

RAPPORT

Suivi de l'état de santé des Réserves Naturelles Marines de Guadeloupe et Saint-Barthélemy

Etat des lieux 2016 et évolution 2007-2016

Février 2017

Réserves naturelles de Petite Terre et Saint-Barthélemy



CLIENT

RAISON SOCIALE	Association Titè	Réserve Naturelle de Saint-Barthélemy
COORDONNÉES	Réserves Naturelles de la Désirade Capitaineries 97127 La Désirade Tel. : 05 90 21 29 93	Agence Territoriale de l'Environnement de Saint-Barthélemy Quai de la République Gustavia BP 683 97133 Saint-Barthélemy
INTERLOCUTEUR	Eric DELCROIX Tél. : 05 90 21 29 93 / 06 90 34 97 55 E-mail : ericdelcroix.rnpt@gmail.com	Sébastien GREAUX Tél. : 05 90 27 88 18 / 06 90 70 45 94 E-mail : sebastien.greaux@agence-environnement.fr

CRÉOCÉAN

COORDONNÉES	CREOCEAN ANTILLES-GUYANE 7, rue Amédée Fengarol Arnouville 97170 Petit-Bourg Tél. : 05 90 41 16 88 / Fax : 05 90 26 57 82 E-mail : caraibes@creocean.fr
INTERLOCUTEUR	Christelle BATAILLER Tél. : 05.90.41.16.88 / 06 90 39 03 88 E-mail : batailler@creocean.fr

RAPPORT

TITRE	Suivi de l'état de santé des Réserves Naturelles Marines de Guadeloupe et Saint-Barthélemy
NOMBRE DE PAGES	114
NOMBRE D'ANNEXES	2
OFFRE DE RÉFÉRENCE	16258 (RNPT) / 16183 (RNSB)
N° COMMANDE	Bon pour accord du 13/06/16 (RNPT) et 06/06/16 (RNSB)

SIGNATAIRE

RÉFÉRENCE	DATE	RÉVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA RÉVISION	RÉDACTEUR	CONTRÔLE QUALITÉ
160735 160529	1302/17	Édition 1		BATAILLER Christelle	DE GAULEJAC Béatrice

Sommaire

1. Contexte et objectifs de l'étude.....	5
2. Présentation des sites d'étude – Plan d'échantillonnage.....	7
2.1. Réserve de Petite Terre	7
2.2. Réserve de Saint-Barthélemy	10
2.3. Réserve de Saint-Martin	12
2.4. Secteur marin du Parc National de la Guadeloupe	12
2.5. Planning de réalisation des campagnes de suivi	12
3. Méthodologies	13
3.1. Protocoles et paramètres	13
3.2. Traitement et interprétation des données	15
4. Résultats sur les stations de suivi de la Réserve de Petite Terre.....	18
4.1. Les peuplements benthiques.....	18
4.2. Les peuplements ichtyologiques	24
4.3. Herbiers et mégafaune associée	32
4.4. Conclusions.....	38
4.5. Suivi spécifique des lambis par vidéo tractée à l'échelle du lagon	40
4.6. Suivi des cyanophycées.....	47
5. Résultats sur les stations de suivi de la Réserve de Saint-Barthélemy	51
5.1. Les peuplements benthiques.....	51
5.1.1. Etat de santé en 2016 et évolution sur la période 2007-2016	51
5.1.2. Comparaison entre stations « en réserve » et « hors réserve »	57
5.2. Les peuplements ichtyologiques	58
5.2.1. Etat de santé en 2016 et évolution sur la période 2007-2016	58
5.2.2. Comparaison entre stations « en réserve » et « hors réserve »	65
5.3. Herbiers et mégafaune associée	67
5.4. Conclusions.....	73
6. Suivi de la température	74
6.1. Le phénomène de blanchissement corallien et la méthode utilisée pour évaluer son risque	74
6.2. Risque de blanchissement pour la saison 2015 / 2016 : données NOAA.....	76
6.3. Evaluation du risque de blanchissement à partir des données de température collectées dans le cadre du suivi des réserves naturelles	78

7. Compagnonnage et formation.....	80
7.1. Principes et résultats du compagnonnage.....	80
7.2. Bilan sur la formation / Echange des personnels impliqués	81
8. Communication : posters destinés au grand public / décideurs	81
9. PERSPECTIVES	82
BIBLIOGRAPHIE	89

1. Contexte et objectifs de l'étude

Dans le cadre de ses missions, la **DEAL (ex-DIREN) 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 CREOCOAN)**, 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 2015, 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. En 2013, suite aux préconisations réalisées dans le cadre du TIT (Thème d'Intérêt Transversal) « RESOBS » de l'IFRECOR (C. Hily, F. Kerninon), et après validation de la DEAL et des différentes AMP, des modifications ont été apportées au protocole de suivi des herbiers et de nouveaux indicateurs ont été relevés. Parallèlement, le réseau de suivi de la température des eaux sur chaque station en réserve a été pérennisé.

Le suivi est mis en œuvre de manière continu au sein de la Réserve de Petite Terre depuis 2007. De 2013 à 2015, le suivi n'a pas été mis en œuvre dans la Réserve Naturelle de Saint-Barthélemy. Les gestionnaires ont toutefois souhaité sa remise en place en 2016. Ce nouveau suivi a pour objectif d'actualiser les données (dont les dernières datent de 2012), sur l'état de santé des peuplements de ces stations.

En 2015 et 2016, la RN de Saint-Martin n'a pas été en capacité financière de mettre en œuvre le suivi 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. Elle a par ailleurs assuré la collecte des données en interne en 2015 et 2016 dans l'attente de leur traitement, afin d'éviter un trou dans le jeu de données.

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

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

Les objectifs spécifiques sont de:

- ▶ Collecter des données actualisées sur l'état de santé des peuplements sur les zones littorales classées en réserve naturelle marine (coraux, poissons, herbiers, lambis) ;
- ▶ Collecter des données sur des stations comparatives hors réserve (communautés coralliennes benthiques dans un premier temps), afin d'évaluer un éventuel « effet réserve »,
- ▶ Suivre la température sur une station de suivi récifale ;

- ▶ Alimenter des bases de données pour sécuriser les données terrain (CoReMo3) ;
- ▶ Fournir un rapport d'étude synthétisant les résultats sur chaque réserve (avec des tests statistiques pour, le cas échéant, mettre en avant « l'effet réserve » et 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.

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

En 2016, seules les Réserves Naturelles de Saint-Martin et Petite-Terre ont fait l'objet du suivi annuel dans la cadre du réseau. La Réserve Naturelle de Saint-Martin a assuré la collecte des données de terrain en interne en attendant leur traitement. Les sites d'études des différentes AMP sont présentés ci-dessous pour rappel. Les délimitations et les principales caractéristiques de ces réserves naturelles sont présentées en annexe 1.

2.1. Réserve de Petite Terre

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

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

- ▶ La station de suivi des peuplements benthiques (**station Passe**) est positionnée à -3 m de profondeur, sur la pente externe du récif frangeant situé à l'est du lagon de Petite Terre. De par sa position, elle bénéficie de conditions de milieu ouvert, tant du point de vue de la transparence des eaux que de leur renouvellement par les courants océaniques, et est exposée à un hydrodynamisme fort (déferlement de la houle). Le transect de suivi démarre hors de la zone protégée interdite d'accès mais le dernier tiers du transect de 60 m se situe dans ce périmètre.
- ▶ La station de suivi des herbiers (**station Terre de Haut**) est positionnée à -2 m, à l'entrée du lagon, au sud-ouest de Terre de Haut. La station est globalement caractérisée par un substrat sableux. Des mouvements sédimentaires importants ont pu être constatés depuis 2007. En 2013 et 2014, l'herbier est apparu majoritairement ensablé, plus particulièrement dans sa partie est. De par sa position, la station bénéficie de conditions de milieu favorables, tant du point de vue de la transparence des eaux que de leur renouvellement par les courants «lagonaires». L'exposition à la houle dominante (est) est très faible, mais elle peut être exposée aux houles d'ouest.
- ▶ En 2015, une station complémentaire de suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques a été implantée dans l'enceinte de la Réserve. Cette station de suivi des peuplements benthiques (**station Nord-est Passe**) est située à -4 m de profondeur, à une distance d'environ 60 m au nord-est de la station Passe. Les conditions de milieu sont similaires, avec une influence du courant toutefois plus marquée. La zone concernée est située hors du périmètre interdit (au nord-est de celui-ci) mais est a priori non fréquentée par les visiteurs de la Réserve compte tenu de son éloignement de l'île de Terre de Bas et des conditions de courant contraignantes, contrairement à la station Passe. Son emplacement avait été initialement choisi afin de comparer l'évolution des peuplements avec celle de la station Passe, soumise à la fréquentation avant la mise en place du périmètre interdit.
En 2015, 5 des 6 transects de 10 m (transects n° 2 à 6 : marque 10-60 m) avaient été positionnés sur une zone corallienne et le 6^{ème} transect de 10 m (transect n° 1 : marque 0-10 m) avait été implanté à une dizaine de mètres au sud. En 2016, il a été possible de positionner les 6 transects les uns à la suite des autres. Un fer à béton matérialise le transect à 10 m de son démarrage.

Tableau 1 - Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2016

Zone géographique	Station	Statut	Type de suivi en 2016	Latitude	Longitude
Petite Terre	Passe	Réserve	Benthos, Ichtyo, T°C	16°10,456'N	61°06,382'O
	NE Passe	Réserve	Benthos, Ichtyo	16°10,466'N	61°06,350'O
	Terre de Haut	Réserve	Herbiers, Lambis, ...	16°10,573'N	61°06,717'O

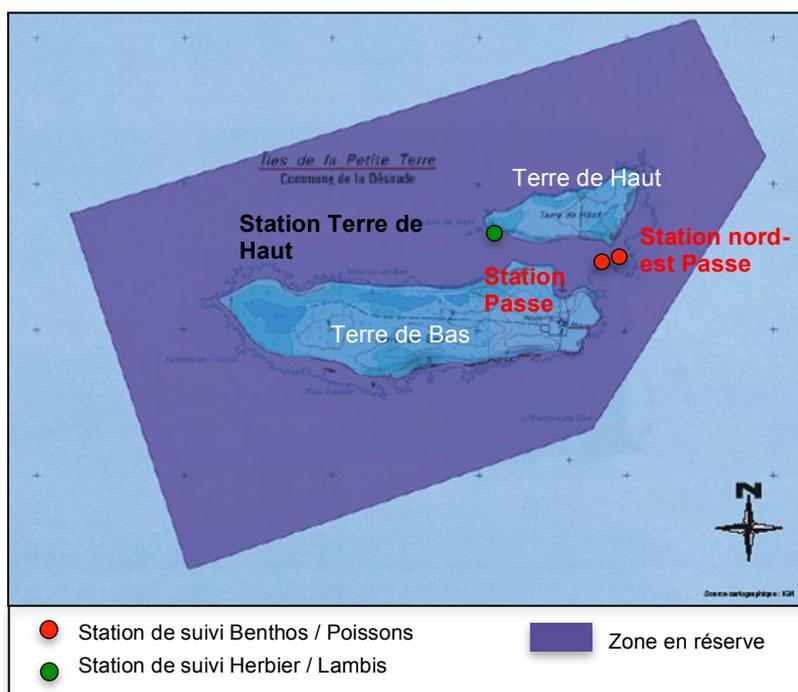


Figure 1 - Stations de suivi pour la Réserve Naturelle de Petite Terre - La Désirade



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

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

En 2014, seuls quelques piquets avaient été retrouvés. Les radiales avaient alors été positionnées dans la mesure du possible au plus proche de celles installées en 2013 et en fonction de la localisation de l'herbier en 2014. Les coordonnées GPS de début, fin et changement d'orientation des radiales ont été relevées (Tableau 2). En 2015 et 2016, sur la base des coordonnées relevées, un agent de la RNPT (J. Athanase) a pu contrôler et optimiser la matérialisation des sous-stations en amont du suivi.

La position des 3 radiales est présentée ci-dessous :



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

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

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				

2.2. Réserve de Saint-Barthélemy

Actuellement, le réseau de stations de suivi de la RNSB se compose de 4 stations, situées à l'est et au nord de l'île (Figure 4).

- ▶ La station « benthos/poissons » en Réserve « **Colombier** » est positionnée à -15 mètres, sur un haut fond rocheux situé à l'est de l'Anse Colombier. La station se trouve sur le sommet d'une échine rocheuse, bordée à l'est par un tombant en pente accore (environ 5 mètres de hauteur), et à l'ouest par une arrête rocheuse d'une hauteur de 10 m, culminant à 5 mètres sous la surface.
- ▶ En 2009, une station « hors réserve » de suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques a été implantée à « **Le Bœuf** », à environ 1,6 km au nord-ouest de la station de Colombier, à proximité de la Roche Le Bœuf, sur un fond de -12 mètres. La station se trouve sur le sommet d'une échine rocheuse en forme d'ellipse, entourée d'un tombant en pente accore (environ 5 mètres de hauteur).

Ces stations bénéficient de conditions de milieu ouvert, tant du point de vue de la transparence des eaux que de leur renouvellement par les courants orientés vers l'ouest qui peuvent être assez soutenus.

- ▶ La station de suivi des herbiers « **Marigot** » est positionnée à -5 mètres, au centre de la Baie de Marigot sur la côte au vent. La station est caractérisée par un substrat sablo-vaseux (révélateur d'apports terrigènes) et une eau trouble probablement due à de forts apports turbides. De par sa position, la station bénéficie de conditions hydrodynamiques modérées. L'exposition à la houle est faible.

Dans le cadre des ajustements du protocole de suivi herbier adoptés en 2013, 3 sous-stations de suivi ont été implantées en 2016 au sein de l'herbier de Marigot (3 radiales de 50 m) en suivant une orientation côte-large. Début et fin de radiale ont été matérialisés à l'aide de piquets et de flotteurs. Les coordonnées GPS de début de radiale ont été relevées et le cap des radiale est connu (perpendiculaire à la côte). Leur position est présentée sur la Figure 5.

