisant de vieux squelette d'*Acropora palmata*).

Analyse détaillée de la couverture benthique en 2022 :

L'analyse de la composition du recouvrement benthique sur les stations Passe et NE Passe révèle des compositions différentes au niveau des groupes taxonomiques :

- **Station PASSE :**

La couverture vivante est co-dominée par le turf algal (34%) et les macroalgues molles (33%). Les espèces *Dictyota sp.* et *Turbinaria sp.* sont recensées. Les algues calcaires encroûtantes sont relativement abondantes avec 7% du biote. Des cyanophycées sont aussi observées (2%).

Les coraux vivants observés sont essentiellement des coraux durs, à l'exception d'une observation de zoanthaire (moins de 1% de la couverture vivante).

Peu d'autres invertébrés sont recensés : 4 anémones solaires (*Stichodactyla helianthus*) et la gorgone encroûtante *Erythropodium caribaeorum* sont observées.

Le substrat colonisé est composé de roche (« Substrat dur colonisé ») et de plus d'un tiers de débris coralliens (*Porites digités* morts).

- **Station NE PASSE :**

La couverture vivante est largement dominée par les macroalgues molles (42%), le genre *Dictyota* est très abondant, accompagné de *Turbinaria sp.* Le turf algal est moins représenté que sur la station Passe, avec seulement 20% de recouvrement.

Inversement, les algues calcaires encroûtantes possèdent un fort recouvrement (15% du biote).

Les coraux vivants sont exclusivement des coraux durs.

Les autres invertébrés sont aussi peu représentés, avec 5 observations d'anémones solaires et 6 observations d'éponges (soit 2% du biote pour chaque taxon).

Le substrat colonisé est composé à 86% de roche. Les occurrences de débris coralliens colonisés représentent 12% du substrat.

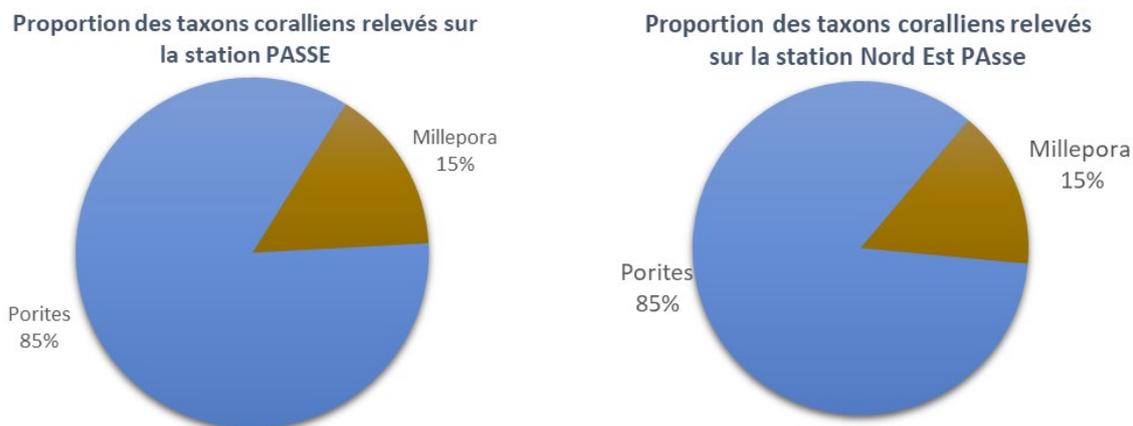


Figure 3-3 : Proportions des taxons coralliens relevés sur le PIT des stations Passe (gauche) et Nord Est Passe (droite)

L'état de santé des colonies coralliennes sur les deux stations est bon, avec très peu de nécroses ou de signes de blanchissement.

Les coraux sont toutefois très peu diversifiés, avec le genre *Porites* très abondants (85% sur les deux stations) sous forme digités (*Porites porites*) ou encroûtantes (*Porites astreoides*). Les autres coraux observés sont des Hydrozoaires : les coraux de feu *Millepora alcicornis*.

L'espèce *Agaricia sp.* observée jusqu'en 2021 n'est plus présente sur le transect.

Outre la maladie corallienne de perte de tissu (SCTLD) qui a touché les récifs de Petite Terre, les conditions hydrodynamiques (très fort courant) pourraient être une des raisons expliquant cette faible diversité.

L'état de santé général de la station Passe est évalué comme moyen, avec un indice moyen de 2,8/5.

L'état de santé général de la station NE Passe, où les macroalgues sont abondantes est évaluée en état de santé médiocre (indice de 4/5).

Evolution de la couverture benthique entre 2007 et 2022

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

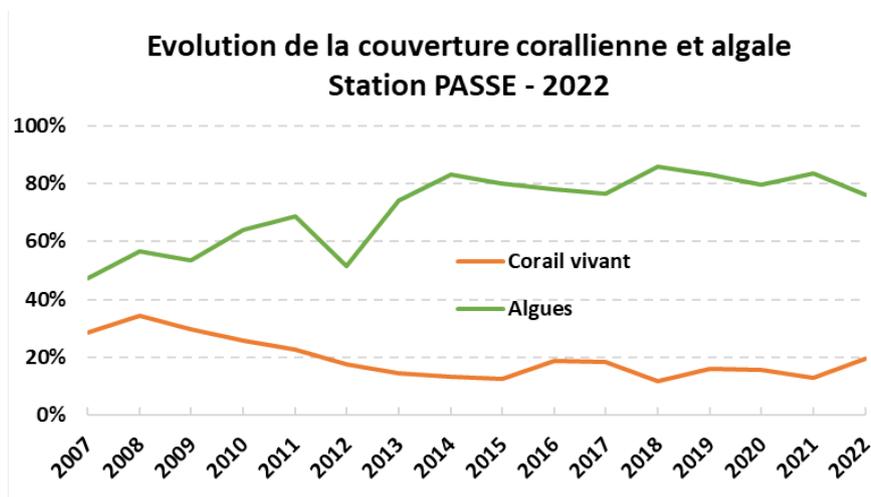


Figure 3-4 : Evolution 2007-2022 du recouvrement corallien et algal sur la station PASSE

Sur la station Passe :

- La couverture corallienne observée en 2022 est proche de celle observées lors des dernières années de suivi. Une légère augmentation est observée en 2022, où le peuplement de coraux atteint 20% de recouvrement (+7%). Cette augmentation doit toutefois se confirmer lors du prochain suivi pour conclure sur une réelle augmentation de la couverture corallienne sur la station Passe.
La forte baisse de coraux observée entre 2008 et 2015 semble avoir dégradé la station sur le long terme. Aucune différence significative d'un point de vue statistique n'est détectée.
- Le peuplement algal en 2022 est aussi équivalent à celui observée lors des précédents suivis. Une légère baisse est observée entre 2021 et 2022 (-8%), trop faible pour être considérée comme une évolution écologique au niveau de la station.
Depuis 2014, les algues recouvrent autour de 80% de la station, ne permettant pas un développement des autres organismes benthiques.
D'un point de vue statistique, les années 2014, 2018 et 2021 apparaissent significativement supérieure à 2007 et 2012.



Figure 3-5 : Station Passe

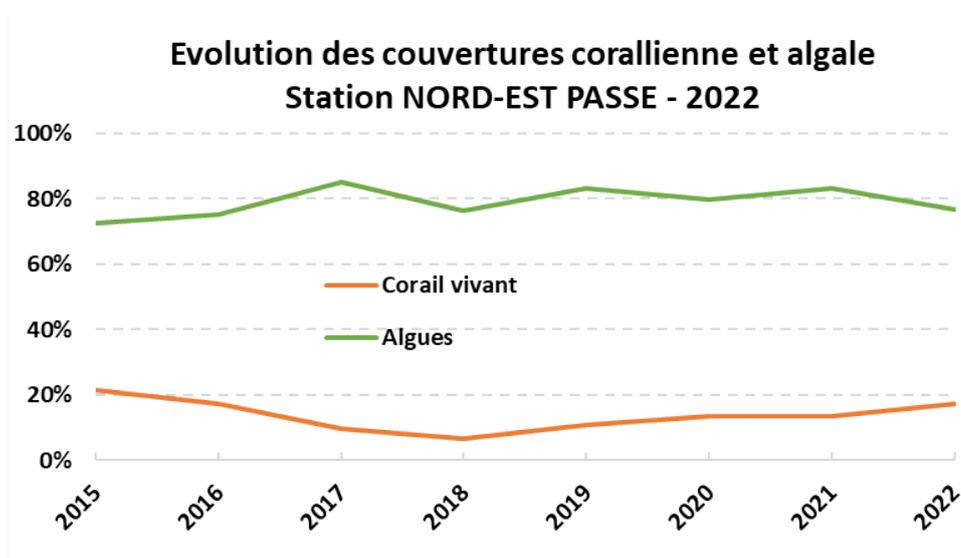


Figure 3-6 : Evolution 2007-2022 du recouvrement corallien et algal sur la station NORD-EST PASSE

Sur la station Nord-est Passe :

- Après une forte diminution de la couverture corallienne de 2015 à 2018 (de 21 à 7%), les coraux semblent à nouveau se développer, avec une augmentation lente de la couverture corallienne depuis 2018 de 7 à 17% (en 2022).
- A l'instar de la station Passe, l'évolution de la couverture algale sur la station NE Passe est quasi nulle depuis 2016. Les peuplements algaux restent très dominants, ils oscillent autour de 80% de recouvrement de la station.



Figure 3-7 : Hétérogénéité de la station NE Passe, avec un tapis de *Dictyota* observé en fin de transect et une zone plus corallienne en début de transect

Les analyses statistiques réalisées ne montrent pas de distribution des données selon la loi normale. Les tendances observées (augmentation des couvertures algales depuis 2014 et diminution de la couverture coralliennes) ne sont pas significatives chaque année. L'hétérogénéité des stations (alternance zone coralliennes, débris, sable, tapis algal) biaise les données.

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. L'identification à l'espèce ou au genre n'est pas réalisé car trop incertaines pour des individus de moins de 2 cm.

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.

Station Passe :

- **La densité de recrues coralliennes est de 1,9 juvéniles/m².** C'est une valeur moyenne, proches de celles déjà observées les années précédentes. Cette densité est très variable depuis le début des suivis. Elle est globalement comprise entre 1 et 3 recrues/m², avec des valeurs extrêmes en 2009 (aucune recrue) et 2020 (6,3 juvéniles/m²). La baisse de densité observée entre 2016 et 2018 semble se compenser progressivement. Il est difficile de dégager une tendance évolutive globale pour ce paramètre. Statistiquement, la densité de l'année 2020 apparait significativement supérieure aux densités de 2018, 2019, 2021 mais aucune autre tendance ne se dégage.
- **La densité d'oursins diadème est de 8,8 individu/10m².** Cette densité a aussi beaucoup varié lors des suivis mais semble se stabiliser entre 5 et 10 individus/10m² depuis 2017. Cette densité de brouteur est relativement faible mais permet tout de même le maintien d'une pression de broutage sur les taxons algaux. Comme pour les oursins, seule la densité de 2016 apparait statistiquement plus forte que celle de 2010, 2015 et 2018, aucune tendance évolutive ne se dégage.

Ces densités sont remarquables par rapport à d'autres secteurs de Guadeloupe, fortement touchés par une épizootie en 2022.

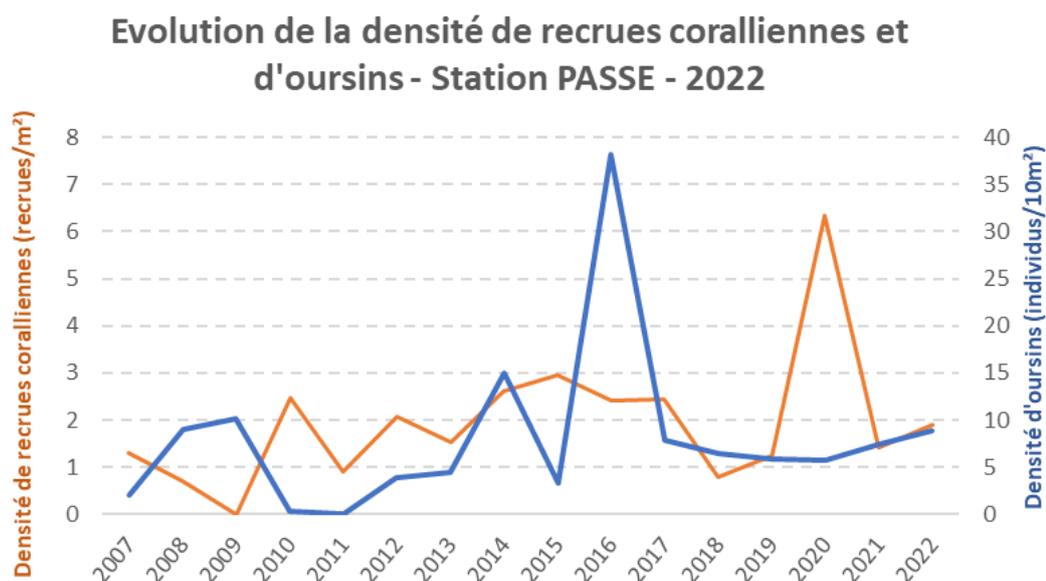


Figure 3-8 : Évolution de la densité d'oursins diadème (en bleu) et de juvéniles de coraux (en orange) sur la station Passe de Petite Terre

Station NE Passe :

- **La densité de recrues coralliennes est de 2,4 juvéniles/m².** Cette densité est plus faible que lors du premier suivi (7,4 recrues/m²) mais plus forte que les densités observées de 2016 à 2019. Depuis 2020, la densité se maintient au-dessus de 1 juvénile/m², ce qui reste une densité faible.
- **La densité d'oursins diadèmes est de 0,3 individu/10m².** Cette valeur est très faible, à l'instar des densités observées lors des précédents suivis, à l'exception de l'année 2016 où les oursins étaient en densité de 3,8 individus/10m². Ces plus faibles densités pourraient s'expliquer par un relief moins propice aux oursins diadèmes. Toutefois, la proximité des 2 stations laisse penser que la pression de broutage de la station Passe pourrait rayonner jusqu'à la station NE Passe.

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

De nombreux oursins ont été observés hors transect, sur les massifs coralliens du lagon et de la passe. La maladie des oursins diadèmes survenues au cours de l'été 2023 ne semble pas avoir impacté les populations de la Réserve Naturelle de Petite Terre.

