

RAPPORT

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

Etat des lieux 2023 et évolution 2007-2023

Mars 2024

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE



PROJET COFINANCÉ  
par le fonds européen  
de développement régional





## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

### CLIENT : Réserve Naturelle de Petite Terre

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

### CREOCEAN

COORDONNÉES	<b>CREOCEAN ANTILLES-GUYANE</b> 1 Lotissement les Mussendas - Plaisance - 97122 Baie-Mahault Tél. : 05 90 41 16 88 / Fax : 05 90 26 57 82 E-mail : <a href="mailto:caraiibes@creocean.fr">caraiibes@creocean.fr</a>
INTERLOCUTEUR	<b>Christelle BATAILLER</b> Tél. : 06 90 15 78 24 E-mail : <a href="mailto:batailler@creocean.fr">batailler@creocean.fr</a>

### RAPPORT

TITRE	<b>Suivi de l'état de santé des biocénoses marines de la Réserve Naturelle de Petite Terre - 2023 Etat des lieux 2023 et évolution 2007-2023</b>
N° DE COMMANDE	P23000294I
NOMBRE DE PAGES TOTAL	119
NOMBRE D'ANNEXES	3

### VERSION

RÉFÉRENCE	VERSION	DATE	REDACTEUR	CONTRÔLE QUALITE
231037		06/03/2024	S. CNUUDE	C. BATAILLER

Ce rapport doit être cité selon la forme :

**CREOCEAN, Suivi de l'état de santé des biocénoses marines de la Réserve Naturelle de Petite Terre en 2023 (2024) , 119 pp.**



## Sommaire

<b>Contexte et objectifs</b> .....	<b>14</b>
<b>1. Présentation des sites d'étude</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1. La Réserve Naturelle de Petite Terre</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2. Plan d'échantillonnage</b> .....	<b>17</b>
1.2.1. Suivi des biocénoses : peuplements benthiques coralliens et herbiers .....	17
1.2.2. Suivis des cyanophycées.....	21
1.2.3. Suivis des lambis .....	22
<b>1.3. Déroulement des campagnes de suivi</b> .....	<b>23</b>
<b>2. Méthodologies</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1. Protocole et paramètres</b> .....	<b>24</b>
2.1.1. Suivi des peuplements benthiques coralliens.....	24
2.1.2. Suivi des peuplements ichtyologiques .....	25
2.1.3. Suivi des herbiers et paramètres associés.....	26
2.1.4. Suivi des lambis.....	27
2.1.5. Suivi de la couverture en cyanophycées.....	28
2.1.6. Suivi de la température de l'eau.....	29
2.1.7. Synthèse .....	30
<b>2.2. Traitement et interprétation des données</b> .....	<b>31</b>
2.2.1. Statistique descriptive.....	31
2.2.2. Statistique inférentielle.....	31
<b>3. Résultats</b> .....	<b>33</b>
<b>3.1. Peuplements benthiques coralliens</b> .....	<b>33</b>
3.1.1. Analyse de l'année en cours (2023).....	33
3.1.2. Évolution de la couverture benthique entre 2007 et 2023 .....	38
3.1.3. Recrutement corallien et densité d'oursins diadèmes .....	41
<b>3.2. Les peuplements ichtyologiques</b> .....	<b>45</b>
3.2.1. Description synthétique du peuplement ichtyologique.....	45
3.2.2. Analyse de la structure trophique en 2023.....	45
3.2.3. Analyse du peuplement ichtyologique par famille.....	50
3.2.4. Évolution trophique du peuplement ichtyologique de 2009 à 2023.....	51
3.2.5. Évolution de la taille du peuplement ichtyologique de 2009 à 2023 .....	55

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

<b>3.3. Les herbiers de phanérogames et macrofaune associée .....</b>	<b>58</b>
3.3.1. Terre de Bas.....	58
3.3.2. Terre de Haut .....	64
<b>3.4. Suivi spécifique des lambis par vidéo tractée .....</b>	<b>72</b>
<b>3.5. Suivi spécifique des cyanophycées.....</b>	<b>80</b>
<b>4. Suivi de la température .....</b>	<b>85</b>
<b>4.1. Le blanchissement corallien.....</b>	<b>85</b>
<b>4.2. Méthode d'évaluation du risque de blanchissement corallien .....</b>	<b>86</b>
<b>4.3. Risque de blanchissement pour la saison 2023 : données NOAA .....</b>	<b>87</b>
<b>4.4. Évaluation du risque de blanchissement à partir des données de température collectées à Petite Terre .....</b>	<b>89</b>
<b>5. Compagnonnage et formation.....</b>	<b>92</b>
<b>5.1. Principes et résultats du compagnonnage .....</b>	<b>92</b>
<b>5.2. Bilan sur la formation / Échange des personnels impliqués .....</b>	<b>93</b>
<b>6. Communication : réalisation de posters destinés au grand public et aux décideurs.....</b>	<b>94</b>
<b>7. Perspectives .....</b>	<b>95</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>99</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>103</b>

## Liste des Figures

<b>Figure 1-1 : Périmètre de la Réserve Naturelle de Petite-Terre .....</b>	<b>15</b>
<b>Figure 1-2 : Cartographie des habitats marins de la Réserve Naturelle de Petite-Terre et localisation des colonies d'Acropora palmata observées .....</b>	<b>16</b>
<b>Figure 1-3 : Périmètre de la zone récifale protégée au sein du lagon (polygone rouge) et position des transects de suivi (en jaune).....</b>	<b>16</b>
<b>Figure 1-4 : Transects de suivi des communautés benthiques de la Réserve Naturelle de Petite Terre.....</b>	<b>17</b>
<b>Figure 1-5 : Position des 3 sous-stations de suivi au sein des herbiers de Petite Terre .....</b>	<b>19</b>
<b>Figure 1-6 : Stations de suivis benthos et herbiers de la Réserve Naturelle de Petite Terre.....</b>	<b>20</b>
<b>Figure 1-7 : Localisation des stations de suivi des cyanophycées .....</b>	<b>21</b>
<b>Figure 1-8 : Localisation des transects de suivi des lambis.....</b>	<b>22</b>
<b>Figure 2-1 : Plongeur tracté avec caméra vidéo pour le comptage des lambis.....</b>	<b>27</b>
<b>Figure 2-2 : Positionnement des photos-quadrats (orange) de suivi des cyanophycées .....</b>	<b>28</b>
<b>Figure 2-3 : Photo-quadrat avant (a) et après (b) analyse CPCe .....</b>	<b>28</b>
<b>Figure 2-4 : Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées .....</b>	<b>28</b>
<b>Figure 2-5 : Illustration de l'implantation et de la récupération de la sonde de température de Petite Terre.....</b>	<b>29</b>
<b>Figure 3-1 : Couverture benthique observée sur les stations Passe et Nord Est Passe en 2023 .....</b>	<b>34</b>
<b>Figure 3-2 : Illustrations des stations Passe (gauche) et Nord-Est Passe (droite) .....</b>	<b>35</b>
<b>Figure 3-3 : Proportions des taxons coralliens relevés sur le PIT des stations Passe (gauche) et Nord-Est Passe (droite).....</b>	<b>36</b>
<b>Figure 3-4 : Colonies de Porites porites et de Millepora sp. blanchies .....</b>	<b>37</b>
<b>Figure 3-5 : Colonies d'Acropora palmata blanchies .....</b>	<b>37</b>
<b>Figure 3-6 : Evolution de l'état de santé général de la station Passe .....</b>	<b>38</b>
<b>Figure 3-7 : Évolution 2007-2023 de la couverture sur la station PASSE.....</b>	<b>38</b>
<b>Figure 3-8 : Evolution de l'état de santé général de la station Nord-Est Passe.....</b>	<b>39</b>
<b>Figure 3-9 : Évolution 2015-2023 de la couverture sur la station Nord-Est Passe .....</b>	<b>40</b>

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

<b>Figure 3-10 : Évolution de la densité de recrues de coraux sur la station Passe de Petite Terre (Losanges bleu = moyenne / ronds rouge = valeurs élevées).....</b>	<b>41</b>
<b>Figure 3-11 : Évolution de la densité d'oursins diadèmes sur la station Passe de Petite Terre (Losanges bleu = moyenne / ronds rouge = valeurs élevées).....</b>	<b>42</b>
<b>Figure 3-12 : Évolution de la densité de recrues de coraux sur la station NE Passe de Petite Terre (Losanges bleu = moyenne / ronds rouge = valeurs élevées).....</b>	<b>43</b>
<b>Figure 3-13 : Évolution de la densité d'oursins diadèmes sur la station NE Passe de Petite Terre (Losanges bleu = moyenne / ronds rouge = valeurs élevées).....</b>	<b>44</b>
<b>Figure 3-14 : Structure trophique du peuplement ichtyologique sur la station Passe en 2023 (sur la base du suivi des 61 espèces cibles).....</b>	<b>46</b>
<b>Figure 3-15 : Structure trophique du peuplement ichtyologique sur la station Nord-Est Passe en 2023 (sur la base du suivi des 61 espèces cibles).....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 3-16 : répartition des densité de poissons selon leur famille.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 3-17 : Évolution de la densité et de la biomasse de poissons sur la station Passe de 2009 à 2023.....</b>	<b>51</b>
<b>Figure 3-18 : Évolution de la densité et de la biomasse de poissons sur la station NE Passe de 2015 à 2023.....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 3-19 : Évolution des tailles moyennes des poissons sur la station Passe de 2009 à 2023 .....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 3-20 : Taille moyenne (cm) de chaque groupe trophique de poissons sur la station Passe .....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 3-21 : Évolution des tailles moyennes de poissons sur la station NE Passe de 2009 à 2023 .....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 3-22 : Taille moyenne (cm) de chaque groupe trophique sur la station NE Passe .....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 3-23 : Représentation de l'état de mitage et de fragmentation de l'herbier de Terre-de-bas .....</b>	<b>59</b>
<b>Figure 3-24 : Vue d'ensemble de l'herbier de Terre de Bas en 2023 .....</b>	<b>59</b>
<b>Figure 3-25 : Densité moyenne de plants au sein de l'herbier de Terre de Bas (plants/m<sup>2</sup>).....</b>	<b>59</b>
<b>Figure 3-26 : Vue rapprochée de la densité de plants des 2 espèces de phanérogames sur la station de Terre de Bas.....</b>	<b>60</b>
<b>Figure 3-27 : Évolution 2021-2023 des densités de plants au sein de l'herbier de Terre de Bas</b>	<b>60</b>
<b>Figure 3-28 : Recouvrement de l'herbier de Terre de Bas en 2023 .....</b>	<b>61</b>
<b>Figure 3-29 : Longueur moyenne des feuilles sur l'herbier de Terre de Bas .....</b>	<b>62</b>
<b>Figure 3-30 : Détails des plants de phanérogames sur la station de Terre-de-Bas .....</b>	<b>62</b>

---

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

<i>Figure 3-31 : Évolution des longueurs de feuilles au sein de l'herbier de Terre de Bas .....</i>	<i>63</i>
<i>Figure 3-32 : Synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur Terre de Haut.....</i>	<i>64</i>
<i>Figure 3-33 : Représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Terre de Haut en 2023 .....</i>	<i>65</i>
<i>Figure 3-34 : Évolution du % de recouvrement en phanérogames et des ruptures au sein de l'herbier Terre de Haut .....</i>	<i>66</i>
<i>Figure 3-35 : Vue d'ensemble du transect 2 de l'herbier de Terre de Haut .....</i>	<i>66</i>
<i>Figure 3-36 : Densité moyenne de plants au sein de l'herbier de Terre de Haut (plants/m<sup>2</sup>) .....</i>	<i>67</i>
<i>Figure 3-37 : Évolution de la densité de plants sur l'herbier de Terre de Haut de 2007 à 2023 ..</i>	<i>67</i>
<i>Figure 3-38 : Recouvrement de l'herbier de Terre de Haut en 2023.....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 3-39 : Longueur de feuilles en 2023 sur Terre de Haut (en haut) et évolution 2007-2023</i>	<i>69</i>
<i>Figure 3-40 : Composition et abondance de la macrofaune sur l'herbier de Terre de Haut en 2023 .....</i>	<i>70</i>
<i>Figure 3-41 : Évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Terre de Haut entre 2007 et 2023 .....</i>	<i>70</i>
<i>Figure 3-42 : Illustration des différences de dénombrement entre les 2 méthodes de comptages .....</i>	<i>72</i>
<i>Figure 3-43 : Synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les cinq transects en octobre 2023.....</i>	<i>74</i>
<i>Figure 3-44 : Différence de substrat entre les radiales, facteur influençant fortement la densité de lambis .....</i>	<i>75</i>
<i>Figure 3-45 : Forte densité de juvéniles de lambis (points/cercle jaune) au niveau de la radiale 3 .....</i>	<i>76</i>
<i>Figure 3-46 : Évolution de la densité de lambis et de la surface échantillonnée entre 2013 et 2023 .....</i>	<i>77</i>
<i>Figure 3-47 : Évolution de la densité de lambis par transect et par année .....</i>	<i>77</i>
<i>Figure 3-48 : Évolution de la densité de lambis par classe de taille entre 2013 et 2023 (à droite) et par transect (à gauche).....</i>	<i>79</i>
<i>Figure 3-49 : Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis (% de recouvrement et épaisseur).....</i>	<i>80</i>
<i>Figure 3-50 : Couverture en cyanophycées sur les stations-témoin (% de recouvrement et épaisseur).....</i>	<i>81</i>

---

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

**Figure 3-51 : Évolution de la couverture en cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre** ..... 82

**Figure 3-52 : Couverture en Cyanophycées par quadrat sous les mouillages et hors mouillage à Petite Terre**..... 83

**Figure 4-1 : Illustration du blanchissement de l'espèce *Acropora palmata* au sein de la Réserve, hors station de suivi, en 2023** ..... 85

**Figure 4-2 : Niveau d'alerte entre le 1er janvier 2022 et décembre 2023 pour la station Leeward Caribbean Islands (source : <http://coralreefwatch.noaa.gov>)**..... 87

**Figure 4-3 : Comparaison du Degree Heating Weeks pour la région des Petites Antilles en octobre 2022 (A) et en octobre 2023 (B)**..... 88

**Figure 4-4 : Année type de la température mensuelle pour la réserve de Petite Terre, calculée entre 2008 et 2023 (température en °C)**..... 89

**Figure 4-5 : Évolution des températures enregistrées sur les stations de Petite Terre et Saint-François**..... 90

**Figure 4-6 : État de blanchissement des colonies d'*Acropora palmata* de la pente externe de Petite Terre**..... 90

**Figure 6-1 : Aperçu du poster de communication sur le suivi 2023 station benthos « Passe »**. 94

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 : Cordonnées des radiales de suivi herbiers à Petite Terre .....</b>	<b>19</b>
<b>Tableau 2 : Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2023 .....</b>	<b>20</b>
<b>Tableau 3 : Coordonnées géographiques des mouillages suivies à Petite Terre en 2023 .....</b>	<b>21</b>
<b>Tableau 4 : Coordonnées géographiques des transects de lambi à Petite Terre en 2023 .....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 5 : Chronologie des suivis des espaces naturels de la Réserve Naturelle de Petite terre .....</b>	<b>23</b>
<b>Tableau 6 : Synthèse des différents paramètres suivis dans le cadre du suivi-réserve .....</b>	<b>30</b>
<b>Tableau 7 : Paramètres d'évaluation de l'évolution spatio-temporelle de la Réserve de Petite-Terre.....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau 8 : Synthèse de l'état de blanchissement des colonies coralliennes sur la station Passe .....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 9 : Synthèse de l'état de blanchissement des colonies coralliennes sur la station NE Passe .....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 10 : Structure des peuplements ichtyologiques sur les stations «Passe» et « NE Passe » à Petite Terre en octobre 2023 (sur la base du suivi des 61 espèces cibles) .....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau 11 : Synthèse des observations de lambis par transect .....</b>	<b>73</b>
<b>Tableau 12 : Synthèse des observations de lambis par classe de taille et par transect .....</b>	<b>74</b>
<b>Tableau 13 : Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis et sur les 2 zones témoins (% et épaisseur) .....</b>	<b>80</b>
<b>Tableau 14 : 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).....</b>	<b>86</b>
<b>Tableau 15 : Niveau d'alerte calculé d'octobre 2017 à octobre 2023 à partir des données des stations Passe (Suivi GCRMN Petite Terre) ou Saint-François (suivi Reef Check).....</b>	<b>91</b>
<b>Tableau 16 : Composition des équipes de terrain en 2023 .....</b>	<b>92</b>



## Liste des annexes

<b><i>Annexe 1 : Caractéristiques de la Réserve Naturelle de Petite Terre .....</i></b>	<b>103</b>
<b><i>Annexe 2 : Protocole de suivi .....</i></b>	<b>104</b>
<b><i>Annexe 3 : Chronologie de suivi des stations du réseau réserve naturelle depuis 2007.....</i></b>	<b>117</b>

## 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 2023, 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<sup>e</sup> 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 réalisé en régie par les agents du Parc.

**L'objectif principal** est de collecter des données annuelles en 2023 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 infralittorales 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 Récif). En 2023, un effort de bancarisation de données antérieures manquantes (oursins et recrues) a été réalisé afin de compléter la base de données. La nouvelle station Herbier – Terre de Bas a été créée en vue d'une bancarisation des données herbiers (en attente de création du contexte de bancarisation par l'IFREMER) ;
- ▶ 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.

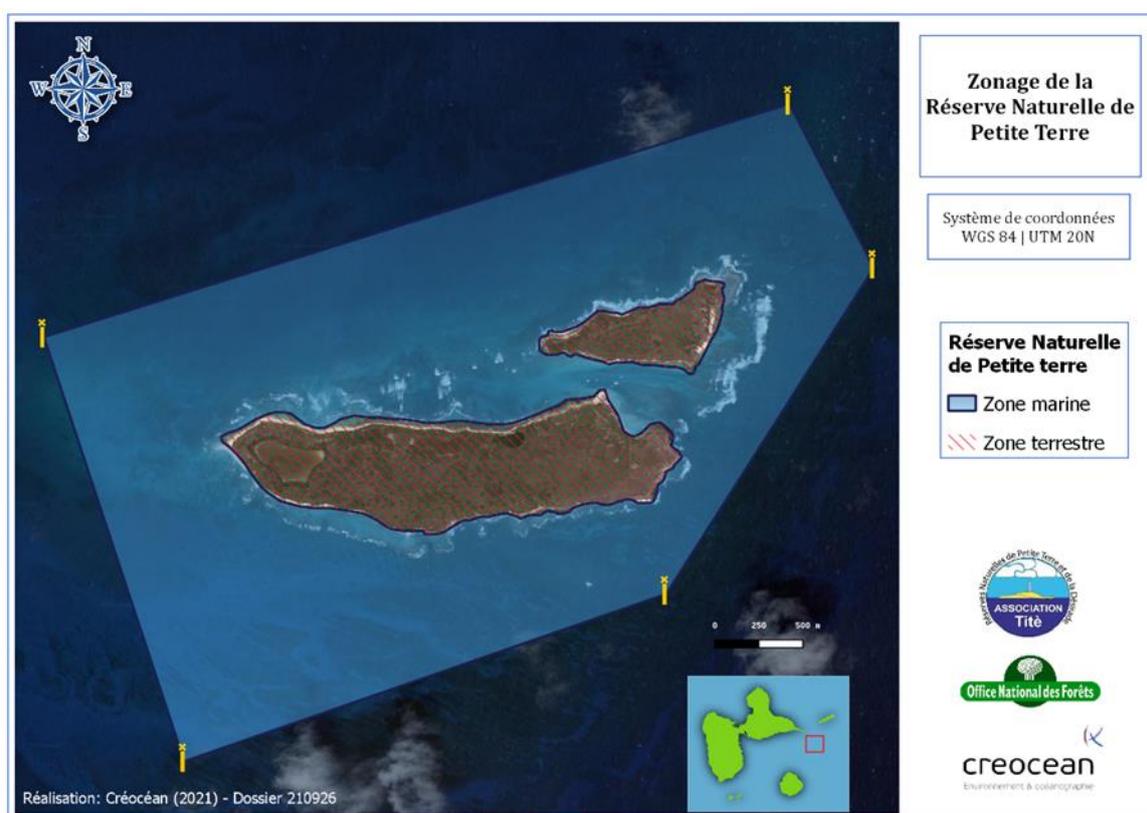


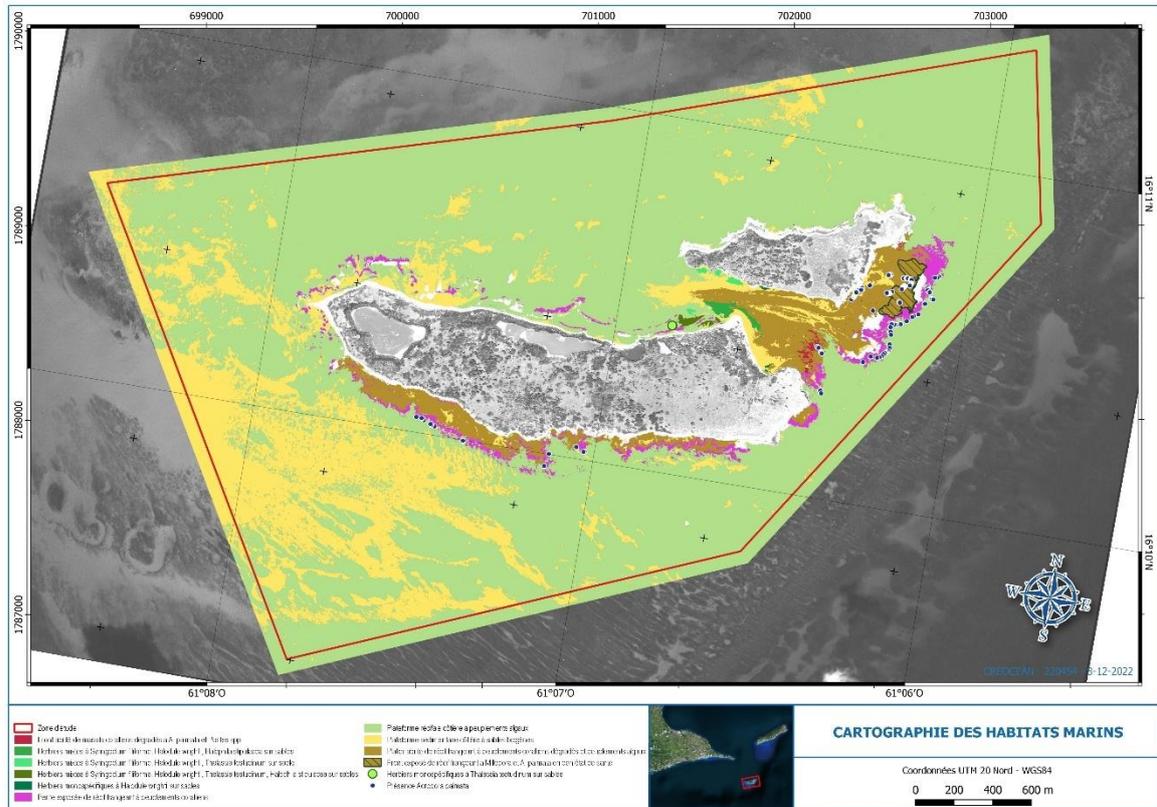
Figure 1-1 : Périmètre de la Réserve Naturelle de Petite-Terre

À 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.

En 2022, une cartographie des habitats marins a été réalisée permettant d'identifier les zones à enjeu (CREOCEAN, 2022). Parmi elles, on compte les herbiers mixtes au niveau de la passe et les fronts exposés et abrités de massifs coralliens à *Acropora palmata* situés à l'est de Petite-Terre.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023



**Figure 1-2 : Cartographie des habitats marins de la Réserve Naturelle de Petite-Terre et localisation des colonies d'Acropora palmata observées**



**Figure 1-3 : 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.

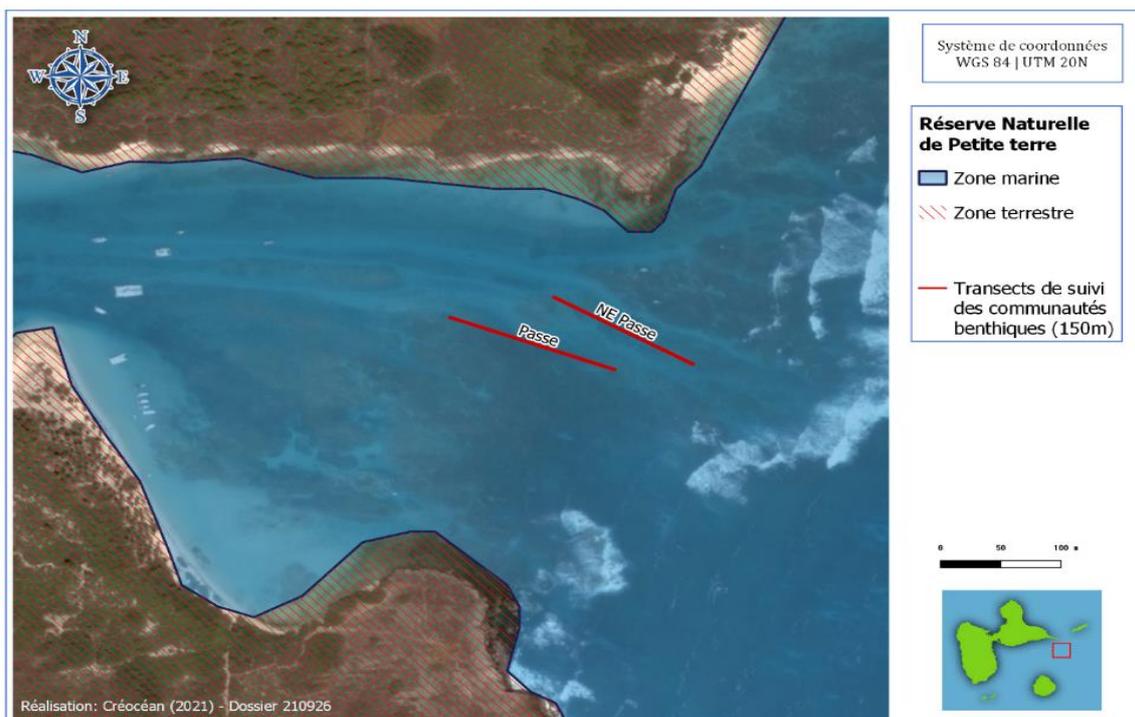


Figure 1-4 : Transects de suivi des communautés benthiques de la Réserve Naturelle de Petite Terre

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

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

En 2023, bien que fortement dégradés, les piquets ont été retrouvés permettant de correctement positionner le transect. L'entretien des transects benthos sera un des objectifs du suivi de 2024.

#### 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 (chaque année impaire) afin de suivre l'évolution de cet herbier**. La caractérisation de cet herbier a eu lieu 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 2023, ces deux herbiers ont été caractérisés au sein de la Réserve Naturelle de Petite-Terre.**

**En 2024, seul l'herbier de Terre de Bas sera caractérisé.**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023



Figure 1-5 : 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 Herbier Terre de Haut					
Radiale 1		Radiale 2		Radiale 3	
Graduation radiale	Coordonnées	Graduation radiale	Coordonnées	Graduation radiale	Coordonnées
0 m	16°10,594'N 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
Herbier Terre de Bas	Début	16° 10.449'N	16° 10.445'N	16° 10.439'N
		61° 6.768'O	61° 6.771'O	61° 6.776'O
	Fin	16° 10.442'N	16° 10.434'N	16° 10.428'N
		61° 6.794'O	61° 6.798'O	61° 6.801'O

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

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



Figure 1-6 : Stations de suivis benthos et herbiers de la Réserve Naturelle de Petite Terre

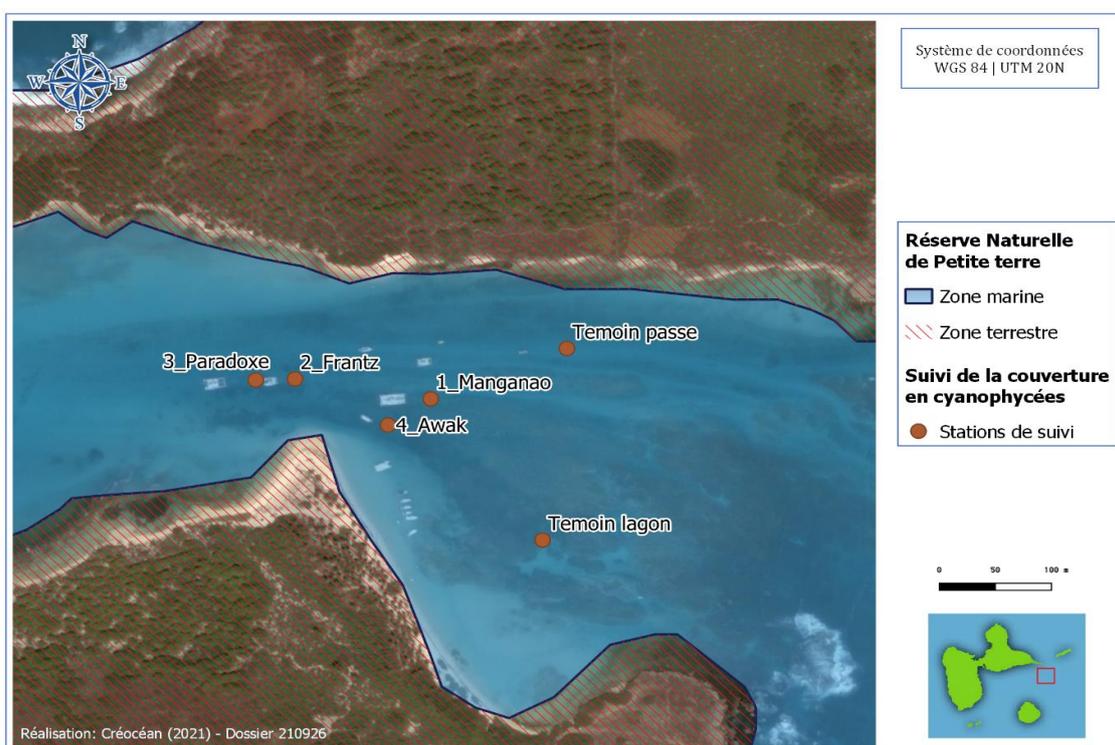
Tableau 2 : Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2023

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° 10,466'N	61° 6,350'O
	Terre de Bas	Réserve	Herbiers, Macrofaune	16° 10,439'N	61°06,768'O
	Terre de Haut	Réserve	Herbiers, Macrofaune	16° 10,573'N	61° 6,717'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 définie dans le lagon, côté 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 1-7 : Localisation des stations de suivi des cyanophycées**

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

**Tableau 3 : Coordonnées géographiques des mouillage suivies à Petite Terre en 2023**

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### 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 stations 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 sur la carte ci-dessous.

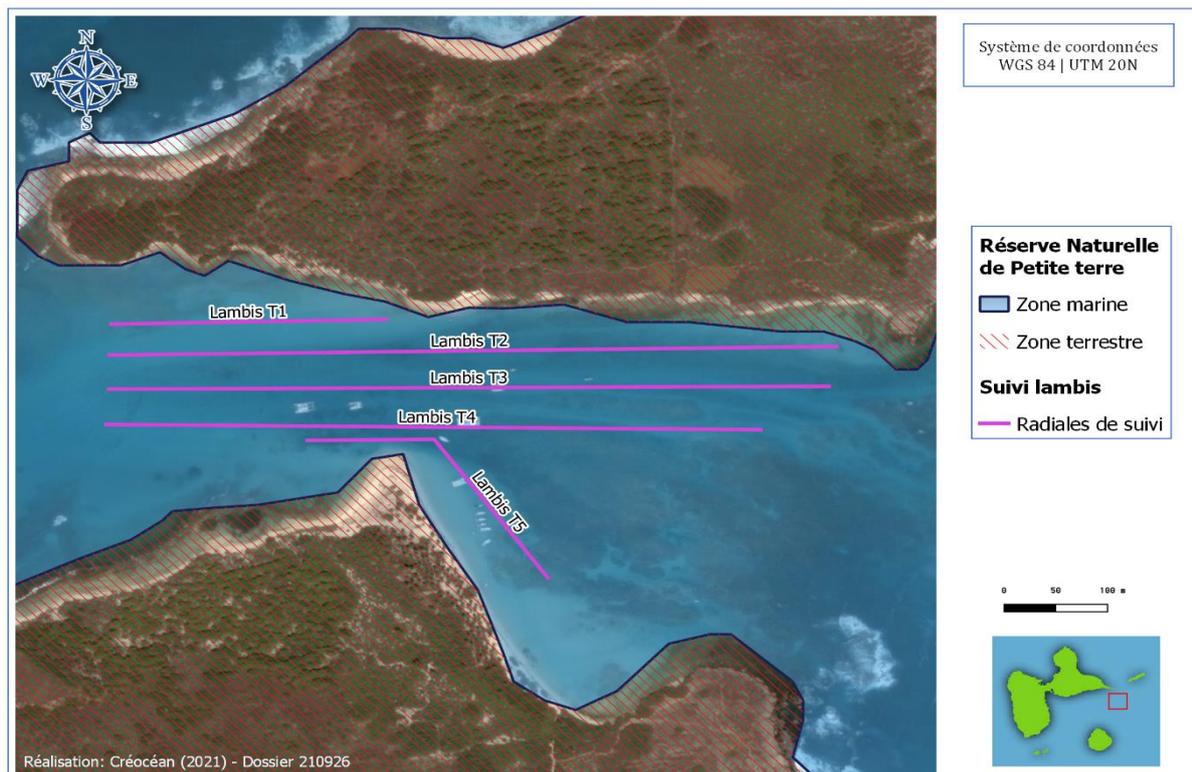


Figure 1-8 : Localisation des transects de suivi des lambis

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.