En 2010, sur la base de recherches bibliographiques et des connaissances des gestionnaires de la Réserve, une prospection en « Manta Tow » a été réalisée sur différents sites, dans le but d'identifier un site « herbier » hors réserve. Malgré ces efforts, aucun herbier n'a pu être repéré hors réserve. Un site connu pour être exploité par les pêcheurs de lambis a cependant été investigué : Pointe Milou.

Le suivi de ces stations dans le cadre du réseau n'a pas été réalisé entre 2013 et 2015, selon la volonté du gestionnaire de l'époque.

Tableau 3 - Coordonnées géographiques des stations suivies à Saint-Barthélemy en 2016

Zone géographique	Station	Statut	Type de suivi en 2016	Latitude	Longitude
Saint-Barthélemy	Colombier	Réserve	Benthos, Ichtyo, T°C	17°55,495'N	62°52,785'O
	Le Bœuf	Hors réserve	Benthos, Ichtyo	17°55,792'N	62°53,649'O
	Marigot	Réserve	Herbiers, Lambis, ...	17°54,760'N	62°48,462'O

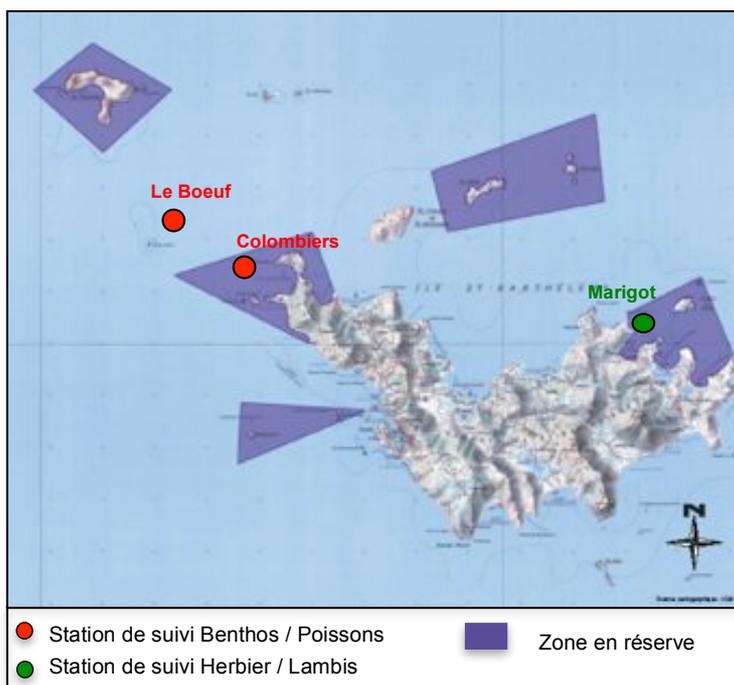


Figure 4 - Stations de suivi pour la Réserve Naturelle de Saint-Barthélemy

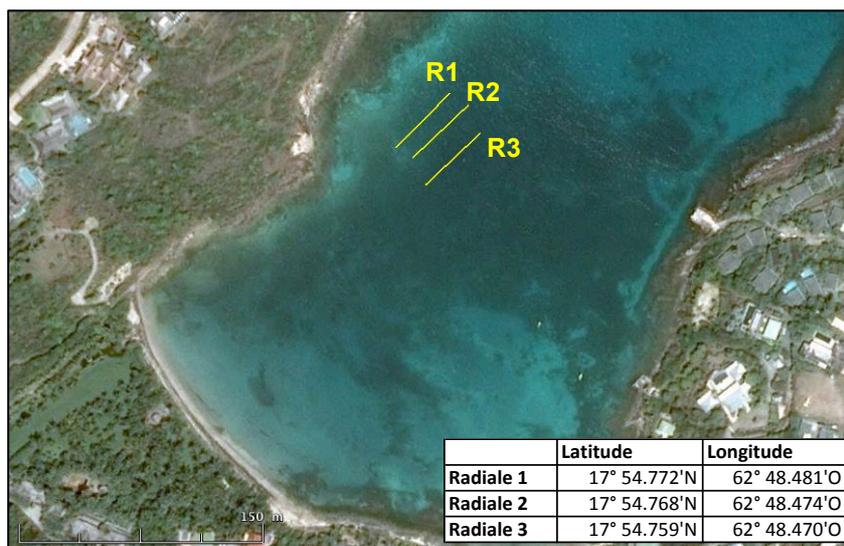


Figure 5 - Position des 3 sous-stations de suivi au sein de l'herbier de Saint-Barthélemy (d'après Google Earth, 2014) et coordonnées des débuts de radiale

2.3. Réserve de Saint-Martin

Le réseau de stations de suivi de la RNSM se compose actuellement de 6 stations.

Les stations « en réserve » se situent sur le **Rocher Créole** (suivi herbier) et à **Chicot** près de l'îlet Tintamarre (suivi benthos et poissons). Dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur l'Eau en Guadeloupe, les 2 stations de suivi « en réserve » ont par la suite été choisies et validées comme **stations de surveillance** (benthos et herbier) pour la masse d'eau côtière de Saint-Martin (FRIC10), afin de valoriser les réseaux existants.

Respectivement en 2009 et 2010, 2 stations de suivi « hors réserve » ont été implantées à **Fish Point** (suivi benthos et poissons) et **Grand Case** (herbier), à l'ouest de la réserve.

Afin d'augmenter la représentativité spatiale du suivi « réserve » (suite aux recommandations du rapport 2011), 2 stations de suivi supplémentaires ont été implantées en 2012 dans l'enceinte de la Réserve : **Rocher Pélican** (suivi benthos et poissons) et **Ilet Pinel** (suivi herbier). Le site de l'Ilet Pinel est très fréquenté tandis que la station de Rocher Pélican présente des peuplements marins dégradés, exposés au braconnage.

Le suivi de ces stations dans le cadre du réseau n'a pas été réalisé en 2016. La Réserve Naturelle de Saint-Martin a toutefois assuré la collecte des données de terrain en interne. Les données récoltées ne sont pas intégrées à la présente étude.

2.4. Secteur marin du Parc National de la Guadeloupe

4 stations sont suivies depuis 2007 dans le cadre du réseau des Réserves.

Les données récoltées depuis 2011 en régie par le Parc National de Guadeloupe ne sont pas intégrées à la présente étude. Aucune analyse des données n'a donc été réalisée (les dernières analyses et discussions concernant le Parc Naturel de Guadeloupe figurent dans le rapport de 2010).

2.5. Planning de réalisation des campagnes de suivi

Les différents suivis réalisés depuis 2007 sur l'ensemble des stations mises en place par les acteurs du réseau ainsi que les dates de suivi en 2014 sont résumés dans le Tableau 4.

Tableau 4 - Chronologie des suivis sur les stations des AMP depuis 2007, et dates de suivi en 2016

Zone géographique	Station	Statut	Type de suivi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Dates de suivi en 2016
GCSM	Fajou	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	-
	Caret Nord-Ouest	hors réserve	Benthos, Ichtyo				I	I	I	I	I	I	I	-
	Passé à Colas	réserve	Herbiers, Lambis											-
	Sud Caret	hors réserve	Herbiers, Lambis											-
Petite Terre	Passé	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	20/09/16
	Passé nord-est	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C									I	I	20/09/16
	Terre de Haut	réserve	Herbiers, Lambis											19/09/16
Saint Barth	Colombier	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I				I	27/09/16
	Le Bœuf	hors réserve	Benthos, Ichtyo			I	I	I	I				I	26/09/16
	Marigot	réserve	Herbiers, Lambis											27/09/16
	Pointe Milou	hors réserve	Lambis											
Saint Martin	Chicot	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	I	I	-
	Fish Point	hors réserve	Benthos, Ichtyo			I	I	I	I	I	I	I	I	-
	Rocher Pélican	réserve	Benthos, Ichtyo						I	I	I	I	I	-
	Rocher Créole	réserve	Herbiers, Lambis											-
	Grand Case	hors réserve	Herbiers, Lambis											-
	Ilet Pinel	réserve	Herbiers, Lambis											-

 Suivis opérés

 I Ajout suivi ichtyofaune

 Suivi réalisé sans la participation de Pareto/Créocéan, ne faisant pas l'objet d'un rapport à l'heure actuelle

3. Méthodologies

3.1. Protocoles et paramètres

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

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

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

Suivi des peuplements benthiques coralliens et de l'ichtyofaune

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

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

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

Suivi des Herbiers et paramètres associés (depuis 2013)

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

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

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

► **Le suivi de paramètres complémentaires** permettant d'appréhender l'état de santé global de l'herbier :

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

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

Dans le cadre du présent suivi, seules les distances de sable nu entre 2 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 < 50 cm sur les stations échantillonnées.

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

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

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

Suivi des Lambis (depuis 2013)

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

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

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

2016¹, le suivi des lambis par vidéo tractée a de nouveau été mis en œuvre. Le suivi des lambis au niveau de la station a également été réalisé dans le cadre du suivi de la macrofaune de l'herbier.

Le Tableau 5 présente les différents paramètres suivis pour chaque paramètre cible. Les protocoles détaillés pour l'ensemble des paramètres sont présentés en annexe 2.

Tableau 5 - Paramètres suivis jusqu'en 2012 et à partir de 2013 dans le cadre du réseau des Réserves

Cible	Paramètres suivis en 2012	Paramètres suivis à partir de 2013
✓ Benthos récifal	<ul style="list-style-type: none"> - Structure des peuplements benthiques - Couverture en macroalgues - Recrutement corallien - Etat de santé général - Blanchissement corallien - Densité en Oursins diadèmes 	
✓ Ichtyofaune	<ul style="list-style-type: none"> - Espèces cibles - Abondance - Biomasse 	
✓ Herbiers	<ul style="list-style-type: none"> - Densité : <i>T. testudinum</i> , <i>S. filiforme</i> - Longueur des feuilles : <i>T. testudinum</i> - Etat de santé général 	<ul style="list-style-type: none"> - Densité : <i>T. t.</i> , <i>S. f.</i> - Longueur des feuilles : <i>T. t.</i> , <i>S. f.</i> - Etat de santé général - Epibiose, - Relief de l'herbier, - Macrophytes non fixées, - Cyanobactéries, - Bioturbation - Taux de fragmentation / mitage - Mégafaune associée - Caractéristique du substrat dans et hors herbier
✓ Lambis	<ul style="list-style-type: none"> - Densité - Taille - Mortalité 	<ul style="list-style-type: none"> - Densité → dans le cadre du suivi de la mégafaune associée - Taille - Mortalité → par vidéo tractée (RNPT)
✓ Température	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi horaire 	

3.2. Traitement et interprétation des données

L'ensemble des données (exceptés la densité en oursins diadèmes, les longueurs de feuilles et les paramètres associés dont les lambis pour les herbiers) a été bancarisé dans CoReMo3. La base de données ainsi que le logiciel sont fournis aux différentes réserves en complément de ce présent rapport. Une notice explicative pour l'utilisation et l'exploitation de la BDD sous CoReMo3 est jointe au logiciel et à la BDD.

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

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

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

2 aspects ont été étudiés :

- ▶ L'évolution temporelle des stations de suivi entre 2007 et 2016 ;
- ▶ La caractérisation d'un éventuel effet réserve, uniquement pour la réserve de Saint-Barthélemy (pas de station hors réserve à Petite terre) : comparaison réserve / hors réserve (données depuis 2009). Pour cette dernière, l'accent a été mis sur les paramètres les plus pertinents et où une comparaison était possible. Ainsi, par exemple, du fait du trop faible nombre d'occurrences, aucune comparaison n'a pu être réalisée sur les recrues coralliennes, la densité d'oursins ou de lambis.

Evolution temporelle des stations de suivi

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

L'analyse temporelle entre l'année de départ (2007 ou 2009 selon les stations) et l'année 2016 a été réalisée par une ANOVA (Analyse de Variance) à un facteur, dans le cas de données paramétriques (Test de Normalité et/ou échantillons >30). Dans le cas contraire (N échantillons <30, distribution non normale des données), un test non paramétrique a été appliqué aux données.

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

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

Comparaison en réserve / hors réserve

Il s'agit d'analyser si des différences significatives ont été observées entre les données des stations hors réserve et celles à l'intérieur, en se basant sur la totalité des données acquises entre l'année de référence et 2016. Il s'agit donc d'effectuer une comparaison de moyennes de chaque paramètre retenu entre deux stations (Réserve et Hors Réserve). Pour chacun des paramètres, un graphique de type « Boxplot » a été réalisé en faisant apparaître la moyenne, médiane, etc. Un test de normalité a été réalisé au préalable afin de déterminer la nature des tests à réaliser par la suite.

L'évaluation de la significativité a été réalisée par un Test T de Student dans le cas où les données étaient homogènes (Test de Normalité) ; dans le cas contraire, un test non paramétrique a été appliqué aux données (test de Mann-Whitney).

En raison de caractéristiques de milieu très différentes sur chaque réserve, aucune comparaison entre réserves n'a été réalisée.

Les paramètres, tant pour caractériser l'évolution temporelle des stations que pour comparer les stations en réserve / hors réserve ont été choisis dans une optique de mise en avant des résultats les plus marquants et essentiels pour la bonne gestion d'une réserve. Ainsi, les paramètres issus de ce rapport sont en partie inspirés du programme PAMPA (Indicateurs de la Performance des AMP pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usages).

Le Tableau 6 liste les paramètres pris en compte pour l'analyse de l'évolution temporelle, et la comparaison réserve/hors réserve pour chacun des peuplements étudiés (peuplements benthiques sessiles et vagiles, peuplements ichtyologiques).