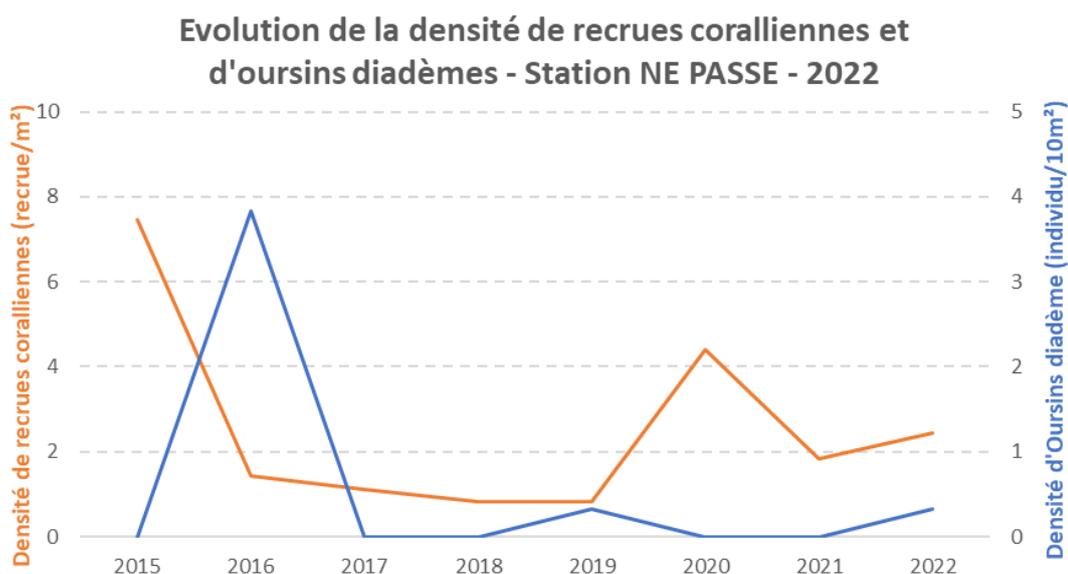


Figure 3-9 : Évolution de la densité d'oursins diadème (en bleu) et de juvéniles de coraux (en orange) sur la station Nord-est Passe de Petite Terre

3.2. Les peuplements ichtyologiques

Le suivi des poissons a été réalisé le 6 octobre 2022 pour les deux stations. Les suivis sont habituellement réalisés sur 2 jours distincts afin de mettre en œuvre le protocole aux mêmes heures de la journée.

Les conditions de courants en 2022 n'ont pas permis cette organisation des suivis, qui ont dû être réalisés le même jour, à des périodes de la journée différentes.

Description synthétique des peuplements ichtyologiques

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

	Passe	Nord-est Passe
Richesse spécifique	11	12
Nombre d'individus total	189	128
Densité moyenne (ind. / 100 m²)	63,0	42,7
Biomasse moyenne (g / 100 m²)	375,1	457,1

La richesse spécifique (sur la base des 60 espèces cibles suivies) est similaire sur les deux stations avec 11 espèces sur la station Passe et 12 sur NE Passe.

L'abondance totale de poissons est supérieure sur la station Passe, où 189 individus ont été comptés contre 128 sur la station NE Passe. Ainsi, la densité moyenne de poisson est de 63 individus/100m² sur Passe. Elle est environ 30% plus faible sur NE Passe, avec 42,7 individus/100m².

La biomasse de la faune ichtyologique, calculée sur les stations est similaire, avec 375,1 g/100m² sur la station Passe et 457,1 g/100m² sur la station NE Passe. La différence entre les rapports de biomasse (<1) et de densité (>1) indique une structure du peuplement différente en termes d'espèces ou de tailles.

Analyse de la structure trophique en 2022

La densité et la biomasse des peuplements ichtyologiques 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	55,3	87,8%	312,4	83,3%
Planctonophages	0	0%	0	0%
Omnivores	7,0	11,1%	23,5	6,3%
Carnivores de 1 ^{er} ordre	0	0,0%	0	0%
Carnivores de 2 nd ordre	0	0,0%	0	0%
Piscivores	0,7	1,1%	39,2	10,4%

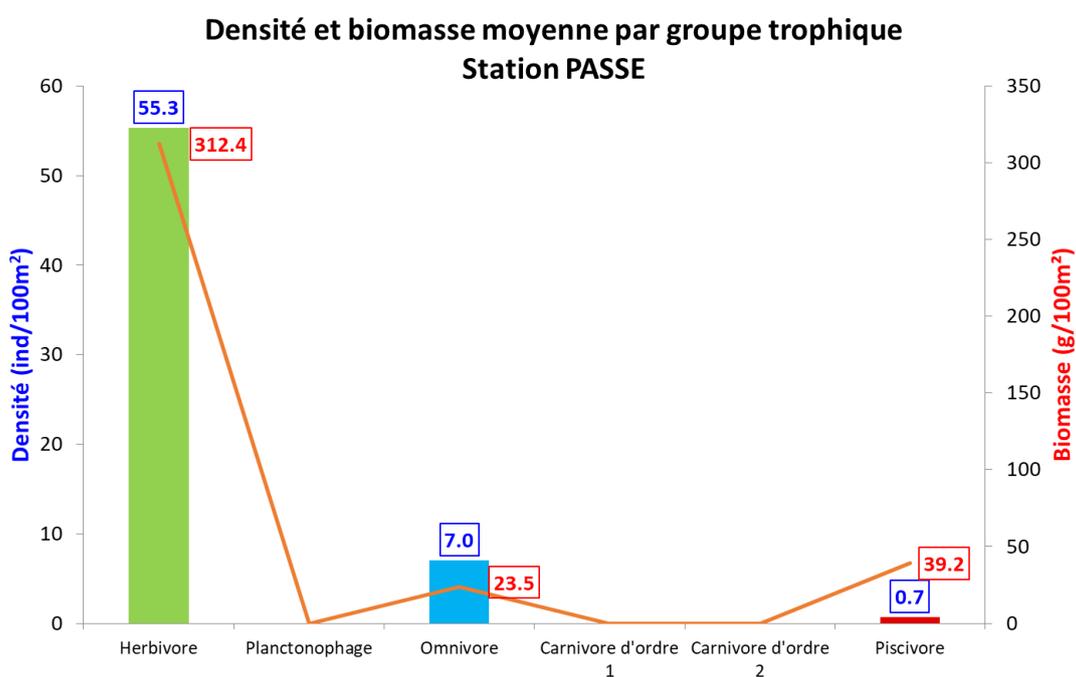


Figure 3-10 : Structure trophiques du peuplement ichthyologique sur la station Passe en 2022 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)

Le peuplement ichthyologique de la station Passe en 2022 est très réduit.

Il est composé d'herbivores en grande majorité (plus de 80% de la densité et de la biomasse), avec l'observation de Scaridés (poisson perroquets) et d'Acanthuridés (poissons chirurgiens).

D'un point de vue densité, les omnivores sont ensuite les plus nombreux. Ils composent 10% du peuplement, avec 7 individus/100m². Les espèces *Stegastes adustus* (Demoiselle brune) et *Melichtys niger* (Baliste noir) sont les seules représentantes de ce groupe trophique. Les piscivores sont relevés au travers d'une seule espèce (*Cephalopholis fulva*, Vieille tanche) qui est comptée pour 1% de la densité totale.

En termes de biomasse, les proportions s'inversent entre les omnivores et les piscivores, qui représentent respectivement 6 et 10% de la biomasse totale. Les demoiselles brunes sont en effet bien plus petites que les vieilles tanches observées.

Aucun planctonophage, ni carnivore n'est observé sur la station en 2022.

Station Nord-est Passe				
	Densité moyenne		Biomasse moyenne	
	(individu/100m ²)	%	(g/100m ²)	%
Herbivores	24,3	57,0%	114,6	25,1%
Planctonophages	0,0	0,0%	0,0	0,0%
Omnivores	17,0	39,8%	56,2	12,3%
Carnivores de 1 ^{er} ordre	0,3	0,8%	18,7	4,1%
Carnivores de 2 nd ordre	0,7	1,6%	248,1	54,3%
Piscivores	0,3	0,8%	19,6	4,3%

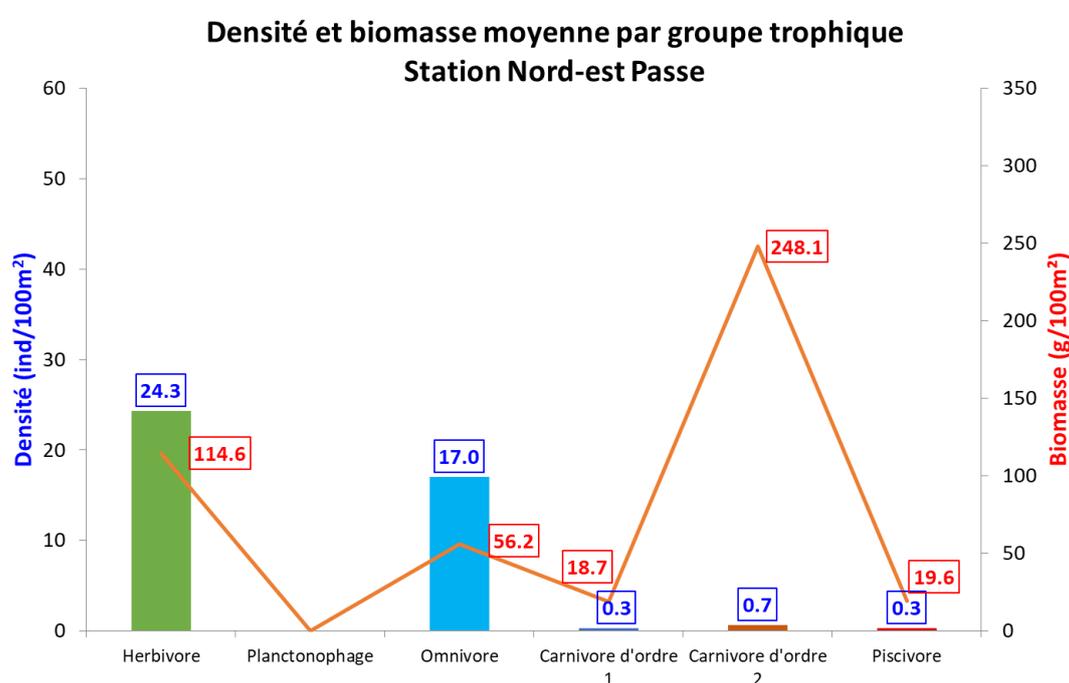


Figure 3-11 : Structure trophiques du peuplement ichthyologique sur la station Nord-est Passe en 2022 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)

La population ichthyologique sur la station est un peu plus équilibrée que sur la station Passe.

En termes de densité, les herbivores sont les plus nombreux, avec 24,3 individus/100m² (57% du peuplement). Comme sur la station voisine, les Scaridés et les Acanthuridés sont dominants. Les omnivores sont aussi fréquents, avec 17 individus/100m² (40% du peuplement), les espèces *Stegastes adustus* et *Microspathodon chrysurus* sont observées.

Les espèces des groupes trophiques supérieurs sont moins présentes, avec moins de 1 individu/100m² pour les carnivores d'ordre 1, d'ordre 2 et les piscivores, soit environ 1% du peuplement pour chacun des groupes trophiques. Les espèces de carnivores observées sont *Bodianus rufus*, *Ocyurus chrysurus* et *Lutjanus griseus*.

Un seul piscivores est observé : *Cephalopholis fulva*.

En termes de biomasse, les proportions des groupes trophiques sont très différentes des densités. Les espèces dominantes sont les carnivores d'ordre 2, avec 248 g/100m² soit 54% de la biomasse. Seuls deux individus sont recensés, mais de grande taille : un Pagre gris (*Lutjanus griseus*) de 30 à 40 cm et

un Colas (*Ocyurus chrysurus*) de 20 à 30 cm. Les herbivores, ayant la plus forte densité, participent à hauteur de 25% de la biomasse (115 g/100m²), alors que les omnivores représentent 12% (56 g/100m²). Les carnivores d'ordre 1 et les piscivores sont recensés au travers d'une seule espèce, qui participe à environ 4% de la biomasse de la station (environ 19 g/100m²).

Les espèces de groupes trophiques supérieurs (carnivores et piscivore) sont très peu nombreux mais les individus observés sont de grande taille, ce qui augmente considérablement la biomasse de la station.

Analyse du peuplement ichthyologique par taxon et taille :

Les 61 espèces cibles sont regroupées 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 représente la répartition du peuplement ichthyologique par famille et classe de taille, pour chaque station.

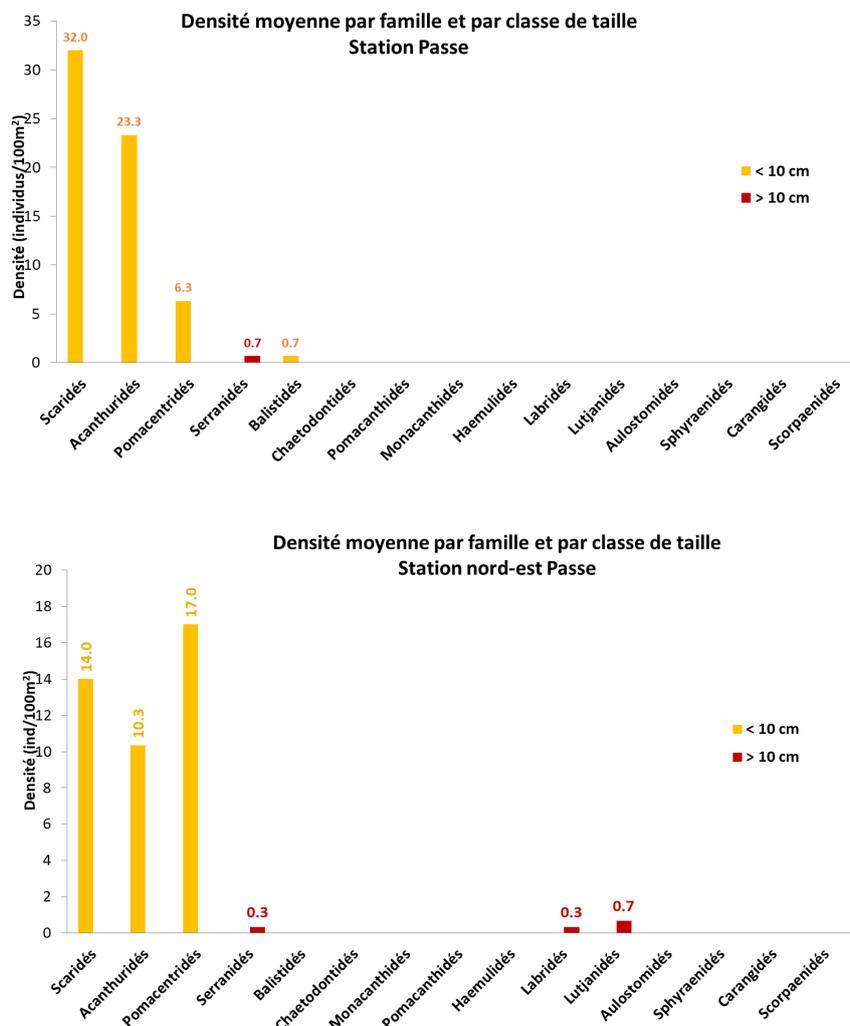


Figure 3-12 : Répartition des poissons selon leur famille leur classe de taille (> ou < à 10 cm)

Sur la station Passe, les individus < 10 cm sont largement majoritaires, seul les Serranidés sont supérieurs à 10 cm. Les taxons les plus fréquents sont les Scaridés, avec 32 individus/m². Ces poissons sont toutefois de jeunes individus inférieurs à 5 cm pour la majorité. Les Acanthuridés sont ensuite les plus nombreux (23 individus/100m²), partagés entre les individus < 5 cm et ceux entre 5 et 10 cm. L'espèce de Balistidé observée est aussi inférieure à 10 cm.