Tableau 4 : Coordonnées géographiques des transects de lambi à Petite Terre en 2023

Transect Lambis	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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

## 1.3. Déroulement des campagnes de suivi

Le suivi au sein de la Réserve de Petite Terre s'est déroulé du **16 au 19 octobre 2023** avec des conditions météorologiques clémentes. Les conditions de courant souvent pénalisantes n'ont pas été problématiques lors du suivi de 2023.

La chronologie des suivis réalisés au sein de la Réserve Naturelle de Petite Terre est présentée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 5 : Chronologie des suivis des espaces naturels 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	2023
Passe	Réserve	Benthos, ichtyofaune, T°C			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Passe Nord-Est	Réserve	Benthos, ichtyofaune									X	X	X	X	X	X	X	X	X
Terre de Haut	Réserve	Herbier, macrofaune																	
Terre de Bas	Réserve	Herbier, macrofaune																	
Passe	Réserve	Lambis																	



Suivis opérés



Ajout suivi Ichtyofaune

## 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 scientifiquement.

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. À 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

Depuis 2007, les éléments de suivi des communautés benthiques coralliennes relevés le long d'un transect de 60 m sont les suivants :

- ▶ **Structure du peuplement benthique (Point intercept - PIT)** : Le protocole PIT repose sur la caractérisation de 300 points projetés tous les 20 centimètres le long du transect de 60 m. Pour chaque point, le type de substrat et le groupe taxonomique (ou taxon) le recouvrant sont notés.

**NB 1** : Lors de la caractérisation d'espèces coralliennes, une estimation du niveau de blanchissement est notée selon les classes suivantes :

- Blanchissement : B0= 1-10% / B1= 1-10% / B2= 11-50% / B3= 51-90% / B4= 91-100%

**NB 2** : Tous les 10 m, une estimation de l'état de santé est notée selon les classes suivantes (adapté de Bouchon et al., 2004) :

- 1 = Très bon état → Coraux non nécrosés avec gazon algal, pas de macroalgues ;
- 2 = Bon état → Coraux présentant peu de nécroses, avec quelques macroalgues et/ou une légère hyper-sédimentation ;
- 3 = État moyen → Coraux avec nécroses, peuplement algal dominé par des macroalgues et/ou une forte hyper-sédimentation ;
- 4 = État médiocre → La majorité des coraux sont morts, fonds envahis par les macroalgues ou entièrement sédimentés ;
- 5 = État mauvais → Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envasés ; aucune espèce sensible.

**NB 3** : Dans le cadre de la notation 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 bioconstructeurs (Scléactiniaires) ainsi que le corail de feu (Hydrocoralliaires : *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.*).

- ▶ **Recouvrement en macroalgues** : le recouvrement en macroalgues est relevé au sein de 60 quadrats de 20x20 cm dans lesquels est estimé le recouvrement de chaque taxon algal selon les classes suivantes :
  - Recouvrement en macroalgues : M0= 1-10% / M1= 1-10% / M2= 11-50% / M3= 51-90% / M4= 91-100%
- ▶ **Recrutement corallien** : le recrutement corallien est estimé par le nombre de juvéniles de coraux (<2 cm) présents au sein de 1 m<sup>2</sup> sans caractérisation de l'espèce (trop incertain pour des individus de moins de 2 cm). Au total, 60 quadrats de 1x1 m sont réalisés sur la partie gauche du transect. Ce dénombrement permet d'estimer le renouvellement des colonies coralliennes et donc la pérennité du peuplement corallien.
- ▶ **Densité en oursins diadèmes** : le calcul de la densité d'oursins diadèmes est estimé par le nombre d'oursins observés dans 1 m<sup>2</sup>. Au total, 60 quadrats de 1x1 m sont réalisés sur la partie droite du transect. Cette densité renseigne sur le niveau de pression de broutage des algues, qui influe sur la quantité de substrat nu disponible pour l'installation de nouvelles recrues coralliennes.

#### 2.1.2. Suivi des peuplements ichthyologiques

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. Pour cela, un transect de 150 m est déroulé sur le même tracé que celui du PIT. Le comptage est réalisé le long de 6 transects successifs de 25 m sur une bande de 2 m de large et de 5 m de hauteur.

### 2.1.3. 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 fixés 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 2 m. La « micro-fragmentation » (< 2 m) 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.

À 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.
  - ▶ **Recouvrement en phanérogames** : le recouvrement en phanérogames est un paramètre nouvellement intégré dans le suivi de la DCE sur base des travaux de Fanny Kerninon (Kerninon, 2020). Ce paramètre a été relevé pour la 1<sup>ère</sup> fois en 2023 afin de tester son application et sa pertinence dans le cadre du suivi réserve.

### 2.1.4. Suivi des lambis

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 m<sup>2</sup>. L'ancien protocole de suivi des lambis permettait d'échantillonner 600 m<sup>2</sup>.

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 2020<sup>1</sup>, 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 le mode opératoire. Depuis 2022, un plongeur est tracté avec une caméra et 2 lasers matérialisant un couloir de 1 m de large. Les lambis sont dénombrés au sein de ce couloir par le plongeur et par comptage vidéo pour caractérisation des tailles (juvéniles, subadultes, adultes).



**Figure 2-1 : Plongeur tracté avec caméra vidéo pour le comptage des lambis**

---

<sup>1</sup> 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.

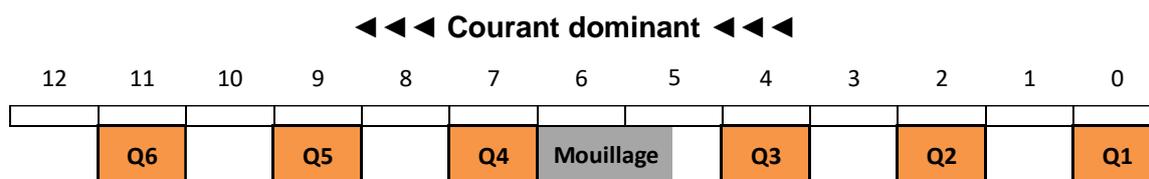
### 2.1.5. Suivi de la couverture en cyanophycées

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.

Depuis 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 a été réalisée tous les 2 mètres, soit 6 quadrats sous chaque mouillage (3 en amont et 3 en aval par rapport au flux dominant).

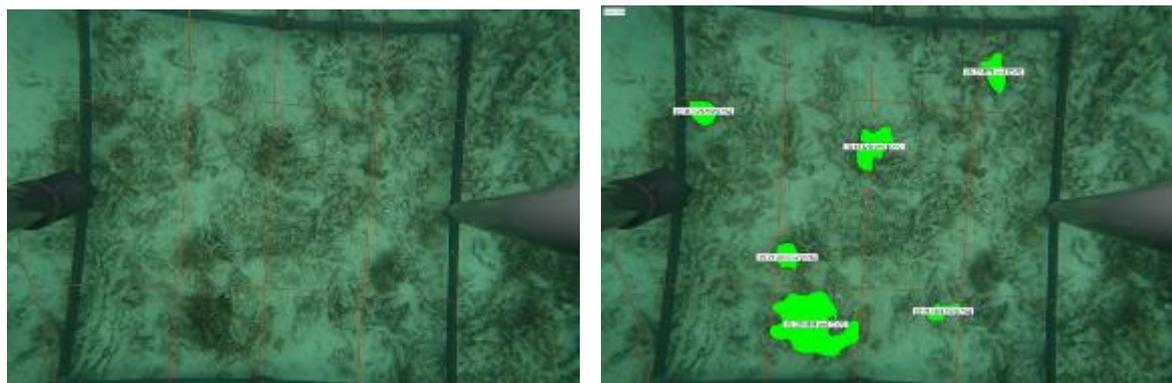
De la même manière, 6 photo-quadrats ont été réalisées sur une zone témoin en dehors de la zone de mouillage (en amont du courant), située à plusieurs dizaines de mètres à l'est du mouillage 4 (1 quadrat tous les 2 m le long du transect de 12 m).

Depuis 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 bateaux moteurs n'ayant pas de rejet d'eau usée.



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

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**

### 2.1.6. Suivi de la température de l'eau

Depuis 2008, une sonde de température de type Hobo enregistre les variations de température à une fréquence d'une donnée par heure. La période (15 ans) et la haute fréquence d'acquisition permettent de modéliser une année type.

En 2023, la sonde a été récupérée le 17 octobre. Les données ont ainsi été extraites avant sa remise en place le 18 octobre 2023.



**Figure 2-5 : Illustration de l'implantation et de la récupération de la sonde de température de Petite Terre**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### 2.1.7. Synthèse

Le tableau suivant présente les différents paramètres suivis pour chaque paramètre cible. Les protocoles détaillés pour l'ensemble des paramètres sont présentés en Annexe 2.

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

## 2.2. Traitement et interprétation des données

Les données issues du suivi des peuplements ont été bancarisées dans la base de données développée par IFREMER (**BD Récif**) à l'exception des données d'herbiers, de lambis et de couverture en cyanobactérie saisies sous Excel. Un travail a été initié en 2023 afin d'intégrer l'ensemble de ces suivis dans BD Récif. Les données non bancarisées sur BD Récif ont été classiquement analysés sur Excel comme c'était le cas lors des précédents suivis.

Un export de la base de données et des fichiers Excel sont fournis à la Réserve Naturelle de Petite Terre en complément de ce présent rapport.

Pour la première fois, l'analyse des données bancarisées sur BD Récif a été réalisée sur le logiciel R studio. Pour rappel, l'objectif de ce changement est d'améliorer, d'uniformiser et d'automatiser l'analyse des données issues des suivis réserves tout en offrant un plus grand potentiel d'analyse.

Le premier objectif de codage des analyses des suivis réserves est d'atteindre le même niveau d'analyse que dans les précédents rapports. Le plus grand potentiel d'analyse des données (analyses statistiques et multivariées) sera davantage exploité lors du prochain suivi.

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.

Les données ont été principalement analysées selon des statistiques descriptives avec également des statistiques inférentielles. Pour rappel, la statistique descriptive réalise la mise en forme numérique et graphique des données via des descripteurs simples tels que des moyennes, des médianes, des écarts-types, etc. Les statistiques inférentielles complètent les observations réalisées via les statistiques descriptives en testant des hypothèses et en prenant des décisions sur la base de données limitées et avec un degré de confiance connu.

En résumé, la statistique descriptive est utilisée pour résumer et présenter des données, tandis que la statistique inférentielle est utilisée pour prendre des décisions et faire des prévisions sur la base de données limitées. Ces deux approches sont donc complémentaires et essentielles dans l'analyse des données de suivi réserve.

### 2.2.1. Statistique descriptive

Le tableau suivant 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).

L'ensemble des compartiments du peuplement benthique corallien (coraux, oursins, recrues, algues, poissons, lambis, etc.) a été analysé en fonction des deux variables explicatives : la station et la date. En d'autres termes, l'ensemble de ces compartiments ont été décrits (moyenne, pourcentage, etc.) spatialement et temporellement. Ces analyses ont par ailleurs été représentés sous différentes formes telles que des boxplots, des diagrammes circulaires, des tableaux etc..

Ces analyses ont mis en évidence des tendances qui ont été analysées plus en détail via des statistiques inférentielles.

### 2.2.2. Statistique inférentielle

Concernant la statistique inférentielle, nous avons opté pour des tests non paramétriques afin de traiter nos données plutôt que des tests paramétriques, compte tenu de l'absence d'homoscédasticité (variances des groupes supposées égales) ou de l'absence de normalité dans nos échantillons.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

Le test de Friedman est une alternative non paramétrique à l'ANOVA (analyse de la variance) lorsque les conditions nécessaires à l'utilisation de l'ANOVA ne sont pas remplies. Ainsi le test de Friedman a été employé pour l'analyse de :

- ▶ La densité d'oursin en fonction du temps ;
- ▶ La densité de recrues en fonction du temps ;
- ▶ La densité totale de poisson en fonction du temps ;
- ▶ La biomasse totale de poisson en fonction du temps.

D'autres analyses pourraient se révéler intéressantes telles que :

- ▶ La distribution du peuplement de poissons en fonction de la date et/ou de la station ;
- ▶ La distribution du peuplement benthique en fonction de la date et/ou de la station ;
- ▶ La distribution du peuplement corallien en fonction de la date et/ou de la station ;
- ▶ La corrélation entre la densité d'oursins et la couverture en macroalgues ;
- ▶ La corrélation entre la densité de recrues et la couverture en macroalgues.

Ces analyses pourront être intégrées à l'analyse lors du prochain suivi.

**Tableau 7 : Paramètres d'évaluation de l'évolution spatio-temporelle de la Réserve de Petite-Terre**

Peuplements	Paramètres	Évolution temporelle des stations de suivi (de 2007 à 2023)
Peuplement récifal	Corail vivant	X
	Algues (turf, macroalgues, cyanophycées, algues calcaires)	X
	Densité recrues coralliennes	X
	Densité oursins diadèmes	X
Peuplement ichthyologique	Abondance totale	X
	Abondance/famille	X
	Abondance /régime trophique	X
	Biomasse totale	X
	Biomasse/ famille	X
	Biomasse/ régime trophique	X
	Taille / régime trophique	X
Peuplement herbier	Densité <i>T. testudinum</i>	X
	Densité <i>S. filiforme</i>	X
	Hauteurs des feuilles de <i>T. testudinum</i>	X

## 3. Résultats

### 3.1. Peuplements benthiques coralliens

#### 3.1.1. Analyse de l'année en cours (2023)

La couverture benthique des stations Passe et NE Passe est sensiblement la même en 2023 :

- ▶ **Les organismes benthiques recouvrent la grande majorité du substrat** avec respectivement 94% et 96% de couverture vivante sur la station Passe et NE Passe. Les organismes vivants colonisent majoritairement le substrat dur à hauteur de 92% pour la station Passe et 90% pour la station NE Passe. Le reste de la couverture vivante repose sur des débris et du corail mort (*Porites porites* mort). La part de substrat non colonisé (4 à 5%) est composée de sable.
- ▶ **Les peuplements algaux dominent la couverture vivante** avec 76% (Passe) et 86% (NE Passe) d'algues sur les stations.
- ▶ **La couverture corallienne est faible.** Les coraux représentent 11% de la couverture benthique sur Passe et 5% sur NE Passe.
- ▶ **Les invertébrés non coralliens sont peu développés** sur les stations avec moins de 3% de la couverture benthique occupée par des éponges ou des anémones.
- ▶ **La couverture en cyanophycées est plus élevée au niveau de la station Passe (7%)** qu'au niveau de la station NE Passe (1%).

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

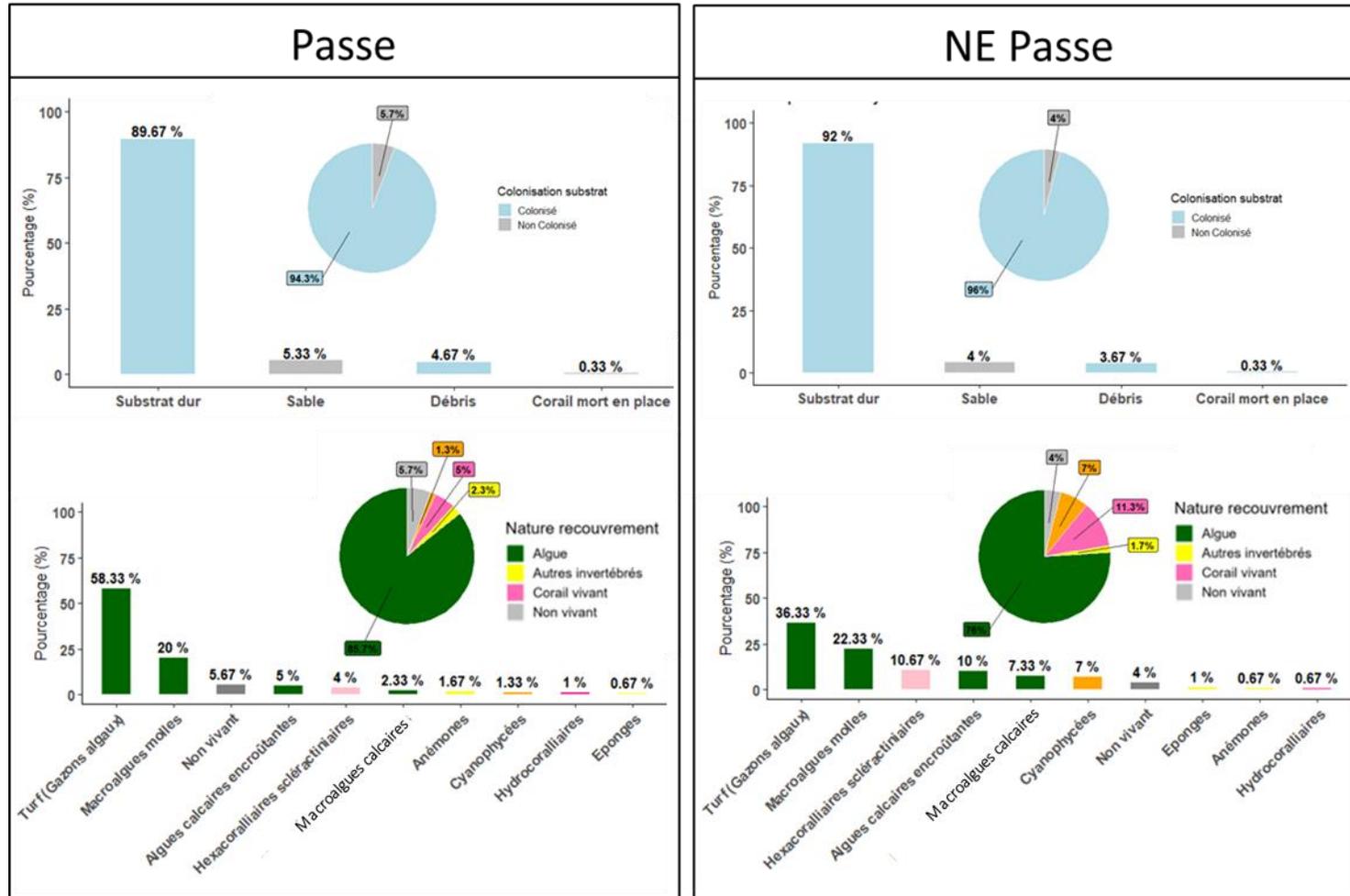


Figure 3-1 : Couverture benthique observée sur les stations Passe et Nord Est Passe en 2023

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

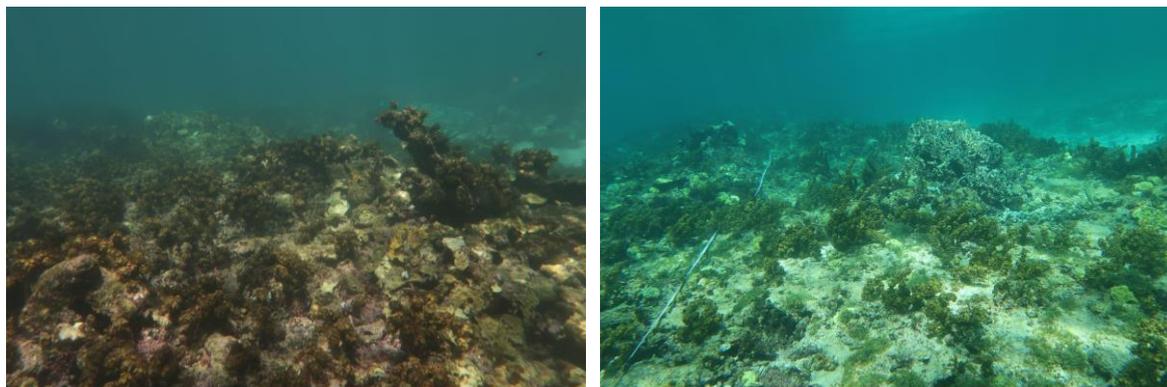


Figure 3-2 : Illustrations des stations Passe (gauche) et Nord-Est Passe (droite)

#### Analyse détaillée de la couverture benthique en 2023 :

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

##### ► Station PASSE :

**La couverture vivante** est largement dominée par le turf algal (58%) et, dans une moindre mesure, par les macroalgues molles (20%) représentées par *Dictyota sp.* et *Turbinaria sp.*. Les algues calcaires encroûtantes sont relativement abondantes avec 5% du biote. Des macroalgues calcaires représentées par *Halimeda sp.* sont aussi observées (2%).

**Les coraux** sont exclusivement des coraux durs dont des hexacoralliaires scléactiniaires (4%) : *Porites astreoides* et *Porites porites* et l'hydrocoralliaire *Millepora sp.* (1%).

**Peu d'autres invertébrés sont recensés :** 5 anémones et 2 gorgones encroûtantes *Erythropodium caribaeorum* sont observées.

##### ► Station NE PASSE :

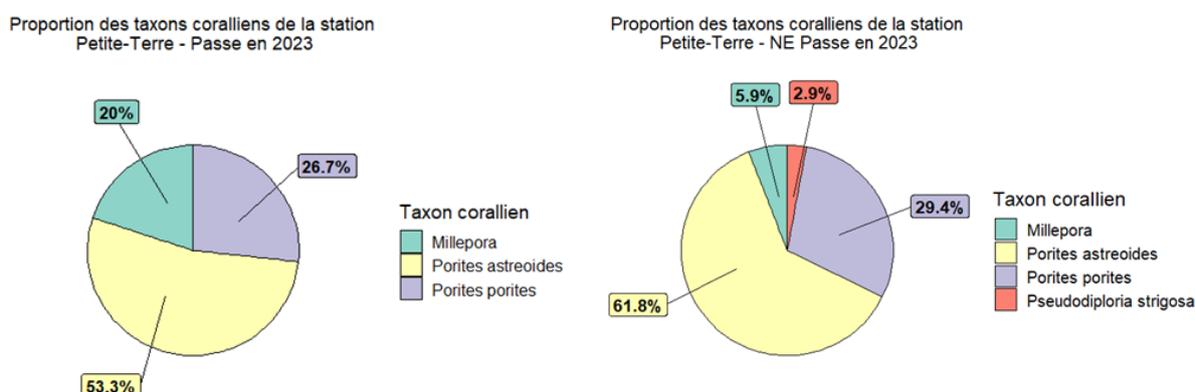
**La couverture vivante** est largement dominée par le turf algal (36%) et par les macroalgues molles (22%). Au sein des taxons algaux observés (macroalgues molles et calcaires), on retrouve majoritairement le genre *Dictyota sp.* (15%), accompagné de *Turbinaria sp.* (14%) et de *Amphiroa sp.* (9%) et dans une moindre mesure (<1% pour chaque groupe) de *Galaxaura sp.*, *Halimeda sp.* et *Sargassum sp.*. Le turf algal est moins représenté que sur la station Passe, avec 20% de recouvrement en moins. En revanche on observe 2 fois plus d'algues calcaires encroûtantes (10%) et 3 fois plus de macroalgues calcaires (7%).

**Les coraux** sont exclusivement des coraux durs dont des hexacoralliaires scléactiniaires (11%) ; *Pseudodiploria strigosa*, *Porites astreoides* et *Porites porites* et l'hydrocoralliaire *Millepora sp.* (<1%).

**Les autres invertébrés** sont aussi peu représentés, avec 2 observations d'anémones et 3 observations d'éponges (soit 2% du biote pour chaque taxon).

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023



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

Les coraux sont très peu diversifiés, avec le genre *Porites* très abondant (80 à 90% du recouvrement corallien) sous forme digitée (*Porites porites*) ou encroûtante (*Porites astreoides*). Les autres coraux observés sont *Pseudodiploria strigosa* (Scléactiniaire) et les coraux de feu *Millepora alcicornis* (Hydrozoaire).

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.** En effet, *Porites porites* apprécie secteurs peu profonds et battus par les vagues.

L'été 2023 a été marqué par une température des eaux marines particulièrement élevée à l'origine d'un **phénomène de blanchissement généralisé à l'échelle de la Caraïbe** (Cf : §4). Les colonies coralliennes de Petite-Terre ont été touchées par ce phénomène avec respectivement plus de 50% et 80% de colonies blanchies à hauteur de 91-100% sur la station Passe et NE Passe.

**Tableau 8 : Synthèse de l'état de blanchissement des colonies coralliennes sur la station Passe**

Date	Station	Taux de blanchissement de la colonie	Nombre de colonies touchées	Pourcentage (%)
17/10/2023	Passe	0%	5	33,33
17/10/2023	Passe	11-50%	1	6,67
17/10/2023	Passe	51-90%	1	6,67
17/10/2023	Passe	91-100%	8	53,33

**Tableau 9 : Synthèse de l'état de blanchissement des colonies coralliennes sur la station NE Passe**

Date	Station	Taux de blanchissement de la colonie	Nombre de colonies touchées	Pourcentage (%)
17/10/2023	NE Passe	0%	3	8,82
17/10/2023	NE Passe	1-10%	1	2,94
17/10/2023	NE Passe	11-50%	2	5,88
17/10/2023	NE Passe	51-90%	0	0,00
17/10/2023	NE Passe	91-100%	28	82,35

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

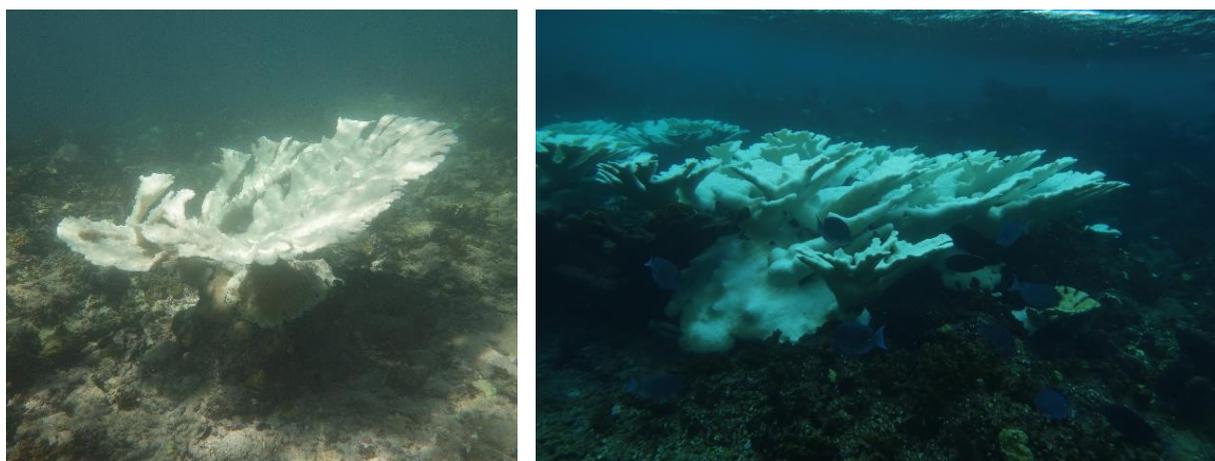
Ce constat laisse craindre une forte mortalité de ces colonies et une importante recrudescence des algues. Ceci fera l'objet d'une attention particulière lors du suivi 2024.

En complément des informations relevées sur lors du protocole PIT, des observations opportunistes ont permis de constater la forte atteinte des colonies d'*Acropora palmata* de la Réserve, pratiquement toutes entièrement blanchies.



**Figure 3-4 : Colonies de *Porites porites* et de *Millepora sp.* blanchies**

L'état de santé général de la station Passe et NE Passe est évalué comme moyen avec des indices respectifs de 3,3/5 et de 2,7/5. Cet état de santé traduit la faible couverture corallienne et le mauvais état de santé des quelques colonies coralliennes, en lien avec une couverture algale de plus en plus élevée.

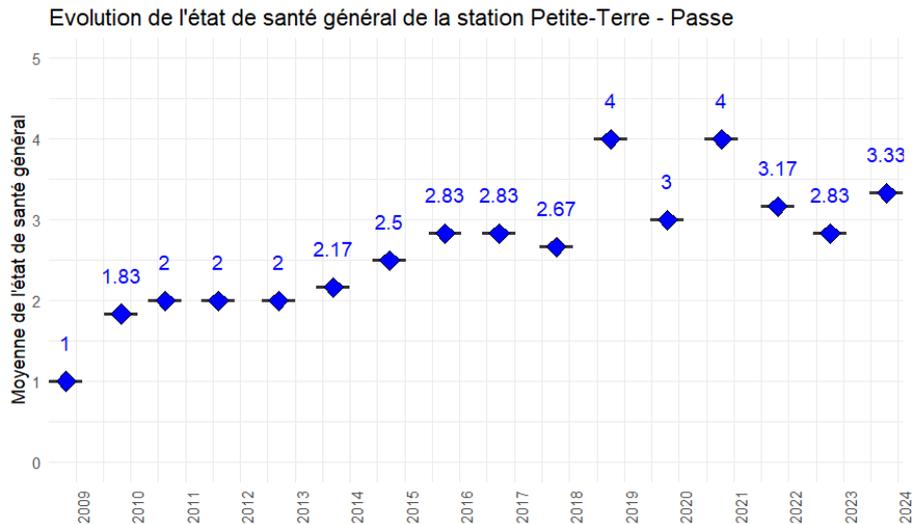


**Figure 3-5 : Colonies d'*Acropora palmata* blanchies**

### 3.1.2. Évolution de la couverture benthique entre 2007 et 2023

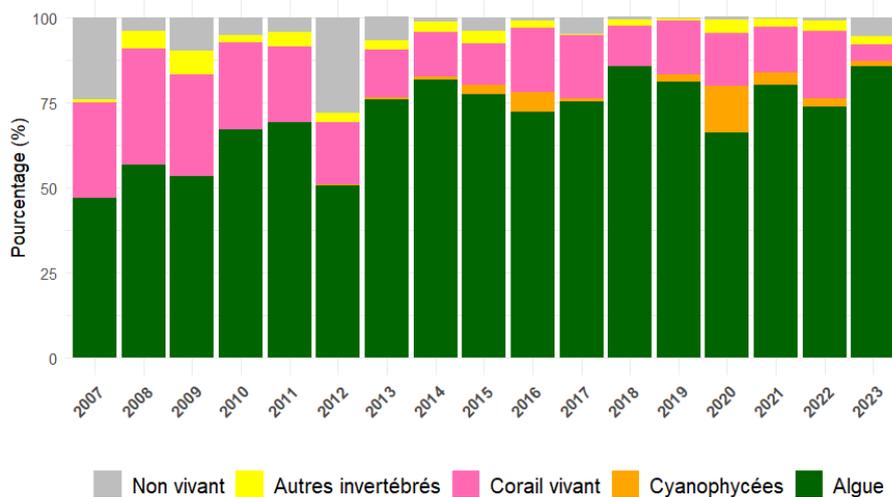
#### **Station Passe :**

Depuis 2007, l'état de santé général de la station Passe se dégrade progressivement avec des valeurs passant de moins de 2 (bon état) avant 2010 à plus de 3 (état moyen) voire 4 (état médiocre) depuis 2020.



**Figure 3-6 : Evolution de l'état de santé général de la station Passe**

Cette dégradation s'explique par l'évolution de la couverture sur la station Passe depuis 2007, représentée sur la figure ci-dessous.