Tableau 6 - Paramètres d'évaluation de l'évolution spatio-temporelle d'un même secteur

Peuplements	Paramètres	Evolution temporelle des stations de suivi (comparaison 2007 à 2014)	Comparaison entre les stations de suivi
Peuplement récifal	Corail vivant	X	X
	Algues (turf, macroalgues, cyano, algues calcaires)	X	X
	Densité recrues coralliennes	X	
	Densité oursins diadèmes	X	
Peuplement ichtyologique	Abondance totale	X	X
	Abondance/famille	X	
	Abondance/classe de taille	X	
	Abondance herbivores	X	
	Abondance carnivores	X	
	Biomasse totale	X	
	Biomasses herbivores	X	X
	Biomasse carnivores		X
Biomasse Chaetodon		X	
Peuplement herbier	Densité <i>T. testudinum</i>	X	X
	Densité <i>S. filiforme</i>	X	
	Hauteur des feuilles de <i>T. testudinum</i>	X	

4. Résultats sur les stations de suivi de la Réserve de Petite Terre

4.1. Les peuplements benthiques

Analyse globale de la couverture totale en 2016

Les résultats indiquent que les deux stations situées dans le périmètre de la réserve présentent en 2016 : (Figure 6)

- ▶ **Une structure de peuplement benthique globalement similaire,**
- ▶ **Une couverture corallienne faible** : 19% de la couverture totale sur la station Passe et 18% sur la station Nord-est Passe, en état de santé moyen.
- ▶ **Une part prépondérante de peuplements algaux** (respectivement 78% sur la station Passe et 75% sur la station Nord-est),
- ▶ **Une très faible proportion des autres invertébrés benthiques** qui représentent environ 2% de la couverture totale sur la station Passe et 1% sur la station Nord-est,
- ▶ **Une proportion de substrat abiotique faible** sur la station Passe (1%) et sensiblement supérieure sur la station Nord-est (6%). Elle est essentiellement composée de sable sur les deux stations puis de débris (*Porites* digité), en quantité relativement élevée sur la station Passe. Ce résultat semble refléter l'influence de la fréquentation de la zone par les usagers pratiquant le snorkelling (antérieurement à la mise en place du périmètre de protection), susceptible d'être à l'origine de casse sur les massifs de coraux. La proportion de débris non colonisés reste toutefois faible en proportion de la couverture totale mais notons la présence de nombreux débris coralliens anciens largement colonisés par les gazons algaux. Sur la station Nord-est une faible proportion de corail mort récemment (<1an) a été relevée (une colonie).

Analyse détaillée de la couverture vivante en 2016

Les résultats relatifs à la couverture vivante montrent que :

- ▶ **Les peuplements coralliens sont dominés par les coraux durs.** Ils constituent environ 18% de la couverture vivante sur les 2 stations. Le genre *Porites* est largement majoritaire sur les 2 stations : il représente 100% des taxons relevés le long du transect de la station Nord-est et 92% de ceux observés sur la station Passe (*P. astreoïdes* et espèce digitée *P. porites*). Quelques *Agariciidae* de petite taille (4% des taxons) et quelques colonies d'*Orbicella faveolata* (2%) ont également été observées le long du transect de la station Passe.
- ▶ Les zoanthaires (*Palythoa sp.*) codifiés en « soft corals » (« coraux mous », codification Reef Check) sont absents sur la station Nord-est et peu représentés sur la station Passe (0,7%).
- ▶ **Les peuplements algaux sont largement dominés par les gazons algaux sur la station Passe** (50% de la couverture vivante), suivis des macroalgues non calcaires (*Turbinaria sp.* et *Dictyota sp.*) qui représentent 16% de la couverture vivante. **Sur la station Nord-est, ces macroalgues non calcaires dominent les peuplements** (36% de la couverture vivante : *Turbinaria*, *Dictyota* et *Sargassum*) avec les turfs (32%). La présence de cyanobactéries a été relevée sur les 2 stations, en proportion plus importante sur la station Passe (6%) que sur la station Nord-est (3%). Les algues calcaires encroûtantes (mélobésiées) correspondent à 5% des peuplements sur la station Passe et 4% sur la station Nord-est. Elles sont moins bien

représentées que lors du suivi précédent (respectivement 7 et 10% de la couverture vivante en 2015 (Pareto, 2015)). On trouve également en faible proportion quelques macroalgues calcaires sur la station Nord-est (5%) et dans une moindre mesure sur la station Passe (1%).

► **Les autres invertébrés benthiques** représentent moins de 3% de la couverture vivante sur la station Passe et environ 1% sur la station Nord-est. Sur la station Passe, ils correspondent principalement à des anémones, un oursin blanc et un diadème observés le long du transect (1,7% de la couverture vivante) et à quelques éponges (0,7%). L'espèce de gorgone encroûtante *Erythropodium caribaeorum*, observée en 2015 sur le dernier transect (50-60m) et pour la 1^{ère} fois depuis le 1^{er} suivi en 2007 (Pareto, 2015), n'a pas été relevée lors du PIT en 2016. Sa présence a toutefois été observée hors transect. Sur la station Nord-est, les autres invertébrés relevés étaient exclusivement des anémones (1,4%).

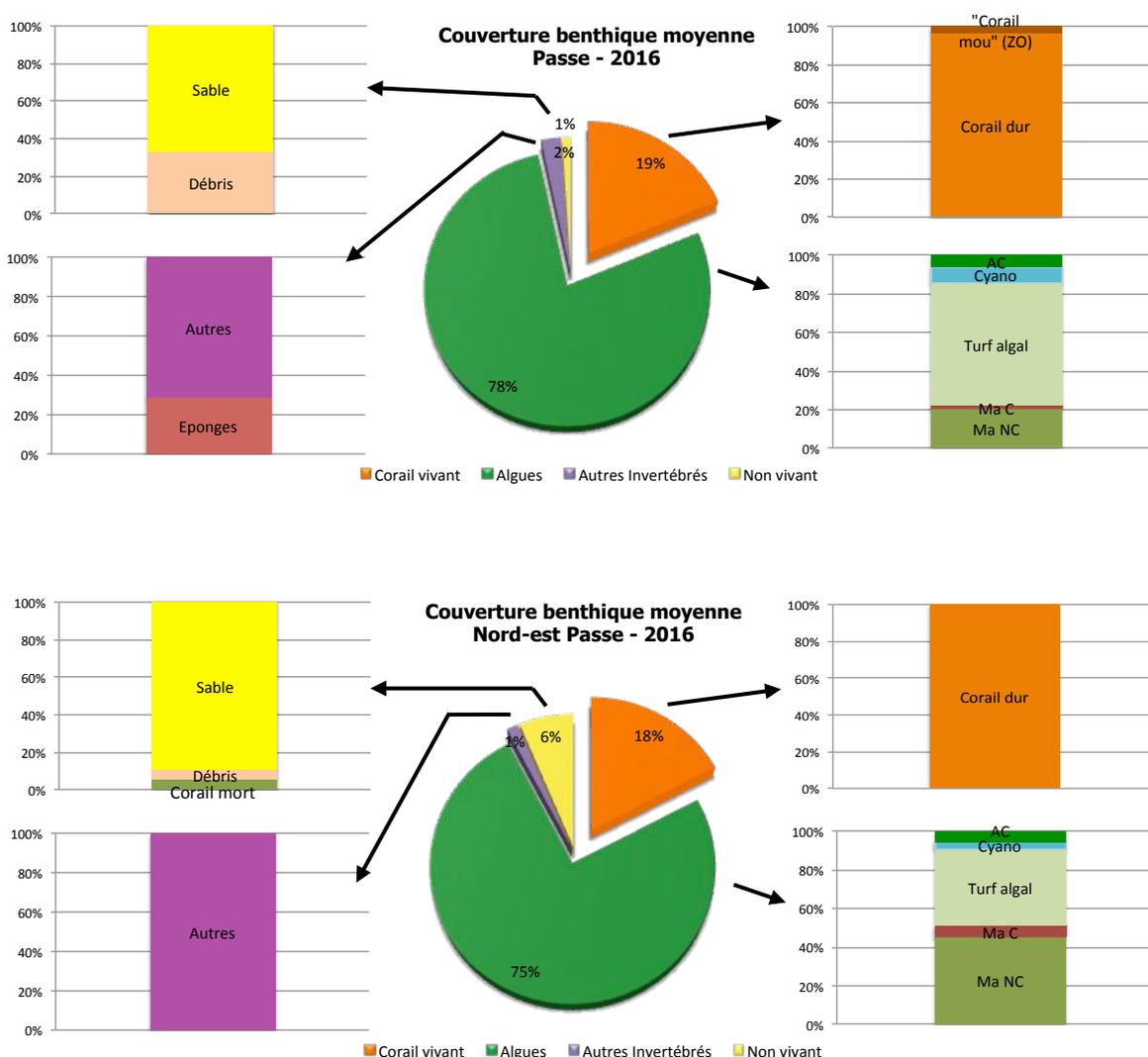


Figure 6 - Couverture benthique moyenne sur les 2 stations de Petite Terre en 2016 (les camemberts présentent la couverture benthique totale et les histogrammes détaillent les compositions relatives de chaque catégorie)

Evolution de la couverture benthique sur la période 2007-2016 (Figure 7)

Sur la station Passe de Petite Terre, la couverture corallienne a été divisée par 1,5 entre 2007 et 2016 (de 28% à 18% de la couverture totale). Cette différence n'est toutefois pas apparue statistiquement significative.

Depuis 2008, la couverture corallienne est en constante diminution après une légère hausse entre 2007 et 2008. Elle s'est stabilisée entre 2014 et 2015 (de 13 à 12%) et augmente depuis 2015 (de 12 à 18% entre 2015 et 2016). Cette récente tendance à la hausse sera à confirmer lors des prochains suivis.

Bien que située seulement en partie dans la zone interdite, cette station est toutefois moins accessible depuis qu'elle a été mise en place et sera probablement moins fréquentée à l'avenir.

La proportion de coraux durs bio-constructeurs subit la même régression globale depuis 2007 (de 35% à 18 % de la couverture vivante entre 2007 et 2016).

Parallèlement, le recouvrement algal a pratiquement doublé depuis 2007 (de 47% à 78% en 2016). L'augmentation entre 2007 et 2016 est d'ailleurs apparue statistiquement significative. La part des peuplements algaux apparaît toutefois relativement stable entre 2014 et 2016, voire en légère diminution (de 83 à 78%).

Cette progression s'explique par l'augmentation des macroalgues non calcaires (*Turbinaria sp.* principalement), qui passent de 3% de la couverture vivante en 2007 à 16% en 2016. Leur proportion a toutefois diminué entre 2014 et 2016 (de 29 à 16%). La part des turfs algaux a légèrement diminué depuis 2007 (de 55 à 50% en 2016). Les algues encroûtantes calcaires qui ont vu leur recouvrement augmenter en 2015 pour atteindre une valeur supérieure aux valeurs de 2007-2008 (de 3,9 en 2007 à 7,3% en 2015), sont proportionnellement moins abondantes en 2016 (5,1%). Contrairement aux autres communautés algales, les algues encroûtantes calcaires gênent peu la fixation des larves coralliennes.

Sur la station Nord-est, la couverture corallienne en 2016 est légèrement inférieure à celle observée en 2015 (de 21 à 17% de la couverture totale), tandis que la couverture algale apparaît plus élevée en 2016 (de 73 à 75%).

Le développement des peuplements algaux et plus particulièrement des macroalgues au détriment de la couverture corallienne demeure inquiétant et semble attester d'un certain déséquilibre du milieu. Cette tendance semble confirmée par les résultats obtenus sur la nouvelle station de suivi, bien que les conditions de milieu jouent également un rôle dans la structuration des peuplements (exposition à l'hydrodynamisme).

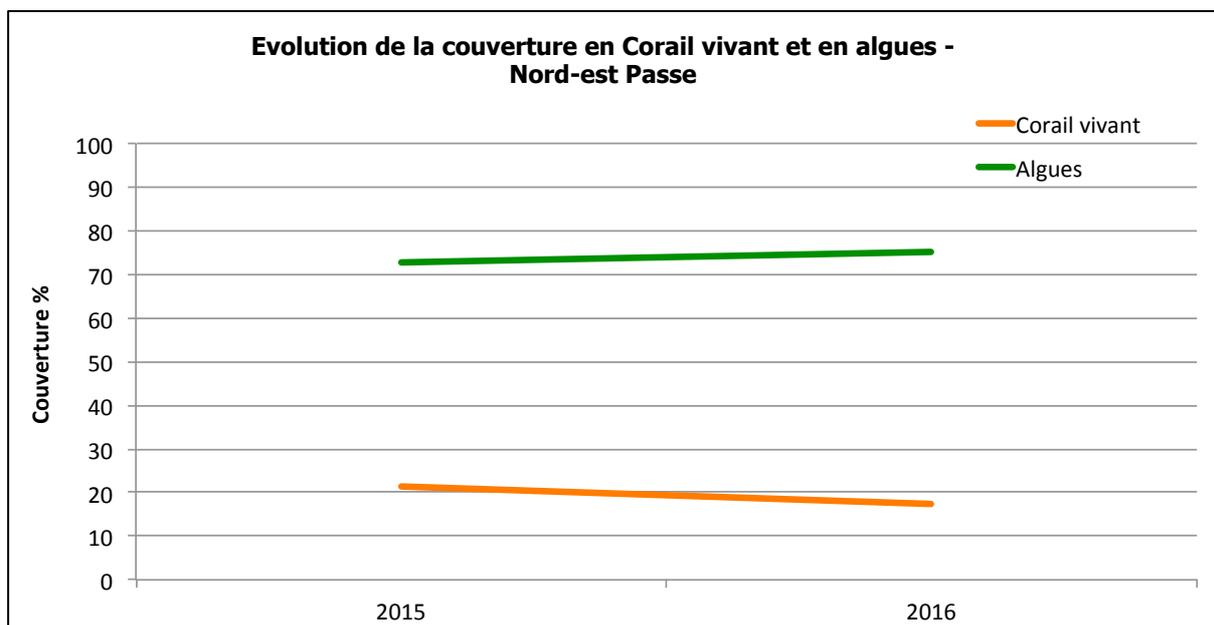
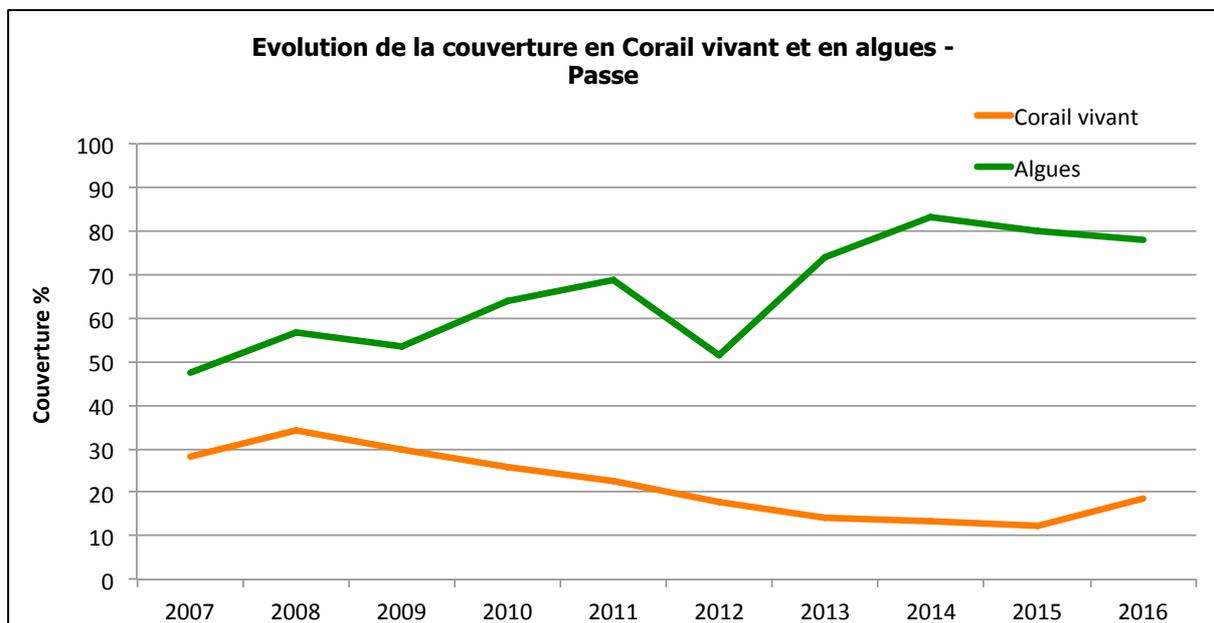