Sur la station NE Passe, 6 familles sont représentées. Les Scaridés, Acanthuridés et Pomacentridés sont en densités proches (respectivement 14, 10, et 17 individus/100m²). Les poissons présents sont tous inférieurs à 5 cm à l'exception de poissons chirurgiens entre 5 et 10 cm. Les autres groupes taxonomiques sont très peu denses : les Serranidés, Lutjanidés et Labridés possèdent moins de 1 individu/100m². Les poissons observés appartenant à ces familles sont en revanche tous supérieurs à 10 cm.

Evolution du peuplement ichthyologique de 2009 à 2022 :

Station Passe

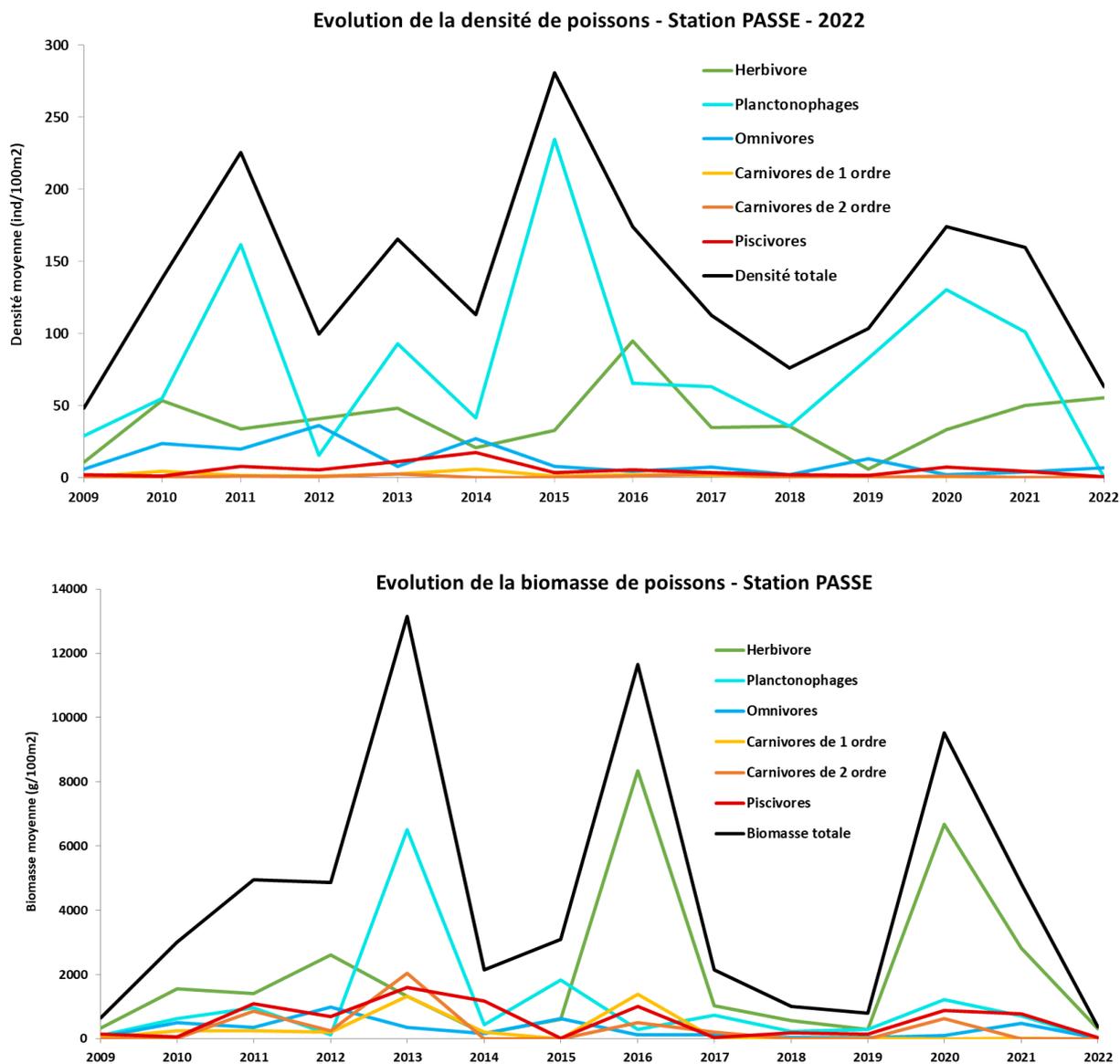


Figure 3-13 : Evolution de la densité et de la biomasse de poisson sur la station Passe de 2009 à 2022

La densité totale et la biomasse totale du peuplement ichthyologique subissent une forte baisse en 2022 : **la densité est divisée par 2,5** (baisse significative d'un point de vue statistique) et **la biomasse par 12**. Les valeurs de densité et de biomasse totale sont les plus faibles observées, avec celles du premier suivi en 2009.

Concernant la densité, les planctonophages sont absents des relevés, faisant chuter la densité totale, qui se rapproche de la densité d'herbivores. L'absence des planctonophages est remarquée pour la première fois en 2022 : ces petits poissons étant relativement sensibles au fort courant, les conditions de fort hydrodynamisme observées en 2022 peuvent être responsables de cette absence. La densité

d'herbivores augmente légèrement (+5 individus/100m²) comme celle des omnivores (+3 individus/100m²). Aucune tendance évolutive ne se dégage de ces données.

La biomasse de chacun des groupes trophiques diminue en 2022, faisant chuter automatiquement la biomasse totale. La baisse la plus remarquable est celle des herbivores, qui passe de 2,8 kg/100m² à 0,3 kg/100m². Une biomasse aussi faible a déjà été observée lors de certains suivis. Le passage furtif d'un banc de chirurgiens certaines années peut être responsable de ces fortes variations. Cette diminution s'accompagne d'une augmentation de densité, ce qui indique une forte diminution de la taille des individus comptés. Aucune tendance évolutive ne se dégage de ces données.

Des tests non paramétriques ont été réalisés sur les données, bien que des différences significatives aient été observées entre des années, aucune tendance évolution ne se dégage des données.

Station Nord-est Passe

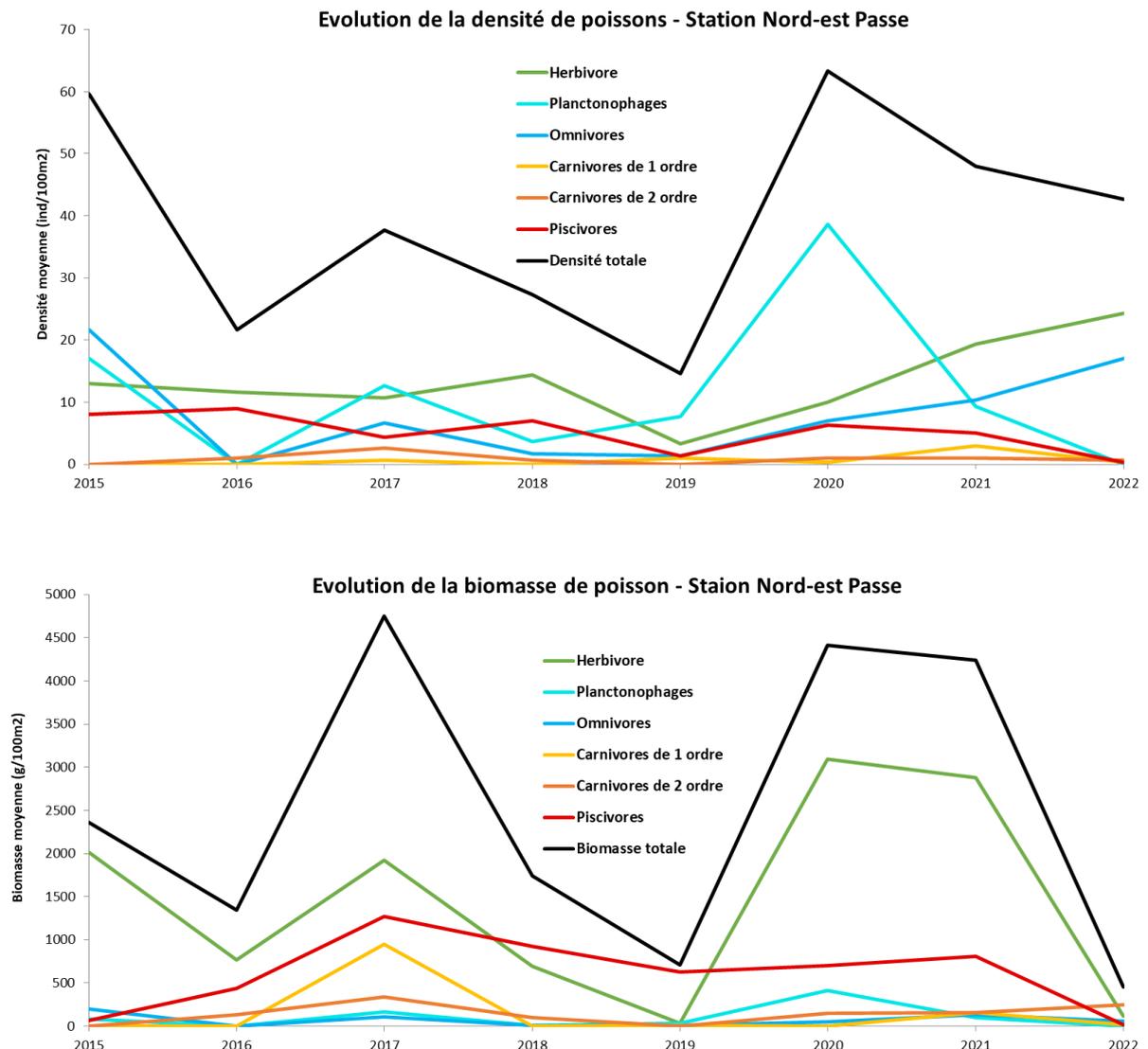


Figure 3-14 : Evolution des densité et biomasse de poisson sur la station NE Passe entre 2015 et 2022

En 2022, la densité totale de poissons enregistre une légère baisse de 2021 à 2022, de 48 à 42 individus/100m². Cette diminution peut être imputée à la baisse de densité des planctonophages qui sont absents en 2022, ainsi que les carnivores et les piscivores. Seules les densités d'herbivores et d'omnivores continuent d'augmenter depuis 2019 : de 3 à 24 individus/100m² pour les herbivores et de 1 à 17 individus/100m² pour les omnivores. Hormis en 2015, ces densités n'ont jamais atteint de telles valeurs.

Concernant la **biomasse totale**, elle est **divisée par 10 entre 2021 et 2022** (4,2 kg/100m² à 0,4 kg/100m²). Cette diminution est provoquée par la forte baisse de biomasse des herbivores (2,8 kg/100m² à 0,1 kg/100m²), et dans une moindre mesure par la baisse de biomasse des autres groupes trophiques, à l'exception des carnivores d'ordres 2 (0,16 à 0,25 kg/100m²).

Pour les herbivores, la chute de la biomasse couplée à une légère augmentation de la densité de poissons indique, comme sur la station Passe, une forte diminution de la taille des poissons. En 2022, très peu de poisson adultes (> 10 cm) ont été observés, et tous étaient des groupes trophiques supérieurs.

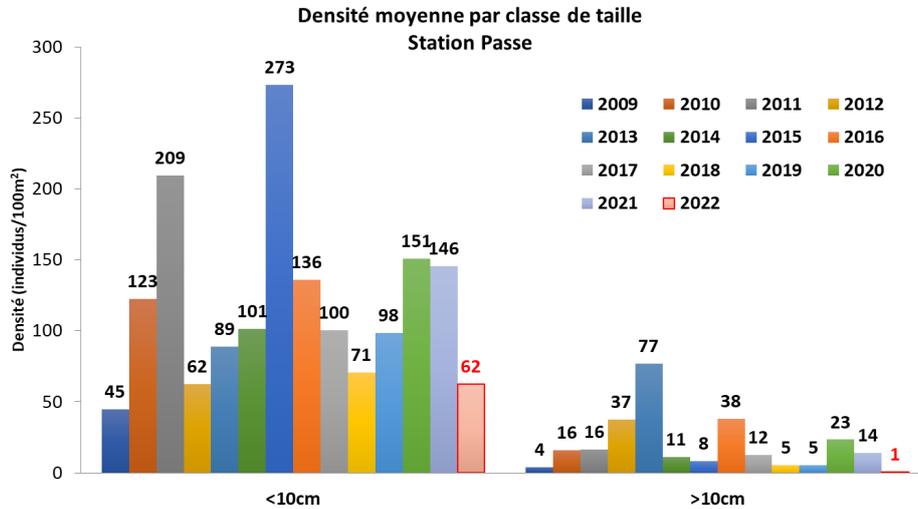
Pour la station NE Passe, comme pour la station voisine, aucune tendance évolutive ne se dégage des données d'évolution.

Le caractère très ponctuel des suivis ichthyologiques implique une forte variation dans la météo et les heures de suivis, bien que les observations soient préférentiellement faites le matin. Ainsi, d'une année sur l'autre, les conditions de houles, de courants, la transparence de l'eau peuvent influencer la présence des poissons. Les fortes variations observées peuvent être issues de cette variabilité. Le passage de banc de chirurgiens ou de gros prédateurs (carangues, pagres... supérieurs à 30 ou 40 cm) pourrait aussi expliquer ces fortes variations.