**Figure 3-7 : Évolution 2007-2023 de la couverture sur la station PASSE**

#### Sur la station Passe :

- ▶ La couverture algale en 2023 est la plus importante jamais enregistrée depuis le début du suivi. Ce résultat souligne la tendance générale d'augmentation de la surface couverte par les algues. En effet, entre 2007 et 2023 la couverture en algues a pratiquement doublé, passant de 47 à 86%.

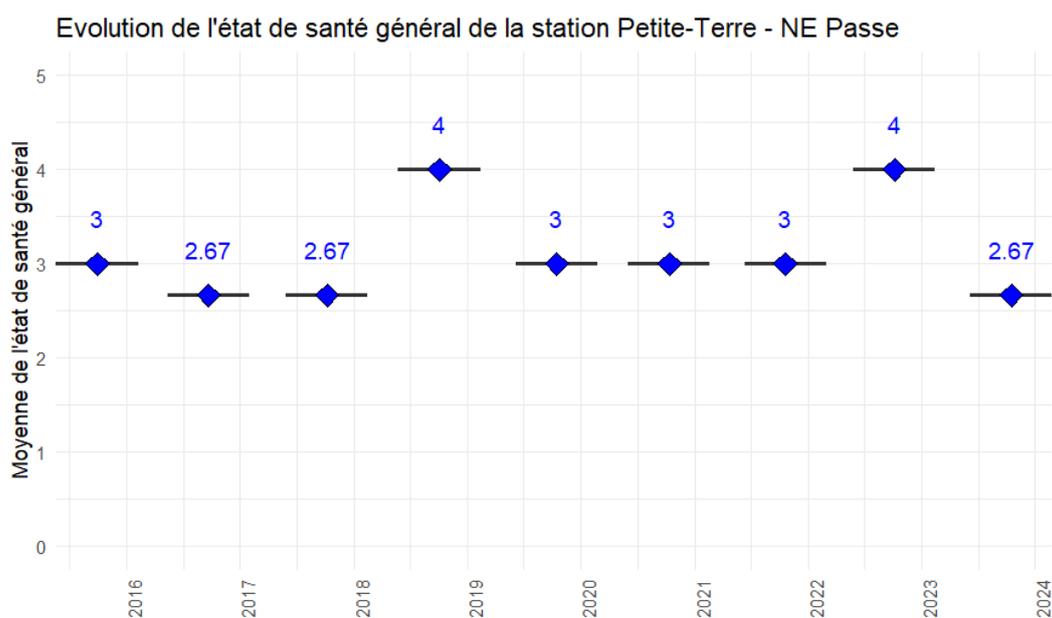
## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

- ▶ Inversement, la couverture en coraux durs est la plus faible jamais enregistrée. Cela illustre les différents événements ayant causé de la mortalité des coraux ces dernières années (maladie/blanchissement/fortes houles) et dont les squelettes sont colonisés par des algues. La couverture était en moyenne de 30% avant 2010 contre 10% après 2020.
- ▶ Les patches de cyanophycées, apparus pour la première fois en 2012, sont observés depuis lors de chaque suivi sans afficher une évolution claire, probablement du fait de leur caractère opportuniste et facilement mobilisables. Elles étaient particulièrement abondantes en 2020 avec 14 % de couverture.
- ▶ La couverture des autres invertébrés et celle du substrat non colonisé ne présentent aucune tendance d'évolution. Les valeurs ponctuellement plus élevées observées peuvent notamment être associées à un décalage du transect.

#### **Station NE Passe :**

Depuis 2016, l'état de santé général de la station Nord-Est Passe est moyen (3) à médiocre (4) sans afficher de tendance d'évolution.

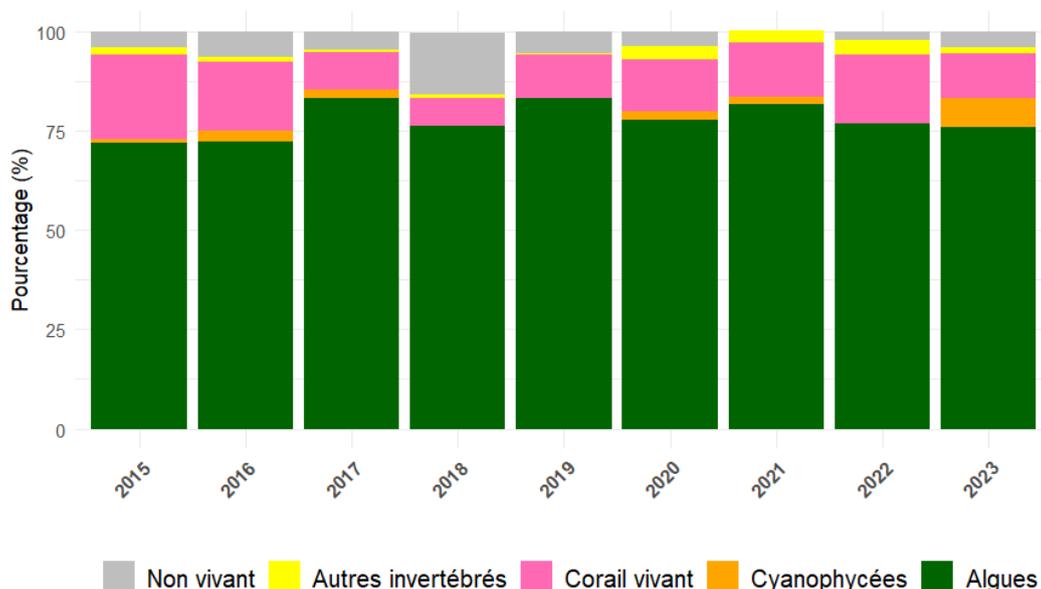


**Figure 3-8 : Evolution de l'état de santé général de la station Nord-Est Passe**

En effet, la couverture vivante ne présente pas de tendance évolutive dans la figure ci-après.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023



**Figure 3-9 : Évolution 2015-2023 de la couverture sur la station Nord-Est Passe**

#### Sur la station Nord-Est Passe :

- ▶ La couverture algale, dominante sur ce site, n'affiche pas de tendance claire malgré une légère augmentation avec des valeurs variant de 73% en 2015 à 83% en 2023.
- ▶ Après une forte diminution de la couverture corallienne de 2015 à 2018 (de 21 à 7%), celle-ci a augmenté jusqu'à atteindre 17% en 2022. En 2023, la couverture corallienne est de 11%.
- ▶ La part des autres invertébrés et celle du substrat non colonisé ne présentent aucune tendance d'évolution. Les valeurs ponctuellement plus élevées observées peuvent notamment être associées à un décalage du transect.

**La couverture vivante a subi de réel changement au cours du temps avec la diminution de la couverture corallienne et l'augmentation de la couverture algale, plus particulièrement sur la station historique Passe, suite à la colonisation des surfaces coralliennes mortes par les algues.**

### 3.1.3. Recrutement corallien et densité d'oursins diadèmes

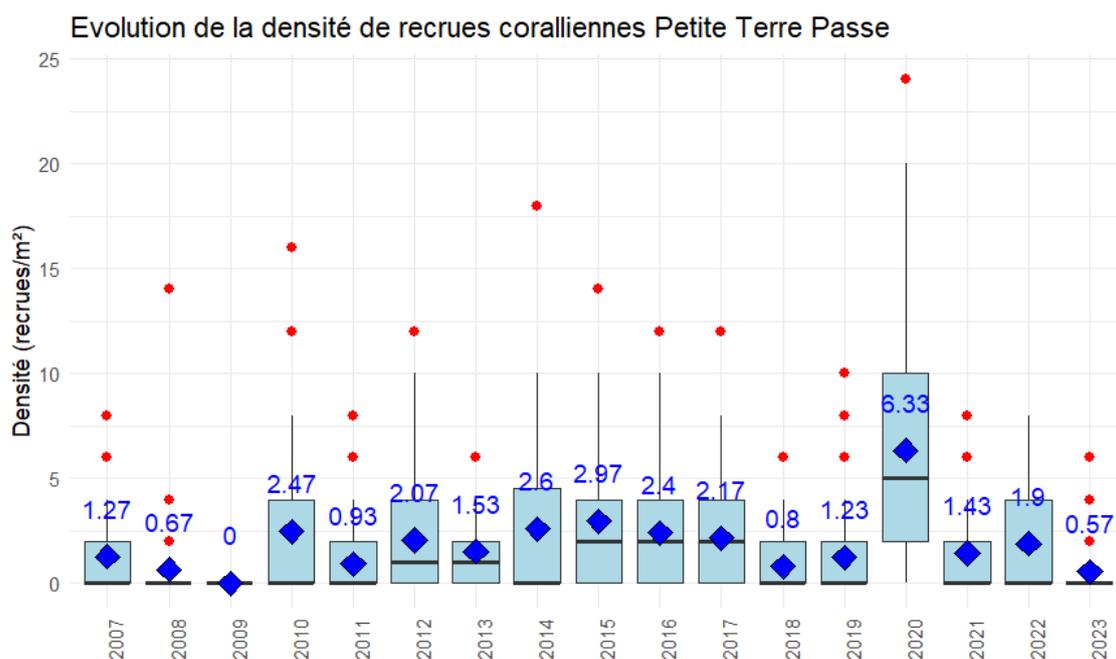
Le dénombrement des recrues coralliennes permet d'évaluer la capacité de renouvellement des colonies coralliennes et donc la pérennité du peuplement corallien. L'identification à l'espèce ou au genre n'est pas réalisée, car trop incertaine pour des individus de moins de 2 cm.

Le calcul de la densité d'oursins diadèmes renseigne sur le niveau de pression de broutage sur les algues, influant sur la quantité de substrat nu disponible pour l'installation des recrues coralliennes.

Les évolutions des densités de recrues coralliennes et d'oursins sont exposées ci-dessous.

Station Passe :

- **La densité moyenne de recrues coralliennes est de 0,57 recrue/m<sup>2</sup> en 2023.** Il s'agit de la seconde plus petite moyenne (losanges bleu) après celle de 2009 au cours de laquelle aucune recrue n'avait été observée. Le recrutement corallien fluctue depuis le début des suivis avec des valeurs moyennes comprises entre 1 et 3 recrues/m<sup>2</sup> et des valeurs extrêmes en 2009 (aucune recrue) et 2020 (5,6 recrues/m<sup>2</sup>). Parmi les fluctuations observées, 2 périodes de forte diminution peuvent être identifiées : la première entre 2015 et 2018 et la seconde entre 2020 et 2023. Cette dernière peut être associée aux phénomènes tels que la maladie SCTLD survenue en 2021 et le phase-shift des algues permis par l'épizootie des oursins diadèmes en 2022. Néanmoins, il est difficile de dégager une tendance évolutive globale pour ce paramètre.



**Figure 3-10 : Évolution de la densité de recrues de coraux sur la station Passe de Petite Terre (Losanges bleu = moyenne / ronds rouge = valeurs élevées)**

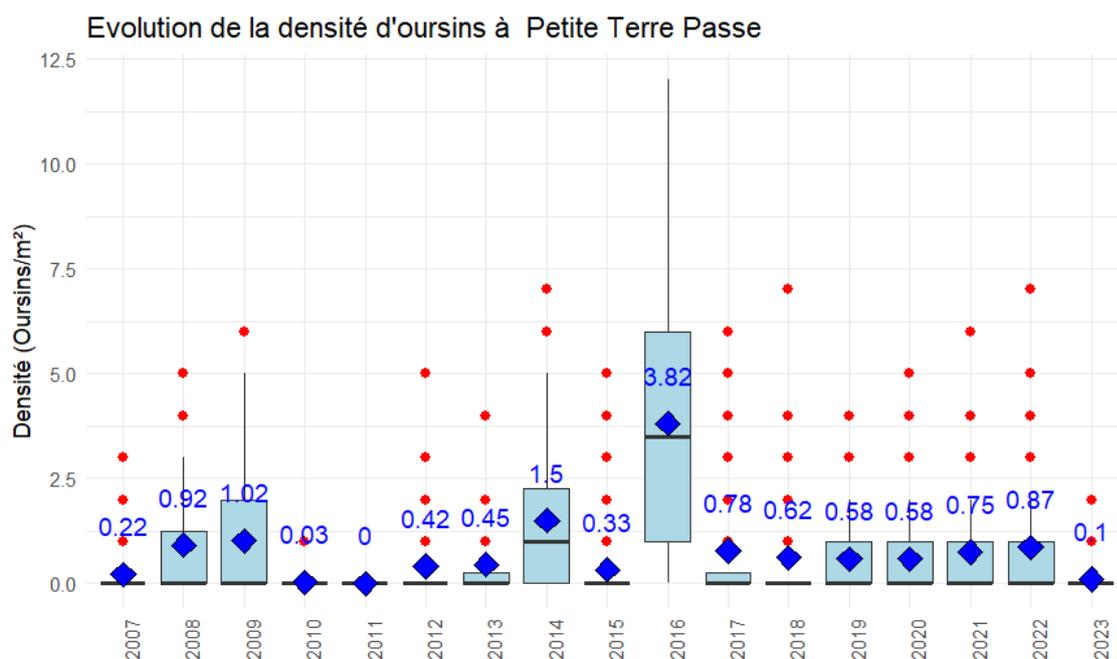
La densité de recrues coralliennes sur la station Passe n'est pas significativement différente entre 2007 et 2023. Des analyses statistiques plus approfondies seront menées lors du prochain suivi afin d'évaluer des tendances d'évolution.)

**Ces résultats mettent en évidence que la densité de recrues a chuté depuis 2020, en lien avec la maladie SCTLD ayant entraîné une forte mortalité corallienne cette année-là.**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

- **La densité moyenne d'oursins diadèmes est de 0,1 individu/m<sup>2</sup>.** Il s'agit d'une des plus faibles valeurs de densité d'oursin depuis le début du suivi. Cette densité semblait se stabiliser entre 0,5 et 0,8 individus/m<sup>2</sup> depuis 2017. La faible densité de 2023 ne permet pas une pression de broutage suffisante à l'équilibre de cet écosystème.



**Figure 3-11 : Évolution de la densité d'oursins diadèmes sur la station Passe de Petite Terre (Losanges bleu = moyenne / ronds rouge = valeurs élevées)**

**La densité d'oursins diadèmes sur la station Passe n'est pas significativement différente entre 2007 et 2023.**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### Station NE Passe :

- **La densité moyenne de recrues coralliennes est de 1,93 juvéniles/m<sup>2</sup>.** Il s'agit d'une densité faible, mais dans la moyenne des autres années de suivi. Entre 2016 et 2019, la densité était très faible. Depuis la forte densité de 2020, la densité bien que décroissante se maintient au-dessus de 1 juvénile/m<sup>2</sup>.

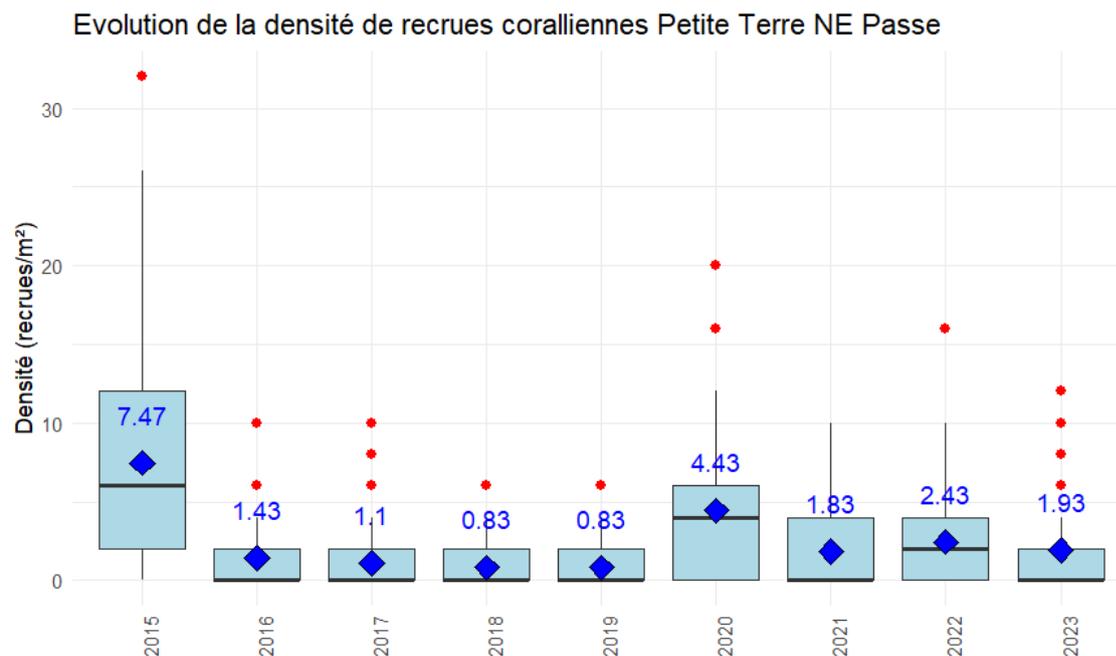


Figure 3-12 : Évolution de la densité de recrues de coraux sur la station NE Passe de Petite Terre (Losanges bleu = moyenne / ronds rouge = valeurs élevées)

La densité de recrues coralliennes sur la station NE Passe est significativement différente en fonction de l'année (Friedman,  $p$ -value =  $2.2e-16$ ). Le test post-hoc de Dunn permet d'identifier que la densité de recrues coralliennes de 2023 est significativement plus faible qu'en 2015 (Dunn,  $Z= 5.15$ ,  $p$ -value <  $9.19e-06$ ), soit depuis le démarrage des suivis.

- **La densité d'oursins diadèmes est de 0,03 individu/m<sup>2</sup> comme lors du précédent suivi.** 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 plus densément observés avec 0,4 individus/m<sup>2</sup>. **Ces plus faibles densités que sur la station Passe pourraient s'expliquer par un relief moins propice à la présence d'oursins diadèmes.**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

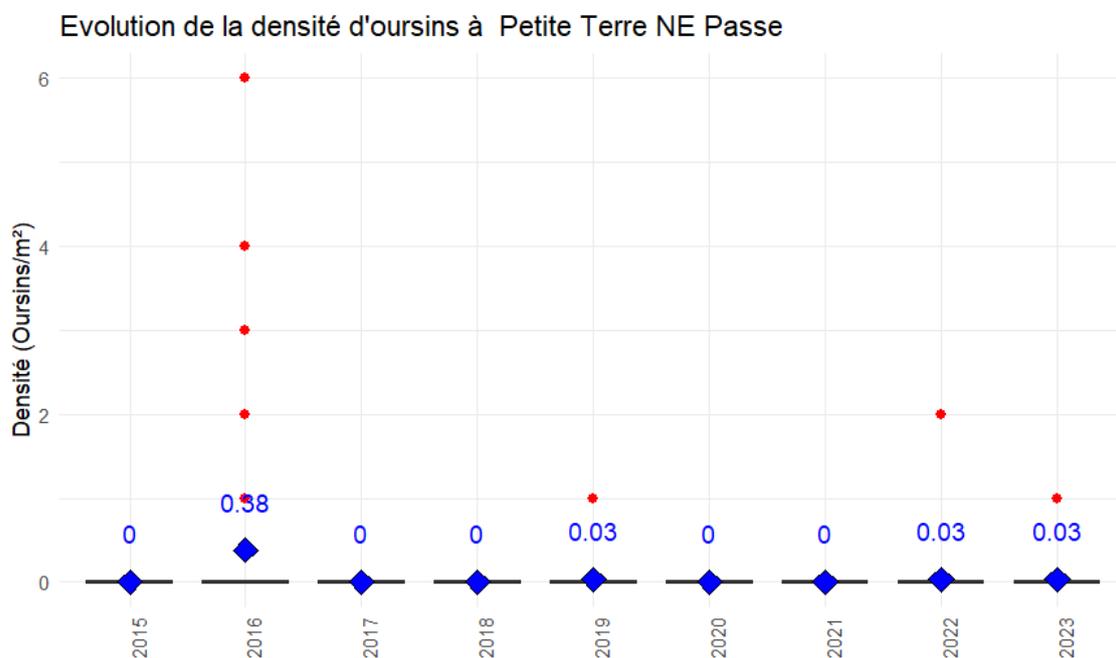


Figure 3-13 : Évolution de la densité d'oursins diadèmes sur la station NE Passe de Petite Terre (Losanges bleu = moyenne / ronds rouge = valeurs élevées)

La densité d'oursins diadèmes sur la station NE Passe n'est pas significativement différente entre 2015 et 2023.

Malgré des différences significatives d'une année à l'autre, aucune tendance d'évolution claire n'est observable pour la densité d'oursins diadèmes et de recrues coralliennes sur les deux stations.

## 3.2. Les peuplements ichtyologiques

Le suivi des poissons a été réalisé le 17 octobre 2023 sur les deux stations benthos. Les comptages ont été réalisés sur la même matinée, avec les mêmes conditions de courant et d'ensoleillement.

### 3.2.1. Description synthétique du peuplement ichtyologique

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

**Tableau 10 : Structure des peuplements ichtyologiques sur les stations «Passe» et « NE Passe » à Petite Terre en octobre 2023 (sur la base du suivi des 61 espèces cibles)**

	Passe	Nord-Est Passe	Petite-Terre
<b>Richesse spécifique</b>	14	14	20
<b>Nombre d'individus total</b>	370	255	625
<b>Densité moyenne (ind. / 100 m<sup>2</sup>)</b>	123	85	104
<b>Biomasse moyenne (g / 100 m<sup>2</sup>)</b>	1598	1950	1774

La richesse spécifique (sur la base des 61 espèces cibles suivies) est la même sur les deux stations avec 14 espèces observées dont 8 communes :

- ▶ *Acanthurus bahianus*
- ▶ *Cephalopholis fulva*
- ▶ *Chromis cyaena*
- ▶ *Chromis multilineata*
- ▶ *Scarus vetula*
- ▶ *Sparisoma aurofrenatum*
- ▶ *Sparisoma viride*
- ▶ *Stegastus adustus*

**Ces espèces sont communes des petits fonds de Petite Terre. Au total, 20 espèces de poissons ont été observées à Petite Terre en 2023.**

L'abondance totale de poissons est supérieure sur la station Passe où 370 individus ont été comptés contre 255 sur la station NE Passe. Ainsi, la densité moyenne de poisson est de 123 individus/100m<sup>2</sup> sur Passe. Elle est plus faible sur NE Passe, avec 85 individus/100m<sup>2</sup>.

À l'inverse, la biomasse de la faune ichtyologique est supérieure sur la station NE Passe avec 1950 g/100m<sup>2</sup> contre 1598 g/100m<sup>2</sup> sur la station Passe. La différence entre les rapports de biomasse et de densité indique une structure du peuplement différente en termes d'espèces et/ou de tailles.

### 3.2.2. Analyse de la structure trophique en 2023

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

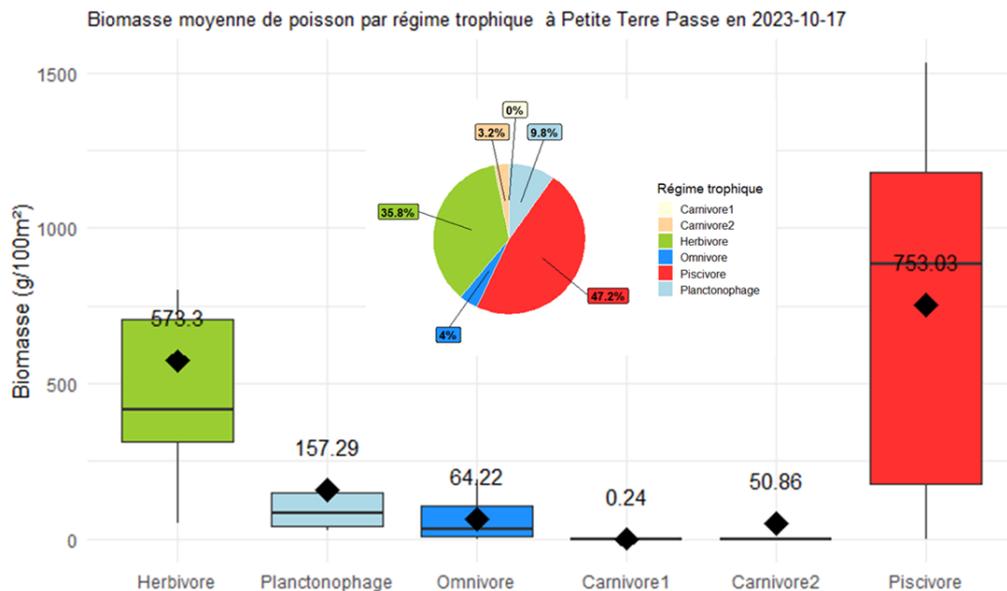
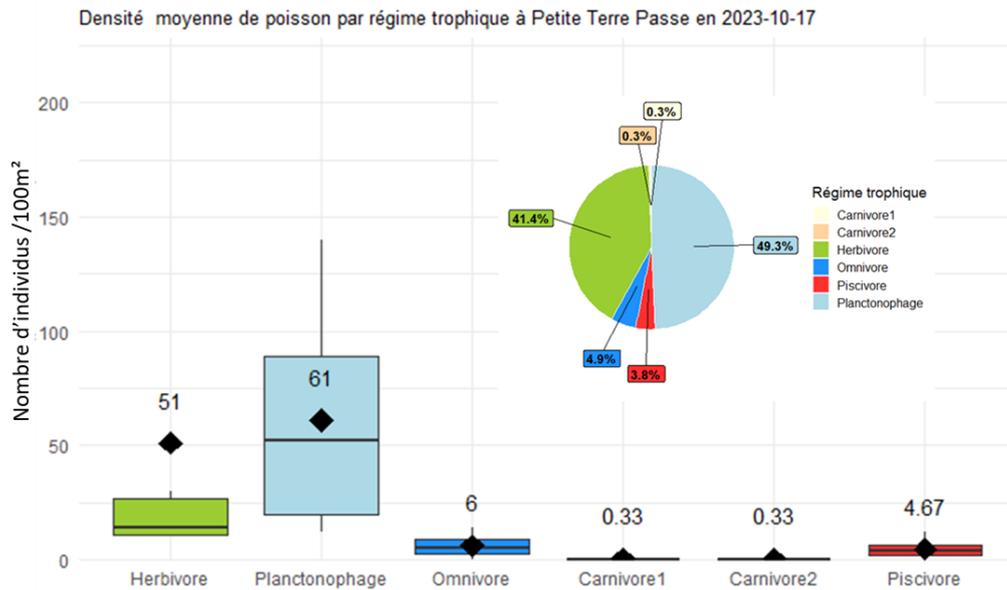
*Nb : les poissons carnivores de 1<sup>er</sup> ordre se nourrissent préférentiellement d'invertébrés benthiques (mollusques, vers, crustacés). Les carnivores de 2<sup>nd</sup> ordre ont la même alimentation, mais consomment en plus des poissons. Enfin, pour les poissons piscivores, les poissons représentent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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### Station Passe

	Densité moyenne		Biomasse moyenne	
	(Individu/100m <sup>2</sup> )	%	(g/100m <sup>2</sup> )	%
<b>Herbivores</b>	51	41,4%	573,3	35,8%
<b>Planctonophages</b>	61	49,3%	157,29	9,8%
<b>Omnivores</b>	6	4,9%	64,22	4,0%
<b>Carnivores de 1<sup>er</sup> ordre</b>	0,33	0,3%	0,24	0,0%
<b>Carnivores de 2<sup>d</sup> ordre</b>	0,33	0,3%	50,86	3,2%
<b>Piscivores</b>	4,67	3,8%	753,03	47,2%



**Figure 3-14 : Structure trophique du peuplement ichtyologique sur la station Passe en 2023 (sur la base du suivi des 61 espèces cibles)**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

Le peuplement ichthyologique de la station Passe en 2023 est assez dense et diversifié. Il est caractérisé par une forte densité de planctophages et d'herbivores (90% des individus observés). Les herbivores sont représentés par une forte densité de :

- ▶ Scaridés (poisson perroquets) avec 44,7 individus/100m<sup>2</sup> dont 36.2 % sont des *Scarus iseri* (Perroquet rayé) ;
- ▶ Acanthuridés (poissons chirurgiens) avec 6,3 individus/100m<sup>2</sup>. Les Acanthuridés sont représentés par une seule espèce : *Acanthurus bahianus* (poisson-chirurgien barbier).

Les planctonophages sont exclusivement représentés par des Pomacentridés avec *Chromis cyaena* (demoiselle bleue) : 41,3 individus/100m<sup>2</sup> et *Chromis multilineata* (demoiselle grise) : 19,7 individus/100m<sup>2</sup>.

Les omnivores et les piscivores sont également présents avec respectivement 6 et 4,7 individus/100m<sup>2</sup>. Les piscivores sont caractérisés par quelques individus de *Cephalopholis fulva* (vieille tanche) et de *Caranx ruber* (carangue franche) tandis que les omnivores sont dominés par une majorité de *Stegastes adustus* (demoiselle brune).

La présence de carnivores de type 1 et 2 est quasi nulle.

En termes de biomasse, les proportions s'inversent entre les planctonophages et les piscivores. Peu densément observés, les piscivores représentent par effet de taille, près de la moitié de la biomasse totale (47,2%). Les herbivores représentent la seconde plus importante biomasse (35,8%).

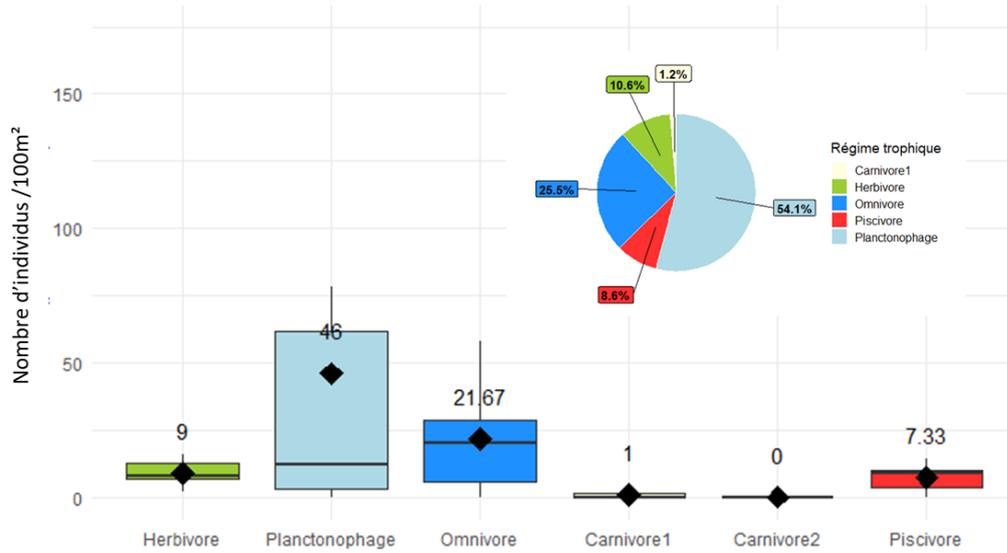
## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

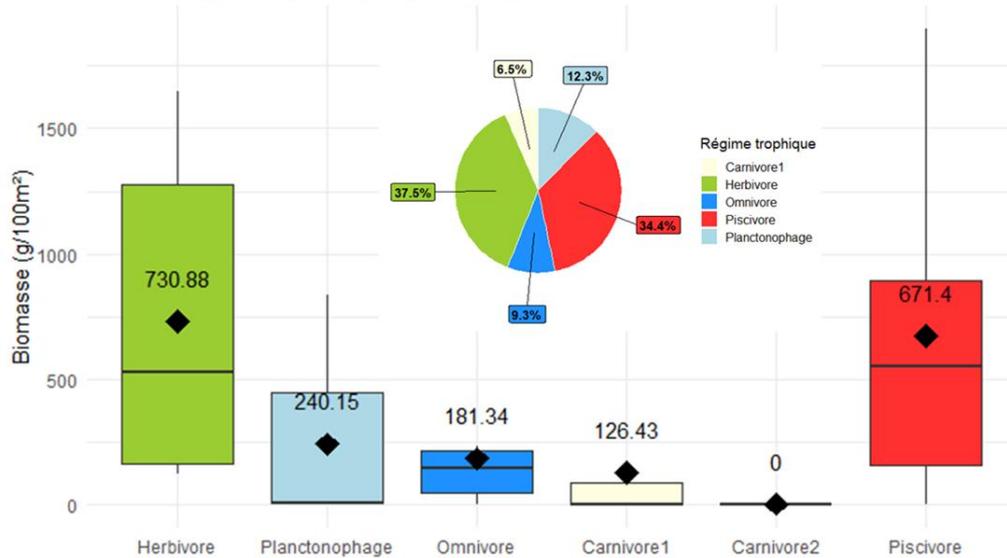
#### Station Nord-Est Passe

	Densité moyenne		Biomasse moyenne	
	(Individu/100m <sup>2</sup> )	%	(g/100m <sup>2</sup> )	%
<b>Herbivores</b>	9	10,6%	730,88	37,5%
<b>Planctonophages</b>	46	54,1%	240,15	12,3%
<b>Omnivores</b>	21,67	25,5%	181,34	9,3%
<b>Carnivores de 1<sup>er</sup> ordre</b>	1	1,2%	126,43	6,5%
<b>Carnivores de 2<sup>d</sup> ordre</b>	0	0,0%	0	0,0%
<b>Piscivores</b>	7,33	8,6%	671,4	34,4%

Densité moyenne de poisson par régime trophique à Petite Terre NE Passe en 2023-10-17



Biomasse moyenne de poisson par régime trophique à Petite Terre NE Passe en 2023-10-17



**Figure 3-15 : Structure trophique du peuplement ichtyologique sur la station Nord-Est Passe en 2023 (sur la base du suivi des 61 espèces cibles)**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

Le peuplement ichthyologique de la station NE Passe en 2023 est moins dense, mais autant diversifié que celui de la station Passe. Il est caractérisé par une forte densité de planctophages et d'omnivores. En effet, 80% des individus observés sont planctophages (46 individus/100m<sup>2</sup>) ou omnivores (21,7 individus/100m<sup>2</sup>). Les planctophages sont représentés par une forte densité de Pomacentridés avec *Chromis cyanea* (11,6 individus/100m<sup>2</sup>) et *Chromis multilineata* (34,3 individus/100m<sup>2</sup>). Les omnivores sont représentés par une seule espèce de Pomacentridés : *Stegastes adustus* avec 16,3 individus/100m<sup>2</sup>.