Figure 7 – Evolution de la couverture corallienne et algale sur les 2 stations benthos de Petite Terre

Recrutement corallien

Sur la station Passe, le nombre moyen de juvéniles comptabilisés en 2016 est faible (2,4 juvéniles/m²) et inférieur à celui de 2015 (3,0 juvéniles/m²) (Figure 8). Il est toutefois supérieur à celui observé en 2007 (1,3 juv./m²), bien que l'augmentation 2007-2016 ne soit pas statistiquement significative. En 2009, l'absence de juvénile observée le long du transect malgré la bonne couverture corallienne et la faible couverture en macroalgues avait constitué un résultat inquiétant. Il se pourrait que les flux de larves et/ou les conditions hydrodynamiques n'aient pas été favorables à la fixation de nouvelles colonies les années précédant ce suivi.

Sur la station Nord-est Passe suivie pour la 1^{ère} fois en 2015, le nombre moyen de juvéniles comptabilisé en 2016 est sensiblement inférieur à celui de 2015 (de 7,5 à 1,4 juvéniles/m²). Ce dernier était apparu relativement élevé avec 7,5 juvéniles/m². Ce résultat devra être surveillé lors des prochains suivis, le comptage des recrues des espèces branchues telle que *Porites porites*, particulièrement abondante dans le lagon de Petite Terre, pouvant s'avérer délicat et être soumis à des différences d'appréciation selon l'observateur.

Oursins diadème

Sur la station Passe, contrairement aux suivis précédents, les Oursins diadème (*Diadema antillarum*) sont relativement abondants (3,8 individus/m²). Il s'agit de la plus forte densité depuis le début des suivis en 2007. Cette augmentation n'apparaît toutefois pas statistiquement significative.

Entre 2010 et 2014, leur densité avait sensiblement augmenté puis diminué en 2015. Les prochains suivis devraient confirmer s'il s'agit d'une observation exceptionnelle ou si cette tendance à la hausse est avérée.

A noter que de nombreux oursins blancs ont également été observés sur la station.

Sur la station Nord-est Passe, la densité en Oursins diadème était nulle en 2015. Elle apparaît très faible en 2016, avec 0,4 individus/m².

Ce déficit en herbivores, régulateurs de la croissance des turfs algaux, peut expliquer en partie le surdéveloppement des peuplements algaux et notamment des macroalgues non calcaires, aux dépens des communautés coralliennes.

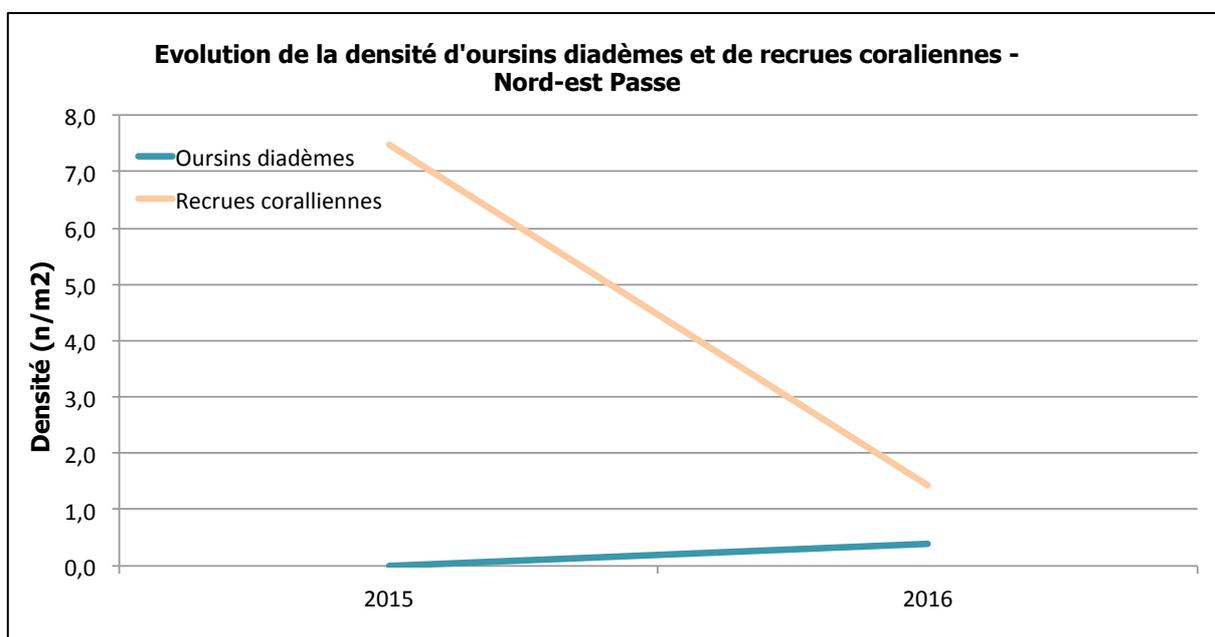
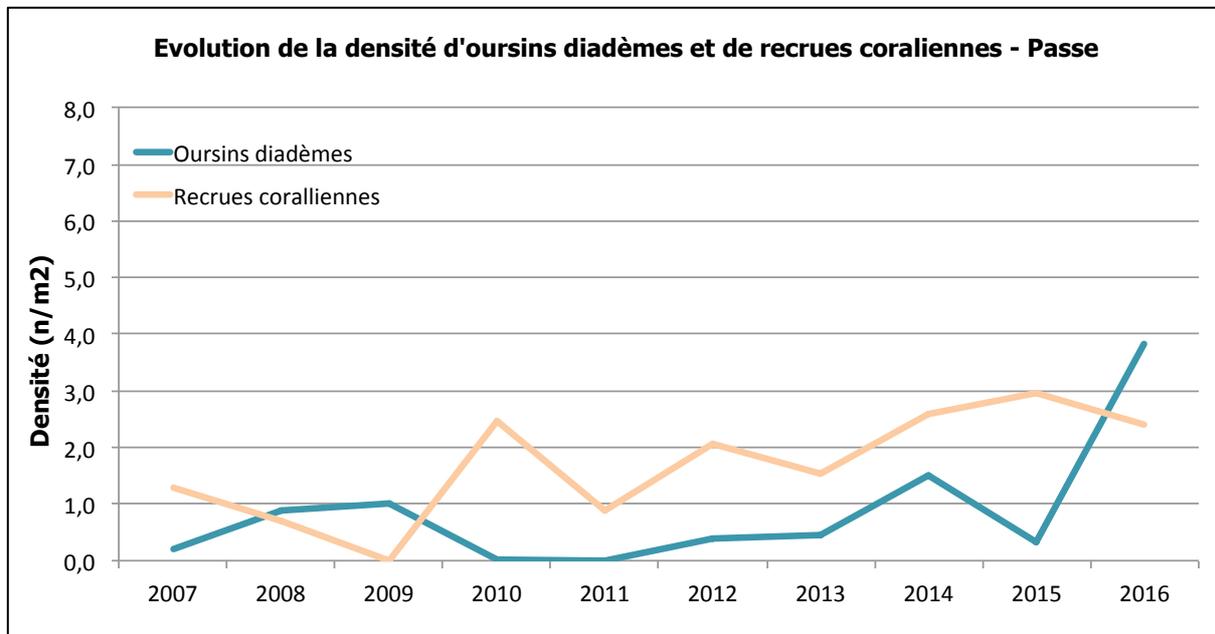


Figure 8 - Evolution de la densité d'oursins diadème et de juvéniles de coraux sur les 2 stations de Petite Terre

4.2. Les peuplements ichthyologiques

Les relevés ont été réalisés en matinée sur les 2 stations le 20/09/16, à 9h sur la station Passe et à 11h sur la station Nord-est Passe.

Description synthétique des peuplements ichthyologiques en 2016

Les éléments généraux suivants sont à considérer :

- ▶ **La richesse spécifique** (sur la base des 60 espèces cibles suivies) est plus élevée sur la station Passe (23 espèces observées sur 60) que sur la station Nord-est Passe (9 espèces observées sur 60).
- ▶ **L'abondance** est relativement élevée sur la station Passe avec 523 poissons observés sur les 300 m² de suivi, soit une densité moyenne de 174 individus/100m². Ces valeurs élevées sont principalement le fait de la présence de bancs importants de *Chromis multilineata* et de Perroquets rayés (*Scarus iserti*). Sur la station Nord-est Passe, l'abondance est plus faible, avec 58 poissons recensés, soit une densité moyenne de 19 individus/100m².
- ▶ **En terme de biomasse**, l'écart entre les 2 stations est très marqué, avec une biomasse moyenne de 11629 g/100m² sur la station Passe et 1343 g/100m² sur la station Nord-est.

Analyse de la structure trophique en 2016

Les régimes alimentaires se répartissent selon les proportions présentées dans le Tableau 7.

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

Station Passe : le peuplement observé en 2016 se répartit principalement entre les herbivores et les planctonophages qui représentent 94% du peuplement (respectivement 54 et 40%). Viennent ensuite les piscivores, avec 8 individus par 100 m² (3% du peuplement). Ces 3 catégories représentent au total 97% du peuplement. Les perroquets rayés et princesse (*Scarus iserti et taeniopterus*) et les demoiselles (*Chromis multilineata et cyanea*) dominent largement. Ces espèces de demoiselle sont adaptées aux conditions d'un milieu marqué par la houle. Les chirurgiens (*Acanthurus coeruleus et bahianus*) sont également abondants. Les piscivores, (espèces de plus haut rang trophique), sont bien diversifiés (*Cephalopholis fulva, C. cruentata, Epinephelus adscensionis* et *Caranx ruber*) tandis que les carnivores (1^{er} et 2nd ordre) et les omnivores sont faiblement représentés (respectivement 2,0, 1,3 et 0,3 ind. pour 100m²) (Figure 9).

Station Nord-est Passe : les herbivores constituent également le peuplement dominant sur cette station avec 10 individus par 100 m² (53%) mais les piscivores représentent le second rang trophique prédominant avec 8 individus par 100 m² (41%). Les Chirurgiens dominent largement (*Acanthurus bahianus, A. chirurgus, A. coeruleus*) ; 23 individus de Tanche (*Cephalopholis fulva*) ont été observés. Aucune des espèces cibles de planctonophage n'a été recensée. Les carnivores de 2nd ordre (Pagres et Colas) représentent 5% des peuplements (1 individu par 100 m²).

En terme de biomasse, les herbivores représentent 71% du peuplement sur la station Passe et les carnivores de 1^{er} ordre et les piscivores respectivement 12 et 9%. Les planctonophages qui représentent 40% du peuplement en nombre d'individus ne correspondent qu'à 3% de la biomasse de poissons rencontrée sur la station. Sur la station Nord-est Passe, les herbivores constituent la moitié

de la biomasse (52% du peuplement), suivi des piscivores (38%) et des carnivores de 2nd ordre (10%).