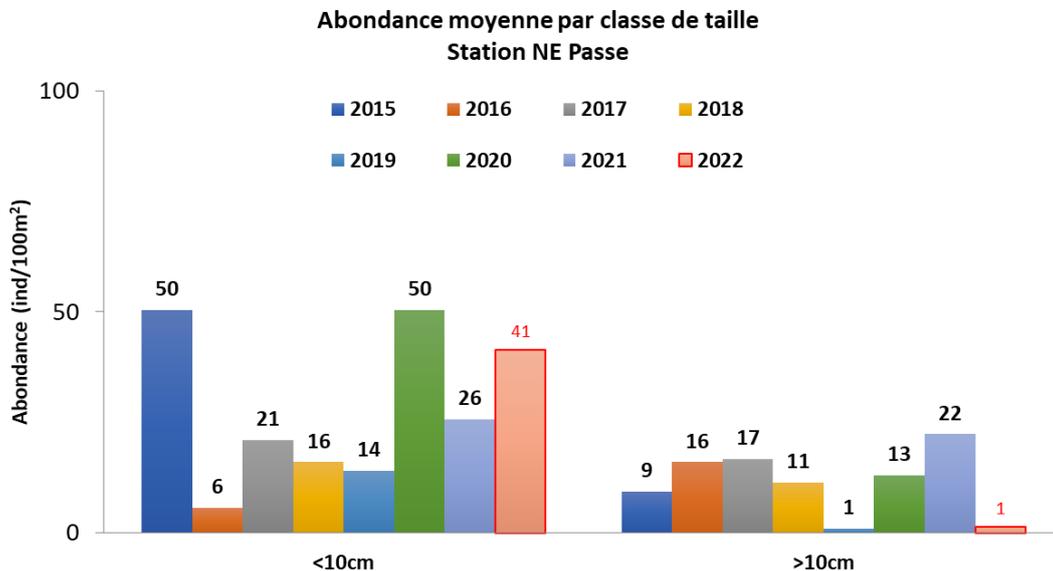
Le changement d'observateur peut influencer également les résultats mais les espèces-cibles sont facilement reconnaissables et n'entraînent pas de biais important.

Une nouvelle méthode de suivis des populations ichthyologiques est développée au sein de Créocéan. Un outil innovant nommé TrackFish© permet la prise de vidéo et photographie et l'identification automatisée des espèces de poissons. Le développement de cette méthodologie au sein de la Réserve Naturelle de Petite Terre, à plusieurs périodes de la journée et de l'année pourrait permettre :

- * d'augmenter la quantité de données,
- * de diminuer les biais météorologiques,
- * de diminuer la variabilité des paramètres ichthyologiques et donc de fiabiliser le jeu de données.

Evolution des classes de tailles de 2009 à 2022 :**Figure 3-15 : Evolution des classes de tailles (> 10 cm et < 10 cm) sur la station Passe de 2009 à 2022**

Sur la station Passe, les poissons < 10 cm sont largement majoritaires, avec seulement 1 individu/100m² supérieur à 10 cm. Bien que les petits poissons aient toujours été dominants, la densité de poisson adultes (<10 cm) n'a jamais été aussi faible.

**Figure 3-16 : Evolution des classes de tailles (> 10 cm et < 10 cm) sur la station Nord-est Passe de 2015 à 2022**

Sur la station NE Passe, le peuplement ichtyologique possède en 2022 la même structure, avec les poissons < 10 cm largement majoritaires. En 2021, le peuplement était plus équilibré avec des densités similaires. Les années précédentes, les petits poissons étaient majoritaires bien que les individus > 10 cm étaient aussi bien présents. En 2016 les grands individus étaient exceptionnellement dominants (16 individus/100m² contre 6 individus/100m²).

Sur la station NE Passe, le peuplement apparaît plus équilibré que sur la station Passe, où les petits individus dominent très largement la station depuis le début des suivis.

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. Au vu de la forte dégradation de l'herbier, avec un ensablement et une raréfaction des plants de phanérogames, il a été convenu que le suivi de cet herbier aurait lieu tous les 2 ans. Suivi en 2021, cet herbier sera donc suivi de nouveau en 2022.

3.3.2. Terre de Bas

L'herbier étudié à Terre de Bas a été étudié pour la seconde fois en 2022, sur la base des mêmes transects qu'en 2021. Cet herbier est situé au sud de la sortie de la Passe de Petite Terre, zone relativement abritée des courants mais soumise à la houle de Nord.

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

Cet herbier mixte se situe sur un fond de 2 à 3 m, à l'ouest de la pointe nord-est de Terre de Bas. Il est 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.

2022	Epibiose	Relief	Macrophytes non fixées	Cyano	Bioturbation	Etat de santé	Caractéristique du sédiment	
							Dans l'herbier	Sédiment nu
Radiale 1	AF	1	1	1	0	2	3	3
Radiale 2	AF	1	1	0	0	2	3	3
Radiale 3	AF	1	1	0	0	2	3	3
2022	Présence de d'algues filamenteuses et de macroalgues	1,0	1,0	0,3	0,0	2,0	3,0	3,0
2021	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

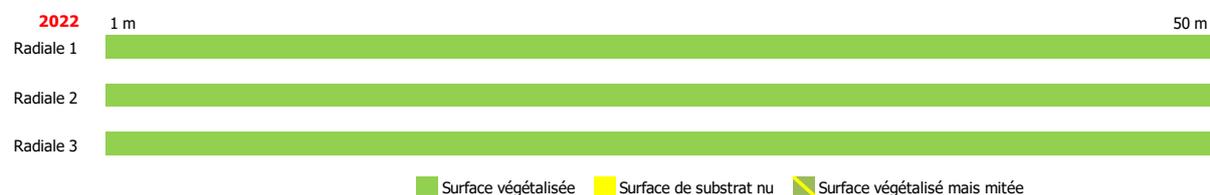
L'herbier présente :

- ▶ Une épibiose composée d'algues filamenteuses,
- ▶ Un très faible relief, l'herbier se développe sur une zone sableuse avec des ripplemarks parallèle à la côte,
- ▶ Les macrophytes dérivantes sont peu observées au sein de l'herbier. Des débris de *Dictyota sp.*, *Sargassum sp.* et de *Turbinaria sp.* sont relevés.
- ▶ Très peu de cyanophycées sont observées, uniquement sur le transect 1. Elles sont présentes en petits patches peu épais.
- ▶ La bioturbation est absente de l'herbier. Des signes d'une activité de l'endofaune étaient observés en 2021.

L'état de santé de l'herbier est évalué comme bon (indice 2 à 3/5). L'herbier est mixte (3 espèces autochtones) et présente peu de macroalgues.

Mitage/fragmentation de l'herbier

Les données relevées sur le LIT en 2022 sont illustrées ci-dessous :



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

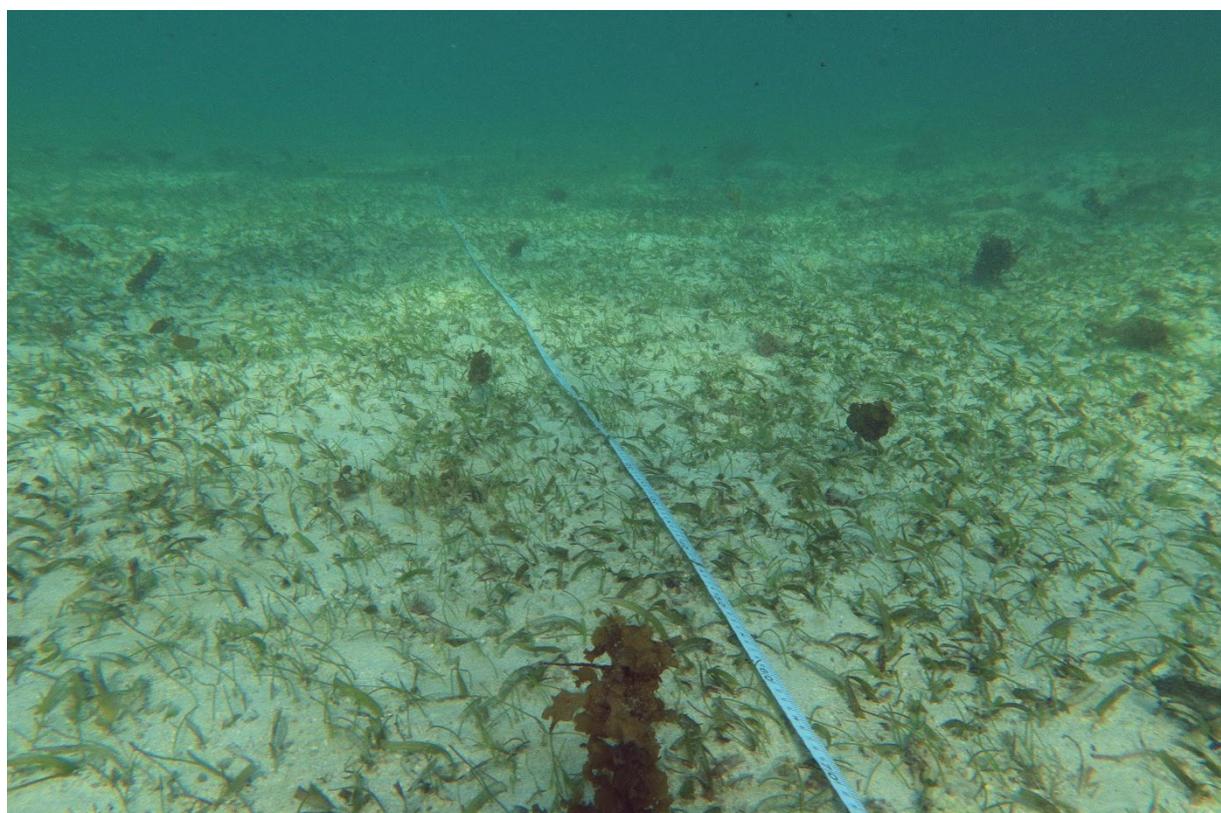


Figure 3-17 : Vue d'ensemble de l'herbier de Terre de Bas en 2022

Densité de plants en 2022 :

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

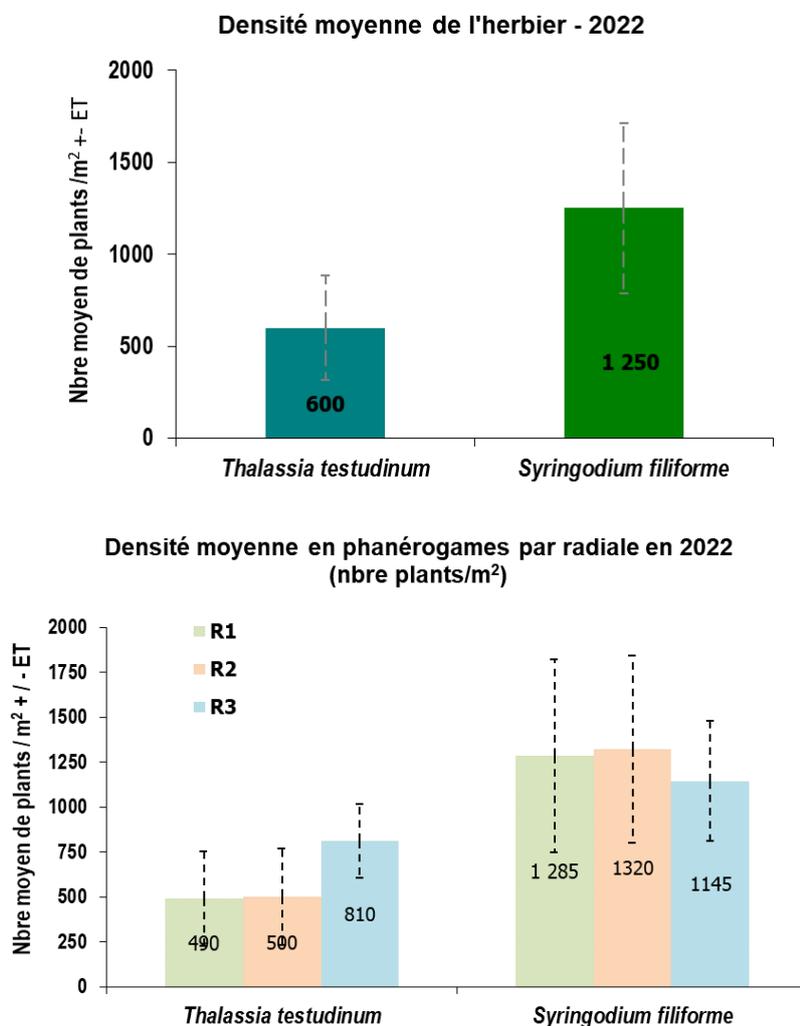


Figure 3-18 : Densité de plants au sein de l'herbier de Terre de Bas (plants/m²)

La densité totale de plants est de 1 850 plants/m², en tenant compte uniquement des espèces *T. testudinum* et *S. filiforme*.

Une autre espèce est présente (*Halodule wrightii*), augmentant encore la densité totale ; elle est toutefois minoritaire.

L'espèce la plus dense est *S. filiforme*, avec 1 250 plants/m². *Thalassia testudinum* est moins dense avec 600 plants/m² en moyenne. La dominance de *S. filiforme* s'observe sur les 3 radiales.

A titre de comparaison, l'herbier de Terre-de-Haut avait en 2021 une densité totale de phanérogames de 410 plants/m².

La forte activité hydrodynamique pourrait restreindre la croissance des plants.

Evolution de la densité 2021-2022 :

La densité moyenne de phanérogames semble augmenter en 2022, pour les deux espèces (+228 plants/m² pour *T. testudinum* et +398 plants/m² pour *S. filiforme*). Cette augmentation de densité est significative d'un point de vue statistique, après un test de Mann-Whitney.