Les herbivores et les piscivores sont également présents avec respectivement 9 et 7,3 individus/100m<sup>2</sup>. Les piscivores sont majoritairement représentés par *Cephalopholis fulva* tandis que les herbivores le sont par une majorité de *Acanthurus bahianus* et de *Acanthurus coeruleus* (chirurgien bleu).

La densité de carnivores est faible. Seul un individu carnivore de type 1 est observé par 100m<sup>2</sup>.

En termes de biomasse, les proportions s'inversent encore une fois entre les groupes planctophages/omnivores et herbivores/piscivores. Peu densément observés les piscivores et herbivores sont généralement plus grands et fournissent une biomasse plus élevée par individu. Ainsi, ils représentent par effet de taille, environ 70% de la biomasse totale tandis que les planctophages/omnivores correspondent à environ 20%.

**À l'échelle de Petite Terre, les régimes trophiques de poissons les plus représentés en termes de densité sont les herbivores, soutenus par les poissons perroquets et les planctophages, soutenus par les demoiselles.**

**En termes de biomasse ce sont les herbivores (par le nombre) et les piscivores (par la taille de chaque individu) qui représentent les plus grands totaux.**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### 3.2.3. Analyse du peuplement ichthyologique par famille

Les 61 espèces cibles sont regroupées en 15 familles taxonomiques. Parmi elles, 9 ont été observées au niveau de la station Passe contre 7 pour la station NE Passe. Au total, 5 sont communes aux deux stations :

- ▶ Pomacentridés ;
- ▶ Scaridés ;
- ▶ Acanthuridés ;
- ▶ Serranidés ;
- ▶ Carangidés.

Les pomacentridés (groupe composé de multiples régimes trophiques) sont les plus abondants de chaque station avec 66,7 individus/100m<sup>2</sup> pour la station Passe et 67 individus/100m<sup>2</sup> pour la station NE Passe. Ils sont principalement composés de *Chromis cyanea* et *Chromis multilineata* toutes deux planctonophages.

Les scaridés sont également densément représentés au niveau de la station Passe avec 44,7 individus/100m<sup>2</sup> contre seulement 2,3 individus/100m<sup>2</sup> au niveau de la station NE Passe.

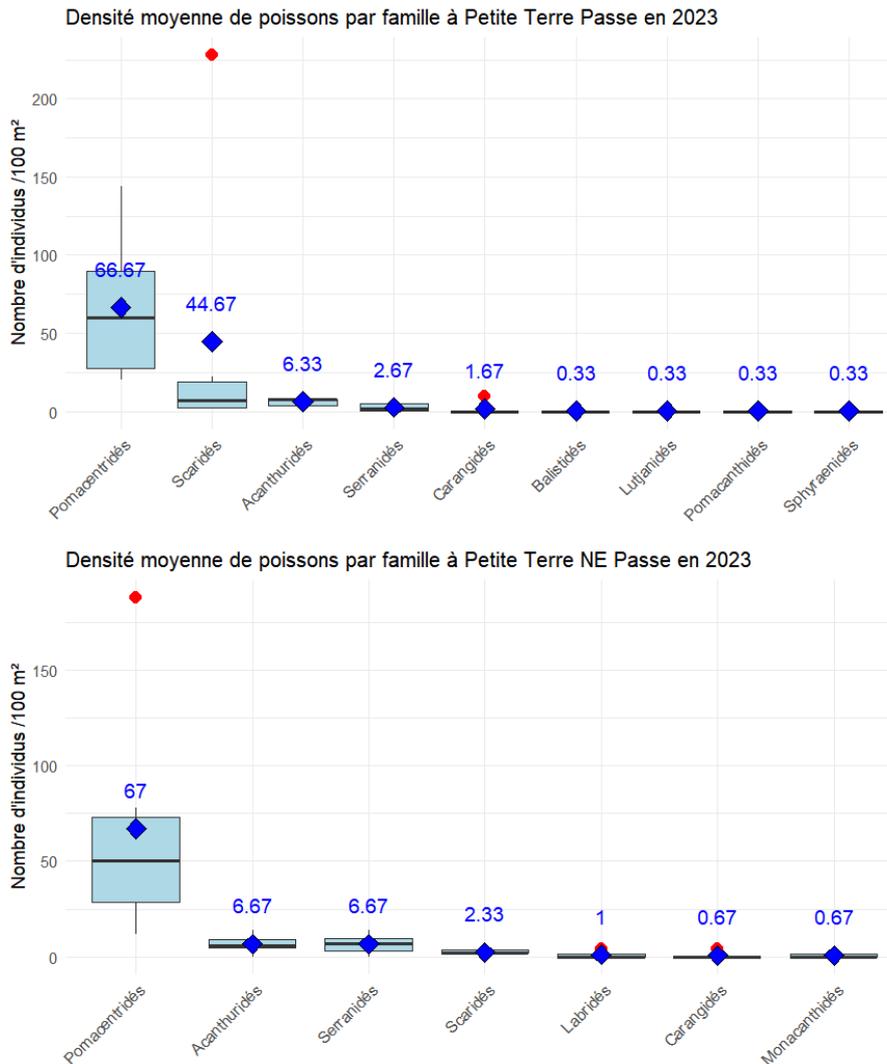


Figure 3-16 : Répartition des densités de poissons selon leur famille (points rouges : valeurs aberrantes)

## 3.2.4. Évolution trophique du peuplement ichthyologique de 2009 à 2023

## Station Passe

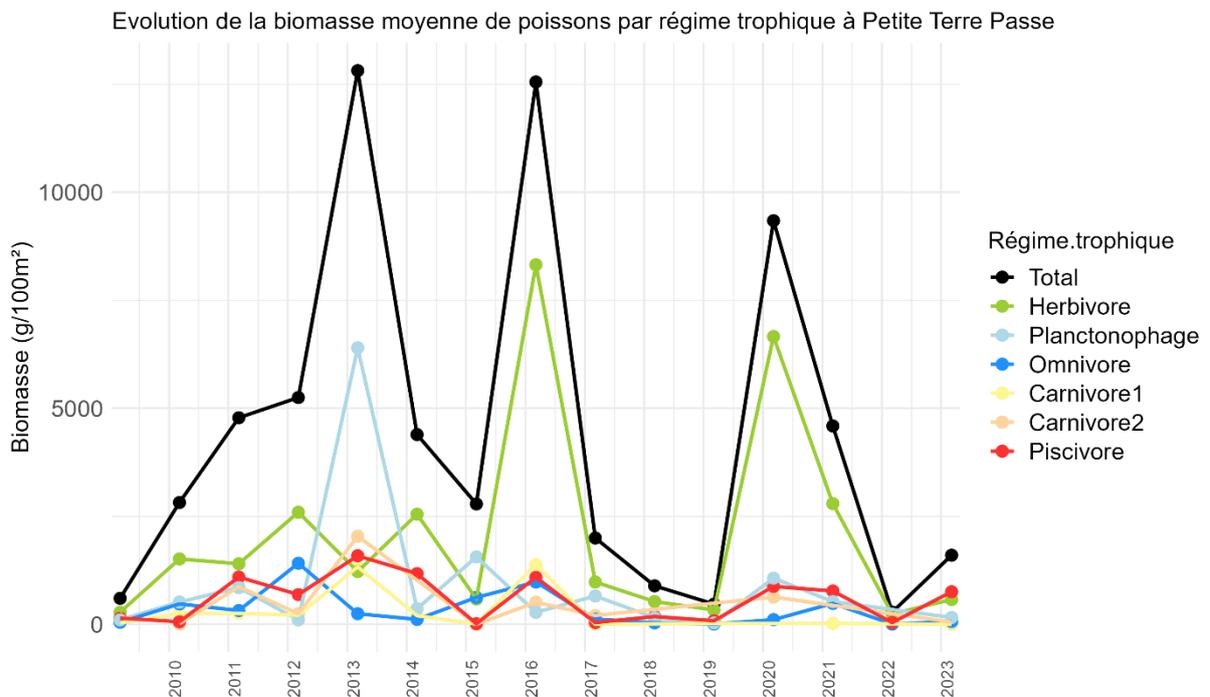
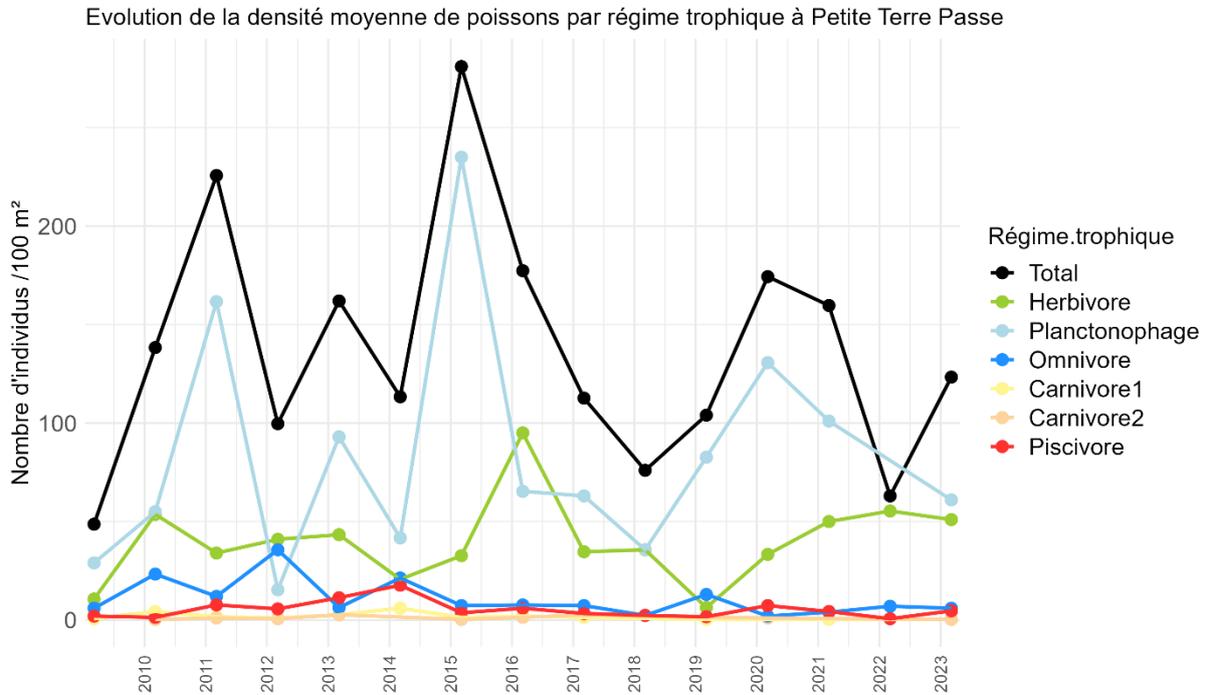


Figure 3-17 : Évolution de la densité et de la biomasse de poissons sur la station Passe de 2009 à 2023

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

Bien que la densité et la biomasse totale de poissons de la station Passe varient d'une année à l'autre, elles ne présentent aucune tendance d'évolution depuis le début des suivis en 2009. Des pics de densité et de biomasse ont été observés en 2013, 2016 et 2020. Les pics ponctuels de densité sont liés à une très forte densité de planctonophages ainsi que d'herbivores en 2016. Les pics ponctuels de biomasse sont liés à une importante biomasse de planctonophages en 2013 et d'herbivores en 2016 et 2020.

Après les très faibles densités de 2022, une hausse de densité et de biomasse est observée pour la majorité des groupes trophiques en 2023, en particulier les planctonophages et les piscivores avec respectivement +61 individus/100m<sup>2</sup> (aucun planctonophage en 2022) et +4 individus/100m<sup>2</sup>.

La biomasse totale, faible en 2022, augmente en 2023 à l'image de celles des planctonophages et des piscivores qui affichent respectivement une augmentation de +0,4kg/100m<sup>2</sup> et +0,7kg/100m<sup>2</sup>.

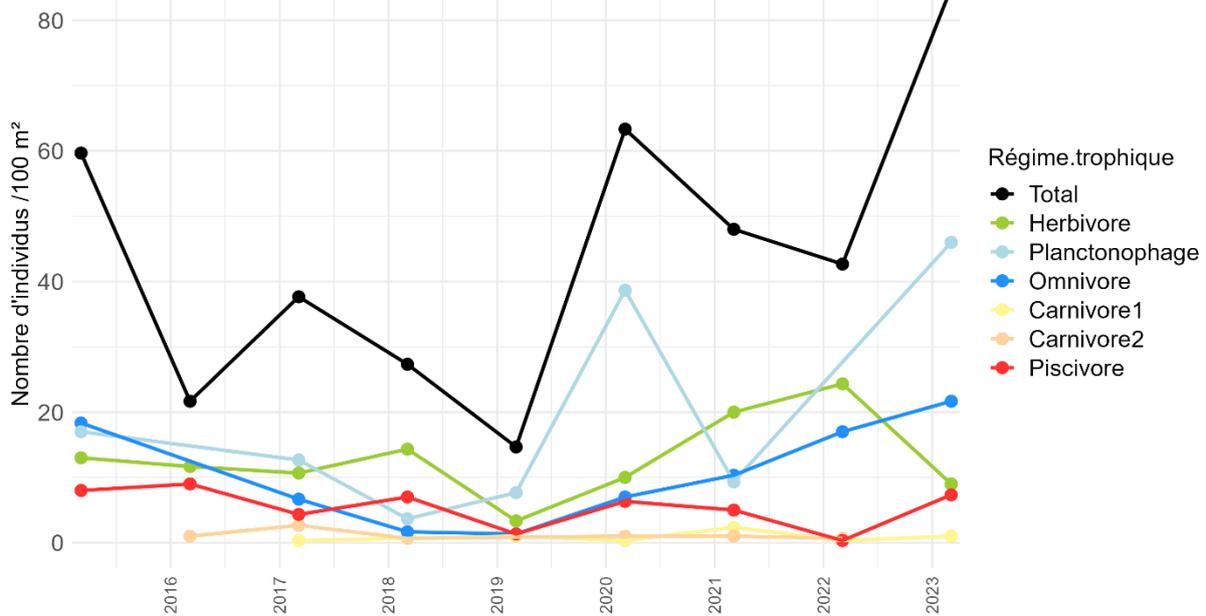
**La densité et la biomasse de poissons sur la station Passe ne sont pas significativement différentes entre 2010 et 2023.** Par ailleurs, aucune dynamique d'évolution n'est observable pour ces deux paramètres.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

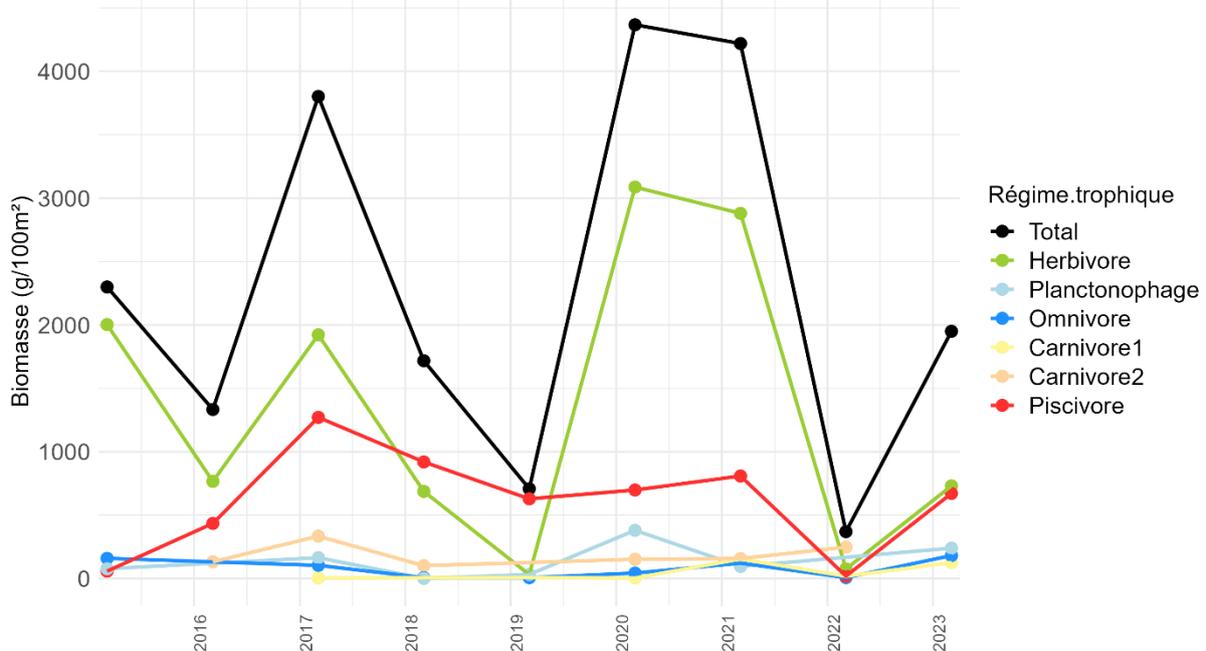
### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### Station Nord-Est Passe

Evolution de la densité moyenne de poissons par régime trophique à Petite Terre NE Passe



Evolution de la biomasse moyenne de poissons par régime trophique à Petite Terre NE Passe



**Figure 3-18 : Évolution de la densité et de la biomasse de poissons sur la station NE Passe de 2015 à 2023**

**La densité de poissons de 2023 est significativement différente avec celle de 2016, contrairement à la biomasse.**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

Depuis 2016, la densité totale ichtyologique sur la station NE Passe semble avoir diminué jusqu'en 2019 puis augmenté jusqu'au dernier suivi en date en 2023. ~~La biomasse totale du peuplement ichtyologique ne présente aucune tendance d'évolution depuis le début des suivis en 2009.~~ Des pics de biomasse ont été observés en 2017 et 2020-2021. Les pics ponctuels de biomasse sont liés à une biomasse d'herbivores élevée et dans une moindre mesure de piscivores.

La densité totale de poissons enregistrée en 2023 est la plus forte depuis le début des suivis au niveau de la station NE Passe avec 85 individus/100m<sup>2</sup>. En revanche, la biomasse de 2023 (2,3 kg/100m<sup>2</sup>) est inférieure aux valeurs de 2020, 2021, 2017 et 2015. Ces résultats soulignent qu'en 2023 le peuplement est caractérisé par de nombreux poissons de petite taille tels que des planctonophages (+33 individus/100m<sup>2</sup>) et des omnivores (+4 individus/100m<sup>2</sup>).

Bien que les planctonophages et les omnivores représentent une part non négligeable du peuplement de par leur densité, la biomasse totale est principalement définie par des groupes trophiques moins denses, mais de taille supérieure : les piscivores (+0,6kg/100m<sup>2</sup>) et les herbivores (+0,6kg/100m<sup>2</sup>).

Le caractère très ponctuel des suivis ichtyologiques implique une forte variation dans les conditions de comptages (météo, houles, turbidité, courant, heures de suivis, etc.) bien que les observations soient préférentiellement faites le matin. A cette variabilité s'ajoute, le hasard de passage des poissons que ce soit en termes de diversité (espèce rare) ou d'abondance (bancs de poissons). Ainsi, les conditions de comptage et le hasard de passage des poissons, ne permettent pas d'identifier des évolutions claires dans les peuplements de poissons des stations de Petite Terre.

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

L'exploration des données selon des méthodes statistiques multivariées permettra lors des prochains suivis d'identifier plus en détail les paramètres structurant le peuplement.

### 3.2.5. Évolution de la taille du peuplement ichthyologique de 2009 à 2023

La taille des poissons est un facteur essentiel à suivre dans le cadre de longues séries temporelles. En effet, une diminution de la taille des poissons peut indiquer une pression de pêche et/ou une augmentation de la température de l'eau. Dans le cas de Petite Terre, s'agissant d'une réserve, la pression de pêche est inexistante au sein de la réserve, mais pratiquée sur sa périphérie.

L'activité de pêche, par ses filets notamment, sélectionne (intraspécifique) les gros individus qui ont nécessairement moins de chance de se reproduire comparé aux individus d'une même espèce et de plus petite taille. Ainsi, par transfert de gène, la taille moyenne des populations de poissons ciblés par la pêche diminue.

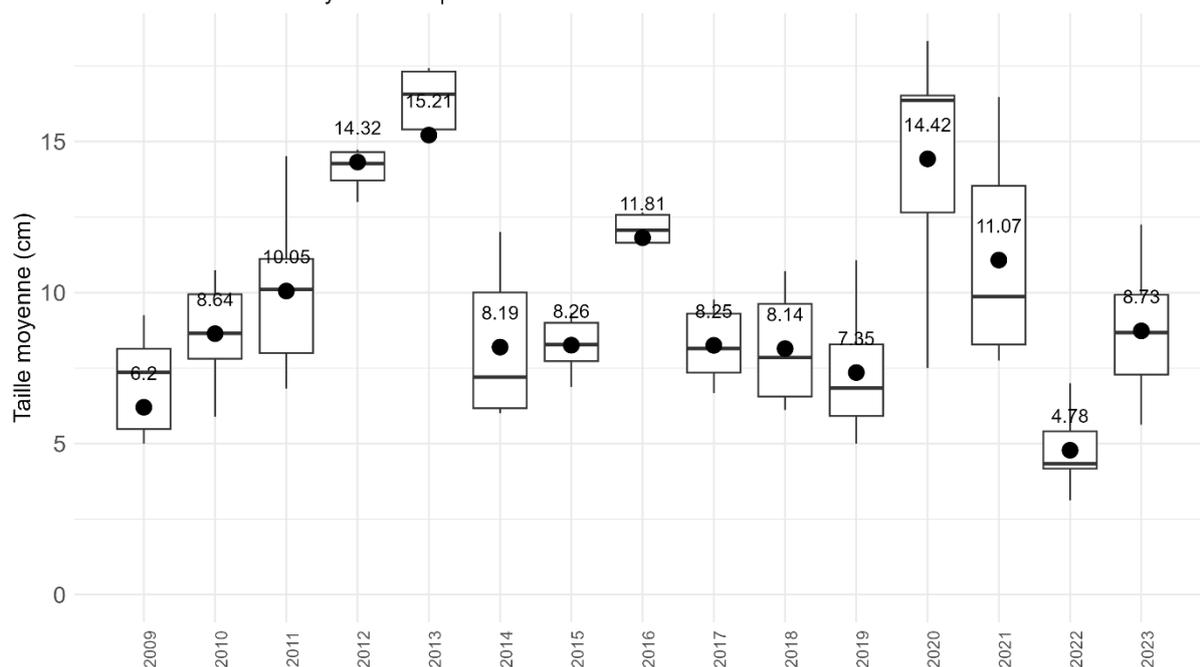
La sélectivité interspécifique de la pêche favorise également les espèces de poissons de plus petite taille non consommées faisant diminuer la taille moyenne globale des poissons.

L'augmentation de la température a et aura pour effet de diminuer la taille des poissons en raison d'une limitation de la disponibilité d'oxygène dissous limitant la croissance des poissons.

Bien que les comptages de poissons du suivi de Petite Terre soient réalisés en fonction de classe de taille, ce paramètre reste pertinent à explorer.

Sur la station Passe, la taille moyenne semble évoluer de la même manière que la biomasse avec 3 pics de taille supérieure à 11 cm en 2012-2013, 2016 et 2020-2021. Ce constat soutient l'hypothèse selon laquelle, ces pics de biomasse ne sont pas liés à une grande densité de poissons de taille moyenne mais plutôt à une faible densité de quelques poissons de grande taille. Il s'agit de passages ponctuels et sporadiques de prédateurs de grande taille (barracuda par exemple).

Evolution de la taille moyenne des poissons à Petite Terre Passe

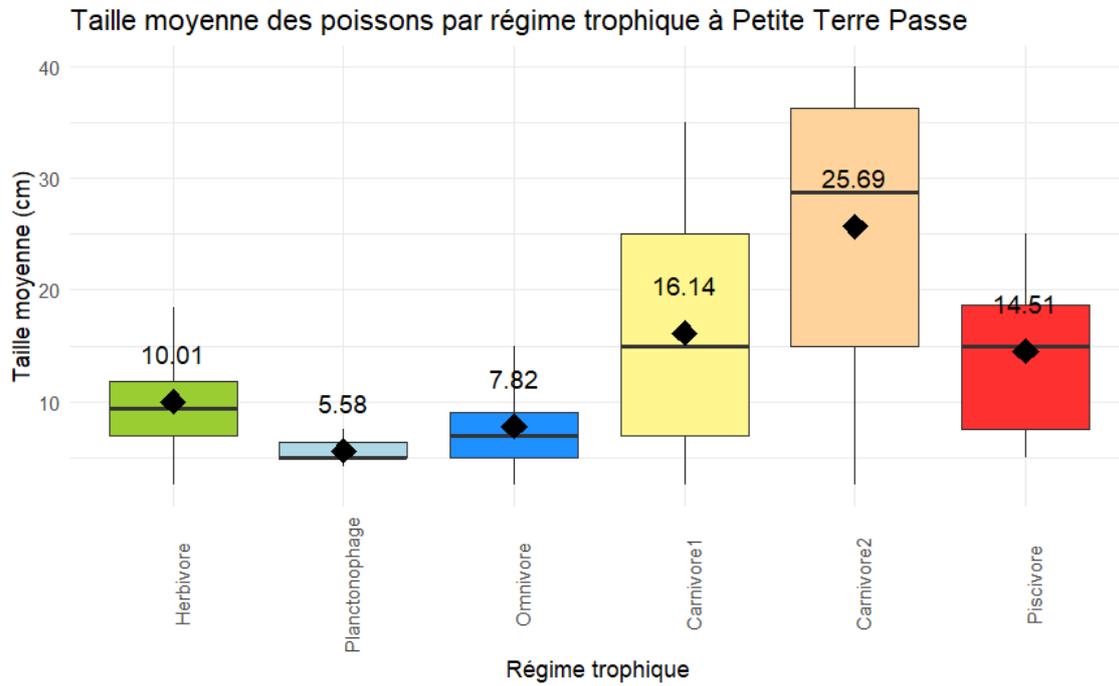


**Figure 3-19 : Évolution des tailles moyennes des poissons sur la station Passe de 2009 à 2023**

En effet, les prédateurs carnivores de type 1 et 2 et les piscivores sont en moyenne plus grands que les herbivores, omnivores et planctonophages sur la station Passe.

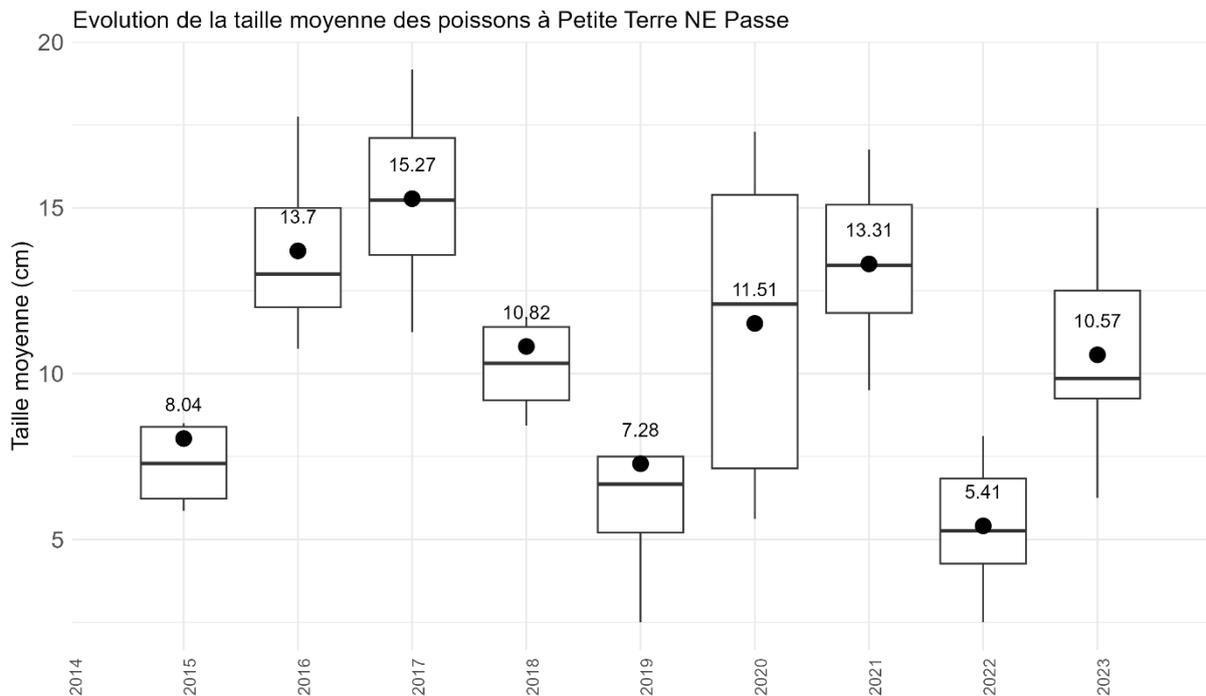
## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023



**Figure 3-20 : Taille moyenne (cm) de chaque groupe trophique de poissons sur la station Passe**

Comme sur la station Passe, la taille moyenne du peuplement ichthyologique sur la station NE Passe semble positivement corrélée à la biomasse. En effet, les mêmes pics de biomasse et de taille sont observés sur les périodes de 2016-2017 et de 2020-2021.



**Figure 3-21 : Évolution des tailles moyennes de poissons sur la station NE Passe de 2009 à 2023**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

Les prédateurs carnivores de type 1 et 2 et les piscivores sont en moyenne plus grands que les omnivores et planctonophages sur la station NE Passe. Les herbivores font en moyenne la même taille que les prédateurs. Cela pourrait être expliqué par la présence de poissons perroquets de grande taille au niveau de la station NE Passe.