Tableau 7 - Structure des peuplements ichthyologiques sur les stations Passe et Nord-est Passe de Petite Terre en 2016 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)

	Passe	Nord-est	Passe		Nord-est	
			Nb moyen d'individus	%	Nb moyen d'individus	%
Herbivores			95,0	54,5	10,3	53,4
Planctonophages			70,0	40,2	0,0	0,0
Omnivores			0,3	0,2	0,0	0,0
Carnivores de 1 ordre			2,0	1,1	0,0	0,0
Carnivores de 2 ordre			1,3	0,8	1,0	5,2
Piscivores			5,7	3,3	8,0	41,4
Richesse spécifique	23	9				
Nombre d'individus total	523	58				
Densité moyenne (ind/100m²)	174	19				
Biomasse moyenne (g/100m²)	11629	1343				

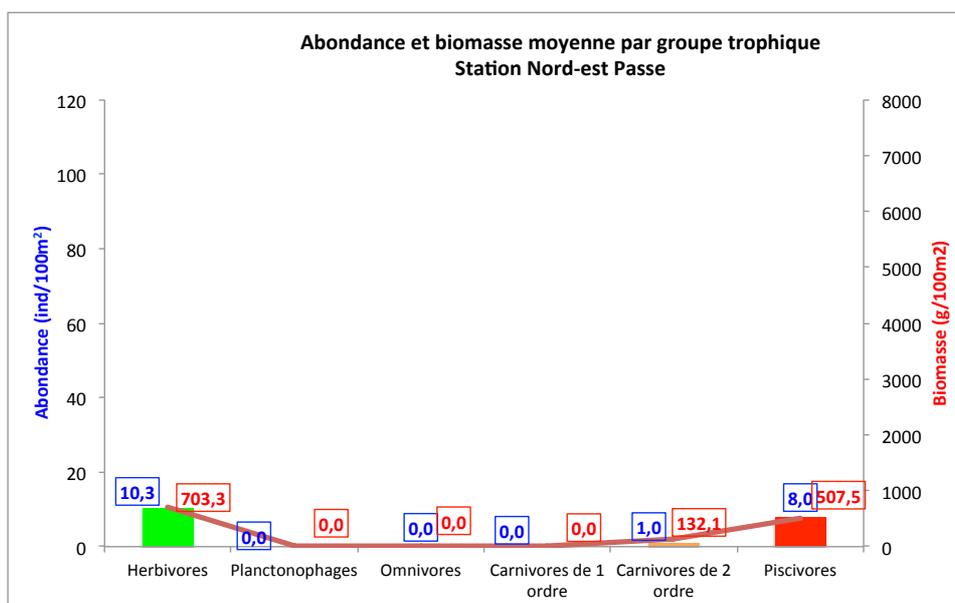
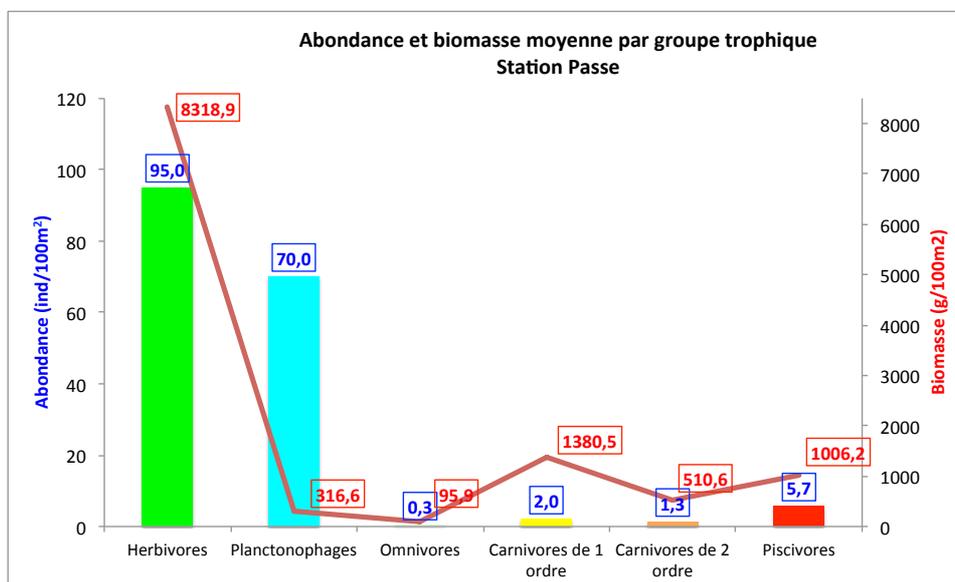


Figure 9 - Abondance et biomasse moyennes de poissons sur les stations Passe et nord-est Passe de Petite Terre en 2016

Analyse par famille en 2016

Station Passe : les Pomacentridés et les Scaridés dominent largement avec respectivement 70 et 63 individus relevés par 100 m² (soit 55% du peuplement), suivis par les Acanthuridés avec 32 individus par 100 m² (soit 19% du peuplement).

Station Nord-est Passe : les Acanthuridés et les Serranidés dominent avec respectivement 9 et 8 individus relevés par 100 m², soit 87% du peuplement au total. Les autres familles (Scaridés, Lutjanidés et Carangidés) représentent chacune moins de 2 individus par 100 m² (respectivement 7%, 5 et 2% du peuplement).

Analyse par classe de taille en 2016

La répartition par classes de taille met en évidence une large majorité de poissons juvéniles sur la station Passe, les poissons <10 cm représentant 79% du peuplement (Figure 10). Il s'agit principalement de juvéniles de Scaridés et de Pomacentridés, familles pour lesquelles le nombre d'individus >10 cm est faible (60 ind./100m² <10 cm contre 3 ind./100m² >10 cm chez les Scaridés) voire nul (Pomacentridés). A l'inverse, la majorité des Acanthuridés rencontrés sont des individus adultes (26 ind. /100m² >10 cm contre 6 ind. /100m² < 10 cm).

Sur la station Nord-est Passe, les individus de taille supérieure à 10 cm représentent 69% du peuplement. Ils sont représentés au sein des Acanthuridés (7 individus en moyenne par 100m²) où leur nombre est supérieur à ceux des juvéniles (2 ind./100m²) et des Serranidés (5 individus en moyenne par 100m²).

Au vu de ces éléments, la zone au niveau de la station Passe semble servir de nurserie. Elle offre en effet des fonds peu profonds et particulièrement complexes, fournissant de nombreuses caches aux juvéniles. Le fort hydrodynamisme (houle) de cette zone contribue également fortement à la structuration de son peuplement. Sur la station Nord-est, contrairement au suivi 2015, ce sont surtout des individus adultes qui ont été observés. Le nombre d'individus et donc la densité moyenne observés en 2015 étaient toutefois largement supérieurs aux observations de 2016 (179 individus contre 58 en 2016 pour une densité de 60 ind./100 m² en 2015 contre 19 ind./100 m² en 2016).

Espèce invasive *Pterois volitans* en 2016

Lors de ce suivi 2016, un *Pterois volitans* a été observé le long du transect de la station Passe. Aucun individu n'a été relevé sur la station Nord-est.

Compte tenu de sa propagation rapide et de sa présence avérée dans les Antilles françaises, cette espèce continuera d'être relevée lors des prochains suivis.

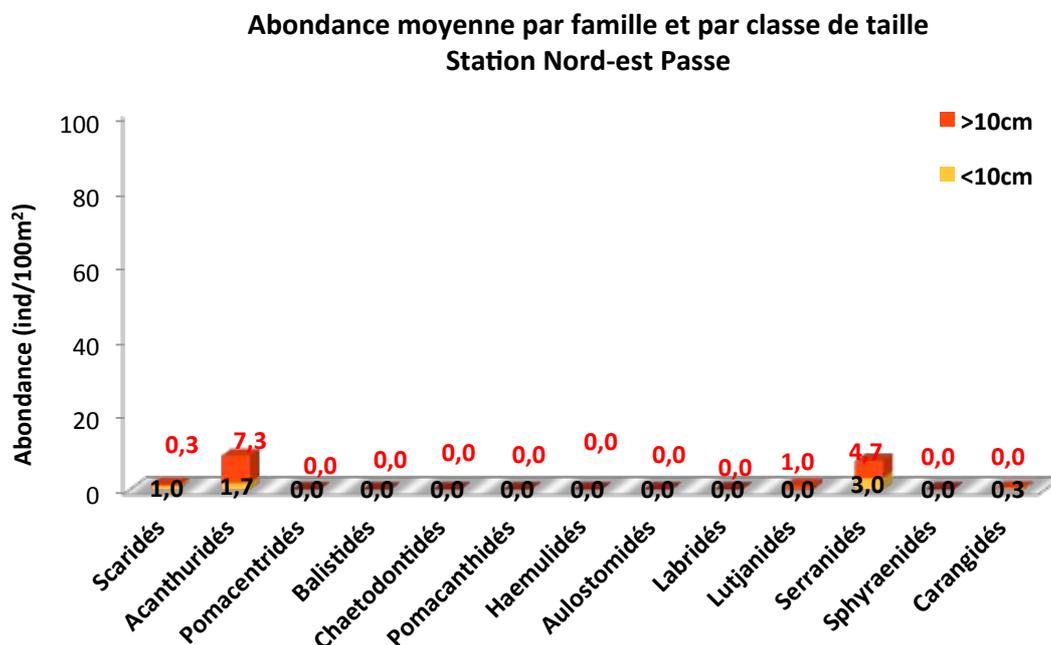
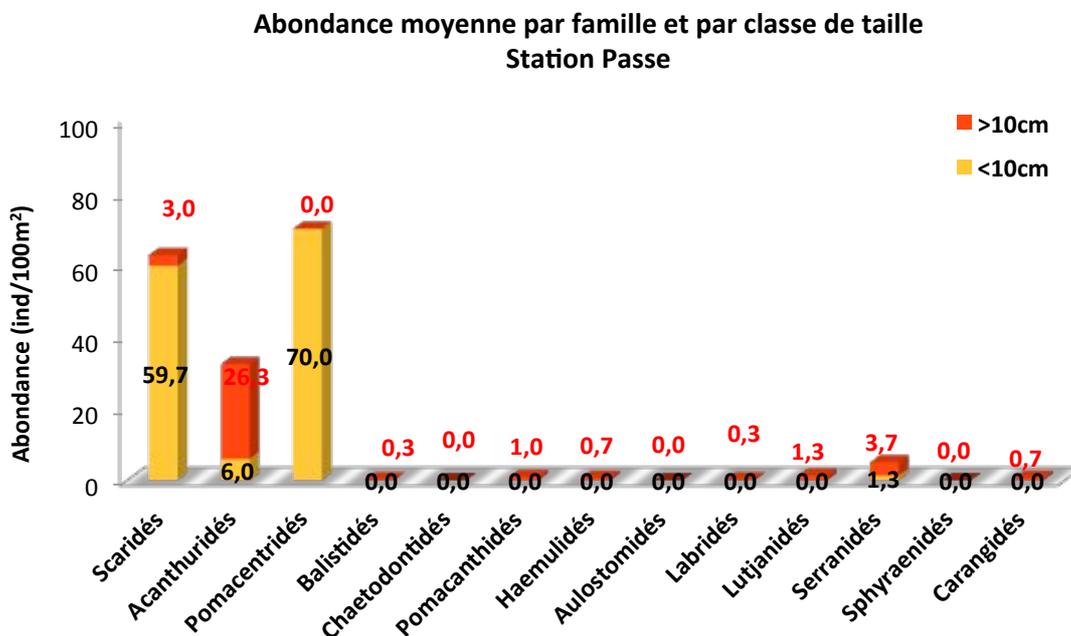


Figure 10 - Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur les stations de Petite Terre en 2016

Evolution sur la période 2009-2016

Station Passe : Les éléments à retenir sont les suivants (Figure 11 et Figure 12) :

- ▶ **L'abondance globale de poissons a été multipliée par 4 depuis 7 ans.** Elle passe ainsi de 48 ind./100m² à 174 ind./100m². L'abondance observée en 2016 est toutefois inférieure à la valeur de 2011 et à la valeur maximale relevée en 2015 (282 ind./100m²). Cette évolution n'est toutefois pas statistiquement significative.
- ▶ **L'abondance des herbivores en 2016 est 10 fois supérieure à la valeur de 2009**, passant de 11 à 95 individus par 100m². A noter que cette abondance a triplé depuis le suivi de l'année précédente (33 ind./100m² en 2015). Cette forte abondance d'herbivore en 2016 pourrait être le fait d'une variation interannuelle et sera à confirmer lors des prochains suivis.
- ▶ **L'abondance des planctonophages a doublé**, passant de 34 à 70 individus par 100m² entre 2009 et 2016. La tendance est à l'augmentation depuis 2009 malgré des variations interannuelles marquées depuis le début des suivis. Ainsi en 2015, l'abondance de ce groupe trophique a atteint la valeur maximale de 240 ind./100m².
- ▶ **Les abondances des carnivores de 1^{er} ordre et de 2nd ordre ont augmenté mais restent faibles**, passant respectivement de 0,7 à 2 ind./100m² et de 0 à 1,3 ind./100m² entre 2009 et 2016. A noter que les espèces cibles de carnivores de 2nd ordre n'avaient pas été observées lors du suivi en 2009 et 2014.
- ▶ **L'abondance des piscivores en 2016 est supérieure à celle relevée en 2009** (augmentation de 2,0 à 5,7 ind./100m²) mais sensiblement inférieure à celles relevées en 2013 et 2014 (11 et 18 ind./100m²).
- ▶ **La biomasse en 2016 est largement supérieure à celle relevée en 2009 (multipliée par 50)**: de 219 à 11 629 g/100m². Elle est presque 4 fois supérieure à celle relevée lors du suivi de 2015 et est de l'ordre des valeurs exceptionnelles atteintes en 2012 et 2013 (respectivement 5350 et 12816 g/100m²). L'abondance globale de poissons étant inférieure à celle relevée en 2015, ce constat est très probablement dû à une abondance plus élevée de poissons de grande taille. Ainsi en 2015, 93% des individus observés présentaient une taille < à 10 cm contre 79% en 2016. L'augmentation de la biomasse par rapport à 2009 concerne tous les groupes trophiques et plus particulièrement les herbivores (biomasse x 76 entre 2009 et 2016, de 109 à 8319 g/100m²) et les carnivores de 1^{er} ordre (biomasse x128, de 11 à 1380 g/100m²) alors que la biomasse représentée par ces derniers en 2015 étaient relativement faible (4,8 g/100 m²).