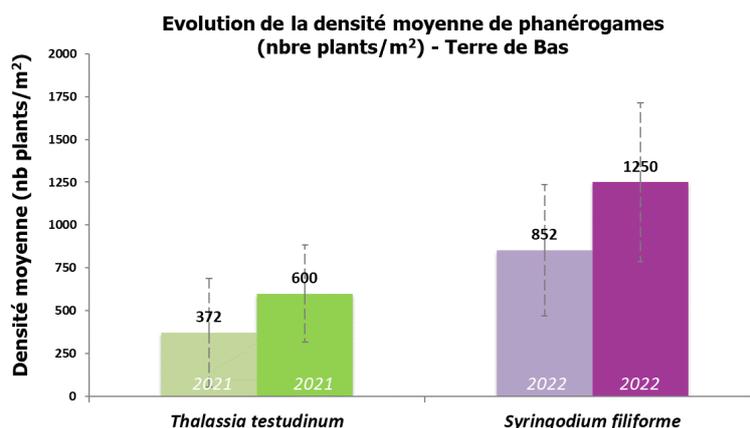


Figure 3-19 : Evolution 2021-2022 des densités de plants au sein de l'herbier de Terre de Bas

Longueur des feuilles en 2022 :

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

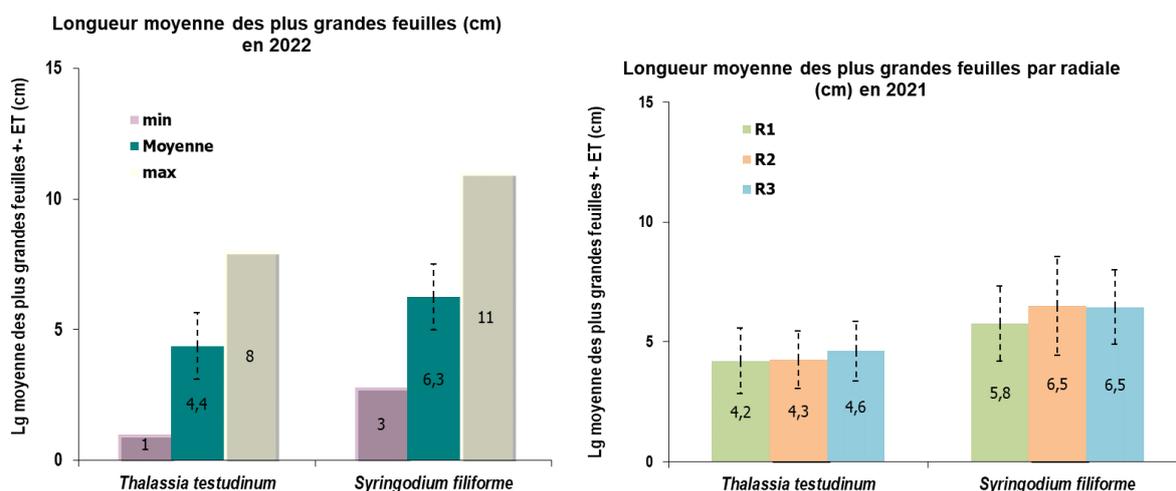


Figure 3-20 : Longueur moyenne des feuilles sur l'herbier de Terre de Bas

La hauteur moyenne des plus grandes feuilles est de 4,4 cm pour l'espèce *Thalassia testudinum* et 6,3 cm pour *Syringodium filiforme*. Les plus hautes feuilles mesurées pour ces espèces sont respectivement de 8 cm et 11 cm alors que les plus petites étaient de 1 et 3 cm.

La hauteur des feuilles est homogène sur l'ensemble des radiales.

La canopée de l'herbier de Terre de Bas est basse. Les feuilles des phanérogames *T. testudinum* et *S. filiforme* pouvant atteindre plus de 30 cm.



Figure 3-21 : Détails des plants de phanérogames sur la station de Terre-de-Bas

Evolution de la longueur de feuilles 2021-2022 :

Les données du précédent suivi sont comparées aux données 2022 sur les figures suivantes.

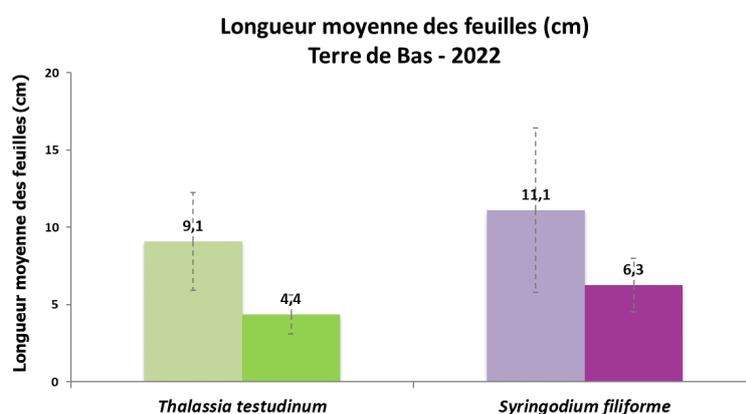


Figure 3-22 : Evolution des densités de plants et des longueurs de feuilles au sein de l'herbier de Terre de Bas

La longueur des feuilles diminue environ de moitié pour les deux espèces de phanérogames. L'ensablement n'apparaît pas fort, mais des indices de broutage sont observés (tortues marines) pouvant expliquer la faible hauteur de canopée. **Cette baisse de la longueur des feuilles est significative** d'un point de vue statistique, après un test de Mann-Whitney.

D'après les retours de la réserve, les échouages de sargasses importants auraient pu provoquer une accumulation d'algues en mer, entraînant une diminution de luminosité et donc une diminution de l'activité photosynthétique.

Cette diminution est à surveiller avec attention.

L'état de santé de l'herbier évolue peu, il était d'indice 2,5 en 2021, il est d'indice 2 en 2022. Une légère amélioration est observée avec moins de macro-algues au sein de l'herbier.

Macrofaune associée aux herbiers

Toujours aucun macro-invertébré n'a été observé dans l'herbier de Terre de Bas, même hors des transects.

L'herbier de Terre de Bas est caractérisé pour la seconde fois en 2022 **avec une densification de l'herbier et une diminution de la hauteur de la canopée, à surveiller.**

3.4. Suivi spécifique des lambis par vidéo tractée

Comparaison des méthodes d'échantillonnage

Pour cette année, il a été réalisé deux méthodes d'investigations :

- Comptage *in situ* par le plongeur tracté ;
- Comptage par analyse des vidéos au bureau.

L'objectif était de comparer les résultats obtenus, afin de déterminer si des différences significatives sont observées selon la méthode employée. Les 5 radiales ont pu être comparées de manière exhaustive. Les résultats sont présentés ci-dessous et montrent une absence de différence avec seulement 1 individu en moins compté par la méthode *in situ* sur un total de **108 individus comptabilisés**. Il existe des variations entre les radiales avec un maximum de 3 individus de différence (sur 25).

Observation <i>in situ</i>	R1	R2	R3	R4	R5
	0	1	22	14	5
Comptage sur ordinateur	0	2	25	13	4
Différentiel	0	1	3	-1	-1

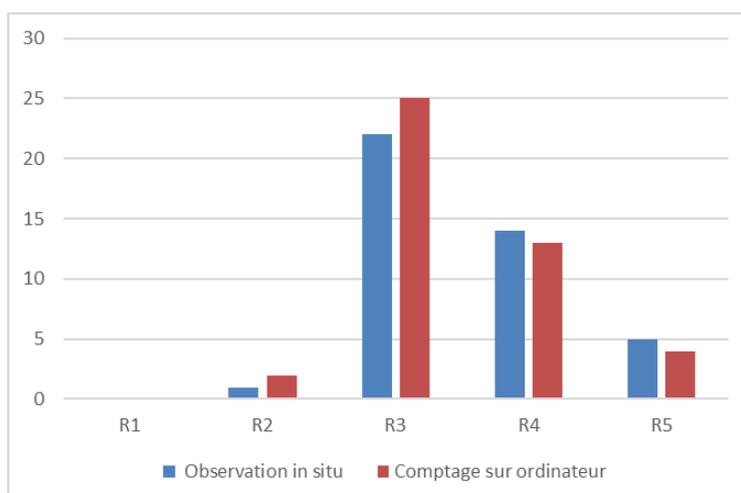


Figure 3-23 : Illustration des différences de densités entre les 2 méthodes de comptages

Pour l'année 2022, les résultats présentés ci-dessous sont basés sur les comptages réalisés sur ordinateur au bureau.

Etat de la population en octobre 2022

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

Le tableau ci-dessous fournit les résultats du dénombrement par vidéo, pour chaque radiale.

Tableau 6 : Synthèse des observations de lambis par transect

	COMPTAGES PAR ANALYSE DES VIDEOS					
	R1	R2	R3	R4	R5	TOTAL
Nombre total de lambis vivants	0	2	25	13	4	44
Surface échantillonnée	266.0	703.0	696.0	633.0	306.0	2604
Densité estimée (ind./100m ²)	0.0	0.3	3.6	2.1	-	5.9

Sur l'ensemble des 5 transects, **44 individus ont été comptés**, pour une surface d'échantillonnage de **2 604 m²**.

La densité de lambis en 2022 est donc estimée à **1,5 individus/100m² (+0,2 par rapport à 2021) soit 150 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 (octobre).

Tableau 7 : Synthèse des observations de lambis classe de taille et par transect

Densité de lambis observés (nb ind/100 m ²)				
N° radiale	Juvenile (<10 cm)	Subadulte (10-20 cm)	Adulte (20 cm)	TOTAL
Radiale 01	0.00	0.00	0.00	0.00
Radiale 02	0.00	0.14	0.14	0.28
Radiale 03	0.29	0.57	2.73	3.59
Radiale 04	0.32	0.63	1.11	2.05
Radiale 05	0.00	1.31	0.00	1.31
	0.12	0.53	0.80	1.45

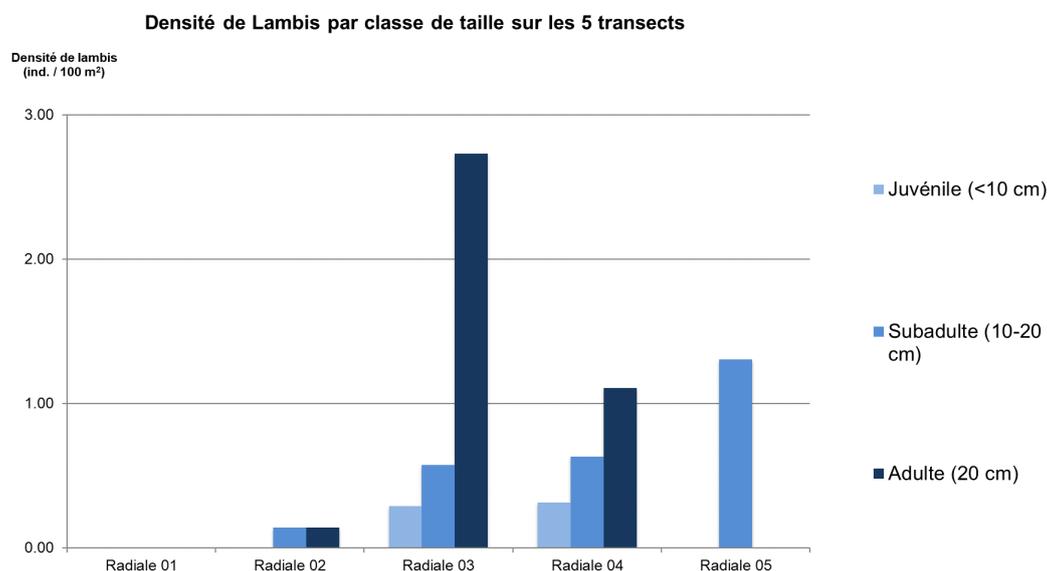


Figure 3-24 : Synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les cinq transects en octobre 2022

La densité citée précédemment exclut aussi une partie de lambis morts.

Une forte disparité des densités est observée entre les transects. Les radiales 3, 4 et 5 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 (trop sableux) apparaissent alors comme deux des facteurs d'influence sur la répartition de la population de lambis.

Les classes de taille révèlent une majorité d'individus adultes (61% au total). Les sub-adultes sont moins nombreux (29% au total) alors que les juvéniles ne représentent que 9% du peuplement. Cette répartition se retrouve au sein des transects 2, 3 et 4 alors que sur la radiale 5, les subadultes sont majoritaires.

Radiale 1 :

Sable nu



Radiale 2 :

Débris coralliens



Radiale 3 :

Algueraie et débris coralliens



Radiale 4 :

Débris coralliens et macroalgues



Radiale 5 :

Herbier de phanérogames et sable nu



Figure 3-25 : 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 2022

Remarques préliminaires :

En 2017, contrairement aux années précédentes, le suivi n'a pas pu être réalisé en septembre/octobre mais en janvier 2018, du fait du passages de 2 cyclones (José et Maria) en septembre-octobre 2017.

Dans le cadre de la comparaison des résultats avec les années précédentes, un biais dû à deux facteurs distincts, détaillés dans le rapport de suivi correspondant (Créocéan, 2017), est à prendre en considération :

- ▶ **Les migrations saisonnières probables de *Aliger gigas* (ex *Lobatus 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.

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

En 2022, la pêche aux lambis a été autorisée seulement **2 mois** (octobre à décembre).

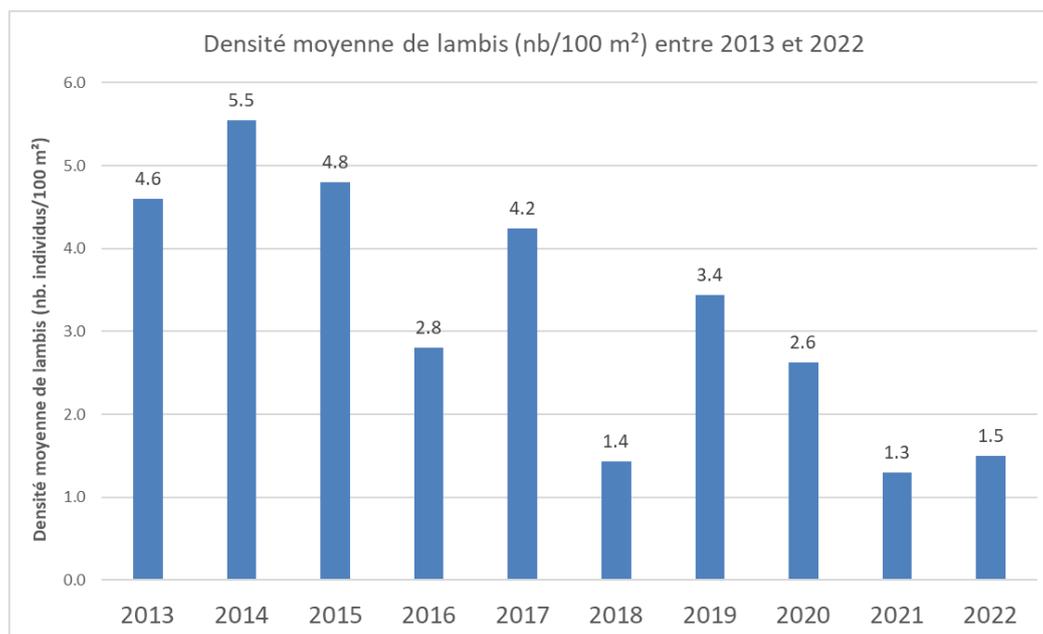


Figure 3-26 : Évolution de la densité de lambis et de la surface échantillonnée entre 2013 et 2022

La densité de lambis en 2022 est légèrement plus élevée qu'en 2021 (1,5 individus/100m²) mais reste bien inférieure à l'année 2020 (2,6 ind./100 m²). La densité de lambis lors des premiers suivis (2013-2016) était supérieure à 4 individus/100m², cette densité a tendance à diminuer depuis 2016.

La densité de lambis sur la période 2013-2017 semble bien plus forte que sur la période 2018-2022.