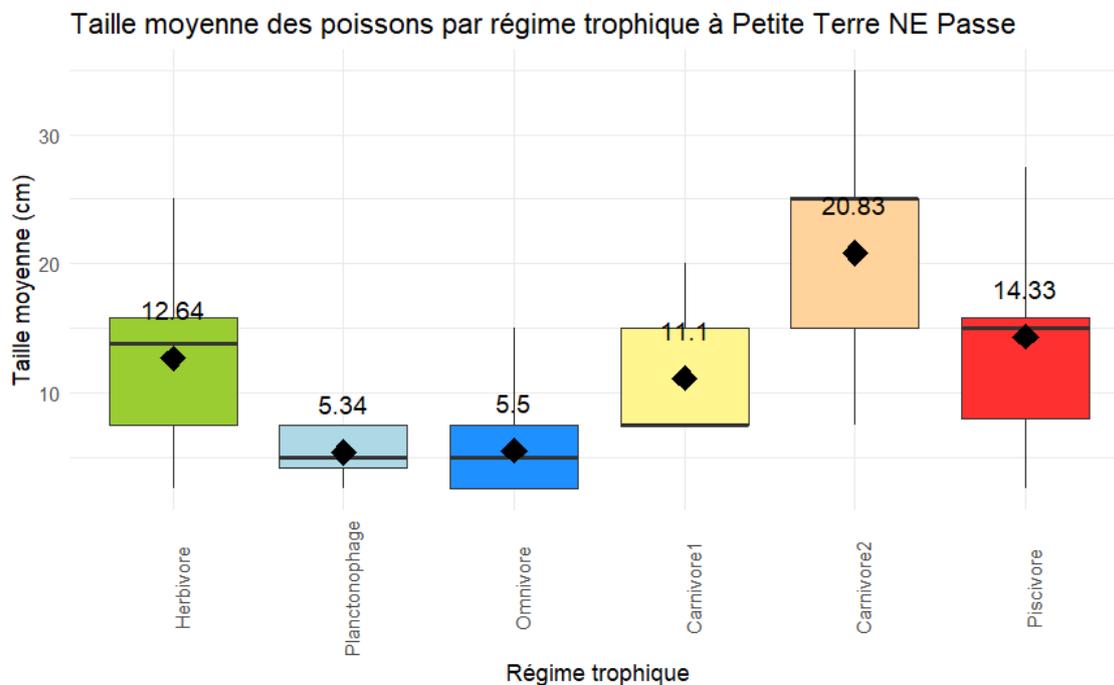


Figure 3-22 : Taille moyenne (cm) de chaque groupe trophique sur la station NE Passe

Les communautés ichthyologiques suivies au sein de la Réserve Naturelle ne sont pas directement exposées à la pression de pêche puisqu'une interdiction de pêche est en vigueur. Toutefois, il s'agit d'un espace ouvert interconnecté qui pourrait être indirectement impacté par cette problématique.

La longueur de la série temporelle, la fréquence et le mode d'acquisition ne permettent pas encore d'observer de tendance évolutive sur la taille des individus.

### 3.3. Les herbiers de phanérogames et macrofaune associée

#### 3.3.1. Terre de Bas

L'herbier étudié à Terre de Bas a été étudié pour la troisième année en 2023, sur la base des mêmes transects qu'en 2021 et 2022. Cet herbier est situé au sud de la sortie de la Passe de Petite Terre, zone relativement abritée des courants, mais soumis 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 sp.* et de très rares brins d'*Halophila stipulacea*. Les caractéristiques générales de l'herbier sont exposées ci-dessous.

2023	Epibiose	Relief	Macrophytes non fixées	Cyano	Bioturbation	Etat de santé	Caractéristique du sédiment	
							Dans l'herbier	Sédiment nu
Radiale 1	2_3_4	2	0	0	1	3	2	3
Radiale 2	2_3_4	2	0	0	1	3	4	4
Radiale 3	2_3_4	1	0	0	1	3	3	4
2023	Présence de d'algues calcaires, filamenteuses et film sédimentaire	1,7	0,0	0,0	1,0	3,0	3,0	3,7
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 d'algues calcaires et d'un film biosédimentaire	1,0	1,0	1,3	1,7	2,0	3,7	3,7

Nomenclature :

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

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

L'herbier présente :

- ▶ Une épibiose composée d'algues calcaires, d'algues filamenteuses et d'un film sédimentaire ;
- ▶ Un faible relief, l'herbier se développe sur une zone sableuse avec des rippemarks parallèles à la côte ;
- ▶ Les macrophytes dérivantes sont peu observées au sein de l'herbier. Il s'agit principalement des débris de *Dictyota sp.*, *Sargassum sp.* et de *Turbinaria sp.* ;
- ▶ Aucun patch de cyanophycées n'est observé contrairement aux suivis précédents ;
- ▶ Des signes de bioturbation identifiés sous la forme de tumuli.

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### Mitage/fragmentation de l'herbier

Les données relevées sur le LIT en 2023 sont illustrées ci-dessous :

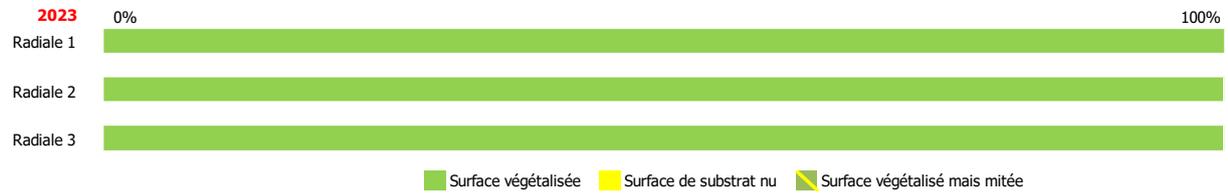


Figure 3-23 : Représentation de l'état de mitage et de fragmentation de l'herbier de Terre de Bas

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



Figure 3-24 : Vue d'ensemble de l'herbier de Terre de Bas en 2023

#### Densité de plants en 2023 :

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

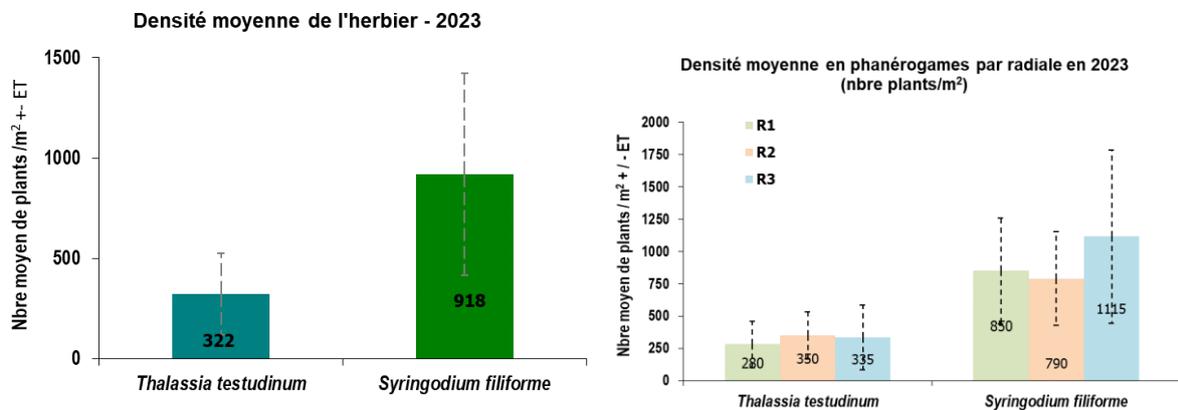


Figure 3-25 : Densité moyenne de plants au sein de l'herbier de Terre de Bas (plants/m²)

La densité totale de plants est de 1240 plants/m<sup>2</sup>, en tenant compte uniquement des espèces *T. testudinum* et *S. filiforme*.

Une autre espèce est présente (*Halodule sp.*), augmentant encore la densité totale ; elle est toutefois minoritaire et ne fait pas l'objet des comptages de plants.

L'espèce la plus dense est *S. filiforme*, avec 918 plants/m<sup>2</sup>. *Thalassia testudinum* est moins dense avec 322 plants/m<sup>2</sup> en moyenne. La dominance de *S. filiforme* s'observe sur les 3 radiales.

Bien que la densité de plants de *Syringodium filiforme* soit élevée, l'herbier est relativement clairsemé.



Figure 3-26 : Vue rapprochée de la densité de plants des 2 espèces de phanérogames sur la station de Terre de Bas

### Évolution de la densité 2021-2023 :

La densité moyenne de phanérogames fluctue similairement pour les deux espèces. En 2022, des densités élevées ont été enregistrées comparées aux densités de 2021 et 2023.

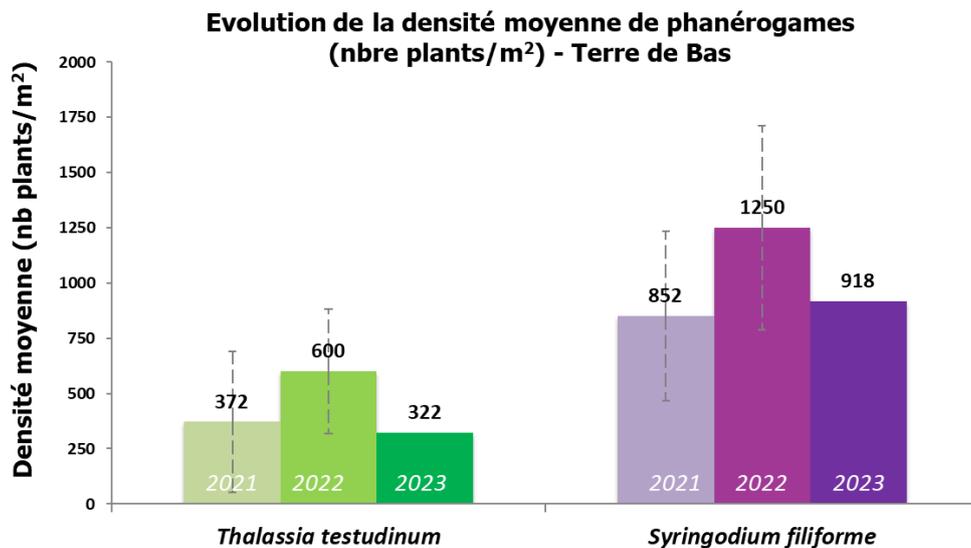


Figure 3-27 : Évolution 2021-2023 des densités de plants au sein de l'herbier de Terre de Bas

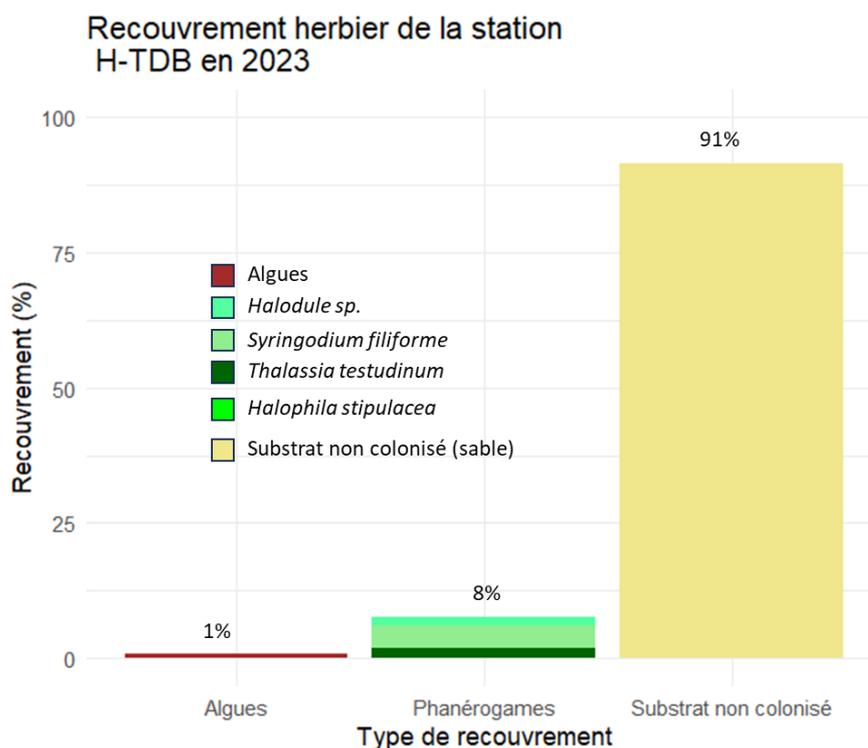
### Recouvrement en phanérogames au sein de l'herbier de Terre de Bas

En 2023, sur base des travaux de thèse de F. Kerninon, des quadrats de recouvrement ont été réalisés le long de chaque transect afin d'estimer la couverture que représente chaque espèce de phanérogames par rapport au sable et aux algues.

Au niveau de la station de Terre de Bas, les phanérogames recouvrent en moyenne 8% du substrat dont :

- ▶ 2% de *T. testudinum* ;
- ▶ 4% de *S. filiforme* ;
- ▶ 2% de *Halodule sp.* ;
- ▶ <0,1% de *H. stipulacea*.

Le reste n'est pas recouvert (91% de sable nu) à l'exception d'1% couvert par des algues.



**Figure 3-28 : Recouvrement de l'herbier de Terre de Bas en 2023**

Mis en application pour la première fois en 2023, ce protocole sera mis en oeuvre lors du prochain suivi afin d'étudier l'évolution du recouvrement.

### Longueur des feuilles en 2023 :

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

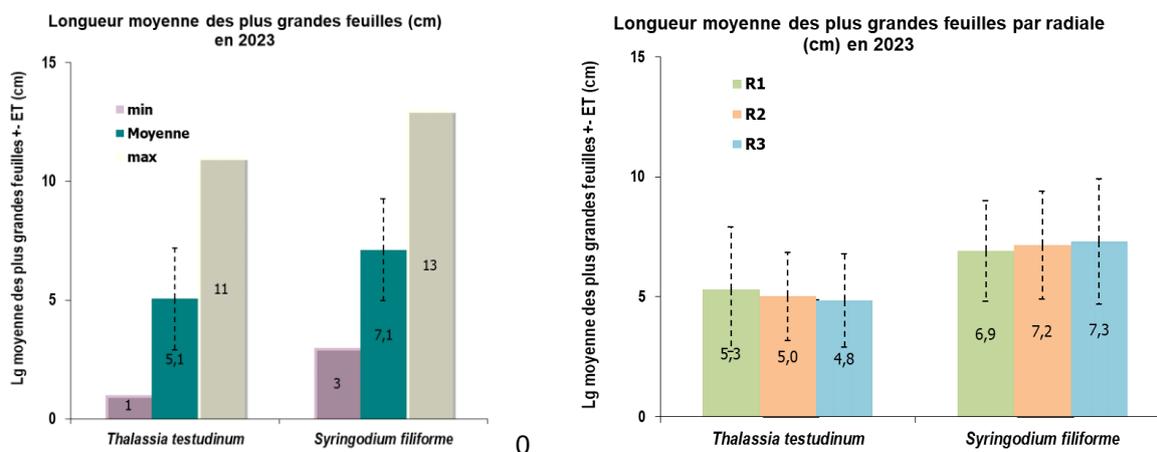


Figure 3-29 : Longueur moyenne des feuilles sur l'herbier de Terre de Bas

La hauteur moyenne des plus grandes feuilles est de 5,1 cm pour l'espèce *Thalassia testudinum* et 7,1 cm pour *Syringodium filiforme*. Les plus hautes feuilles mesurées pour ces espèces sont respectivement de 11 cm et 13 cm alors que les plus petites étaient de 1 et 3 cm.

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

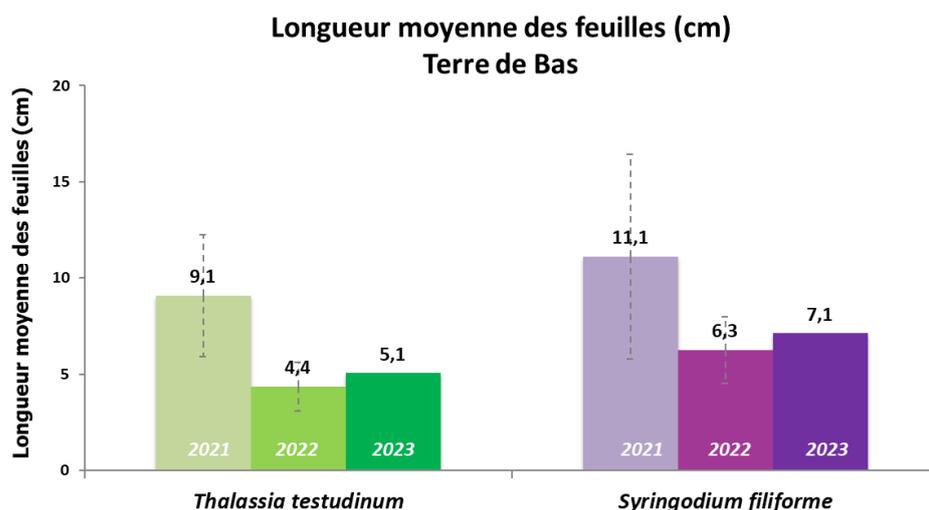
La canopée de l'herbier de Terre de Bas est basse. Les feuilles des phanérogames *T. testudinum* et *S. filiforme* peuvent, dans d'autres secteurs, atteindre plus de 30 cm.



Figure 3-30 : Détails des plants de phanérogames sur la station de Terre de Bas

Évolution de la longueur de feuilles 2021-2023 :

Les données des précédents suivis sont comparées aux données 2023 sur la figure suivante.



**Figure 3-31 : Évolution des longueurs de feuilles au sein de l'herbier de Terre de Bas**

La longueur des feuilles a diminué de moitié entre 2021 et 2022 pour les deux espèces de phanérogames. En 2023, la longueur des feuilles semble s'être stabilisée pour les deux espèces. D'après les retours des agents de la Réserve, les échouages de sargasses importants peuvent provoquer une accumulation d'algues en mer, entraînant une diminution de luminosité et donc une diminution de l'activité photosynthétique.

La pression de broutage exercée par les tortues marines pourrait également expliquer la faible longueur des feuilles.

À l'image des variations de densité et de longueur de feuille, l'état de santé de l'herbier varie d'un suivi à l'autre. Il était de 2,5 en 2021, 2 en 2022 et 3 en 2023, soit une évolution de bon à moyen état. Cette légère diminution en 2023 correspond à une densité moins élevée qu'en 2022 et à une hauteur de canopée faible.

Macrofaune associée aux herbiers

Lors des suivis de 2021 et 2022, aucun macro-invertébré n'avait été observé dans l'herbier de Terre de Bas. En 2023, seuls 2 nacres et un lambi vivant de moins de 10 cm ont été observés.

L'herbier de Terre de Bas, suivi pour la troisième fois en 2023, est caractérisé **par des valeurs de densités similaires à 2021 et par le maintien d'une faible hauteur de la canopée.**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

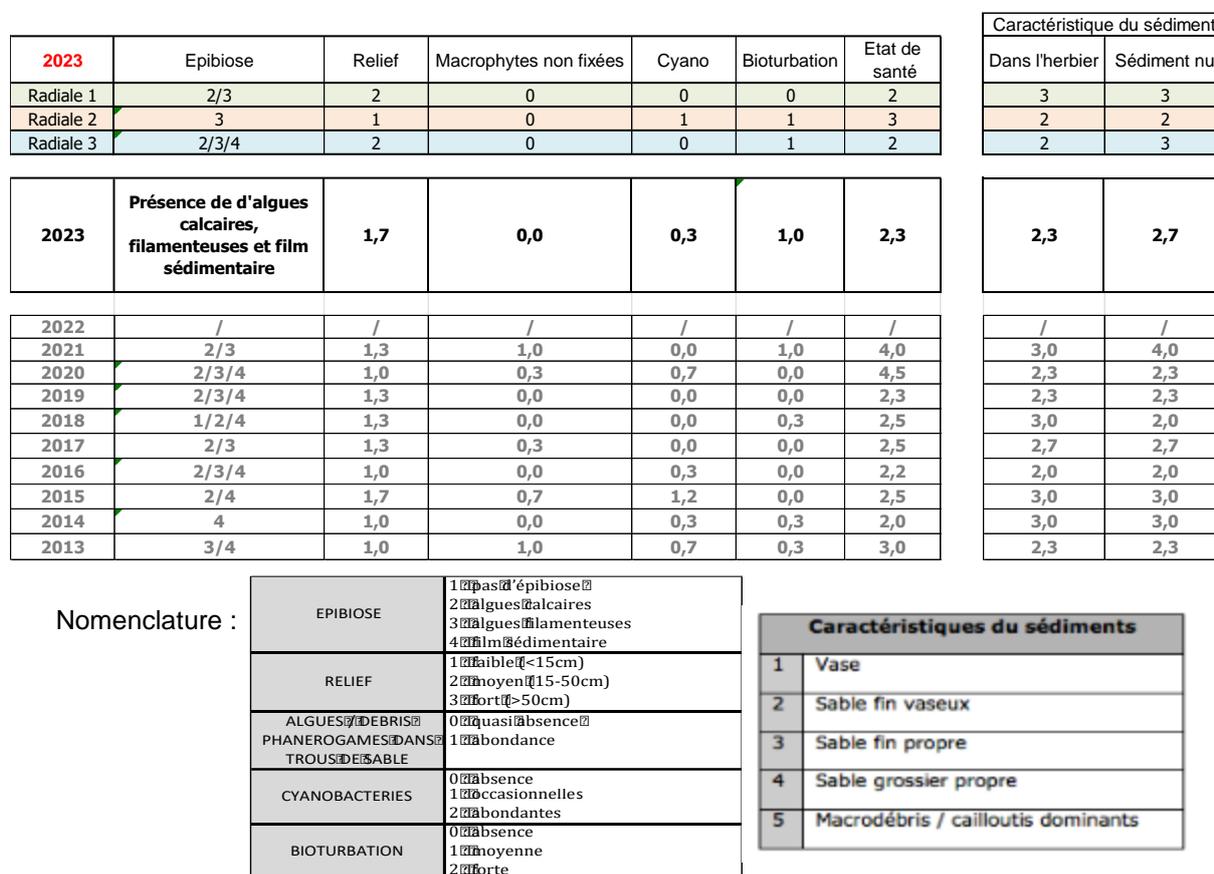
### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

### 3.3.2. Terre de Haut

L'herbier étudié à Terre de Haut situé en réserve est suivi depuis 2007. Le secteur est soumis à de nombreux mouvement de sable, faisant évoluer le faciès de l'herbier. Depuis le passage de la série d'ouragans de 2017, une vague en bordure de plage sur la radiale 3 ainsi qu'une zone de courant plus fort à la pointe de la radiale 1 se sont établies. L'herbier étudié est d'autant plus exposé que la profondeur est faible, localement moins de 1 m. Au cours des suivis, un fort ensablement et une perte de densité ont été observés si bien que cet herbier n'est suivi plus qu'une année sur deux.

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

L'herbier de Terre de Haut est un herbier mixte, à *T. testudinum* et *S. filiforme*. D'autres espèces *Halodule sp.* et *Halophila stipulacea* sont aussi présentes au sein de l'herbier. *Halodule sp.* a été observée à partir de 2013 en faible proportion tandis qu'actuellement elle domine parfois le peuplement. L'herbier est très clairsemé, fortement sédimenté en lien avec les apports de sable et de nombreuses macroalgues s'y développent. Son état de santé est évalué visuellement comme moyen.



**Figure 3-32 : Synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur Terre de Haut**

Lors de la caractérisation générale de l'herbier en 2023, ce dernier présente :

- ▶ **Une épibiose composée d'algues calcaires, filamenteuses et d'un film biosédimentaire.**  
Une forte épibiose constitue un apport énergétique supplémentaire pour les brouteurs, mais peut également contribuer à un déclin de l'herbier par diminution de l'activité photosynthétique.
- ▶ **Un relief modérément marqué** (indice moyen : 1,7/3). L'herbier est situé sur des petits fonds (<1 m) et présente des zones légèrement plus profondes parsemées de roches ;
- ▶ **Aucune macrophyte dérivante n'a été observée sur les transects ;**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

- ▶ **Quelques patches de cyanobactéries ont été relevés sur les transects de l'herbier de Terre de Haut** (indice 0,3/2). Des patches de cyanobactéries étaient présents et abondants de 2013 à 2016.
- ▶ **Quelques trous et tumuli sont observés sur les transects, témoignant d'une bioturbation moyenne** (indice 1/2). Ces signes, très peu présents les années précédentes, sont observés depuis 2021.

**Le substrat est caractérisé en 2023 comme du sable fin vaseux dans l'herbier. Hors de l'herbier, en l'absence de débris, le substrat sableux est fin et propre.** Les données historiques soutiennent la présence d'un sédiment fin à vaseux au sein de l'herbier.

#### Mitage et fragmentation de l'herbier en 2023 et évolution depuis 2015

Les données obtenues lors de la réalisation du LIT en 2023 sont illustrées ci-dessous :



	2023		
	Recouvrement (%)	Fragmentation (%)	Mitage
R1	76%	24%	0%
R2	81%	19%	0%
R3	76%	24%	0%
<b>Total</b>	<b>78%</b>	<b>22%</b>	<b>0%</b>

**Figure 3-33 : Représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Terre de Haut en 2023**

Chaque début transect est entrecoupé par des zones de substrat nu en raison de la proximité avec le rivage et la très faible profondeur. Cette fragmentation représente en moyenne 20% des transects, avec des étendues de sable dénuées d'herbier ou de la roche ensablée.

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

Date	Recouvrement (%)	Fragmentation (%)	Mitage	Tendance
2015	92%	8%	1%	↓
2016	93%	7%	0%	↓
2017	91%	9%	0%	↓
2018	87%	13%	4%	↓
2019	79%	21%	0%	↓
2020	75%	23	2%	↓
2021	80%	15%	5%	↗
2022	/	/	/	/
2023	78%	22%	0%	↓

**Figure 3-34 : Évolution du % de recouvrement en phanérogames et des ruptures au sein de l'herbier Terre de Haut**

Depuis la première évaluation en 2015, le constat général va dans le sens d'une diminution du recouvrement qui est passé de 92% à 78% au profit d'une augmentation de la fragmentation passant de 8 à 22%.

L'herbier de Terre de Haut connaît un ensablement progressif et relativement rapide ne permettant pas l'adaptation des phanérogames marines se faisant ensevelir petit à petit.

Il s'agit d'un phénomène de dérive sédimentaire naturel régi par des modifications des conditions de houle et de courant au sein de la passe. Ces effets ont été accentués par les houles cycloniques marquées de la saison 2017. L'avenir de cet herbier est menacé, une diminution de l'effet de dérive sédimentaire reste peu probable.



**Figure 3-35 : Vue d'ensemble du transect 2 de l'herbier de Terre de Haut**

### Densité de l'herbier en 2023 et évolution depuis 2007

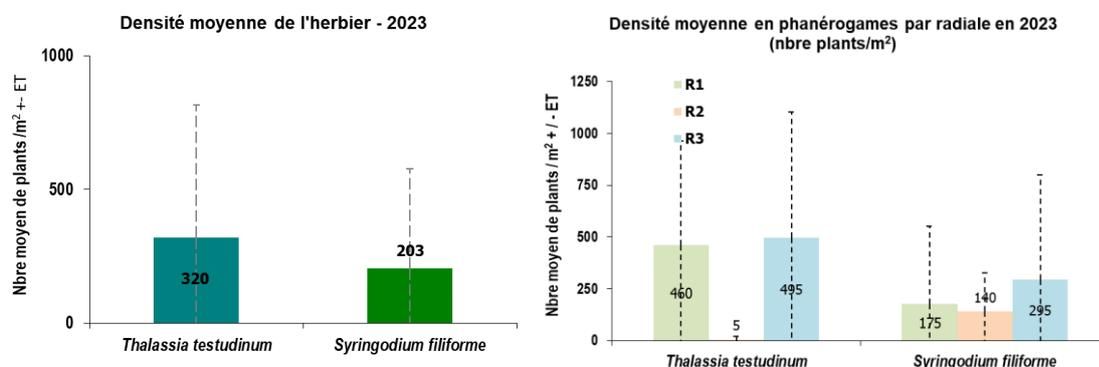


Figure 3-36 : Densité moyenne de plants au sein de l'herbier de Terre de Haut (plants/m²)

La densité moyenne de plants de l'herbier de Terre de Haut à Petite Terre est évaluée à **523 plants/m²** toutes espèces confondues. L'espèce *T. testudinum* est la plus représentée, avec 320 plants/m² contre 203 plants/m² pour *S. filiforme*.

L'espèce *Halodule sp.* largement observée n'est pas comptabilisée dans le cadre du relevé, mais participe aussi à la couverture de l'herbier.

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

L'effet de la dérive sédimentaire est particulièrement observable sur les densités moyennes des 2 espèces de phanérogames. La densité de *Thalassia testudinum* diminue progressivement depuis 2014 si bien qu'en 2023 la densité y est environ 6 fois moins élevée. La densité de *Syringodium filiforme* diminue progressivement depuis 2010 où elle était 3 fois supérieure à celle de 2023.

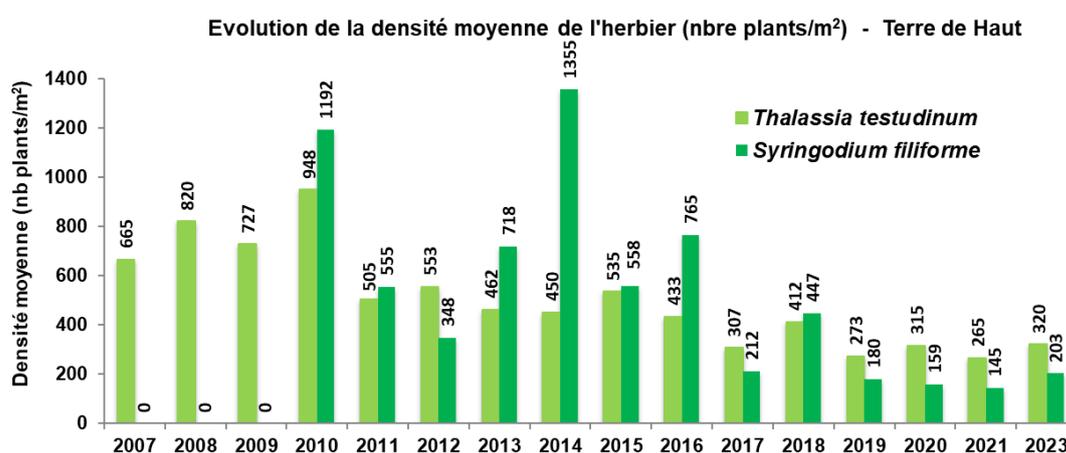


Figure 3-37 : Évolution de la densité de plants sur l'herbier de Terre de Haut de 2007 à 2023

La densité en *Thalassia testudinum* a subi une baisse significative de 2010 à 2011. Les valeurs observées depuis 2017 montrent une différence significative avec les densités observées en 2011 et 2012, témoignant d'une nouvelle phase de déclin de *Thalassia testudinum* au sein de l'herbier.

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

Bien qu'une tendance générale de diminution de la densité totale en phanérogames soit observée, depuis 2019, des valeurs de densité constantes suggèrent une stabilité de l'état de l'herbier.

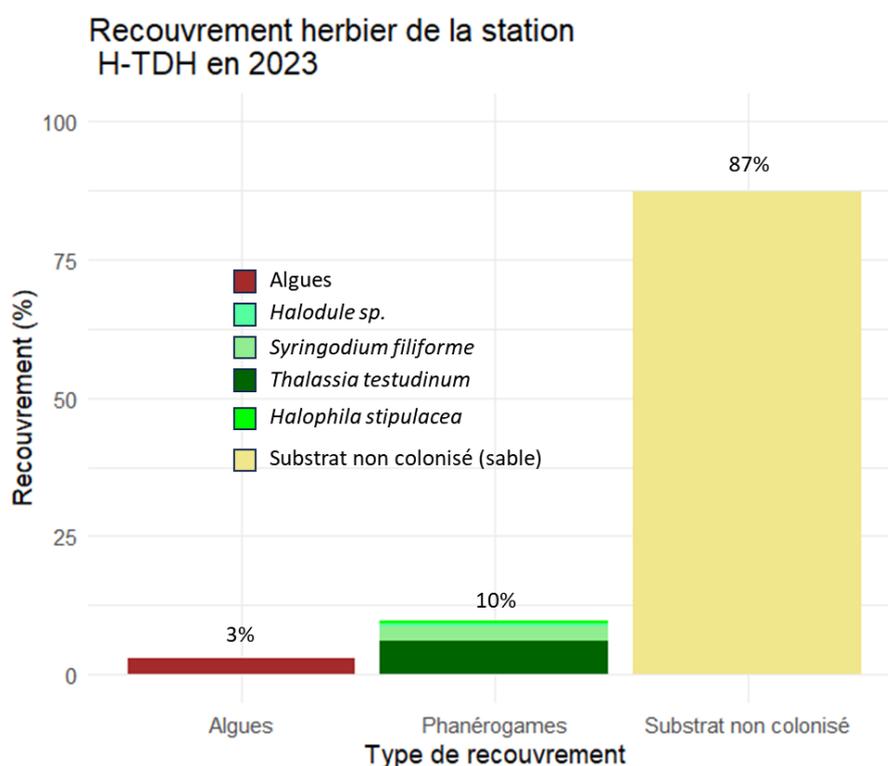
#### Recouvrement en phanérogames au sein de l'herbier de Terre de Haut

En 2023, sur base des travaux de thèse de F. Kerninon, des quadrats de recouvrement ont été réalisés le long de chaque transect afin d'estimer la couverture que représente chaque espèces de phanérogames par rapport au sable et aux algues.