Station Nord-est Passe : Les éléments à retenir sont les suivants (Figure 13 et **Figure 14**) :

- ▶ **L'abondance globale de poissons a été divisée par 3 entre 2015 et 2016**, passant de 60 à 20 ind./100m².
- ▶ **Les abondances d'herbivores** (de 13 à 10 ind./100m²) **et de piscivores** (8 ind./100m²) sont globalement constantes.
- ▶ **Les espèces cibles de planctonophages, groupe dominant en 2015** (38 ind./100m²), **n'ont pas été observées en 2016**.
- ▶ **La biomasse a été divisée par 2 entre les suivis 2015 et 2016**, en lien avec l'abondance plus faible de poissons et malgré une prédominance des poissons de taille > à 10 cm.

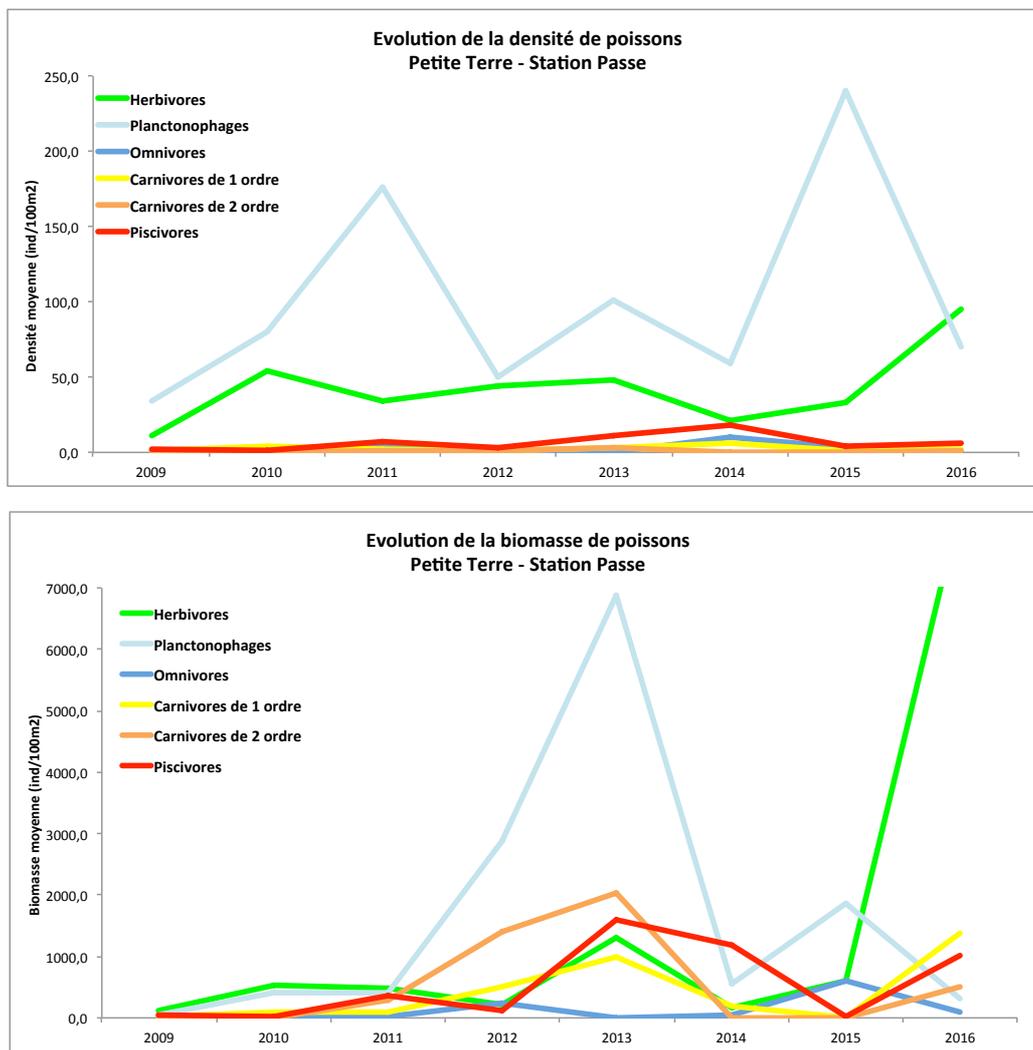


Figure 11 - Evolution de la structure trophique entre 2009 et 2016 sur la station Passe de Petite Terre

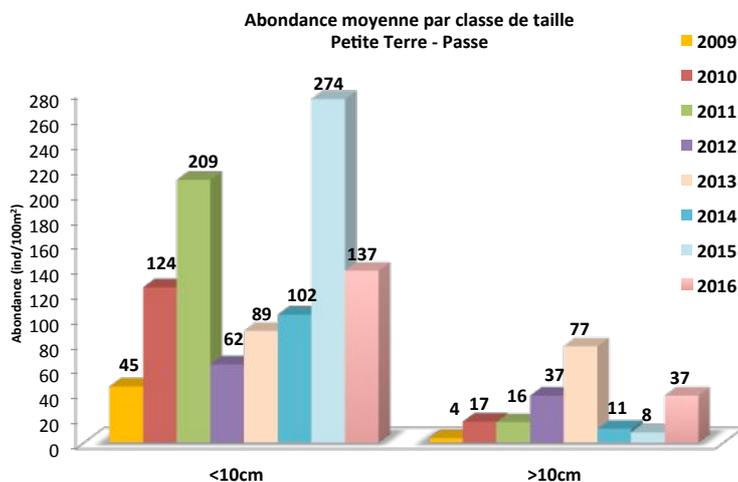


Figure 12 - Evolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2016 sur la station Passe

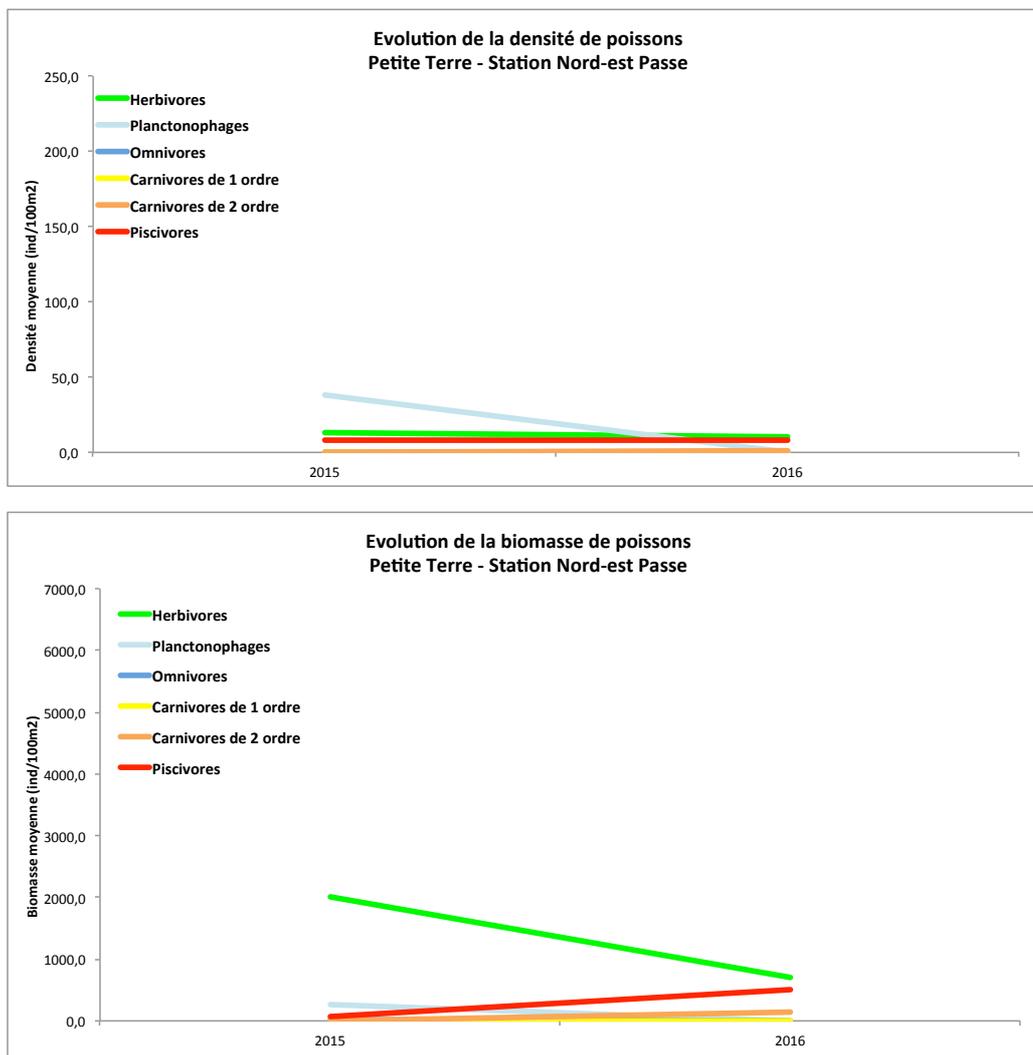


Figure 13 - Evolution de la structure trophique entre 2009 et 2016 sur la station Nord-est Passe de Petite Terre

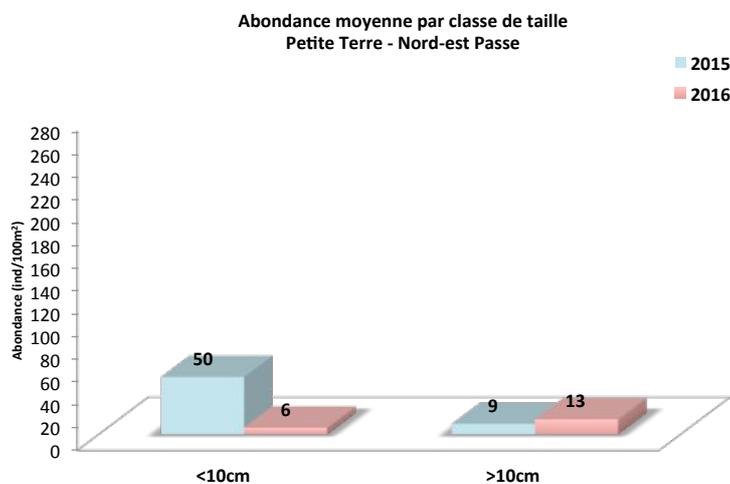
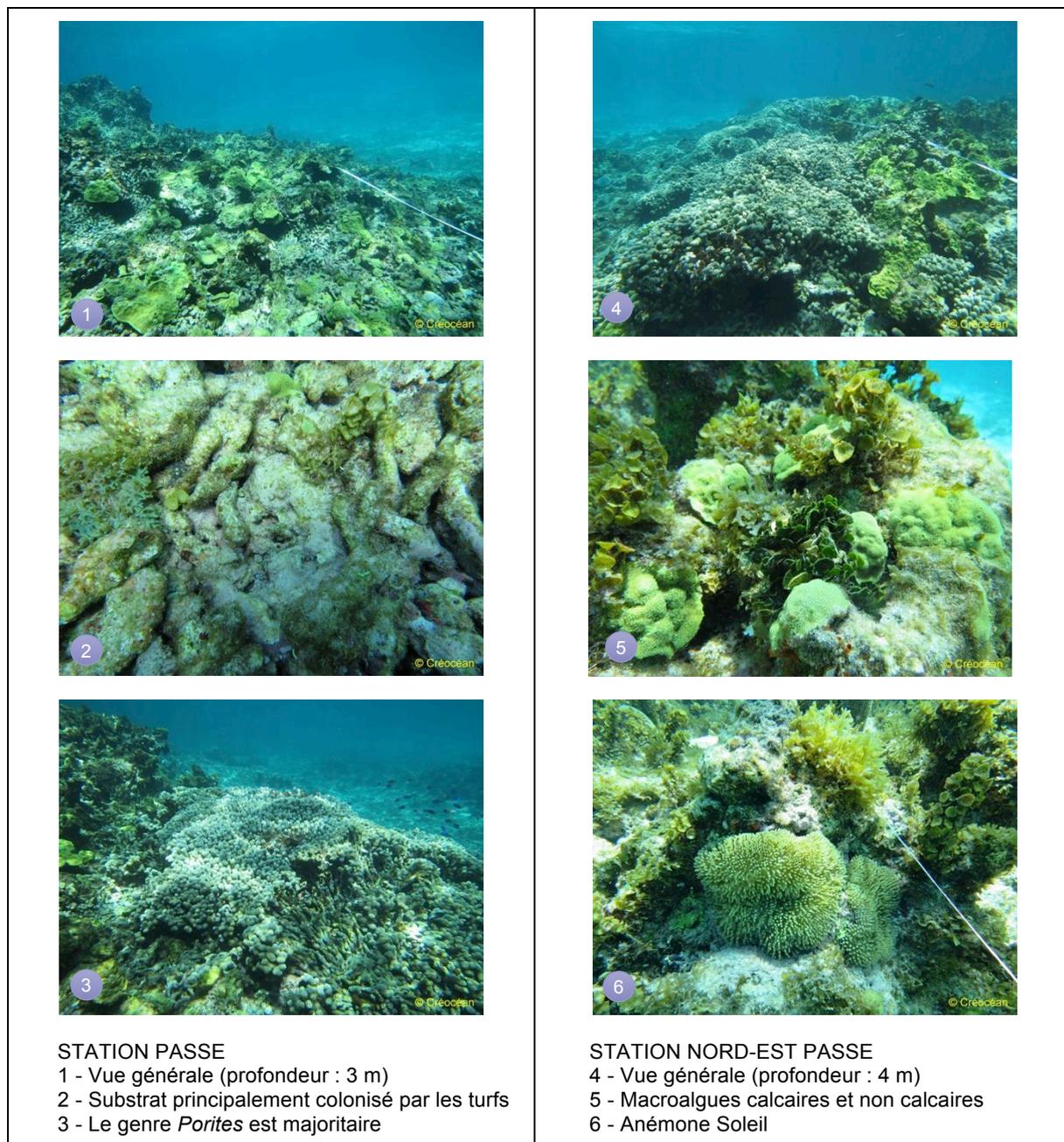