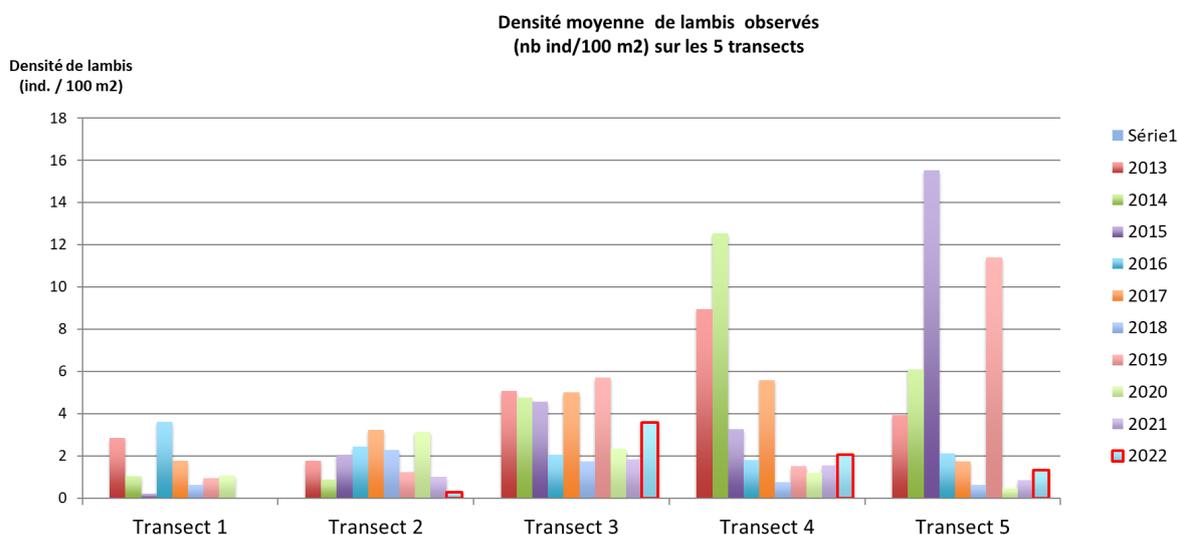


Figure 3-27 : Evolution de la densité de lambis par transect et par année

Les densités les plus fortes sont observées sur les radiales 3 et 4. La profondeur, la courantologie et le type de substrat (débris coralliens) pourrait expliquer ces plus fortes densités. La radiale 1 ne présente que de très faibles densités depuis 2013 voire aucun (comme en 2015, 2018, 2021 et 2022). Sur la radiale 5, les densités ont drastiquement chuté depuis 2015 (hormis en 2019).

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 (*Association Tité, communication personnelle*) et peut avoir une très forte influence sur les populations de lambis. 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.

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 2022 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 réalisées à la même période (éventuellement par une analyse statistique).

Un suivi à d'autres périodes de l'année permettrait de voir si une variation saisonnière des lambis est constatée comme le supposent certains gardes de la réserve.

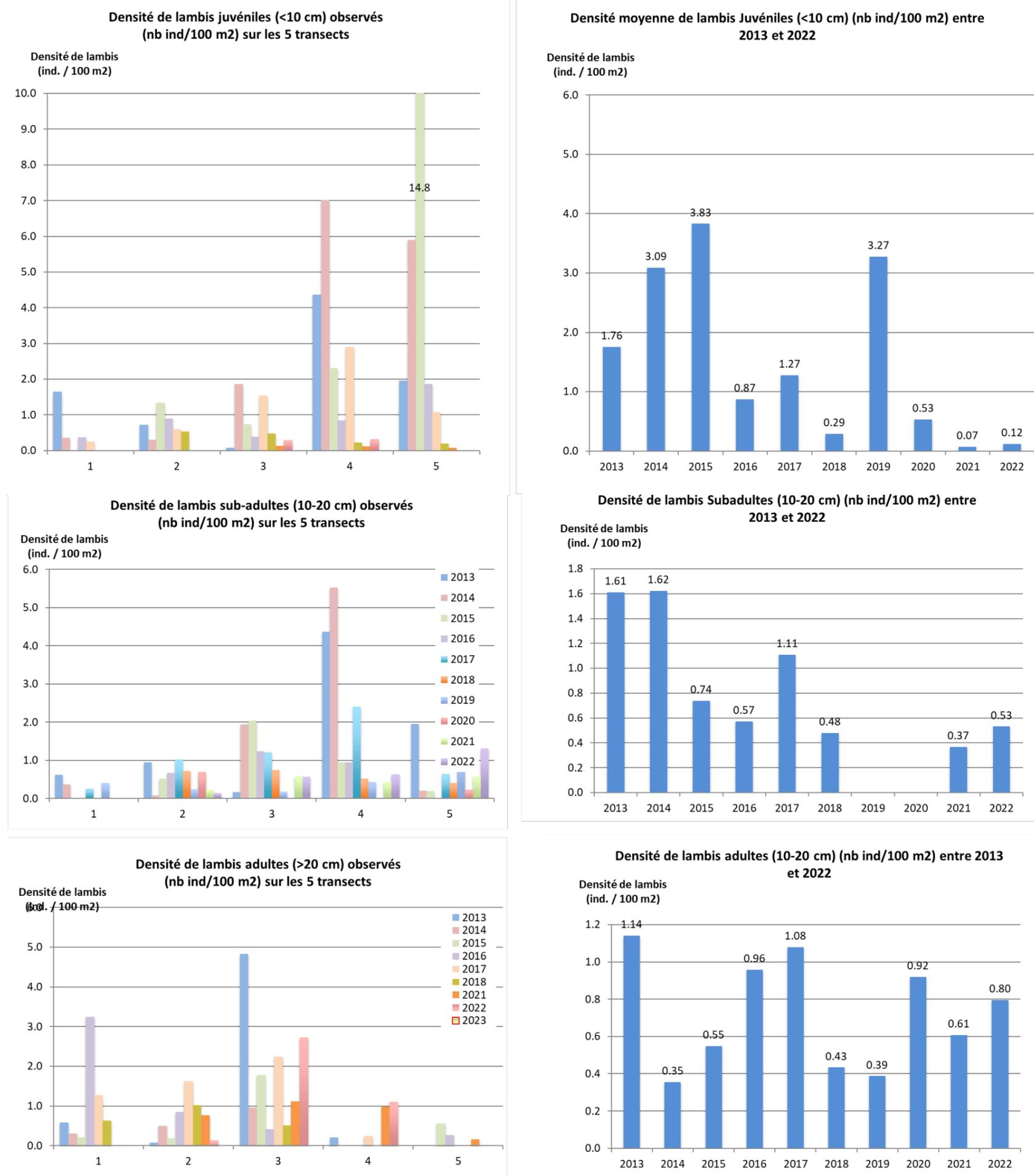


Figure 3-28 : Évolution de la densité de limbes par classe de taille entre 2013 et 2022 (à droite) et par transect (à gauche)

3.5. Suivi spécifique des cyanophycées

Le suivi des cyanophycées par photo-quadrats a été très difficile à mettre en œuvre du fait du très fort courant lors des prospections. Pour la nouvelle station en amont des mouillages, seules 2 photos complètes ont été analysées.

En 2022, les couvertures de cyanophycées sont variables suivant les mouillages. Le tableau ci-dessous résume les couvertures et les épaisseurs moyennes observées au sein des 6 quadrats analysés (lorsque la qualité le permettait).

Tableau 8 : Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis et les deux zones témoins (% et épaisseur)

Quadrats sous mouillages			
	Couverture (%)	Code épaisseur (moyenne des quadrats)	Observations
Mouillage 1 (Ti Manganao)	4.7%	3.2	Petites touffes épaisses sur débris coralliens
Mouillage 2 (Frantz 3)	0.6%	1.0	Très petites touffes de cyanophycées, sur débris coralliens
Mouillage 3 (Paradoxe)	0.6%	0.2	Une petite tache sur macroalgue
Mouillage 4 (Awak)	10.8%	1.7	Larges taches, colonisant substrat et organismes benthiques
Quadrats hors mouillages			
	Couverture (%)	Code épaisseur	Observations
Témoïn PASSE	2.5%	3.3	Analyse très difficile du fait du courant, quelques patchs
Témoïn LAGON	8.4%	2.5	Patchs rares mais épais. Forte régression par rapport à 2021

Couverture en cyanophycées sous les mouillages

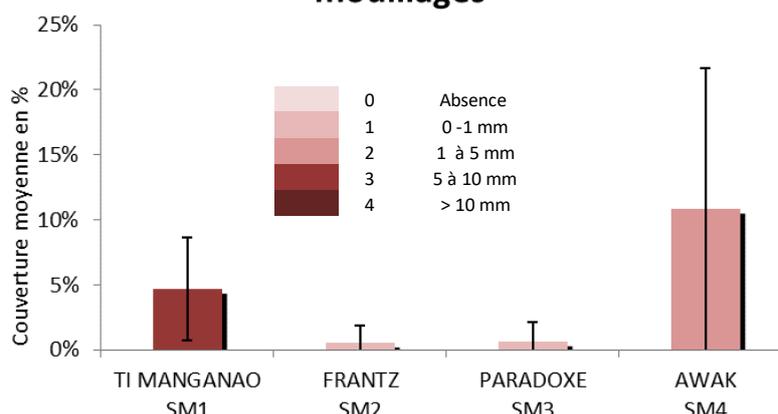


Figure 3-29: Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis (% de recouvrement et épaisseur)

Les cyanophycées sont globalement peu présentes au sein des quadrats en 2022.

La couverture la plus grande est observée autour du mouillage AWAK, avec un recouvrement moyen de 10,8% de cyanophycées, puis autour du mouillage TI MANGANAO avec 4,7% en moyenne. Ces deux mouillages sont ceux situés le plus en amont de la passe, proche du lagon. Les mouillages FRANTZ et PARADOXE possèdent une très faible couverture en cyanophycées avec moins de 1% de

recouvrement (0,6% chacun). Ces mouillages sont en aval de la passe, sur une zone de fort courant ce qui peut entraver le développement de cyanophycées par renouvellement fréquent de l'eau.

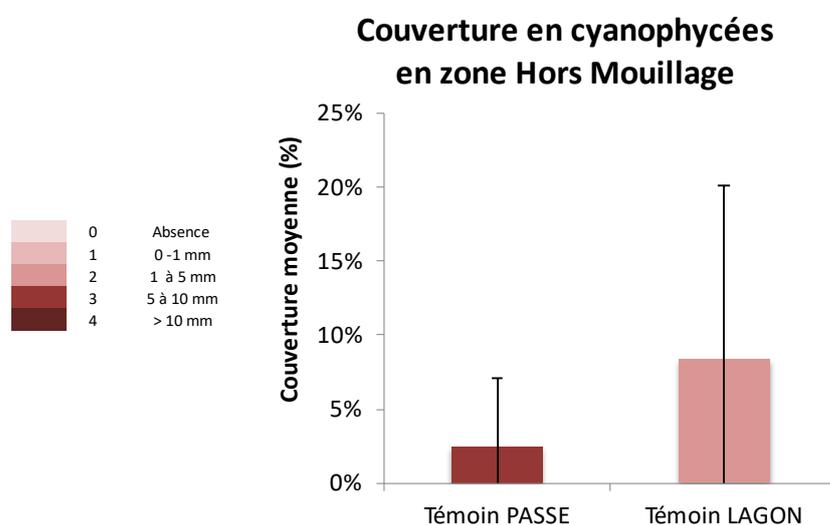


Figure 3-30: Couverture en cyanophycées sur les stations-témoïn (%de recouvrement et épaisseur)

La station de référence en amont de la passe présente une couverture moyenne de cyanophycées de 2,5%. Cette valeur est basée sur l'analyse de 2 quadrats inférieurs à 1m² du fait des conditions de courant. La station de référence au sein du lagon présente un recouvrement moyen de 8,4%, proche de la couverture maximale des mouillages.

Les cyanophycées recouvrent principalement le substrat (sable ou débris coralliens) mais elles sont aussi observées sur des macroalgues.

L'épaisseur des tapis de cyanophycées est comprise entre 1 et 3 (1 à 10 mm). Elle ne semble pas liée à la surface de couverture : de petits patchs épais sont observés à l'instar de large patchs plus fins.

Le développement des cyanophycées ne semble pas seulement être influencé par la présence des navires touristiques au mouillage.

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.

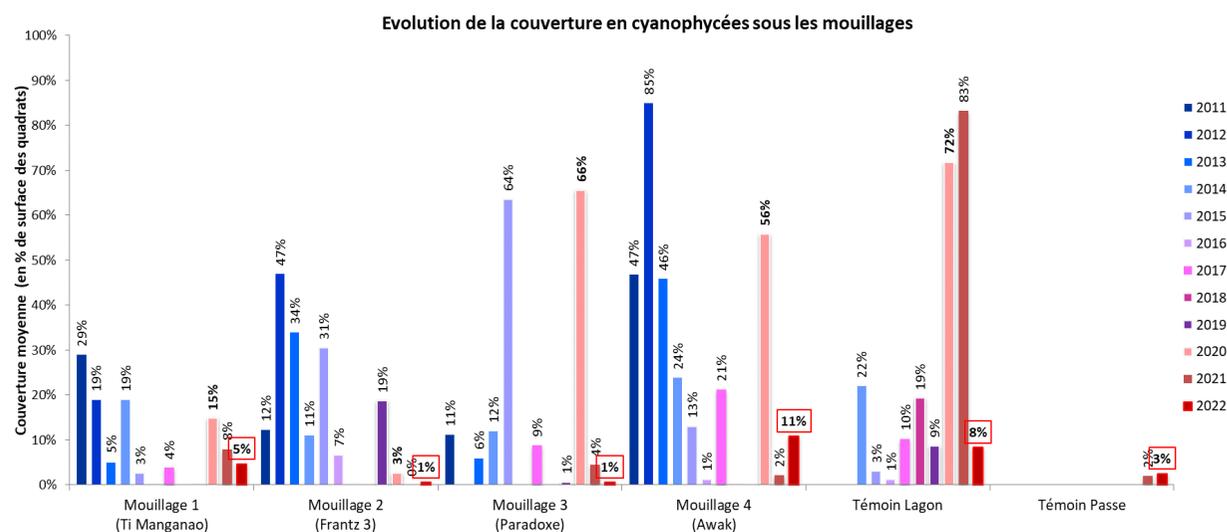


Figure 3-31 - Évolution de la couverture en Cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre

Les couvertures moyennes en cyanophycées sont globalement plus faibles qu'en 2021. Seul le mouillage 4 (Awak) présente une couverture en cyanophycées plus élevée que l'année précédente (+9%). Depuis les premiers suivis en 2011, une forte tendance à la baisse de la couverture en cyanophycées se dégage des données précédentes, bien que cette évolution ne soit pas vérifiée statistiquement (manque de données).

La zone de témoin au sein du lagon est celle qui présentait un des plus forts taux de recouvrement de cyanophycées en 2019 et 2021. L'hydrodynamisme de la zone et les petits fonds, favorisant la montée en température de l'eau, ont pu avoir un impact positif sur le développement des cyanophycées dans cette zone. En 2022, la couverture en cyanophycées sur cette station est de nouveau du même ordre de grandeur que les autres stations (<10%).