Au niveau de la station de Terre de Haut, les phanérogames recouvrent en moyenne 10% du substrat dont :

- ▶ 6,1% de *T. testudinum* ;
- ▶ 2,7% de *S. filiforme* ;
- ▶ 0,7% de *Halodule sp.* ;
- ▶ 0,5% de *H. stipulacea*.

Le reste n'est pas colonisé (87% de sable nu) à l'exception de 3% de la surface occupés par des algues.



**Figure 3-38 : Recouvrement de l'herbier de Terre de Haut en 2023**

Mis en application pour la première fois en 2023, ce protocole sera mis en œuvre lors du prochain suivi afin d'étudier l'évolution du recouvrement.

### Longueur de feuilles en 2023 et évolution 2007-2023

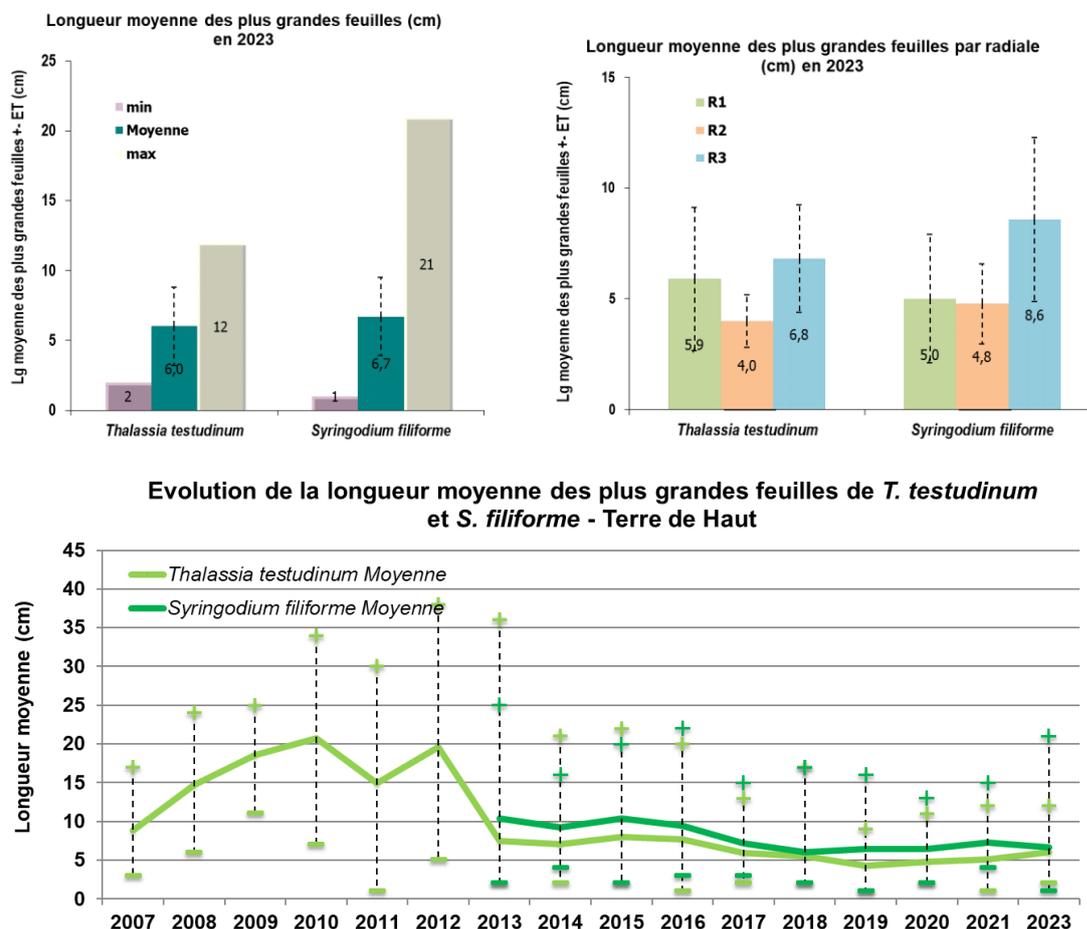


Figure 3-39 : Longueur de feuilles en 2023 sur Terre de Haut (en haut) et évolution 2007-2023

Les feuilles sont en moyenne de faible longueur, du fait de l'ensablement de l'herbier. La taille moyenne des 2 espèces est relativement similaire environ 6 cm. Les plus hautes feuilles observées en 2021 pour ces espèces sont respectivement de 12 et 21 cm pour *T. testudinum* et *S. filiforme* tandis que les plus courtes sont de 2 et 1 cm. Dans des conditions favorables, les feuilles de ces espèces peuvent atteindre plus de 30 cm.

Depuis le début du suivi, la longueur des feuilles ne semble pas évoluer à l'exception des feuilles de *T. testudinum* plus longues sur la période 2007-2012. Depuis 2013, la longueur moyenne des feuilles ne semble pas évoluer en restant dans de faibles valeurs. Ce paramètre pourra être un bon indicateur du début du phénomène d'ensablement chronique sur ce site.

RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

**Macrofaune associée aux herbiers**

L'herbier de Terre de Haut abrite une faible diversité d'organismes de macrofaune.

En effet, ont été dénombrés :

- ▶ 8 lambis dont 4 vivants (2 juvéniles, 1 subadulte et 1 adulte) et 4 morts (2 juvéniles, 1 subadulte et 1 adulte) ;
- ▶ 1 nacre.

Aucun oursin n'a été observé au sein de l'herbier de Terre de Haut en 2023.

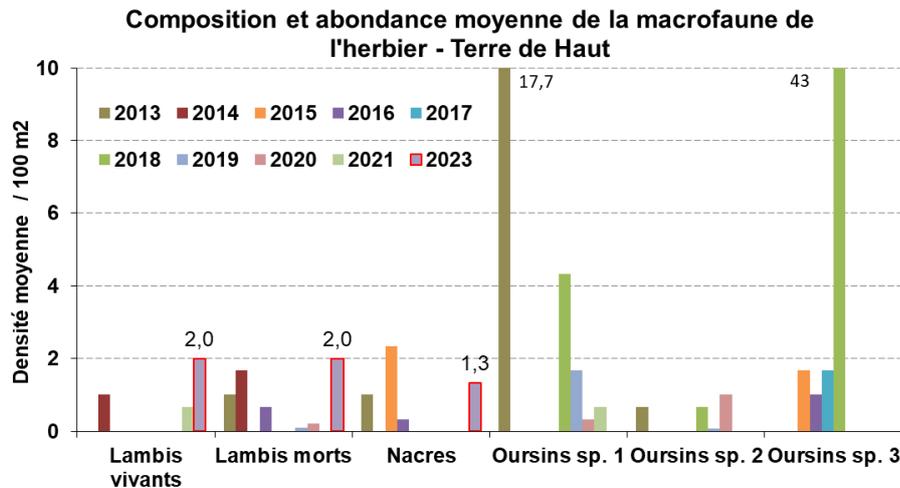


Figure 3-40 : Composition et abondance de la macrofaune sur l'herbier de Terre de Haut en 2023

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

**Évolution des populations de lambis sur l'herbier sur la période 2007-2023**

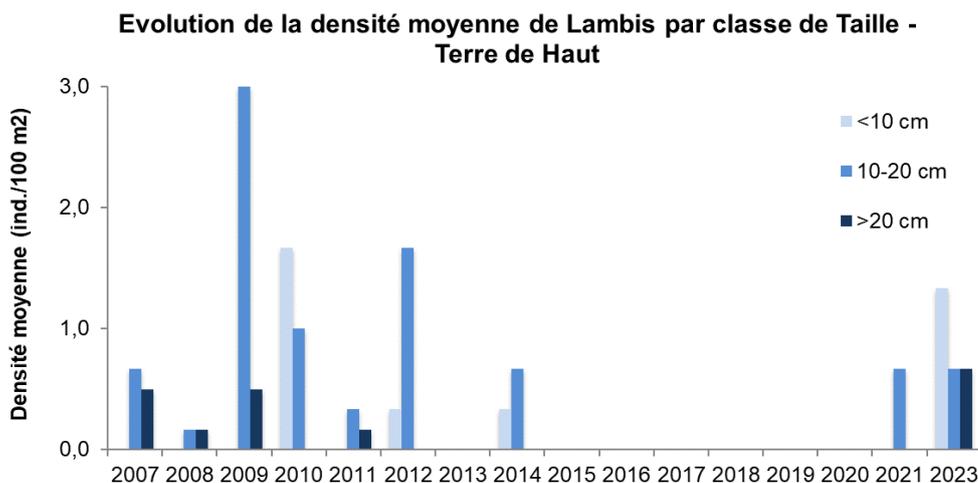


Figure 3-41 : Évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Terre de Haut entre 2007 et 2023

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

La dynamique de présence de lambis vivants au sein de l'herbier de Terre de Haut est marquée par 3 périodes distinctes :

- ▶ De 2007 à 2014 de nombreux lambis sud-adultes ont été observés ;
- ▶ De 2015 et 2020, aucun lambi n'a été observé ;
- ▶ Depuis 2021, quelques lambis sont observés dans des proportions faibles.

À 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.

L'état de santé moyen (ensablement, macroalgues) de l'herbier contribue probablement à une perte de fonctionnalité, ne favorisant pas le développement de la population de lambis sur cette zone. La diminution des lambis sur cet herbier pourrait notamment être liée à la hauteur des feuilles qui a significativement diminué depuis 2013 en raison de l'ensablement.

Les relevés de la macrofaune sur cet herbier ne sont toutefois pas représentatifs de la population de lambis à l'échelle du lagon. Un suivi spécifique des lambis par vidéo tractée est réalisé en complément, afin de balayer une plus grande partie du lagon.

### 3.4. Suivi spécifique des lambis par vidéo tractée

#### Comparaison des méthodes d'échantillonnage

Comme lors du précédent suivi de 2022, deux méthodes d'investigations ont été réalisées :

- ▶ 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 sont observées selon la méthode employée. Les 5 radiales ont pu être comparées de manière exhaustive. La somme totale de lambis comptabilisés montre une légère différence avec 10 individus observés en plus sur ordinateur. Au niveau des radiales, les écarts sont différents. En effet, sur les radiales 1, 4 et 5, la somme des observations de lambis est supérieure *in situ* à celle via le comptage vidéo. À l'inverse, sur les radiales 2 et 3, la somme des observations de lambis est supérieure via le comptage vidéo.

		Radiale					TOTAL
		R1	R2	R3	R4	R5	
Méthode	Nombre de lambis comptabilisés :						
	Observation <i>in situ</i>	16	28	37	3	25	109
	Comptage sur ordinateur	12	37	47	2	21	119
	Différentiel	4	-9	-10	1	4	

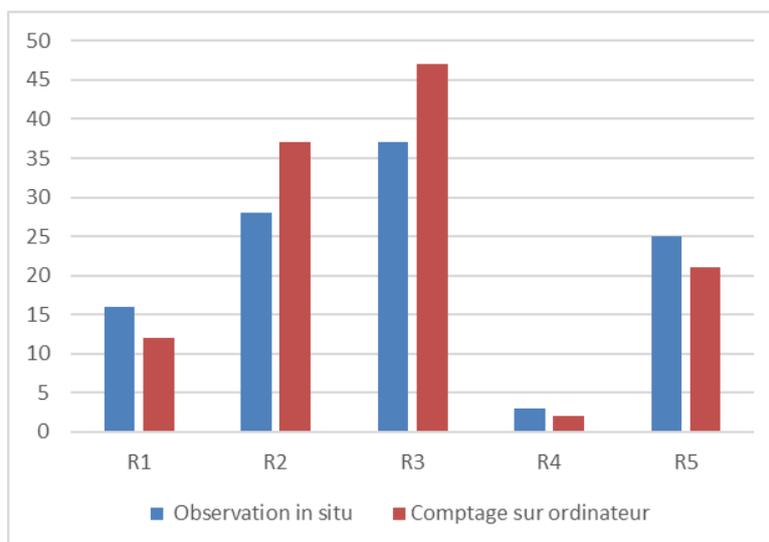


Figure 3-42 : Illustration des différences de dénombrement entre les 2 méthodes de comptages

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

Ces deux méthodes ont leurs avantages et inconvénients listés ci-après sur base d'un retour d'expérience sur 2 années de mise en œuvre :

	Comptage <i>in situ</i>	Comptage vidéo
+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Différenciation mort/vivant</li> <li>Estimation taille simplifiée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comptage possible lorsque la densité est importante</li> </ul>
-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comptage impossible lorsque la densité est importante</li> <li>Comptage compliqué lorsque la vitesse de déplacement est élevée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limite latérale (laser) pas toujours visible</li> <li>Estimation taille plus compliquée                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Davantage chronophage</li> </ul> </li> </ul>

Ces méthodes sont complémentaires et permettent d'assurer une bonne qualité d'acquisition de la donnée. Le comptage *in situ* permet de calibrer l'estimation des tailles par comptage vidéo tandis que ce dernier assure un dénombrement précis pour les surfaces densément occupées par des lambis. Ainsi comme pour l'année 2022, les résultats présentés ci-dessous sont basés sur les comptages réalisés par vidéo avec des tailles estimées grâce à une calibration *in situ* plus précise.

### État de la population en octobre 2023

Le traitement des vidéos des 5 transects a permis de comptabiliser les lambis vivants suivant leur taille (<10 cm : Juvéniles / 10-20 cm : Subadultes / >20 cm : Adultes).

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

**Tableau 11 : Synthèse des observations de lambis par transect**

	COMPTAGES PAR ANALYSE DES VIDEOS					
	R1	R2	R3	R4	R5	TOTAL
Nombre total de lambis vivants	<b>12</b>	<b>37</b>	<b>47</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	121
Surface échantillonnée	266,0	703,0	696,0	633,0	306,0	2604
Densité estimée (ind./100m <sup>2</sup> )	4,5	5,3	6,8	0,3	7,5	4,6

Sur l'ensemble des 5 transects, **121 individus ont été comptés soit 3 fois plus qu'en 2022 (44 lambis)**, pour une surface d'échantillonnage de **2 604 m<sup>2</sup>**.

La densité de lambis du lagon de Petite Terre en octobre 2023 est donc estimée à **4,6 individus/100m<sup>2</sup> (+3,1 par rapport à 2023) soit 460 individus/hectare**.

Cette densité est supérieure aux densités observées aux îles vierges avec 302 individus/hectare (Gulf and Caribbean Fisheries Institute, 2013).

Ce dénombrement relate l'état de la population à un instant précis (octobre) ne comprenant pas les variations interannuelles et spatiales régies par les cycles naturels de l'espèce.

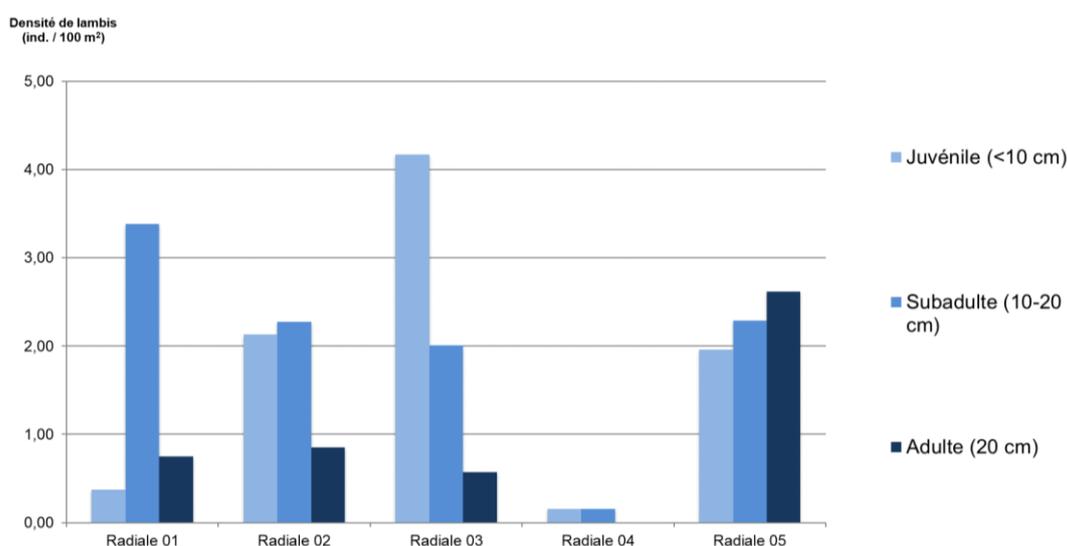
## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

**Tableau 12 : Synthèse des observations de lambis par classe de taille et par transect**

Densité de lambis observés (nb ind/100 m <sup>2</sup> )				
N° radiale	Juvénile (<10 cm)	Subadulte (10-20 cm)	Adulte (20 cm)	TOTAL
Radiale 01	0,38	3,38	0,75	<b>4,51</b>
Radiale 02	2,13	2,28	0,85	<b>5,26</b>
Radiale 03	4,17	2,01	0,57	<b>6,75</b>
Radiale 04	0,16	0,16	0,00	<b>0,32</b>
Radiale 05	1,96	2,29	2,61	<b>6,86</b>
	<b>1,76</b>	<b>2,02</b>	<b>0,96</b>	<b>4,74</b>

**Densité de Lambis par classe de taille sur les 5 transects**



**Figure 3-43 : Synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les cinq transects en octobre 2023**

En octobre 2023, les lambis juvéniles et subadultes sont les plus représentés à l'échelle du lagon avec respectivement 43,7% et 39,5% des observations tandis que les adultes représentent seulement 16,8% des observations.

La radiale 4 présente une très faible densité de lambis comparé aux autres radiales en 2023. Ceci peut être expliqué par la nature des fonds qui sont davantage composés de débris coralliens moins propices à la présence de lambis.

Les classes de taille des lambis ne sont pas uniformément représentées au sein de chaque radiale.

En effet, les adultes sont présents en faible densité à l'exception de la radiale 5 qui abrite 2,6 individus/100m<sup>2</sup>. Les juvéniles sont densément présents au niveau des radiales 2, 3 et 5 avec respectivement 2,1, 4,1 et 2 individus/100m<sup>2</sup>. Les subadultes sont densément présents au niveau des radiales 1, 2, 3 et 5 avec respectivement 3,4, 2,3, 2,0 et 2,3 individus/100m<sup>2</sup>.

Ces résultats mettent en évidence que la radiale 1 est caractérisée par une forte densité de subadultes et la radiale 3 est caractérisée par une forte densité de juvéniles.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

Différents types de substrat sont observés le long de ces 5 radiales et sont illustrés ci-dessous. Le type de substrat peut être un facteur influençant la répartition des populations de lambis.

- ▶ **Radiale 1** : Sable nu / débris coralliens / Algueraie



- ▶ **Radiale 2** : Cailloutis / Algueraie



- ▶ **Radiale 3** : Sable / Débris coralliens



- ▶ **Radiale 4** : Sable nu / Sable partiellement colonisé par des macroalgues



- ▶ **Radiale 5** : Herbier / Débris coralliens



**Figure 3-44 : Différence de substrat entre les radiales, facteur influençant fortement la densité de lambis**

Ces résultats mettent clairement en évidence un regroupement des lambis par cohorte, en particulier pour les jeunes individus. En effet, l'observation d'un juvénile est généralement accompagnée de nombreuses autres observations de juvéniles comme c'est le cas au niveau de la radiale 3.



**Figure 3-45 : Forte densité de juvéniles de lambis (points/cercle jaune) au niveau de la radiale 3**

Au vu des nombreux changements de type d'habitat le long d'un même transect, il est difficile d'associer ce facteur à la densité de lambis. L'intégration de ce facteur lors du prochain suivi permettra d'estimer la densité de lambis par type d'habitat et de l'extrapoler grâce à la cartographie d'habitats marins récemment réalisée par Créocéan.

### Évolution de la population de lambis entre 2013 et 2023

#### 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 passage 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) s'étendait du 1<sup>er</sup> octobre au 31 décembre jusqu'aux fonds de 25 m et jusqu'au 31 janvier au-delà des fonds de 25 m avant la suspension de la pêche pendant 1 an (2020), à cause des stocks jugés faibles. Depuis, la saison de pêche est raccourcie à 2 mois de pêche autorisée. En 2023, cette période s'est étendue du 15 octobre au 15 décembre.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

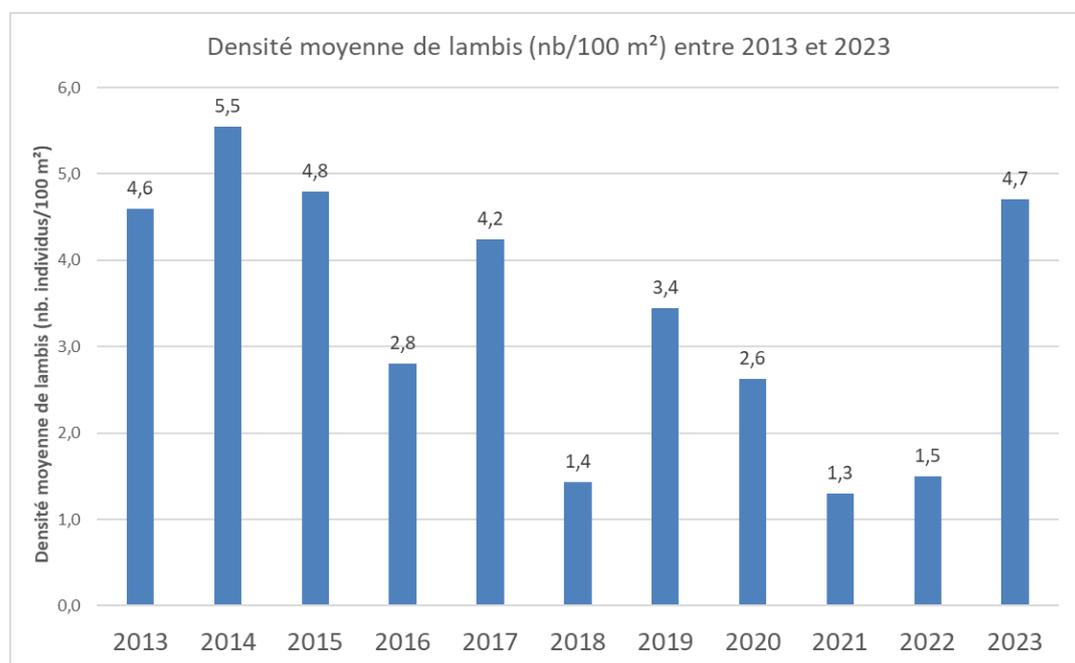


Figure 3-46 : Évolution de la densité de lambis et de la surface échantillonnée entre 2013 et 2023

La densité de lambis en 2023 retrouve des valeurs relevées entre 2013 et 2015 avec 4,7 individus/100m². En effet, la densité de lambis lors des premiers suivis (2013-2015) était supérieure à 4 individus/100m². Depuis 2016, cette densité a eu tendance à diminuer jusqu'à atteindre de très basses densités en 2021 et 2022. Le retour d'une densité de lambis plus élevée sera à confirmer lors du prochain suivi.

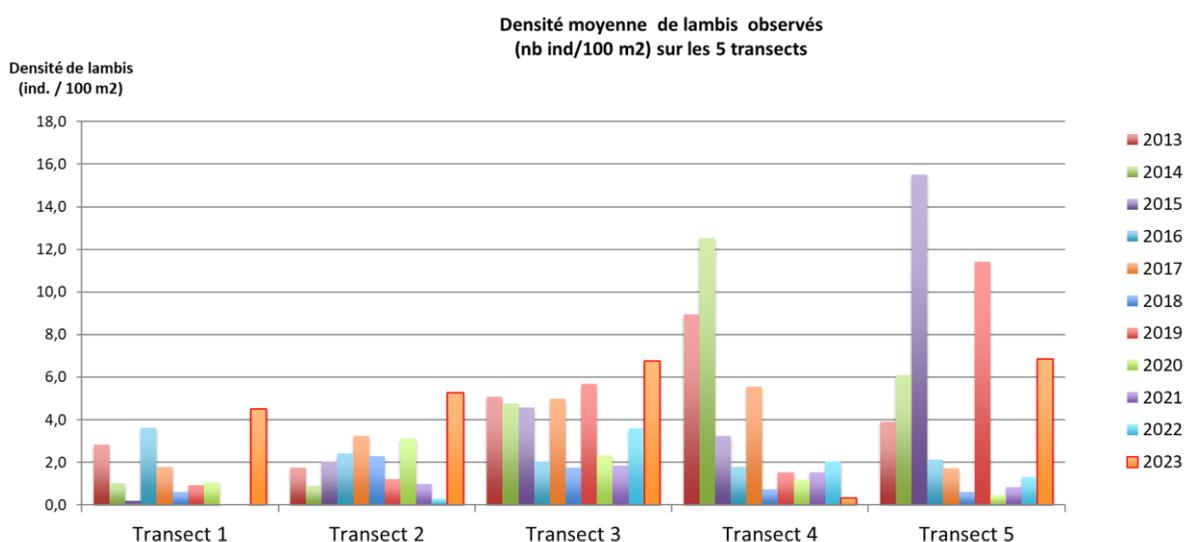


Figure 3-47 : Évolution de la densité de lambis par transect et par année

À l'échelle des 11 suivis réalisés depuis 2013, les densités les plus fortes sont observées sur les radiales 3, 4 et 5. Les radiales 1 et 2, historiquement peu denses, présentent en 2023 les plus fortes densités de lambis observées depuis le début du suivi.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

La profondeur, la courantologie et le type de substrat (débris coralliens) pourraient expliquer les plus fortes densités observées au niveau de la radiale 3 située en zone plus profonde, moins sujette aux forts courants et où se situent des habitats propices au développement de lambis.

La densité de lambis sur la radiale 3 est stable à l'inverse de celle de la radiale 4 qui diminue progressivement depuis 2014.

Bien que la densité moyenne observée au niveau de la radiale 5 soit élevée, cette dernière fluctue fortement d'une année à l'autre avec des pics de très forte densité comme en 2015 et 2019 et des densités minimales comme en 2018 et 2020. Les pics de forte densité pourraient être associés à des regroupements reproductifs tardifs de lambis.

La fermeture de la pêche en 2020 pourrait avoir eu une influence positive sur la population de lambis de Petite Terre de 2023 qui est particulièrement élevée par rapport aux dernières années. En effet, le rétablissement de stocks nécessite généralement quelques générations avant d'être observable à l'échelle des sites, en particulier pour des espèces à croissance lente comme le lambi.

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. Il s'agira de confirmer la recrudescence du nombre de lambis lors du prochain suivi.

D'après les gardes, le braconnage de lambis est toujours observé dans la Réserve de Petite Terre (*Association Tité, communication personnelle*) et peut avoir une très forte influence sur les populations. Une étude plus complète sur les populations de lambis avec des comparaisons saisonnières et spatiales avec des sites hors réserve pourrait mettre en évidence l'effet de ce type de pratique.

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 en réserve), conditions hydrodynamiques (plus particulièrement en saison cyclonique), etc.

**Après plusieurs années de baisse de densité, le suivi 2023 montre une inversion de la tendance en affichant des densités de l'ordre de celles observées au début du suivi (2014/2015). Cette augmentation de la densité est liée à de fortes densités de juvéniles et de subadultes. Cette recrudescence peut être associée aux mesures de préservation de l'espèce de 2020, avec l'interdiction de la pêche durant une année complète. Cette politique de gestion pourrait avoir eu un effet notable 3 ans après sa mise en place. Toutefois, il s'agira de confirmer cette tendance lors des prochains suivis.**