Figure 14 - Evolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2016 sur la station Nord-est Passe de Petite Terre



STATION PASSE
 1 - Vue générale (profondeur : 3 m)
 2 - Substrat principalement colonisé par les turfs
 3 - Le genre *Porites* est majoritaire

STATION NORD-EST PASSE
 4 - Vue générale (profondeur : 4 m)
 5 - Macroalgues calcaires et non calcaires
 6 - Anémone Soleil

Planche n°1 : Stations benthos/ichtyofaune de Petite Terre – Caractéristiques principales (20/09/16)

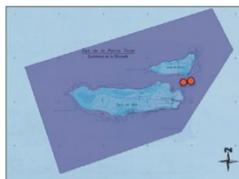
<p>Etude réalisée par : creocean Environnement & océanographie</p>	<p>SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DE LA RESERVE MARINE DE PETITE TERRE</p>	<p>Localisation géographique :</p> 
<p>Pour le compte de :</p>  		

Figure 15 - Illustrations des peuplements benthiques et ichtyologiques de la Réserve de Petite Terre

4.3. Herbiers et mégafaune associée

Description globale et caractéristique de substrat (dans / hors herbier) en 2016 (Figure 16)

L'herbier de Terre de Haut situé en réserve est suivi depuis 2007. Il présente :

- ▶ **Un caractère plurispécifique** à *T. testudinum* et *S. filiforme*. Comme en 2015, la présence de l'espèce *Halodule sp.* a également été observée au niveau de la radiale 2 uniquement. Elle était également présente en 2014, mais a probablement été confondue avec *S. filiforme* par les opérateurs lors du comptage. En 2013, après consultation des notes de terrain, sa présence a été observée mais elle semblait être présente en très faible abondance.
- ▶ **Un bon état de santé** (indice moyen sur les 3 radiales : 2,2). Quelques macroalgues ont notamment été observées (*Penicillus sp.*, *Halimeda sp.*, *Caulerpa sp.*), ainsi que des signes de sédimentation modérée au plus près de la côte.
- ▶ **Un relief peu marqué** (indice moyen : 1/3) et une absence de bioturbation.
- ▶ **Un ensablement important**, sur l'ensemble de sa superficie relativement réduite, confirmé depuis le suivi de 2014. Cet ensablement est constaté visuellement depuis plusieurs années. Sur certaines zones, les feuilles de *T. testudinum* dépassent à peine de quelques cm du substrat. Ces observations sont par ailleurs confirmées par les résultats des mesures des longueurs des feuilles et de la densité. Comme en 2014 et 2015, des « bandes » d'herbier présentant une densité plus élevée et des feuilles plus longues (ensablement plus limité) ont été observées au plus près de la côte sur les radiales 1 et 3.
- ▶ **Un substrat majoritairement constitué de sable fin vaseux** aussi bien au sein de l'herbier qu'au niveau des zones de sédiment nu. En 2014 et 2015, le substrat avait été considéré par les observateurs comme du sable fin propre et sable fin plutôt vaseux en 2013.
- ▶ **Une absence de débris de macrophytes** au niveau des zones de sable en périphérie de l'herbier,
- ▶ **Une épibiose particulièrement marquée**, avec la présence d'algues filamenteuses et d'un film biosédimentaire sur les feuilles des 3 radiales. Ce dernier est susceptible de rendre les conditions de lumière disponibles pour le développement des feuilles assez contraignantes. Des algues calcaires ont également été observées sur l'ensemble des feuilles sur les radiales 1 et 2 (et notamment sur les feuilles les plus longues, présentes sur les zones non ensablées).
- ▶ **Des cyanobactéries ont été observées en faible abondance** sur la radiale 3 et également entre les 3 radiales (indice moyen : 0,3/3). L'indice moyen pour l'herbier concernant les cyanobactéries est sensiblement inférieur à celui du suivi 2015 lors duquel de nombreuses tâches de cyanobactéries avaient été observées (indice moyen : 1,2/2).

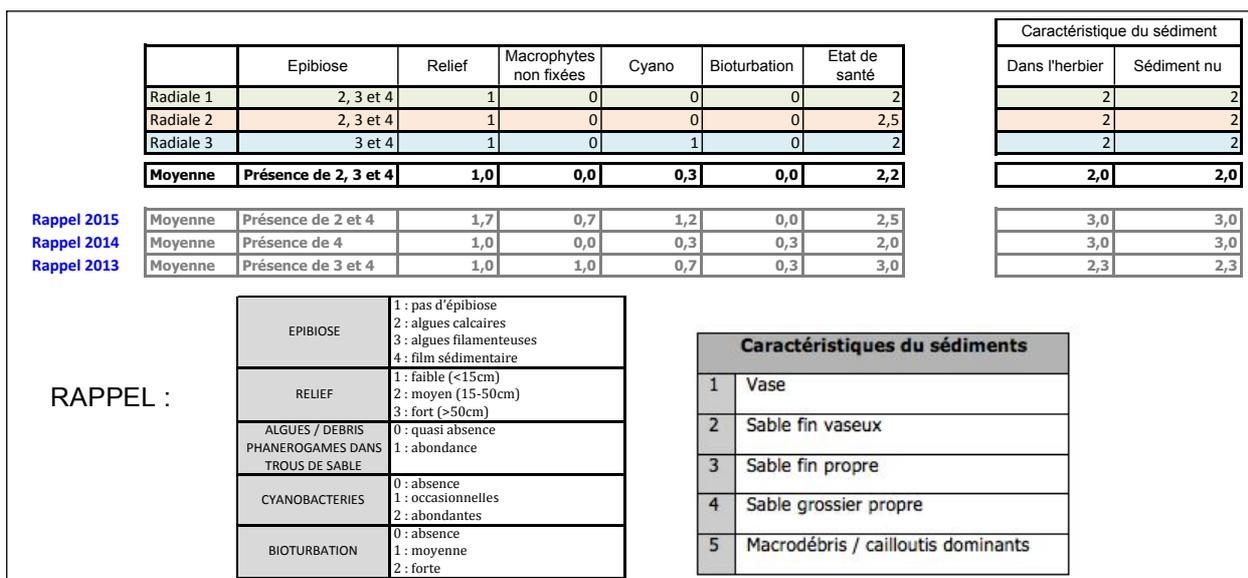


Figure 16 - Synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur l'herbier de Terre de Haut

Mitage/fragmentation des herbiers en 2016 (Figure 17)

Le relevé sur LIT des intersections de chaque radiale de 50 m a mis en évidence :

- ▶ **Plusieurs points de rupture** au niveau des sous-stations 1 et 2. Plusieurs zones de substrat nu de largeur > 2m ont ainsi été observées au niveau de la radiale 1 et une zone de sable au début de la radiale 2. La sous-station 3 présente quant à elle un taux de recouvrement de 100%. Aucun signe de mitage (zones de substrat nu < 2m) n'a été observé sur ces 3 radiales.
- ▶ **Des signes de fragmentation** au niveau des radiales 1 et 2 où le taux de fragmentation est respectivement de 16 et 4%. Le taux de fragmentation moyen de l'herbier, calculé sur la base des relevés sur 3 radiales est toutefois relativement modéré (6,7% ; taux de recouvrement : 93,3%).
- ▶ **Des limites en sortie d'herbier de type stable.**
- ▶ Le constat réalisé les années précédentes est confirmé : sous l'effet des transferts de sable dans cette zone du lagon, la majorité de l'herbier est fortement ensablée, illustrant une régression vers le nord-ouest.

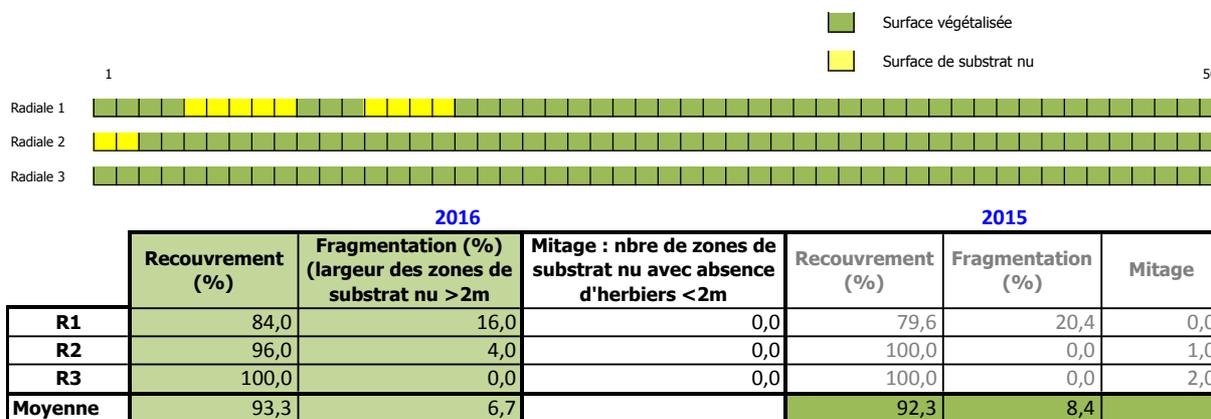


Figure 17 - Représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Petite Terre

Densité et longueur des feuilles en 2016

En 2016 (Figure 18), l'herbier mixte de **Terre de Haut** a présenté une densité globale élevée (densité cumulée des 2 espèces : 1198 plants/m²). Les 2 espèces sont bien représentées, avec une prédominance de *S. filiforme* (*T. testudinum* : 433 plants/m² ; *S. filiforme* : 765 plants/m²). La répartition est toutefois hétérogène au sein de l'herbier. Ainsi sur les radiales 1 et 2 situées à l'ouest de la station, l'espèce *S. filiforme* prédomine largement (respectivement 950 et 1255 plants/m²) au détriment de *T. testudinum* (respectivement 485 et 165 plants/m²). Inversement, sur la radiale 3 à l'est de la station, la densité de *T. testudinum* apparaît élevée (650 plants/m²) contrairement à l'espèce *S. filiforme* (90 plants/m²).

La hauteur moyenne des plants de *T. testudinum* apparaît peu élevée (7,7 cm), en lien avec l'ensablement d'une grande partie de l'herbier. Elle est légèrement inférieure sur la sous-station 2 (6,0 cm) et supérieure sur la sous-station 1 (9,9 cm). Une zone d'herbier présentant un ensablement moins marqué a en effet été observée au plus près de la côte sur les radiales 1 et 3. *S. filiforme* présente une longueur de feuille moyenne assez faible (9,5 cm) et maximale sur la radiale 1 (10,6 cm).

Evolution des herbiers sur la période 2007-2016

Les résultats ont mis en évidence (Figure 18) :

- ▶ **Une légère augmentation de la densité globale de l'herbier** entre 2015 et 2016 (de 1093 à 1198 plants/m²). Elle avait sensiblement diminué entre 2014 et 2015 (de 1805 à 1093 plants/m²). A noter toutefois que lors du suivi 2014, les espèces *S. filiforme* et *Halodule sp.*, présentes uniquement sur la radiale 2, ont été comptabilisées sans distinction par les observateurs. La densité en *S. filiforme* relevée (particulièrement importante), a probablement été surestimée pour l'année 2014. La densité sur la radiale 2 où est présente *Halodule sp.* est en effet apparue particulièrement élevée (2635 plants/m² contre 440 en 2015).
- ▶ **Une diminution de la densité de *T. testudinum*** entre 2015 et 2016 (de 535 à 433 plants/m²), et une valeur inférieure à celle observée en 2007 (665 plants/m²). L'évolution 2007-2016 n'apparaît pas statistiquement significative mais la diminution enregistrée depuis 2010 l'est.
- ▶ **Inversement, la densité de *S. filiforme* a augmenté entre 2015 et 2016** (de 558 à 765 plants/m²) et est parmi les plus élevées depuis le début du suivi. Elle est toutefois inférieure à celles de 2010 (1192 plants/m²) et de 2014 qui a probablement été surestimée (cf. explication ci-dessus, prise en compte d'*Halodule*). Entre 2007 et 2016, l'augmentation de la densité de *S. filiforme* est significative (espèce absente en 2007). L'espèce apparue en 2010 représente 64% de l'herbier en 2016. Son évolution depuis 2010 n'est pas apparue statistiquement significative.
- ▶ **Une augmentation relativement élevée de la densité de l'herbier sur la radiale 2 entre 2015 et 2016** (de 680 à 1420 plants/m²), qui correspond à l'augmentation de la densité en *S. filiforme* (de 440 à 1255 plants/m²).
- ▶ **Une stabilité de la hauteur de la canopée depuis 2013** en ce qui concerne les 2 espèces. L'évolution de ce paramètre pour *T. testudinum* n'apparaît pas statistiquement significative entre 2007 et 2016 mais la diminution de la hauteur entre 2012 et 2016 l'est.
- ▶ **Une stabilité de l'état de santé, considéré comme bon,**
- ▶ **Un taux de fragmentation en 2016 légèrement inférieur à celui de 2015.** (de 6,7 à 8,4%). A noter que sur la radiale 1, les 1^{ers} mètres de la radiale, sur la zone en bordure du platier rocheux ont été colonisés par l'herbier entre 2015 et 2016.

Les observations *in situ* ont mis en évidence et confirment la régression de l'herbier vers le nord-ouest avec un fort ensablement dans sa partie sud et sud-est. Le phénomène de régression et déstructuration de l'herbier observées depuis les dernières années semble toutefois relativement stable depuis 2013.