Une irrégularité est aussi observée selon les années. Les cyanophycées se développent préférentiellement durant la période estivale (eau chaude) et peuvent être remobilisées lors de fortes houles. La forte présence d'excursionnistes peut aussi avoir un impact positif sur ce développement.

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 couverture plus forte en cyanophycées que la station Témoin Passe (8,4% contre 2,5%). Au sein du lagon, un fort développement des cyanophycées est historiquement observé depuis 2018.

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. Une meilleure compréhension de l'hydrodynamisme de la station pourrait permettre d'expliquer ce surdéveloppement des cyanophycées.

La station Témoin passe possède une couverture moyenne plus faible que les stations Awak et Ti Manganao (3% contre 5 et 11%) mais plus forte que les stations Paradoxe et Frantz 3 (chacun 1%). L'influence des excursionnistes sur la couverture en cyanophycées n'est donc pas évidente et il semblerait que ces dernières soient présentes au sein du lagon et de la passe de Petite Terre

Ces données sont un état à une saison précise (octobre), avec un faible nombre de données. La répétition de ce protocole sur plusieurs périodes de l'année pourrait être une première étape dans la meilleure compréhension du développement des cyanophycées. En effet, suivant la période de suivi plusieurs facteurs peuvent modifier la couverture en cyanophycées : température de l'eau, occurrence de fortes houles, pluviométrie (ruissellement), fréquentation touristique.



Figure 3-32 : Mise en place du quadrat photo en début de transect (photo 2021)

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.

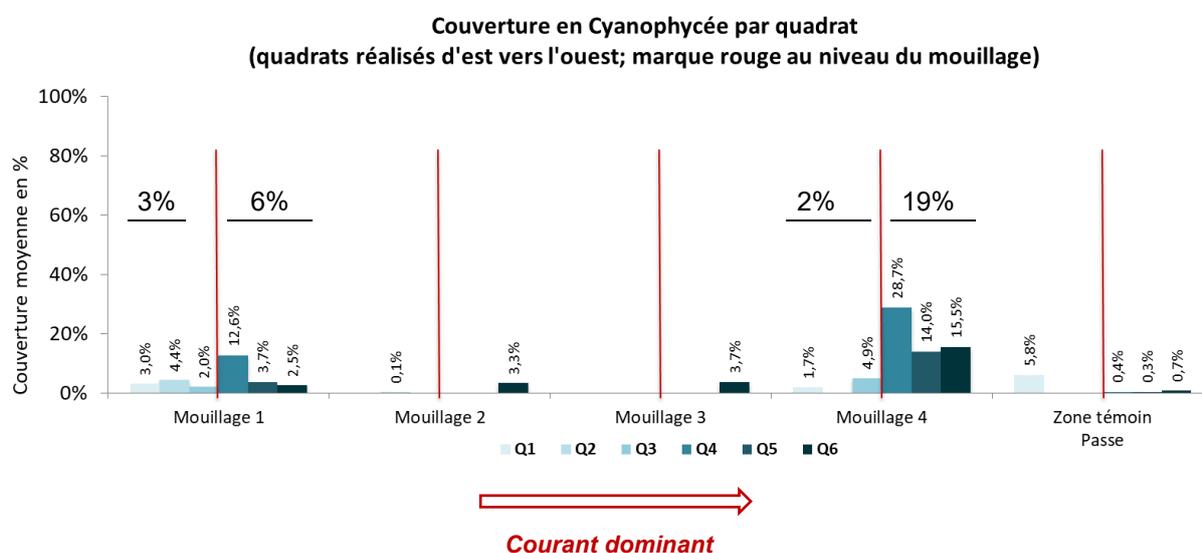


Figure 3-33 - Couverture en Cyanophycées par quadrats sous les mouillages et hors mouillage à Petite Terre

Les cyanophycées sont observées en amont et en aval des mouillages. Pour les mouillages avec peu de cyanophycées (2 et 3), ces dernières sont observées au sein du 6^{ème} quadrat, en aval du mouillage.

Pour les mouillages 1 et 4, les cyanophycées sont présentes au sein des quadrats en amont du mouillage mais sont plus abondantes sur les quadrats en aval. Les recouvrements moyens pour les zones amont sont respectivement de 3% et 2% contre 6 et 19% sur les zones aval.

La zone témoin est difficilement exploitable du fait de l'absence des photo-quadrats 2 et 3. Il semble, d'après les observations terrain, que les cyanophycées soient peu présentes en aval du mouillage, alors qu'elles sont un peu plus développées dans le quadrat 1.

Le sur-développement des cyanophycées dans la zone en aval du mouillage pourrait donc provenir des eaux grises des navires touristiques de Petite Terre. 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.

4. Suivi de la température

4.1. 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) fourni 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 brisent).

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 4-1 : Illustration du blanchissement de l'espèce *Porites porites* sur la station Passe en 2021

4.2. 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. l'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 11).

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 9 - 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.

4.3. Risque de blanchissement pour la saison 2022 : données NOAA

Les données de DWH obtenue sur la station Leeward Caribbean Island (Montserrat) a permis d'établir les niveaux d'alerte sur les années 2021 et 2022.

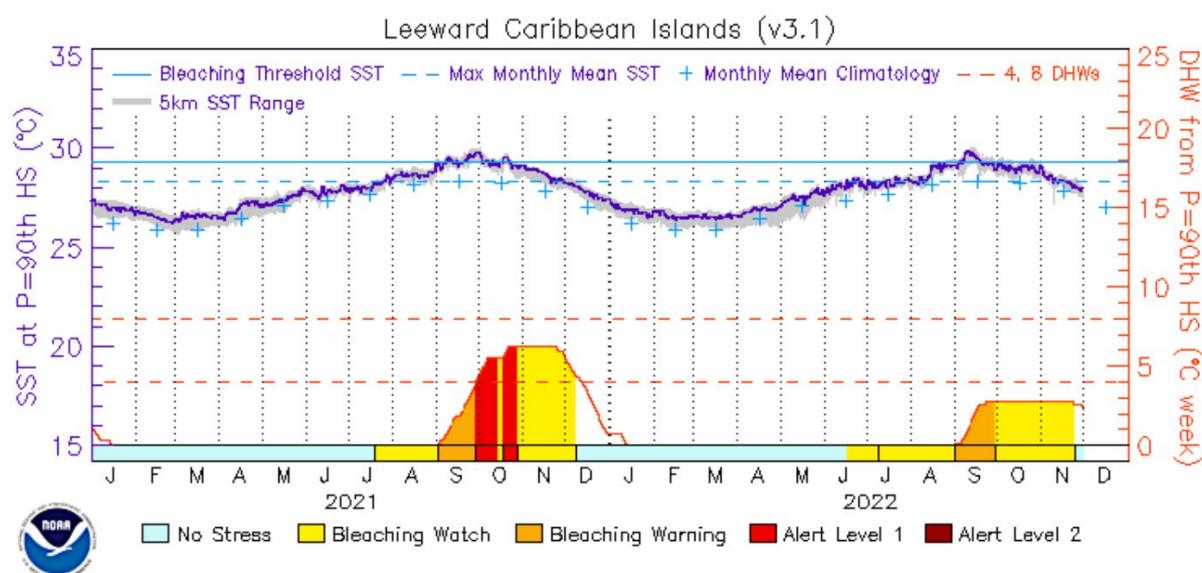


Figure 4-2 - Niveau d'alerte entre le 1er janvier 2021 et novembre 2022 pour la station Leeward Caribbean Islands (source: <http://coralreefwatch.noaa.gov>)

Sur l'année 2022, les données de NOAA font état d'une période de *Bleaching Watch*, démarrante mi-juin 2022. Les températures ont continué d'augmenter pour dépasser les seuils de *Bleaching Warning* sur le mois de septembre 2022. Les dernières données récoltées en novembre 2021 font toujours état d'un *Bleaching Watch*.

D'après les données de NOAA, l'année 2022 présente un faible risque de blanchissement corallien, ce qui est bien inférieur au risque des années 2021 ou 2020.

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.

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2022

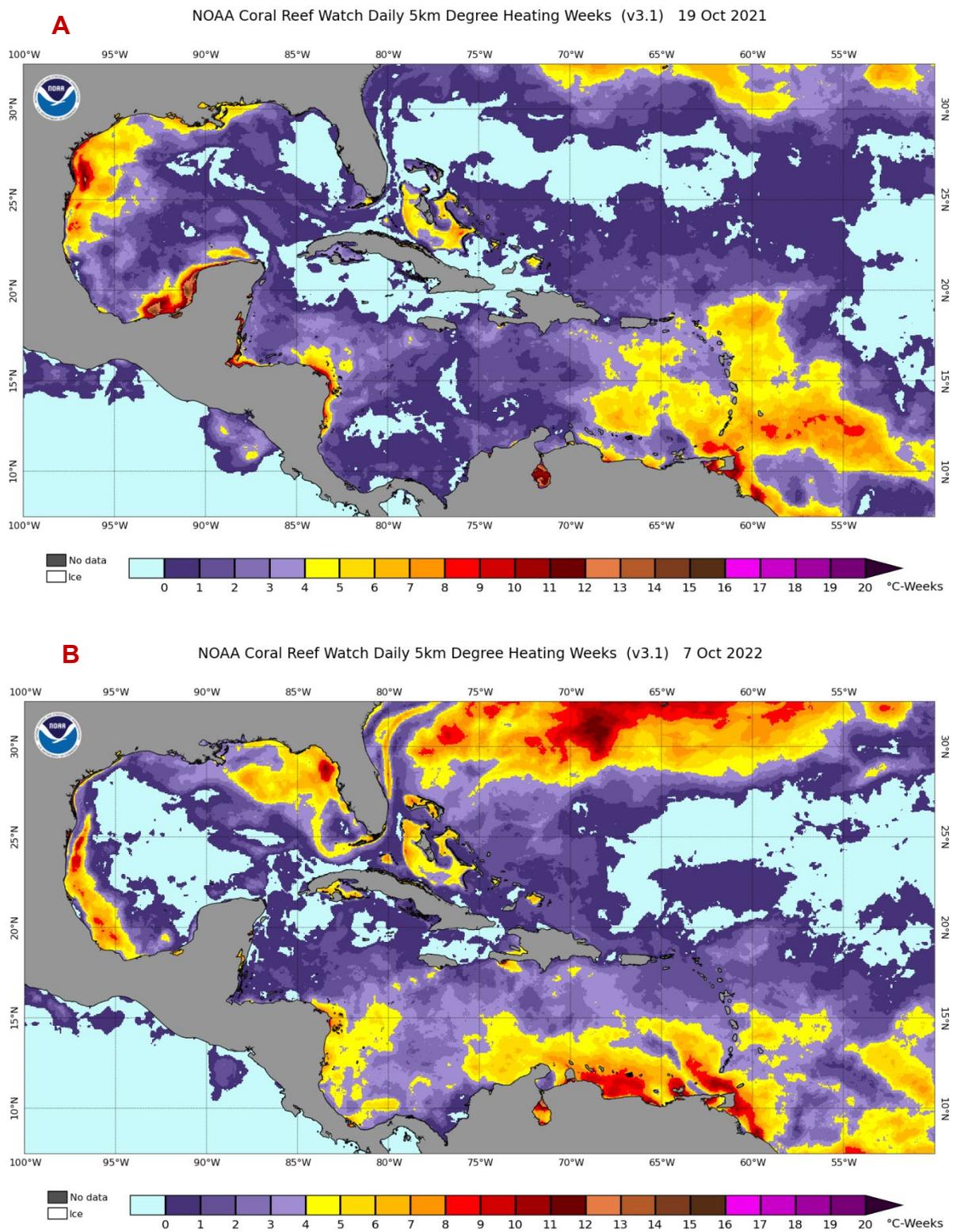


Figure 4-3 - Comparaison du Degree Heating Weeks pour la région Caraïbe en octobre 2021 (A) et en octobre 2022 (B)

Les cartes générales de DHW permettent d'observer ce paramètre au niveau des Caraïbes. En octobre 2022, le DHW est significativement 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.

4.4. 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 octobre 2021 a pu être récupérée le 5 octobre 2022 et remise en place le 6 octobre 2022.



Figure 4-4 - 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.

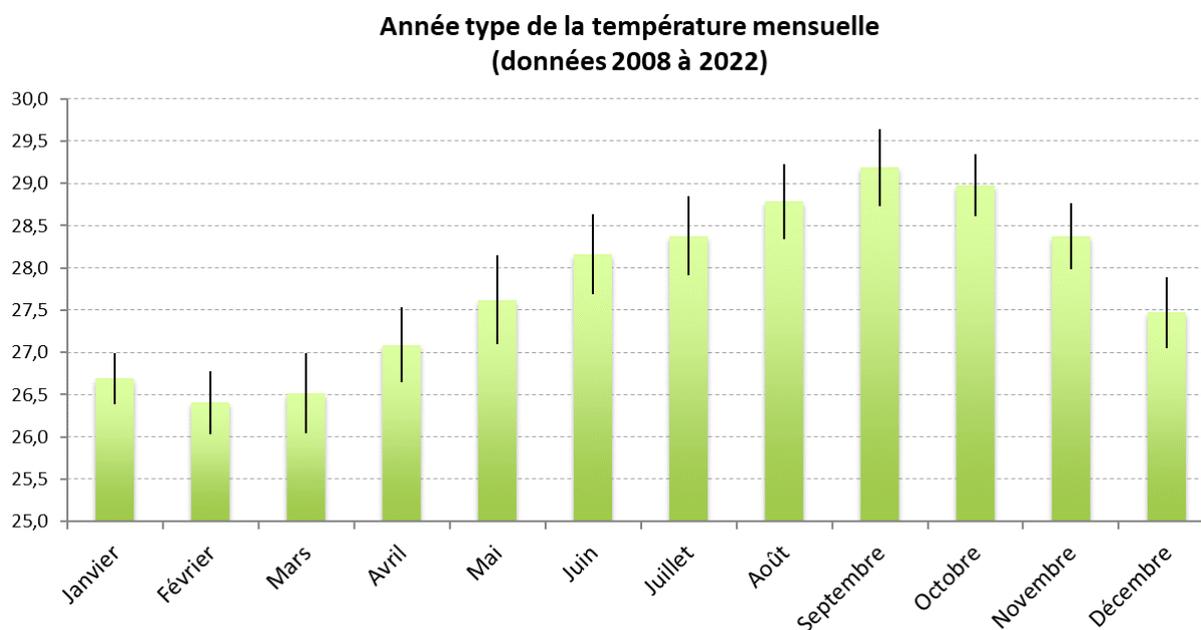


Figure 4-5 - Année type de la température mensuelle pour la réserve de Petite Terre, calculée entre 2008 et 2022 (température en °C)

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 2,78°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 **29,19°C** qui correspond donc à la température critique. Cette valeur a légèrement augmenté depuis la dernière modélisation en 2021.