**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.**

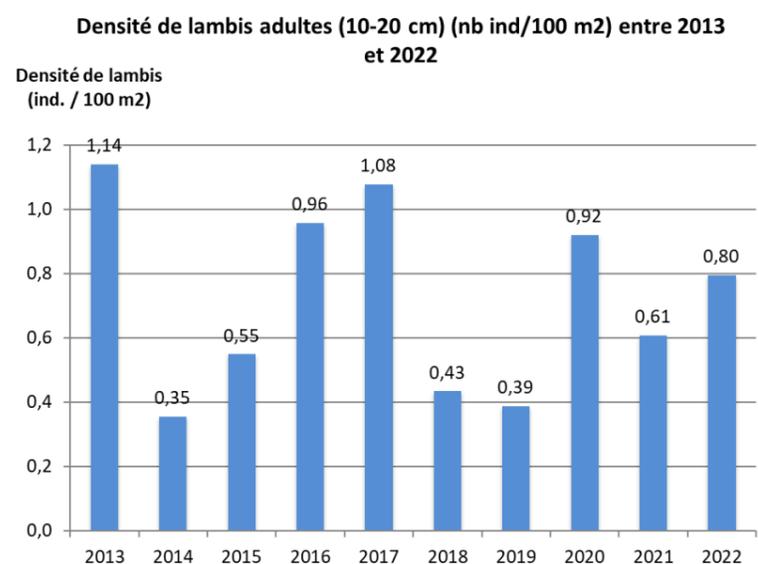
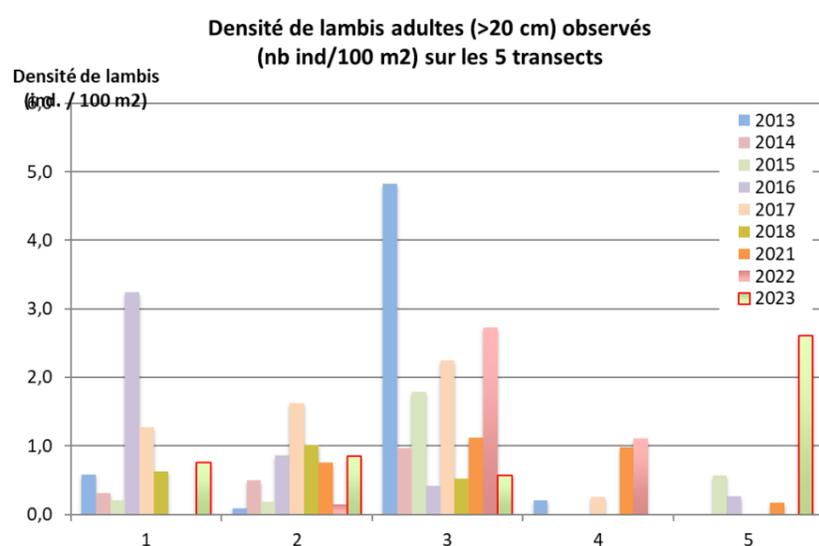
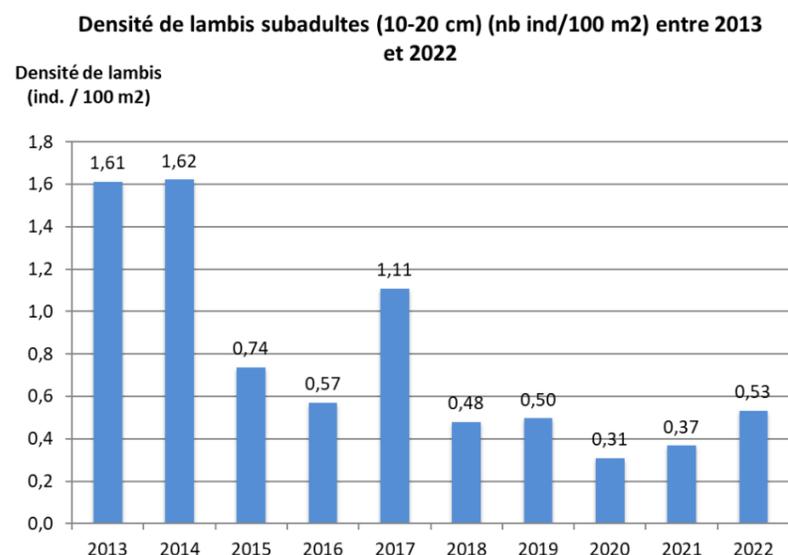
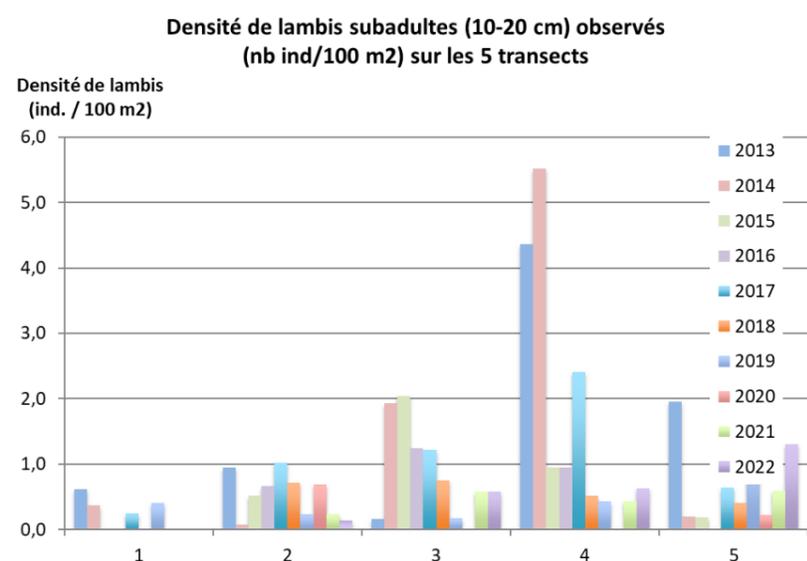
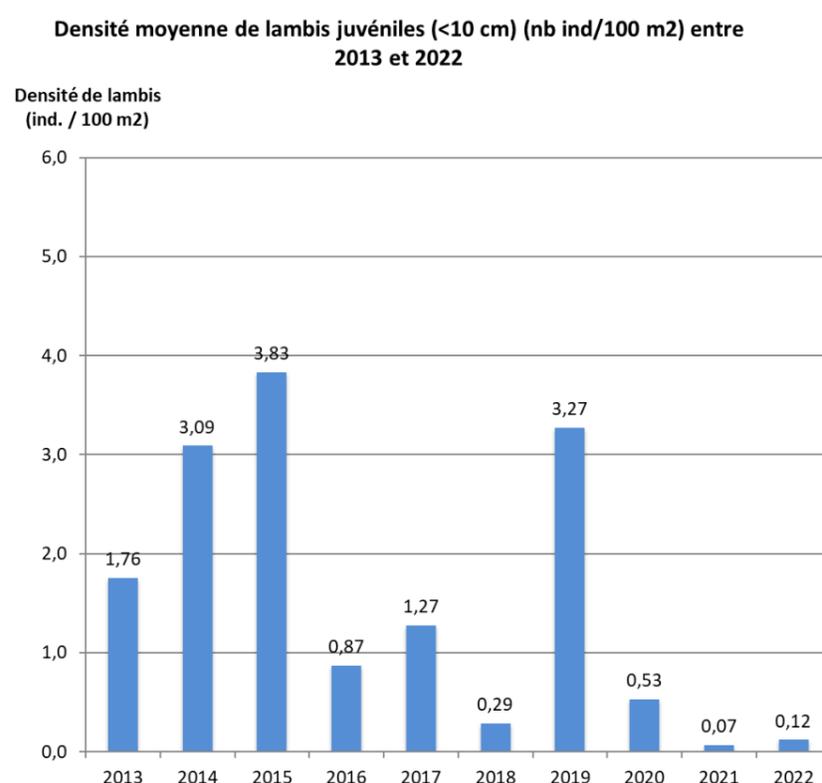
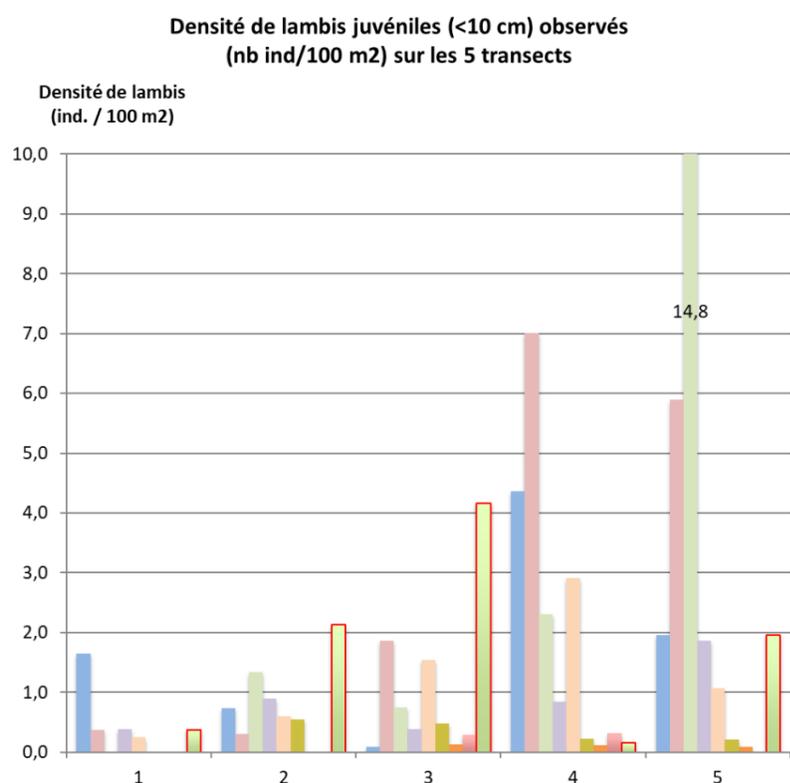


Figure 3-48 : Évolution de la densité de lambis par classe de taille entre 2013 et 2023 (à droite) et par transect (à gauche)

### 3.5. Suivi spécifique des cyanophycées

#### Couvertures en cyanophycées en 2023 :

En 2023, les couvertures en cyanophycées sont variables suivant les mouillages. Le tableau ci-dessous résume les couvertures et les épaisseurs moyennes observées au sein des 6 quadrats (par mouillage) analysés.

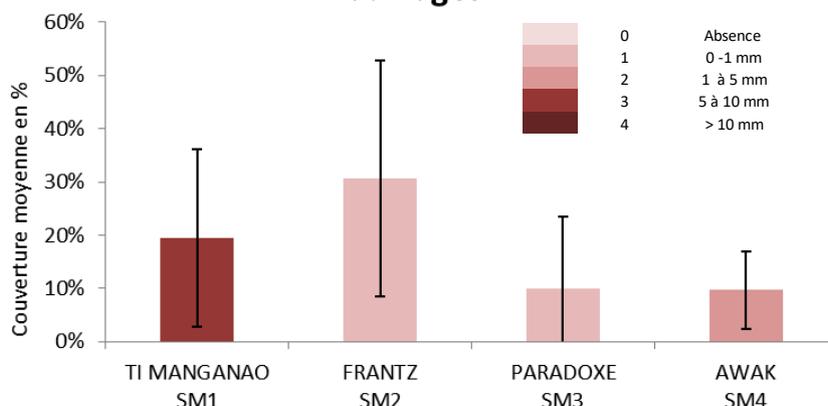
**Tableau 13 : Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis et sur les 2 zones témoins (% et épaisseur)**

Quadrats sous mouillages			
	Couverture (%)	Code épaisseur (moyenne des quadrats)	Observations
Mouillage 1 (Ti Manganao)	19,5%	2,2	Petites touffes sur débris coralliens et fine couche de cyanophycées sur sable
Mouillage 2 (Frantz 3)	30,7%	3,3	Touffes épaisses sur débris coralliens
Mouillage 3 (Paradoxe)	10,1%	1,0	Fine couche sur phanérogames ( <i>Halophila stipulacea</i> )
Mouillage 4 (Awak)	9,7%	1,5	Fine couche sur phanérogames ( <i>Halophila stipulacea</i> )

Quadrats hors mouillages			
	Couverture (%)	Code épaisseur	Observations
Témoins PASSE	7,8%	0,7	Large et fine couche de cyanophycées sur sable avec quelques patchs touffus
Témoins LAGON	9,2%	1,3	Large et fine couche de cyanophycées sur sable avec quelques patchs touffus assez épais

#### Couverture en cyanophycées sous les mouillages



**Figure 3-49 : Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis (% de recouvrement et épaisseur)**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

La couverture en cyanophycées est plus élevée au sein des quadrats en 2023 par rapport aux précédents suivis. Sans tenir compte des apports anthropiques, la température élevée de l'eau lors de nos suivis a très probablement contribué au développement des cyanophycées. En effet, de larges patches de cyanophycées sur sable ont été observés à de nombreux endroits du lagon en 2023.

Au niveau des mouillages le recouvrement varie avec :

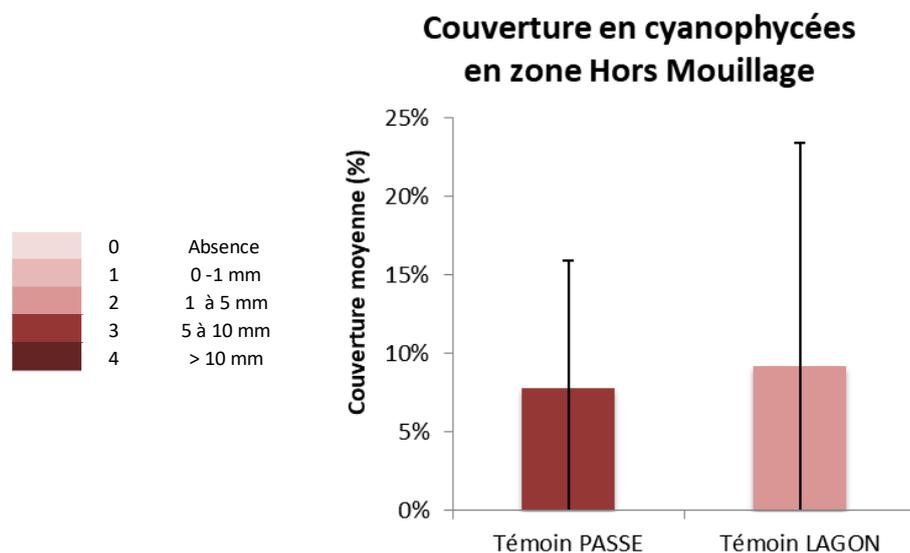
- ▶ 30,7% de recouvrement sur Frantz ;
- ▶ 19,5% de recouvrement sur Ti Manganao ;
- ▶ 10,1% de recouvrement sur Paradoxe ;
- ▶ 9,7% de recouvrement sur Awak.

La couverture en cyanophycées la plus élevée se trouve autour du mouillage Frantz, avec un recouvrement moyen de 30,7% tandis qu'autour du mouillage Awak on retrouve le plus faible recouvrement (9,7%). Ce résultat met en évidence la forte variabilité spatiale et temporelle de la couverture en cyanophycées puisqu'en 2022, ce constat était inversé avec des valeurs maximales au niveau de Awak et minimales au niveau de Frantz.

Au niveau de Ti Manganao, l'épaisseur de cyanophycées est élevée avec en moyenne 5 à 10 mm.

Au-delà de leur fréquentation, ces mouillages semblent être soumis à des conditions hydrodynamiques et hydrosédimentaires différentes. En effet, un resserrement de la passe semble avoir pour effet d'accélérer le courant par effet venturi. Ce phénomène s'accroît au niveau des extrémités moins profondes entraînant un remaniement sédimentaire et un renouvellement de l'eau marqués, limitant le développement des cyanophycées.

Ce phénomène pourrait expliquer pourquoi le substrat sous le mouillage Awak qui est situé sur l'extrémité sud de la passe est moins recouvert que celui sous les mouillages Frantz et Ti Manganao situés au centre de la passe et plus profonds.



**Figure 3-50 : Couverture en cyanophycées sur les stations-témoin (% de recouvrement et épaisseur)**

Les stations de référence situées en amont de la passe présentent une couverture en cyanophycées similaire à celles des mouillages Paradoxe et Awak avec :

- ▶ 9,2% de recouvrement sur Lagon ;
- ▶ 7,8 de recouvrement sur Passe.

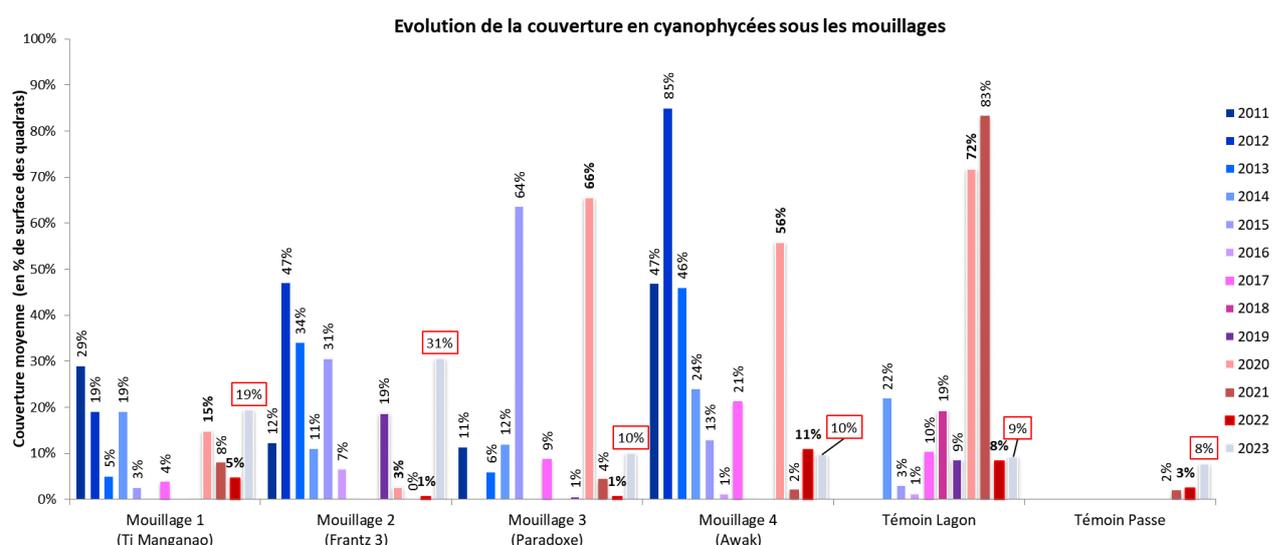
## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

Le développement des cyanophycées ne semble pas seulement être influencé par la présence des navires touristiques au mouillage, mais également par la température et les conditions hydrodynamiques et hydrosédimentaires.

#### Évolution de la couverture en cyanobactéries sous les mouillages :

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



**Figure 3-51 : Évolution de la couverture en cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre**

Les couvertures moyennes en cyanophycées sont très hétérogènes d'un suivi à l'autre. Entre 2011 et 2017, bien qu'elle ne soit pas vérifiée statistiquement, une tendance à la baisse de la couverture en cyanophycées se dégage pour les mouillages Ti Manganao, Frantz, et Awak.

Pour la première fois en 2023, l'ensemble des valeurs de recouvrement en cyanophycées dépasse les 8% pour toutes les stations. Les températures anormalement élevées ont pu entraîner un développement de cyanophycées uniforme et synchronisé à l'échelle des petits fonds de Petite Terre.

Les couvertures moyennes en cyanophycées en 2023 sont globalement plus élevées qu'en 2022. Seul le mouillage Awak présente une couverture en cyanophycées relativement similaire à l'année précédente (-1%).

Le mouillage Awak semble être le plus concerné par la présence de cyanophycées avec en moyenne pour l'ensemble des suivis, un recouvrement de 24% contre en moyenne 12% pour les trois autres stations mouillages.

La zone témoin Lagon présente également un fort taux de recouvrement moyen (24%) notamment en raison de deux pics de recouvrement en 2020 et 2021. L'hydrodynamisme peu marqué sur la zone et la faible profondeur, favorisant la montée en température de l'eau, ont pu avoir un impact positif sur le développement des cyanophycées dans cette zone.

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

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

Bien que les deux stations témoins Lagon et Passe possèdent des caractéristiques de profondeur, d'orientation et d'hydrodynamisme très différentes, elles présentent une couverture en cyanophycées

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

similaire (9 et 8%). Par ailleurs, leur recouvrement est similaire à ceux des mouillages Paradoxe et Awak en 2023 (10%) contrairement à ceux des mouillages Ti Manganao et Frantz (19 et 31%).

L'influence des bateaux de croisiéristes sur la couverture en cyanophycées semble avérée sous les mouillages Ti Manganao et Frantz en 2023 à l'inverse des autres mouillages où les résultats semblent principalement influencés par la température de l'eau.

Au sein du lagon, un fort développement des cyanophycées est historiquement observé depuis 2018.

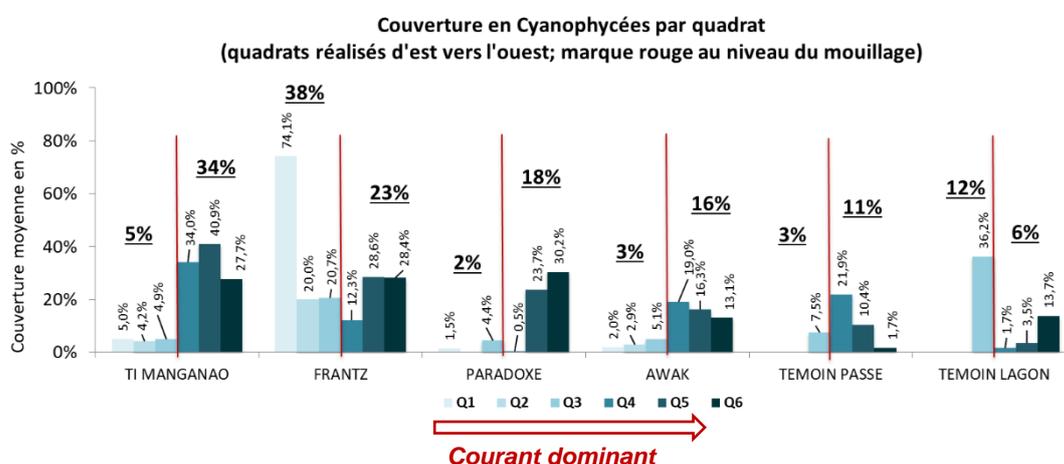
Ces résultats reflètent un état à une saison précise (octobre), avec un faible nombre de données. La répétition de ce protocole sur plusieurs périodes de l'année pourrait être une première étape dans la meilleure compréhension du développement des cyanophycées. En effet, suivant la période de suivi,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

#### 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 sur la figure suivante.



**Figure 3-52 : Couverture en Cyanophycées par quadrat sous les mouillages et hors mouillage à Petite Terre**

Les navires susceptibles de rejeter du matériel organique sont rarement positionnés à l'aplomb de leur mouillage supposant que le potentiel enrichissement se décale davantage dans la zone située en aval du courant. Selon cette hypothèse, les mouillages de Frantz et Paradoxe sont également susceptibles d'être impactés par les mouillages Awak et Manganao.

Les cyanophycées sont observées en amont et en aval des mouillages. De plus lors de nos différentes immersions, de larges patches de cyanophycées étaient observés dans tout le lagon et la passe de Petite Terre, suggérant que la température anormalement élevée était la principale raison d'une telle couverture en cyanophycées de manière généralisée.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

Pour les mouillages avec peu de cyanophycées (Paradoxe, Awak, Passe), le recouvrement est plus élevé en aval du mouillage qu'en amont. Ainsi, bien que les stations Paradoxe et Awak présentent un recouvrement en cyanophycées moins élevé, il est probable que ce recouvrement soit induit par un enrichissement local du milieu.

Pour le mouillage Ti Manganao, le recouvrement suit un gradient de recouvrement en cyanophycées avec des valeurs plus élevées en aval. Ce constat soutient l'hypothèse d'un enrichissement du milieu au niveau de Ti Manganao. À l'inverse, au niveau du mouillage Frantz, le gradient de recouvrement en cyanophycées est inversé avec des valeurs plus faibles en aval. Cela pourrait s'expliquer par une diffusion de l'enrichissement des eaux au niveau de Ti Manganao jusqu'à l'aval de Frantz.

L'interprétation des résultats de recouvrement en cyanophycées est compliquée en raison des différentes approximations réalisées notamment sur les conditions de courants (sens et intensité). Une amélioration des connaissances du développement des cyanophycées en eaux chaudes tropicales permettrait une meilleure compréhension de ce phénomène. De plus, une étude plus régulière du développement des cyanophycées à Petite Terre permettrait une meilleure compréhension de ce phénomène.

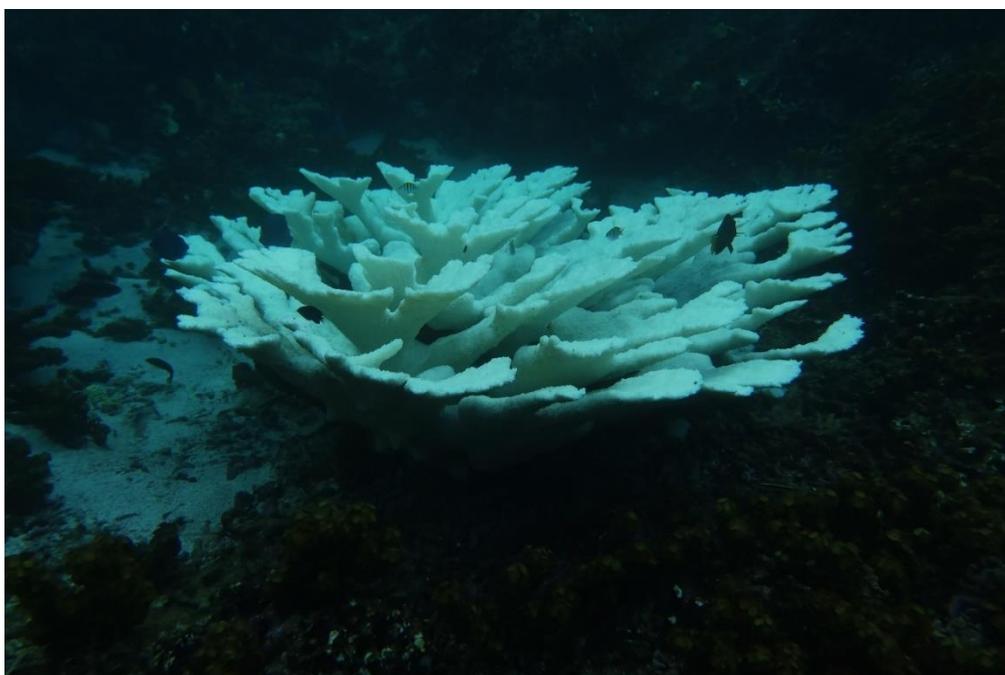
## 4. Suivi de la température

### 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 de subsurface à l'échelle mondiale et régionale.



**Figure 4-1 : Illustration du blanchissement de l'espèce *Acropora palmata* au sein de la Réserve, hors station de suivi, en 2023**

## 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 satellites), calculée par rapport à une année type. La méthode comprend 3 étapes :

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

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

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

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

**Tableau 14 : 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 $\leq 0$
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 2023 : 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 2022 et 2023.

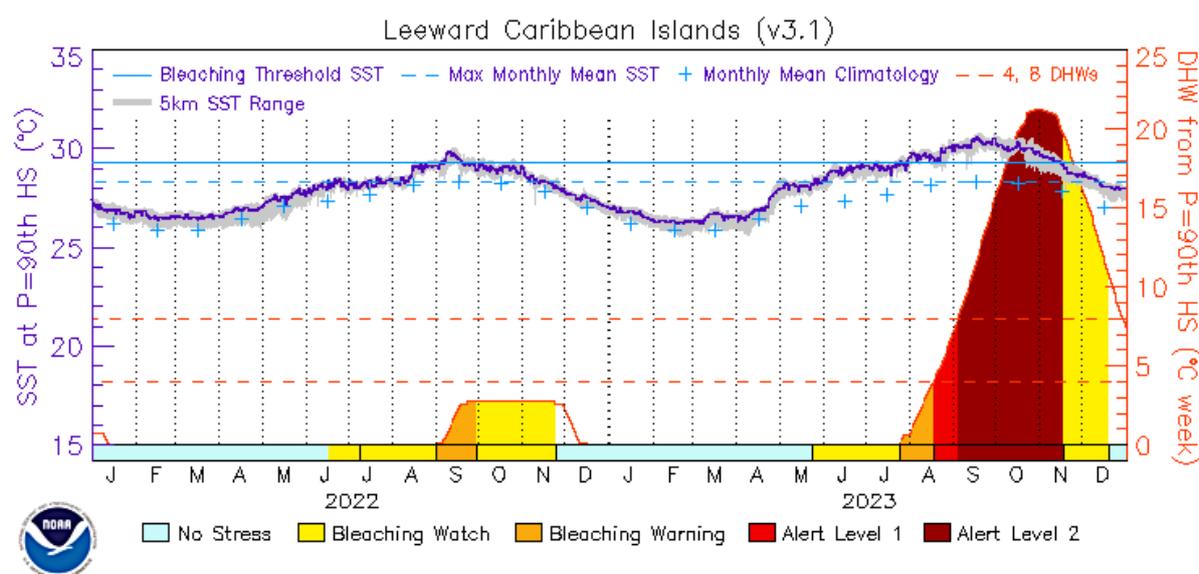


Figure 4-2 : Niveau d'alerte entre le 1er janvier 2022 et décembre 2023 pour la station Leeward Caribbean Islands (source : <http://coralreefwatch.noaa.gov>)

Sur l'année 2023, les données de NOAA font état d'une période d'alerte blanchissement de début aout à fin novembre. Cette période a été marquée par une alerte de niveau 2 de blanchissement (1<= HotSpot et 8<=DHW) entre début septembre à mi-novembre soit 2 mois et demi durant lesquels le blanchissement corallien est massif et entraîne une forte mortalité.

Sur cette période d'alerte, la température de l'eau de surface était largement au-dessus des températures moyennes de saison, et ce, sur une période prolongée.

Les dernières données récoltées en décembre 2023 font toujours état d'un *Bleaching Watch*.

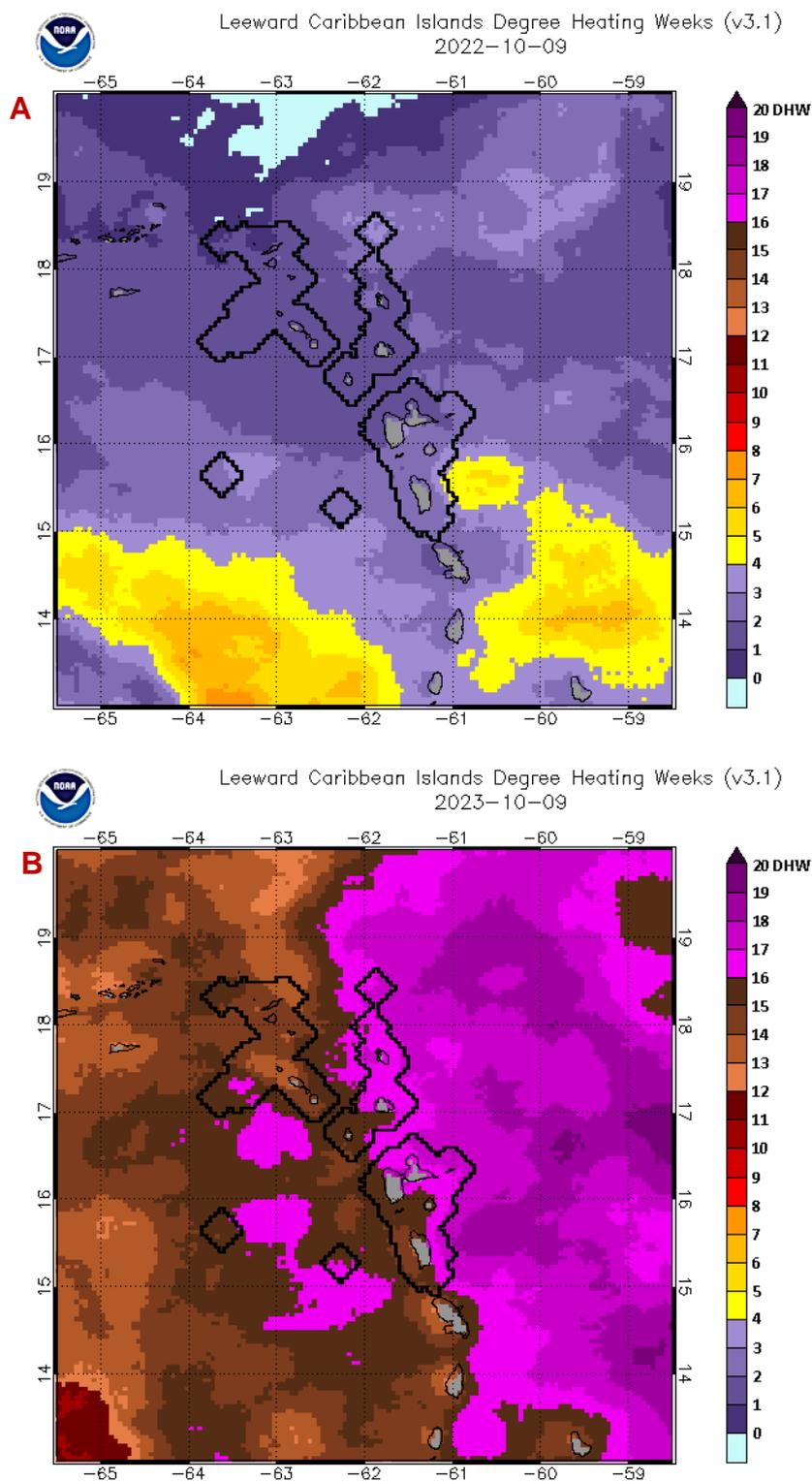
D'après les données de NOAA, l'année 2023 a été marquée par un stress thermique historique au niveau des zones récifales des Caraïbes. Plusieurs modèles prévoient une mortalité massive de colonies coralliennes dans tout le bassin Caraïbéen en 2024 suite à cet événement.

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

Les cartes générales de DWH permettent d'observer ce paramètre au niveau des Petites Antilles. En octobre 2023, le DWH est significativement plus fort sur l'ensemble de la Caraïbe qu'un an auparavant avec des valeurs de DWH supérieures à 16.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

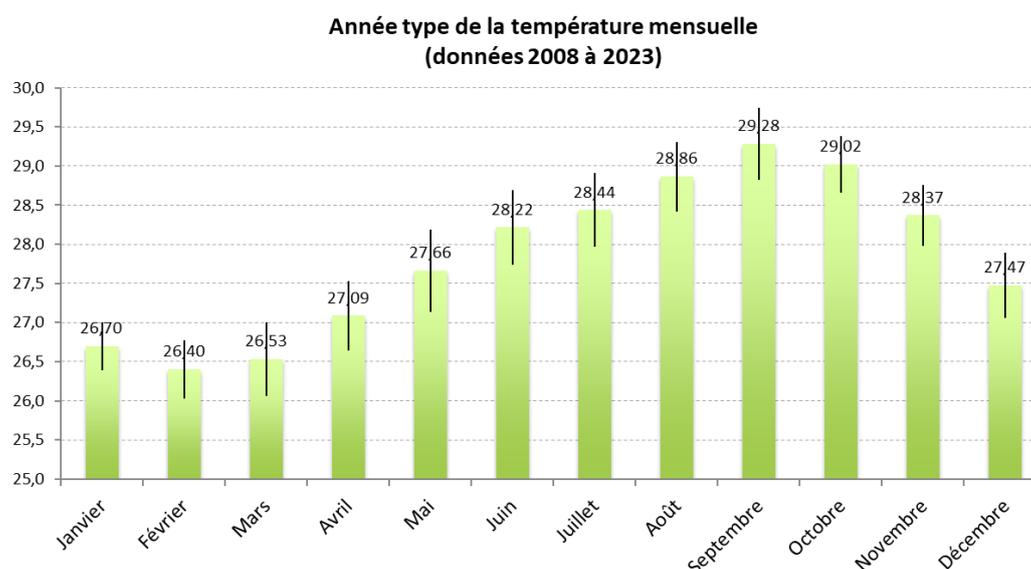


**Figure 4-3 : Comparaison du Degree Heating Weeks pour la région des Petites Antilles en octobre 2022 (A) et en octobre 2023 (B)**

## 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 a pu être récupérée le 17 octobre 2023 et remise en place le 18 octobre 2023.

Les suivis de température depuis 2008 permettent de modéliser l'année type, présentée par le graphique ci-dessous. Le grand nombre de données (16 ans de suivi) atteste de la robustesse de l'année type, intégrant plus de 10 ans de données de suivi.



**Figure 4-4 : Année type de la température mensuelle pour la réserve de Petite Terre, calculée entre 2008 et 2023 (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 2,88°C est observée entre les mois de février et septembre.

À l'instar des précédentes années types, le mois de septembre est le plus chaud, avec une température moyenne de **29,28°C** qui correspond donc à la température critique. Suite à la vague de chaleur survenue en octobre 2023, la température critique a augmenté de 0,09°C.