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

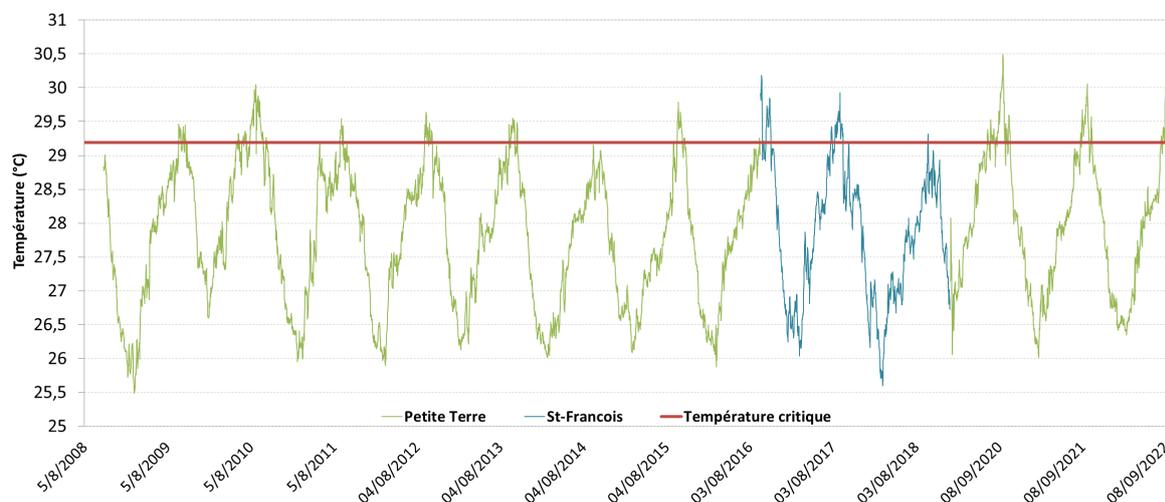
Sur l'année 2022, les températures récoltées ont permis de calculer les Hot Spot en continu sur la période d'octobre 2021 à octobre 2022.

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 Warning*. La plus haute température est mesurée le 30 septembre 2021 avec 30,06°C (+0,87 °C par rapport à la température critique).

En 2022, les températures critiques surviennent plus tard, fin août. La température maximale atteint seulement 29,98 °C (+ 0,79 °C par rapport à la température critique) le 9 septembre 2022, ne dépassant pas les 30°C, contrairement à 2021. Ainsi les *HotSpot* ne dépassent pas 1 sur la période entre août et octobre 2022. Les DWH sont tout de même supérieurs à 0, mais restent inférieurs à 1. De ce fait la période de fin août à fin septembre est considérée comme *Bleaching Warning*, avec légère possibilité de blanchissement.

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

Evolution des températures sur la station de Petite Terre et St François entre 2008 et 2022



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 sur certaines espèces de *Porites porites*.

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

Tableau 10 - Niveau d'alerte calculé d'octobre 2017 à octobre 2022 à partir des données des stations Passe (Suivi GCRMN Petite Terre) ou St François (suivi Reef Check)

Années	Niveau d'alerte – Lagon de Saint François (Reef Check)
2017	Bleaching Watch ($0 < \text{HotSpot} > 1$)
2018	No stress ($\text{HotSpot} < 0$)
2019	Pas de données
2020	-
2021	-
2022	-

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2022

Années	Niveau d'alerte – Station Passe – Petite Terre
2017	-
2018	-
2019	No stress (HotSpot<0) entre Janvier et Mai 2019
2020	Bleaching Warning (HotSpot > 0 et DWH > 0 du 17/07/2020 au 07/10/2020 à minima)
2021	Bleaching Warning (0<HotSpot<1 et 0<DWH<4 à partir du 01/08/2021)
2022	Bleaching Warning (0<HotSpot du 26/08/22 au 22/09/22 et 0<DWH<4)

5. Compagnonnage et formation

5.1. 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 2022, le suivi des Réserves de Petite Terre et de St-Barthélemy ont été réalisés dans le cadre du réseau, avec la participation d'une ou deux personnes de chaque équipe aux suivis des deux réserves. De plus, une personne de la Réserve Naturelle de St-Martin a aussi participé à la mise en œuvre des protocoles à Petite Terre.

Tableau 11 - Composition des équipes de terrain en 2022

	Réserve de Petite Terre (3-6 octobre 2022)	Réserve de Saint-Barthélemy (17-21 octobre 2022)
Aude Chenet (RNSM)	X	
Pauline Pinglot (RNSB)	X	X
Sophie Le Loch' (RNPT)	X	
Jean-Claude Lalanne (RNPT)	X	X
Florian Labadie (CREOCEAN)	X	X

5.2. Bilan sur la formation / Échange des personnels impliqués

En septembre 2022, au vu du renouvellement d'une partie des équipes de Petite-Terre et de Saint-Barthélemy, une formation théorique a été dispensée par CREOCEAN pendant 1 journée aux gardes concernés.

Cette formation a permis de présenter les différents protocoles existants, ainsi que les indicateurs associés pour les écosystèmes « récifs coralliens » et « herbiers de phanérogames marines ».

Un exercice « pratique » a même été mis en place, grâce à l'utilisation de la bâche sous-marine de formation Reef-Check pour mieux comprendre le relevé des indicateurs sur une station corallienne.



Les échanges réalisés ont permis aux personnels impliqués :

- ▶ De se former/se perfectionner aux techniques et protocoles mis en œuvre ;
- ▶ De constituer des équipes de suivi composées de personnels des différentes AMP ;
- ▶ 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.

6. Communication : réalisation de posters destinés au grand public et aux décideurs

A l'instar des années précédentes, un support de communication format A3 a été réalisé afin de vulgariser la donnée scientifique. Il illustre les principales évolutions observées sur la période 2007-2022 et met en avant les évolutions positives mais également les points à surveiller pour la réserve.

En 2022, un nouveau format de poster a été proposé afin de rendre plus attractif les données.

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.

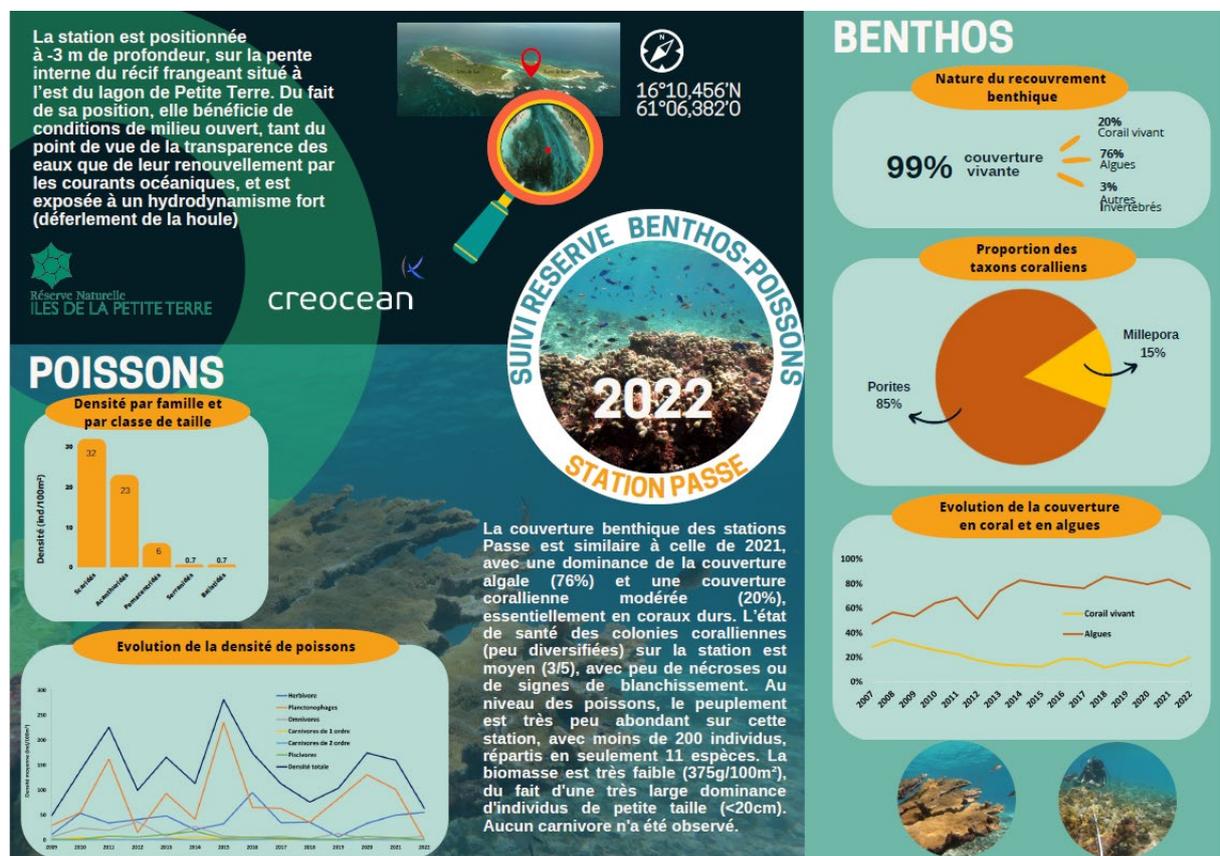


Figure 6-1 : Aperçu du poster de communication sur le suivi 2023 station benthos « Passe »

7. Perspectives

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

La présente étude s'inscrit dans la **15^{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 ichtyologiques. 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 ichtyologiques 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*.

En 2022, une nouvelle méthode de comptage des lambis a été testée en parallèle des vidéos tractées (comptage in situ). La station herbier Terre de Haut et le site à *Acropora* n'ont pas été suivis.

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 sur les stations « Benthos » 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 la cellule de gestion de BD Récif aura lieu courant 2023 afin de s'assurer que la bancarisation de l'ensemble des données est possible.

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 prospectables. 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 coquilles 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 et 2022 (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 en 2022 lors de la réalisation des radiales, les résultats entre les deux méthodes sont proches.**

Le comptage des lambis en parallèle par les deux méthodes semble judicieux à continuer, afin d'essayer de conforter la similarité des données des deux méthodes. **L'objectif est, à termes, de se passer du traitement des vidéos, étape chronophage, afin de permettre la prospection d'autres radiales, par exemple sur les biocénoses hors du lagon pour enrichir les données.**

Suivi des températures

Les nouvelles sondes utilisées pour le suivi température devrait permettre d'obtenir pour le suivi 2022 des données pour l'ensemble de l'année.

La relève de la sonde en cours d'année (avant la période cyclonique, mai/juin) est encore 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 2023 :

Les campagnes de 2023 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 » : Les paramètres relevés semblent validés après 6 années de suivi. Toutefois de nouveaux indices ont été développés (ou en cours de développement) grâce à la thèse de F. Kerninon (2020). Une évolution des paramètres, avec par exemple l'analyse de composants azotés au sein des feuilles d'herbier, pourrait être envisagée au sein de la Réserve Naturelle de Petite Terre afin d'analyser plus finement les herbiers de phanérogames. Ces nouveaux paramètres sont à mettre en œuvre parallèlement aux paramètres historiques.

L'herbier de Terre-de-Haut, non analysé en 2021, sera à analyser en 2023.

L'herbier de Terre de Bas présente déjà une évolution significative entre 2021 et 2022. Sa caractérisation en 2023 permettra de connaître la tendance évolutive de l'herbier (stable, progression, régression).

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 balayage intense d'une année sur l'autre.

Suivi « cyanophycées » : En 2021 une nouvelle station de suivi des cyanophycées a été caractérisée. Ce suivi de nouveau réalisé en 2022 est à pérenniser sur cette station, car il semblerait que les conditions soient au plus proche de celles des mouillages des excursionnistes.

La 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 au sein des petits fonds du lagon.

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 règlementaires, évaluation de l'état écologique des masses d'eaux en vue 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).

Suivis ichthyologiques :

Une nouvelle méthode de suivis des populations ichthyologiques est développée au sein de Créocéan. Un outil innovant nommé TrackFish© permet la prise de vidéo et photographie et l'identification automatisée des espèces de poissons.

Le développement de cette méthodologie au sein de la Réserve Naturelle de Petite Terre, à plusieurs périodes de la journée et de l'année pourrait permettre :

- ▶ D'augmenter la quantité de données,
- ▶ De diminuer les biais météorologiques,
- ▶ De diminuer la variabilité des paramètres ichthyologiques et donc de fiabiliser le jeu de données.

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'Outre-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.

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2022

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 de la 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 totale. La partie marine comporte essentiellement des communautés récifales de type frangeant parmi lesquelles le récif oriental de Terre de Haut s'est révélé très riche en espèces de poissons. Les îlets de Terre de Haut et de Terre de Bas constituent des sites importants pour la ponte des tortues marines.



Posternague américaine (Dasyatis americana)



Iguane des Petites Antilles (Iguana delicatissima)

Patrimoine paysager :

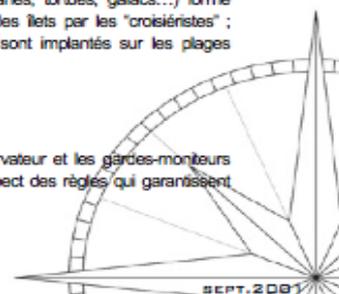
Les îlets de Petite Terre ne sont plus occupés en permanence depuis l'automatisation du phare situé sur Terre de Bas. Leur caractère sauvage et le lagon permettant un mouillage bien abrité les désignent comme destination de voyage à la journée par les croisiéristes.

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.



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	2022	Dates de suivi 2022
GCSM	Fajou	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	-
	Garet Nord-Ouest	hors réserve	Benthos, Ichtyo				I	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	I	I	-
	Passé nord-est	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C																	-
	Terre de Haut	réserve	Herbiers																	-
	Terre de Haut	réserve	Radiales lambis																	-
	Terre de Bas	réserve	Herbiers																	-
	Colombier	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	03-07/10/2022
Saint Barth	Le Boauf	hors réserve	Benthos, Ichtyo		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	-
	Marigot	réserve	Herbiers																	-
	Pointe Millou	hors réserve	Lambis																	-
	Petit-Cul-de-Sac	réserve	Herbiers																	-
	Bonhomme	hors réserve	Herbiers																	-
	Bonhomme	hors réserve	Radiales lambis																	17-21/10/2022
Saint Martin	Chicot	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C		I	I	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	I	I	-
	Rocher Pélican	réserve	Benthos, Ichtyo																	-
	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 chrysgaryreum</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>Sphyræna barracuda</i>	0,0038	3,0859	Piscivore	Sphyrænidés
<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



creocean

Environnement & océanographie

www.creocean.fr



keran

Des hommes, une planète

[GROUPE KERAN](#)