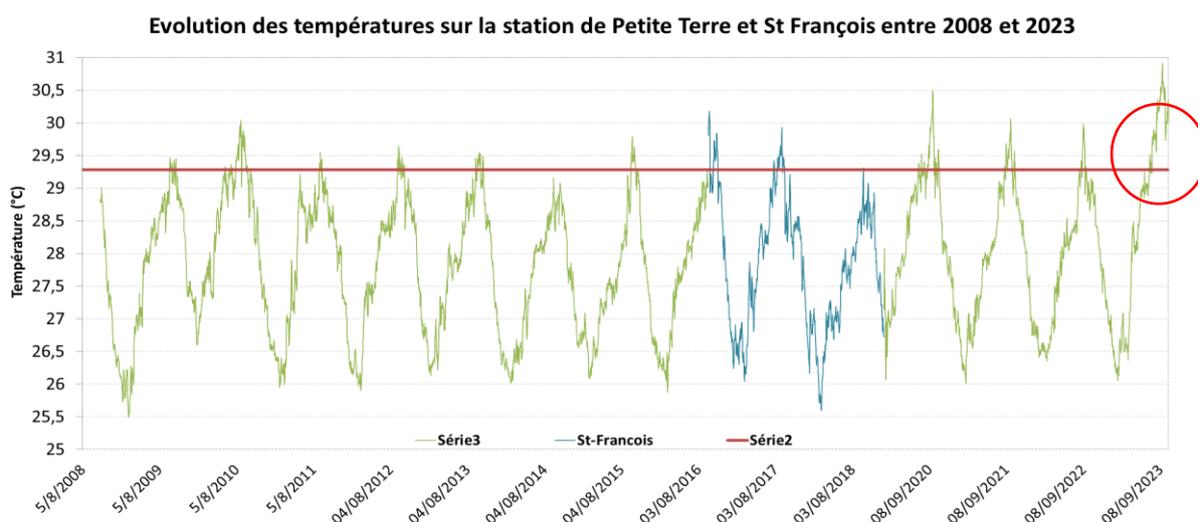
À noter que cette année type n'est calculée qu'avec les données de température disponibles, certaines années ne sont pas complètes (absence de données pour certaines périodes).

En 2023, les températures critiques surviennent très tôt à partir de fin juillet. La température maximale atteinte dépasse le seuil historique de 30°C avec 30,91°C (+ 1,63 °C par rapport à la température critique) le 19 octobre 2023. Ainsi les *HotSpot* dépassent 1 sur toute la période du 6 septembre au 1<sup>er</sup> octobre, avec des DWH atteignant 6,6 début octobre. De ce fait la période de septembre à octobre est considérée comme « Blanchissement de niveau 2 » (blanchissement corallien massif et forte mortalité).

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023



**Figure 4-5 : Évolution des températures enregistrées sur les stations de Petite Terre et Saint-François**

Les températures relevées à Petite Terre dépassent, presque chaque année, la température critique calculée d'après l'année type. Chaque année le dépassement de la température critique représente 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. **En 2023, ce dépassement est sans égal avec des valeurs avoisinant les 31°C, et ce, sur une période prolongée. Ce phénomène lié en partie au réchauffement climatique est également le résultat d'un phénomène El Niño, particulièrement marqué en 2023.**

**Lors du suivi des stations benthos de Petite Terre, de nombreuses colonies blanchies ont pu être observées à savoir des *Porites porites* mais surtout les impressionnantes colonies d'*Acropora palmata* qui étaient pratiquement toutes blanchies.**



**Figure 4-6 : État de blanchissement des colonies d'*Acropora palmata* de la pente externe de Petite Terre**

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

**Tableau 15 : Niveau d'alerte calculé d'octobre 2017 à octobre 2023 à partir des données des stations Passe (Suivi GCRMN Petite Terre) ou Saint-François (suivi Reef Check)**

Années	Niveau d'alerte – Lagon de Saint-François (Reef Check)
2017	Bleaching Watch (0<HotSpot>1)
2018	No stress (HotSpot<0)
2019	Pas de données
2020	-
2021	-
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 <i>a minima</i> )
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)
2023	Bleaching alert 2 (HotSpot>1 et 0<DWH du du 06/09/2023 au 1/10/2023)

## 5. Compagnonnage et formation

### 5.1. Principes et résultats du compagnonnage

Un des objectifs du « réseau des 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 2023, les suivis des Réserves de Petite Terre et de Saint-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. La Réserve Naturelle de Saint-Martin a également participé à la mise en œuvre des protocoles à Petite Terre et à Saint-Barthélemy. Pour la première fois, un agent de la réserve marine du Prêcheur en Martinique est venu se former aux protocoles sur le principe du compagnonnage.

**Tableau 16 : Composition des équipes de terrain en 2023**

	Réserve de Petite Terre (16-19 octobre 2023)	Réserve de Saint-Barthélemy (6-9 novembre 2023)
Julien Chalifour (RNSM)	X	X
Sébastien Gréaux (RNSB)	X	X
Sophie Le Loch' (RNPT)	X	
Jean-Claude Lalanne (RNPT)	X	X
Laurent Louis-Jean (PNR Martinique)	X	
Christelle Batailler (CREOCEAN)	X	
Béatrice De Gaulejac (CREOCEAN)		X
Sébastien Cnudde (CREOCEAN)	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 avait 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 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.

**Lors du suivi de 2023, le gestionnaire de la Réserve Naturelle du Prêcheur en Martinique est venu se former aux protocoles de suivis des réserves. L'objectif était d'avoir une vision d'ensemble des différents suivis réalisés conjointement au sein des réserves de Petite Terre, de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy dans le but de mettre en place, à terme, un suivi du milieu marin au sein de la Réserve Naturelle du Prêcheur.**

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

À 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 2007-2023 et met en avant les évolutions, mais également les points à surveiller pour la réserve.

En 2022, un nouveau format de poster a été proposé afin de rendre les données plus attractives. Ce même format a été utilisé en 2023.

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 pour la pérennisation et le renforcement du réseau.

Le document a été remis à la Réserve Naturelle de Petite Terre et comporte 4 posters :

- ▶ Station benthos « Passe » ;
- ▶ Station benthos « NE Passe » ;
- ▶ Station herbier « Terre de Haut » ;
- ▶ Station herbier « Terre de Bas ».

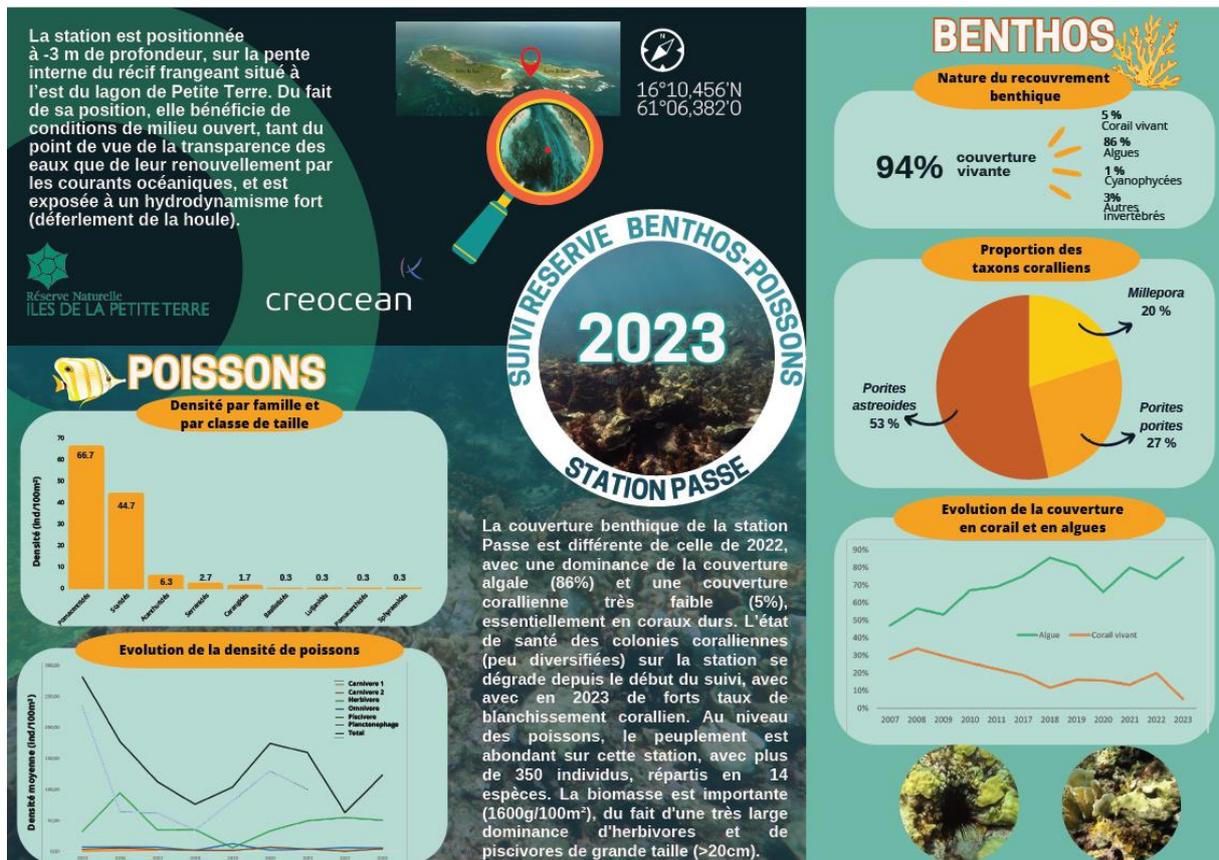


Figure 6-1 : Aperçu du poster de communication sur le suivi 2023 station benthos « Passe »

## 7. Perspectives

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

La présente étude s'inscrit dans la **16<sup>e</sup> 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.

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. 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<sup>re</sup> 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 ;
- ▶ Ajout d'une nouvelle station de suivi « cyanophycées » en amont du réseau de stations existant (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.

En 2023, la méthode de comptage de lambis par vidéo a été poursuivie et l'herbier de Terre de Haut a fait l'objet d'un suivi.

#### 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 Récif**. 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.

L'IFREMER a terminé (fin 2021) 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.

**En 2023, un travail de mise à jour de la base de données a été réalisé en complétant des données antérieures manquantes pour le benthos et en créant la nouvelle station Herbière – Terre de Bas (2022) dans le référentiel, en vue d'une bancarisation des données herbiers (en attente de création du contexte de bancarisation par l'IFREMER). En effet, cette bancarisation n'est actuellement possible que sur les données benthos et poissons qui sont à jour dans la base de données.**

**Le logiciel d'analyse de données R studio a été partiellement employé dans le cadre du rapport 2023. L'objectif sera, lors des prochains suivis, de réaliser l'intégralité des analyses via ce logiciel, qui permet une plus grande diversité d'analyse. Cet objectif est directement dépendant d'une bancarisation de toutes les données sur BD Récif ainsi que du temps suffisant pour coder les analyses.**

#### 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.

Cette méthode apparaît relativement adaptée aux fonds marins du lagon de Petite Terre, lorsque la profondeur dépasse 1 m. 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 herbière ;
- ▶ 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).
- ▶ Risque de prise en compte 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 pallier à cette limite.

Le matériel utilisé depuis 2021 (plongeur tracté sur planche de type manta-tow, avec lasers et caméra) paraît tout à fait adapté au suivi des lambis par caméra vidéo. **Des comptages *in situ* ont été faits en**

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

**2022 et 2023 lors de la réalisation des radiales, les résultats entre les deux méthodes sont proches et complémentaires.**

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 serait, à terme, d'optimiser le traitement vidéo afin de permettre la prospection d'autres radiales, par exemple sur les biocénoses hors du lagon pour enrichir les données.**

#### Suivi des températures

Les records de températures de 2023 ont été enregistrés grâce à la sonde de température. Ce constat souligne l'intérêt d'un tel dispositif dans un contexte climatique changeant. Les données acquises depuis 16 ans sont actuellement traitées selon les recommandations de la NOAA.

**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, il conviendrait de relever les sondes de température des réserves pour affiner cette alerte à une échelle locale permettant alors de mieux comprendre le processus de blanchissement et de suivre au plus près son impact éventuel (prévalence et mortalité). Pour cela, des sondes de température connectées pourraient être mises en place dans les différentes réserves (budget > 10 000 euros) ou bien augmenter la fréquence d'extraction des données *in situ*.

#### Campagnes de terrain 2024 :

Les campagnes de 2024 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

##### De manière générale :

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).

##### Suivi « herbiers » :

Les paramètres relevés semblent validés après 6 années de suivi. Toutefois de nouveaux indices ont été développés grâce à la thèse de F. Kerninon (2020). En 2023, en supplément des analyses déjà réalisées, l'estimation du pourcentage de recouvrement au sein de quadrats de 50 cm<sup>2</sup> a été réalisée et sera comparée dès lors qu'une seconde année de suivi sera effectuée (2024). Ce volet permet une prise en compte de l'espèce envahissante *Halophila stipulacea*, observée au sein des quadrats.

L'herbier de Terre de Haut, analysé en 2022, ne sera pas à analyser en 2023.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

#### **Suivis cyanophycées :**

Le suivi des 6 mouillages est à pérenniser, car il semblerait que les conditions soient au plus proche de celles des mouillages des excursionnistes.

La station témoin Lagon n'est 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 benthiques au sein des petits fonds du lagon.

#### **Suivis ichtyologiques :**

Une nouvelle méthode de suivi des populations ichtyologiques est en cours de développement au sein de CREOCEAN. Un outil innovant nommé TrackFish© devrait permettre 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 ichtyologiques et donc de fiabiliser le jeu de données.

Cet outil n'est à ce jour pas complètement opérationnel et ne pourra pas remplacer le comptage par des plongeurs naturalistes.

En termes de traitement des données, de nouvelles méthodes d'analyse pourront être développées à l'occasion du prochain suivi telles que l'estimation du niveau trophique moyen par station et par date. Chaque espèce, en fonction de ses habitudes alimentaires est classée plus ou moins haute dans la chaîne trophique. Des études basées sur les contenus stomachaux de chaque espèce a permis d'établir un niveau trophique moyen par espèce. Ainsi à l'échelle d'un site, il est possible d'établir le niveau trophique du site en pondérant les niveaux trophiques de chaque espèce présente par leur biomasse. Cet indicateur est particulièrement sensible aux pressions exercées par la pêche. Pour cela, une recherche bibliographique du niveau trophique moyen de chacune des 61 espèces cibles serait à prévoir.

## 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 (2022). Cartographie des biocénoses marines de la Réserve naturelle des îles de Petite-Terre, 79 pages.

CREOCEAN (2023). Suivi de l'état de santé de la Réserve Naturelle Marine de Petite Terre de 2022, 87 pages.

CREOCEAN (2022). Suivi de l'état de santé de la Réserve Naturelle Marine de Petite Terre de 2021, 100 pages.

CREOCEAN (2021). Suivi de l'état de santé de la Réserve Naturelle Marine de Petite Terre de 2020, 85 pages.

CREOCEAN (2019). Suivi de l'état de santé de la Réserve Naturelle Marine de Petite Terre de 2018, 83 pages

CREOCEAN (2018). Suivi de l'état de santé de la Réserve Naturelle Marine de Petite Terre de 2017, 90 pages.

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 Wilde Web electronic publication, [www.fishbase.org](http://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.

Gulf and Caribbean Fisheries Institute (2013) Using Fishery-independent Surveys to Estimate Densities of Queen Conch, *Strombus gigas*, Populations in St. Croix, U. S. Virgin Islands

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.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

HOEGH-GULDBERG O (1999) "Coral bleaching, Climate Change and the future of the world's Coral Reefs." Review, Marine and Freshwater Research, 50:839-866

KERNINON F. (2012) Premières actions de mise en place d'un réseau d'observation des herbiers de l'Otre-mer, mémoire de stage de Master 2, 93p. + annexes

KERNINON F. (2020) Développement d'outils méthodologiques pour le suivi et l'évaluation de l'état de santé des herbiers d'outre-mer français et de leur environnement, dans un contexte de pressions multiples. Thèse. 422 pp

KOPP D. (2007) Les poissons herbivores dans l'écosystème récifal des Antilles, Thèse de doctorat en Océanologie, Université des Antilles et de la Guyane, 198 pages + annexes

LAGOUY E. (2001) Les biocénoses benthiques des herbiers de Phanérogames marines du Grand Cul de Sac marin de Guadeloupe, Rapport de stage Maîtrise BOPE, université UAG, 36 pp.

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

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

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

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

Ove Hoegh-Guldberg (1999) , Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs

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. État 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. État 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. État 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. État 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. État 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.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

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 (5e 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. 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 Petite Terre constituent des sites importants pour la ponte des tortues marines.



Posternaque américaine (Dasyatis americana)



Iguane des Petites Antilles (Iguana delicatissima)

#### Patrimoine paysager :

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

#### Gestion :

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

Un plan de gestion sera élaboré afin de mener à bien ces différents objectifs.

#### Informations pratiques :

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



## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

### ANNEXE 2 : PROTOCOLE DE SUIVI

#### SUIVI DU BENTHOS RECIFAL

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

#### PARAMETRE N°1 : STRUCTURE DU PEUPEMENT BENTHIQUE

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

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

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

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

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

#### PARAMETRE N°2 : COUVERTURE EN MACROALGUES

Le plongeur n°2 réalise 10 quadrats (20 si on utilise des transects de 20m) de 25x25cm le long du transect de 10m établi par le plongeur n°1, avec un pas d'espace régulier de 1 mètre (c'est-à-dire tous les mètres). Le quadrat est disposé contre le mètre linéaire (à droite), un angle (toujours le même) du quadrat étant en face d'une graduation entière. Le recouvrement en macroalgues est évalué visuellement par quadrat selon les 5 classes du tableau suivant :

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

**Effort d'échantillonnage** : 1 quadrat de 25cm x 25cm par mètre linéaire de transect / 3,75m<sup>2</sup> au total.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### PARAMETRES N° 3 : RECRUTEMENT CORALLIEN

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

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

**Effort d'échantillonnage** : 1 quadrat de 50cm x 1m par mètre linéaire de transect / 30m<sup>2</sup> au total.

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

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

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

#### PARAMETRE N°5 : INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

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

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

Ces informations permettront :

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

#### PARAMETRE N°6 : BLANCHISSEMENT CORALLIEN

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

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

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

#### PARAMETRE N°7 : OURSINS DIADEMES

Le plongeur n°2 réalise 10 quadrats (20 si on utilise des transects de 20m) de 1x1cm le long du transect de 10m établi par le plongeur n°1, avec un pas d'espace régulier de 1 mètre (c'est-à-dire tous les mètres). Le quadrat est disposé contre le mètre linéaire (à droite), un angle (toujours le même) du quadrat étant en face d'une graduation entière. Le nombre d'oursins diadèmes est comptabilisé visuellement par quadrat.

**Effort d'échantillonnage** : 60 quadrat de 1m x 1m (60m<sup>2</sup>) par station, soit 10m<sup>2</sup> par transect de 10m.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### SUIVI DE L'ICHTYOFAUNE

##### PARAMETRE N°1 : IDENTIFICATION DES ESPECES CIBLES

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

Espèces	Paramètres		Régime trophique	Famille
	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 fucifer</i>	0,0135	3,043	Planctonophage	Serranidés
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0,0239	3,0825	Omnivore	Pomacentridés
<i>Stegastes adustus</i>	0,0328	2,86405	Omnivore	Pomacentridés
<i>Stegastes leucostictus</i>	0,0277	2,8711	Omnivore	Pomacentridés
<i>Stegastes planifrons</i>	0,0379	2,857	Omnivore	Pomacentridés
<i>Stegastes variabilis</i>	0,0328	2,86405	Omnivore	Pomacentridés
<i>Balistes vetula</i>	0,0109	3,23	Omnivore	Balistidés
<i>Melichthys niger</i>	0,0562	2,6534	Omnivore	Balistidés
<i>Cantherhines macrocerus</i>	0,0561	2,653	Omnivore	Monacanthidés
<i>Cantherhines pullus</i>	0,0683	2,563	Omnivore	Monacanthidés
<i>Chaetodon aculeatus</i>	0,022	3,1897	Carnivore1	Chaetodontidés
<i>Chaetodon capistratus</i>	0,0147	3,4301	Carnivore1	Chaetodontidés
<i>Chaetodon ocellatus</i>	0,0318	2,984	Carnivore1	Chaetodontidés
<i>Chaetodon striatus</i>	0,0222	3,14	Carnivore1	Chaetodontidés
<i>Holacanthus ciliaris</i>	0,0337	2,9	Carnivore1	Pomacanthidés
<i>Holacanthus tricolor</i>	0,0428	2,858	Carnivore1	Pomacanthidés
<i>Centropyge argi</i>	0,0601	2,692	Carnivore1	Pomacanthidés
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0,0345	2,968	Carnivore1	Pomacanthidés
<i>Pomacanthus paru</i>	0,0203	3,126	Carnivore1	Pomacanthidés
<i>Anisotremus surinamensis</i>	0,0059	3,3916	Carnivore1	Haemulidés
<i>Anisotremus virginicus</i>	0,0101	3,0813	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon aurolineatum</i>	0,0101	3,081	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon carbonarium</i>	0,0147	3,0559	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon chrysargyreum</i>	0,0106	3,0474	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0,013	3,034	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon plumieri</i>	0,0143	3,0502	Carnivore1	Haemulidés
<i>Haemulon sciurus</i>	0,0139	3,0742	Carnivore1	Haemulidés
<i>Bodianus rufus</i>	0,0144	3,0532	Carnivore1	Labridés
<i>Lachnolaimus maximus</i>	0,0203	2,988	Carnivore1	Labridés
<i>Lutjanus analis</i>	0,0113	3,05	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Lutjanus apodus</i>	0,0211	2,9261	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Lutjanus griseus</i>	0,0202	2,8928	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Lutjanus jocu</i>	0,0158	2,998	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Lutjanus mahogoni</i>	0,0429	2,719	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Lutjanus synagris</i>	0,0159	2,9561	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0,0185	2,8015	Carnivore2	Lutjanidés
<i>Aulostomus maculatus</i>	0,004	2,866	Piscivore	Aulostomidés
<i>Cephalopholis cruentata</i>	0,0121	3,082	Piscivore	Serranidés
<i>Cephalopholis fulva</i>	0,0174	3	Piscivore	Serranidés
<i>Epinephelus adscensionis</i>	0,0153	3	Piscivore	Serranidés
<i>Epinephelus guttatus</i>	0,0111	3,112	Piscivore	Serranidés
<i>Epinephelus striatus</i>	0,0052	3,3	Piscivore	Serranidés
<i>Sphyaena barracuda</i>	0,0038	3,0859	Piscivore	Sphyaenidés
<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

**Effort d'échantillonnage** : 300m<sup>2</sup> échantillonnés par station, avec une attention particulière portée sur la présence ou non de l'espèce invasive *Pterois volitans* : la rascasse volante ou poisson lion.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

#### PARAMETRE N°2 : ABONDANCE

Chaque plongeur comptabilise les individus appartenant aux espèces cibles identifiées.

**Effort d'échantillonnage** : 300m<sup>2</sup> échantillonnés par station.

#### PARAMETRE N°3 : TAILLE

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

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

**Effort d'échantillonnage** : 300m<sup>2</sup> échantillonnés par station.

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

La biomasse est estimée à partir de l'évaluation des longueurs en utilisant la relation LENGTH-WEIGHT (longueur-poids) :  $W = aL^b$  Pour chaque espèce (ou espèce proche), les valeurs des constantes a et b ont été recherchées dans la bibliographie. Enfin, la surface échantillonnée est également prise en compte et la biomasse est exprimée en g/100m<sup>2</sup>.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### SUIVI DES HERBIERS

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

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

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

#### A- RELEVÉ DES PARAMETRES DESCRIPTIFS GLOBAUX DE LA RADIALE

Le plongeur réalise les observations des paramètres suivants le long de la radiale de 50m, sur une bande d'environ 1 mètre de large. Une valeur d'indice globale par paramètre est attribuée pour l'ensemble de la radiale (50 m<sup>2</sup>). On obtient alors 3 valeurs d'indice par station.

#### PARAMETRE N°1 : EPIBIOSE

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

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



## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### PARAMETRE N°2 : RELIEF DE L'HERBIER

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

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

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



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

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

- 0 : pas ou très d'algues dérivantes ou de débris de feuilles de phanérogames.
- 1 : mélange d'algues dérivantes et de débris de feuilles de phanérogames (quelques m<sup>2</sup>).



## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### PARAMETRE N°4 : PRESENCE DE CYANOBACTERIE

La présence de cyanobactéries s'étendant en couche ou en tache colorées souvent brun rouille de plusieurs dizaines de cm<sup>2</sup> sur le sédiment ou sur les herbiers eux-mêmes est un signe fort de surcharge du milieu en matière organique voire d'eutrophisation, lorsqu'elles deviennent abondantes.

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



#### PARAMETRE N°5 : BIOTURBATION

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

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



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

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

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

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

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

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

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

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

#### Codage :

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

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

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

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



#### C- RELEVES SUR QUADRATS

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

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### PARAMETRE N° 7 : DENSITE DES PLANTS

Le plongeur réalise le comptage du nombre total de faisceaux de feuilles de *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* dans 10 quadrats de 10 x 20 cm le long de chaque radiale.

**Effort d'échantillonnage** : 30 quadrats de 10 cm x 20 cm, soit 0,6 m<sup>2</sup> par station.

#### PARAMETRE N°8 : LONGUEUR DES FEUILLES

La longueur de 10 feuilles les plus longues de plants pris au hasard (mais non « broutés ») et appartenant à des plants différents (1 feuille par plant) est mesurée depuis leur base jusqu'à leur extrémité, pour chaque radiale. Les plants mesurés sont répartis dans au moins 3 quadrats sur la radiale.

Les mesures sont réalisées pour les espèces *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*.

La présence de signes de broutage de l'herbier est notée. Dans le cas où pratiquement toutes les extrémités des feuilles sont cassées/broutées, la valeur de la longueur du faisceau sera complétée par la mention « C » pour « Cassée » pour en tenir compte ensuite dans les interprétations des données.

**Effort d'échantillonnage** : 30 mesures dans au moins 9 quadrats de 10 cm x 20 cm, soit au moins 0,18 m<sup>2</sup> par station.

### C- PARAMETRES COMPLEMENTAIRES DE L'HERBIER

#### PARAMETRE N°9 : MEGAFaUNE ASSOCIEE A L'HERBIER

Le plongeur compte les individus des espèces d'oursins, nacres, étoiles de mer et lambis sur 2 mètres le long de la radiale (1 m de part et d'autre du ruban).

**Effort d'échantillonnage** : 300 m<sup>2</sup> échantillonnés par station (3 radiales x 100 m<sup>2</sup>).

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

Principe : Il est important de caractériser le sédiment dans l'herbier et hors de l'herbier (sédiment nu dans les interpatches). L'herbier, ayant une action facilitant la sédimentation, sera toujours plus « envasé » que le sable nu à proximité.

Le plongeur prélève une ou quelques poignées de sédiment et le laisse se redéposer sur le fond afin de situer le sédiment à l'échelle globale de la radiale dans un des types suivants.

Une valeur d'indice est attribuée pour l'ensemble de la radiale pour l'herbier ET une autre pour le sédiment nu.

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

#### PARAMETRE N°11 : RECOUVREMENT EN PHANEROGAMES

Le recouvrement en phanérogames est un paramètre nouvellement intégré dans le suivi de la DCE sur base des travaux de Fanny Kerninon (Kerninon, 2020). Ce paramètre a été relevé pour la 1ère fois en 2023 afin de tester son application et sa pertinence dans le cadre du suivi réserve. Ce paramètre est relevé par la réalisation de 10 quadrats de 50x50cm par transect soit 30 quadrats par site dans lequel est estimé :

- Le recouvrement de chaque espèce de phanérogames ;
- Le recouvrement en algues ;
- La part de substrat nu.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

#### SUIVI DES LAMBIS

##### SUIVI DES LAMBIS A L'ECHELLE DE LA STATION

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

##### **PARAMETRE N°1 : DENSITE DE LAMBIS**

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

**Effort d'échantillonnage** : 300 m<sup>2</sup> échantillonnés par station (3 radiales x 100 m<sup>2</sup>).

##### **PARAMETRE N°2 : TAILLE DES LAMBIS**

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

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

**Effort d'échantillonnage** : 300 m<sup>2</sup> échantillonnés par station (3 radiales x 100 m<sup>2</sup>).

##### **PARAMETRE N°3 : PREVALENCE MORTALITE**

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

**Effort d'échantillonnage** : 300 m<sup>2</sup> échantillonnés par station (3 radiales x 100 m<sup>2</sup>).

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

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

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

##### **PHASE TERRAIN :**

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

- La position GPS des transects réalisés est relevée.
- Dans la mesure du possible, les transects présentent une profondeur constante afin de minimiser les variations d'altitude de la caméra et sont réalisés face au courant, par temps calme.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

- Une personne visionne en temps réel les images sur l'écran de contrôle afin de donner des indications à une 2<sup>ème</sup> personne qui règle l'altitude de la caméra.
- L'altitude optimale de la caméra est d'environ 1 m au-dessus du fond.
- Le bateau (embarcation légère) avance à vitesse réduite (1 nœud environ) afin de disposer d'images nettes et précises.

#### ANALYSE DES DONNEES VIDEO :

- Lors d'un 1<sup>er</sup> visionnage des images à vitesse réduite, les lambis sont recensés. Le temps sur la vidéo correspondant à l'observation est notée pour chaque individu. Selon la qualité de l'observation, le stade de développement de chaque individu est recensé :
  - Juvénile : le pavillon n'est pas formé (taille environ >10 cm),
  - Sub-adulte : pavillon en formation (taille entre 10-20 cm),
  - Adulte : individu massif au pavillon bien formé, érosion de la coquille (taille >20cm),
  - Indéterminé : impossible de définir, mauvaise visibilité.

Lorsqu'il est possible de déterminer avec certitude qu'il s'agit d'un individu mort, l'information est notée en complément. Il est toutefois difficile de distinguer les coquilles vides des lambis vivants sur les images vidéo (excepté par exemple quand l'ouverture de la coquille est orientée vers le haut).

- Lors du 2<sup>nd</sup> visionnage à vitesse normale, la surface échantillonnée est calculée à l'aide des repères constitués par les faisceaux lasers :
  - définition et écartement des séquences non interprétables du transect,
  - division du film en tronçons de largeur de champ donnée (en fonction des variations d'altitude de la caméra),
  - calcul des largeurs de champs et de la longueur de chaque tronçon (en fonction de la vitesse moyenne d'exploration et la durée en min des tronçons),
  - calcul de la superficie de chaque tronçon et de la superficie totale échantillonnée par transect.
- Enfin, les densités pour chaque transect sont calculées sur la base du recensement et des calculs de superficie réalisés.

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

### SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

---

#### SUIVI DE LA TEMPERATURE DES EAUX

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

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

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

## RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE

SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA RESERVE NATURELLE DE PETITE TERRE - 2023

### ANNEXE 3 : 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	2023	Date de suivi 2023
GCSM	Fajou	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C																		
	Caret Nord-Ouest	hors réserve	Benthos, Ichtyo																		
	Passé à Colas	réserve	Herbiers, Lambis																		
	Sud Carat	hors réserve	Herbiers, Lambis																		
	Passé	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C																		
Petite Terre	Passé nord-est	réserve	Benthos, Ichtyo																		
	Terre de Haut	réserve	Herbiers, Lambis																		
	Terre de Bas	réserve	Herbier																		
	Terre de Bas	réserve	Radiales lambis																		
	Colombier	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C																		
Saint Barth	Le Bœuf	hors réserve	Benthos, Ichtyo																		
	Mariot	réserve	Herbiers																		
	Pointe Milou	hors réserve	Radiales ambis																		
	Petit-Cul-de-Sac	réserve	Herbiers																		
	Bonhomme	hors réserve	Herbiers																		
	Bonhomme	hors réserve	Radiales lambis																		
	Chicot	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C																		
Saint Martin	Fish Point	hors réserve	Benthos, Ichtyo																		
	Rocher Pélican	réserve	Benthos, Ichtyo																		
	Rocher Créole	réserve	Herbiers, Lambis																		
	Grand Case	hors réserve	Herbiers, Lambis																		
	Ilet Pinel	réserve	Herbiers, Lambis																		





**creocean**

Environnement & océanographie

[www.creocean.fr](http://www.creocean.fr)



**keran**

Des hommes, une planète

[GROUPE KERAN](#)