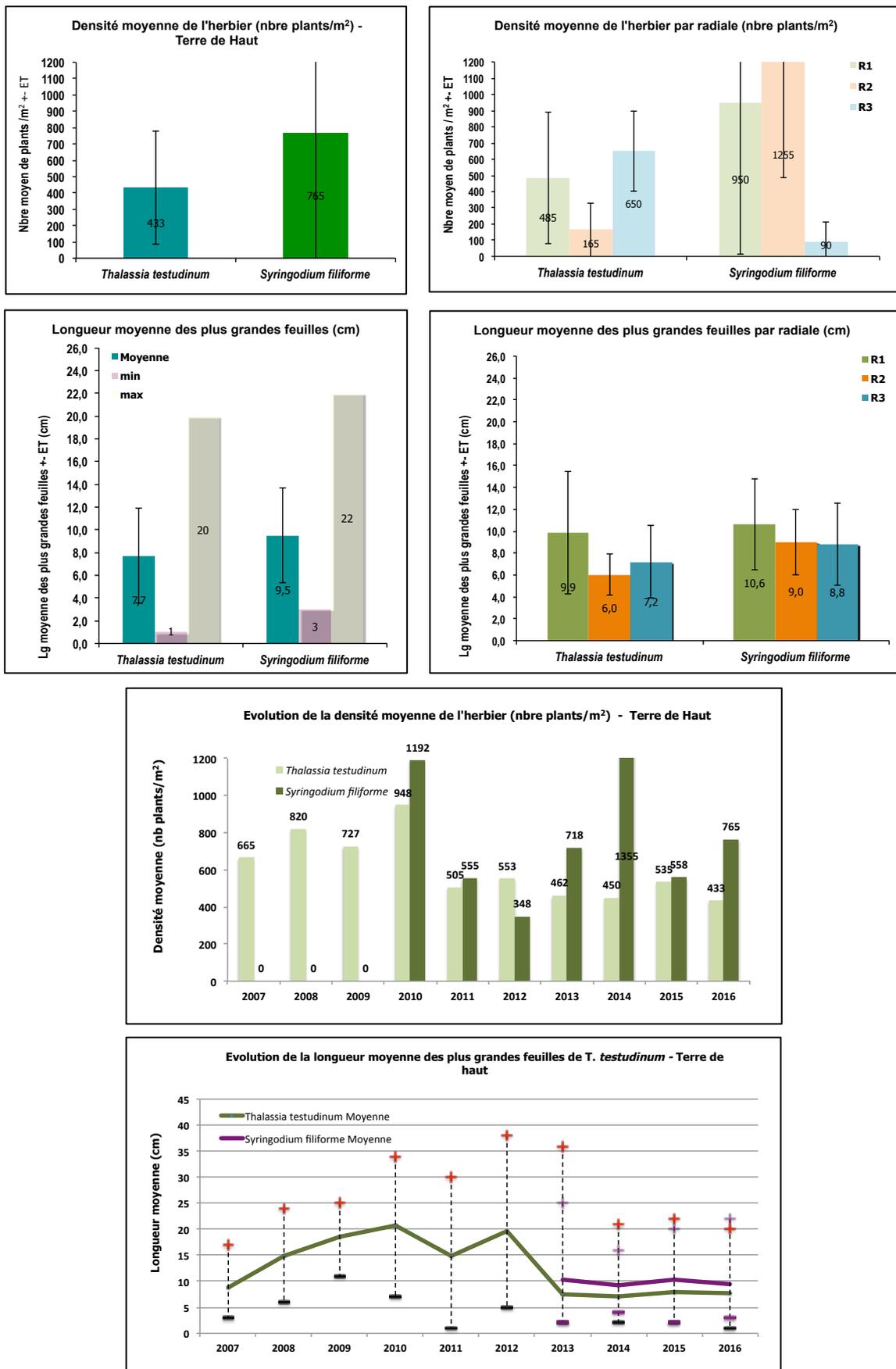


Figure 18 - Densité et longueur de feuilles en 2016 sur Terre de Haut (en haut), et évolution 2007-2016

Mégafaune associée aux herbiers

En 2015, les densités moyennes des espèces d'invertébrés associées à l'herbier sont relativement faibles (Figure 19). Seuls 1 nacre (famille des Pinnidae) et 3 oursins blancs (*Tripneustes ventricosus*) ont été observés au sein de l'herbier, comme en 2014. En 2013, 2 autres espèces d'oursins avaient été observées lors du suivi. Il s'agissait principalement d'oursins perforants (*Echinometra lucunter*) présents sur/dans le substrat rocheux associé à l'herbier ; s'agissant d'oursins inféodés au substrat rocheux côtier et non à l'herbier en lui-même, ils n'ont pas été pris en compte dans le comptage en 2014 et 2015. Quelques oursins diadème (*Diadema antillarum*) avaient également été recensés. Aucun lambi vivant n'a été observé au sein de l'herbier en 2016. Une faible densité de lambis morts a été observée (0,7 individu mort / 100 m²).

Evolution des populations de lambis sur la période 2007-2016

La densité de lambis vivants au sein de l'herbier est en diminution depuis 2012 (2 individus vivants / 100 m²) (Figure 20) ; aucun individu n'a été observé en 2013, 2015 et 2016 et seul 1 individu vivant / 100 m² avait été observé en 2014. La densité d'individus morts est en nette baisse depuis 2011 (de 4,83 à 0,7 individus /100 m²), après une augmentation observée entre 2013 et 2014. Elle était nulle en 2015. La régression de l'herbier contribue probablement à la diminution du nombre de lambis sur cette zone, non représentatif toutefois du stock à l'échelle du lagon. En 2014, les lambis vivants observés étaient principalement des sub-adultes (10-20 cm ; 0,67 individus / 100 m²) et des juvéniles (<10 cm ; 0,33 individus / 100 m²).

Ces résultats ne sont toutefois pas représentatifs de l'évolution du stock de lambis à l'échelle du lagon de Petite Terre. La taille très réduite de l'herbier, en régression vers le nord-ouest ne permet pas en effet de réaliser un échantillonnage optimisé des lambis. En parallèle de ce suivi macrofaune de l'herbier, le suivi spécifique des lambis par vidéo tractée a également été mis en œuvre sur l'ensemble du lagon de Petite Terre (et non plus seulement au niveau de la station herbier), comme de 2013 à 2015. Les résultats de ce suivi sont présentés dans le paragraphe suivant.

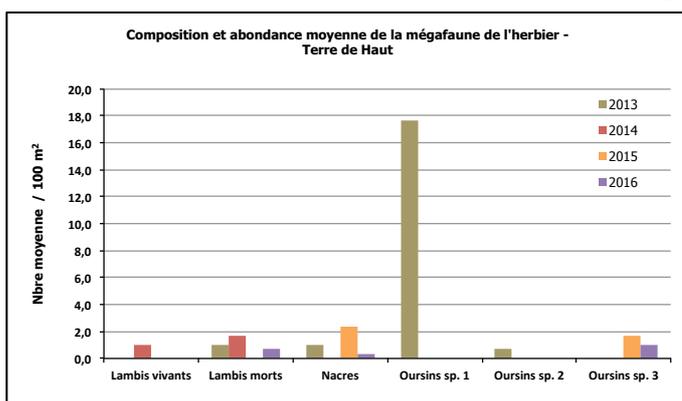


Figure 19 - Composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Terre de Haut

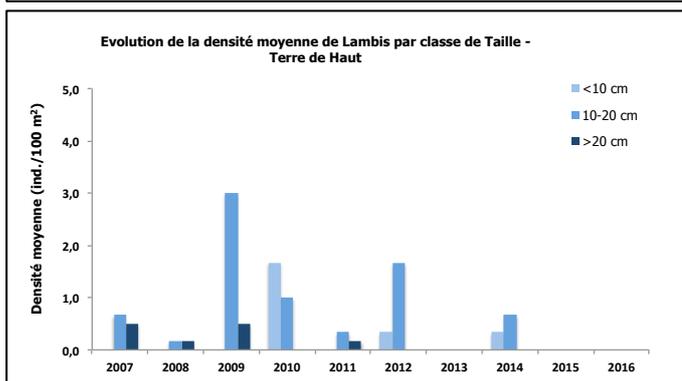


Figure 20 - Evolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Terre de Haut

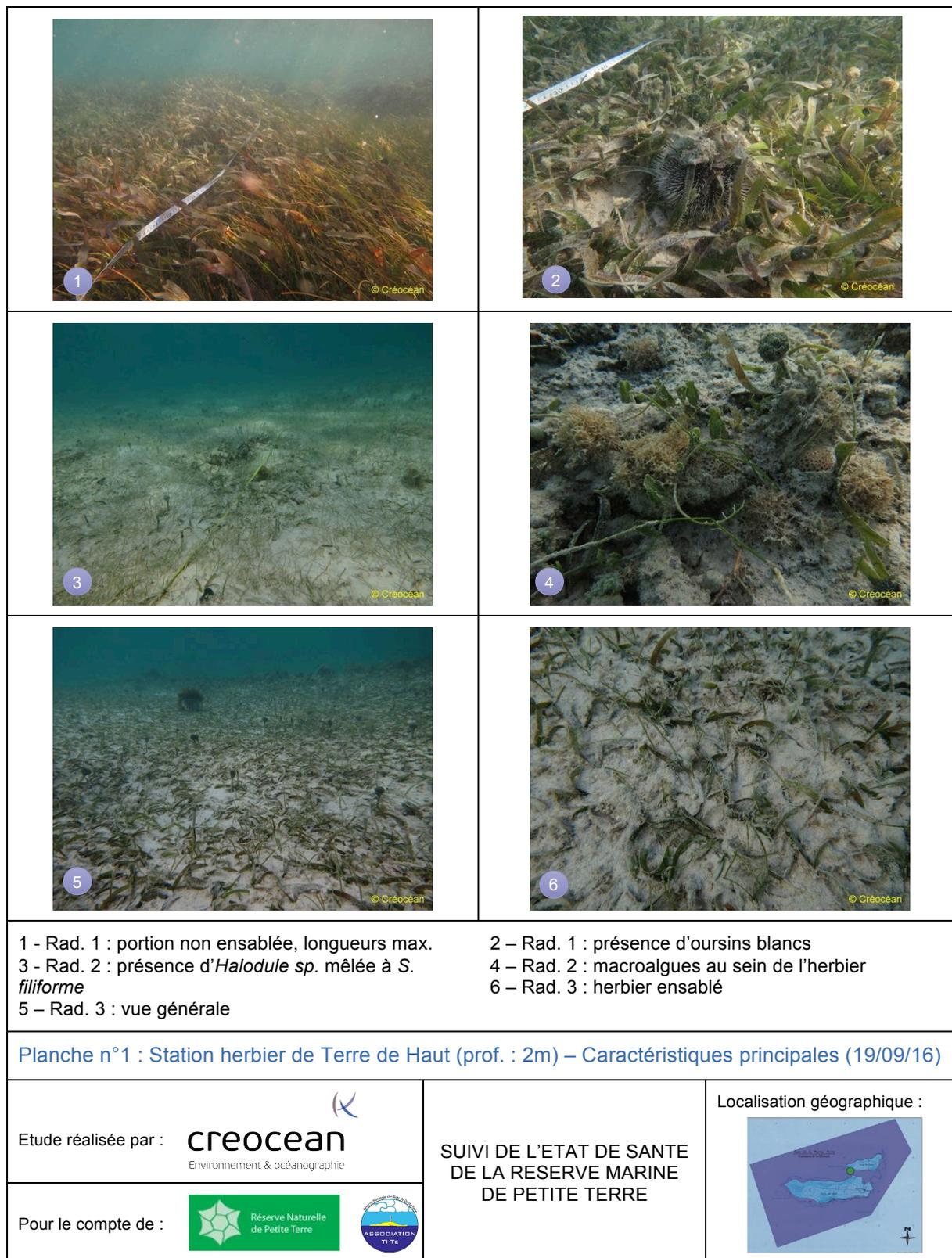


Figure 21 - Illustrations de la station de suivi des herbiers de Petite Terre

4.4. Conclusions

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

Concernant les peuplements benthiques :

- ▶ La structure du peuplement benthique est globalement similaire sur la station Passe et sur la station Nord-est Passe. Les peuplements sont largement dominés par les algues (couverture du substrat > 75%) sur les 2 stations, principalement les turfs algaux sur la station Passe et les macroalgues non calcaires sur la station Nord-est Passe. La couverture corallienne est moyenne sur les 2 stations (18 et 19%). Le genre *Porites* est largement majoritaire sur les 2 stations puisqu'il représente 100% des taxons sur la station Nord-est et plus de 92% des taxons présents sur le transect de la station Passe (espèce digitée *P. porites* et *P. astreoides*).
- ▶ Depuis 2007, la couverture en corail vivant a diminué de près de moitié sur la station Passe. Cette évolution semblait toutefois se stabiliser entre 2014 et 2015 et une hausse est même enregistrée depuis 2015. Parallèlement, la part des peuplements algaux a significativement augmenté avec une relative stabilité observée les dernières années. La mise en place du périmètre de protection du récif, dont une partie du transect de la station Passe fait partie, devrait encourager cette évolution à la hausse du recouvrement corallien.

Sur la station Nord-est suivie depuis 2015, la couverture corallienne a légèrement diminué entre 2015 et 2016 (de 17 à 21%) tandis que la couverture algale a augmenté (de 73 à 75%).

Concernant les peuplements ichthyologiques :

- ▶ Sur la station Passe, les peuplements sont majoritairement composés d'herbivores (54%) et de planctonophages (40%), tandis que sur la station Nord-est Passe, les herbivores (53%) et les piscivores dominant (41%). Les autres espèces de haut rang trophique sont rares, ainsi que les planctonophages sur la station Nord-est.
- ▶ En 2016, le peuplement est principalement composé de poissons juvéniles sur la station Passe (79% d'individus <10 cm). Ceci est à mettre en relation avec l'hydrodynamisme marqué, favorable à la présence de juvéniles. Sur la station Nord-est, les individus >10 cm sont toutefois minoritaires (31%). Sur cette dernière, la densité moyenne globale s'est avérée relativement faible en 2016 (19 ind./100 m²).
- ▶ Depuis 2009, la densité et la biomasse du stock de poisson sur la station Passe ont augmenté mais cette augmentation n'apparaît toutefois pas statistiquement significative. Sur la station Nord-est, abondance et biomasse sont sensiblement inférieures en 2016. Le recul sur cette station suivie depuis 2 ans est toutefois insuffisant pour conclure quant à une dégradation du peuplement.

Concernant les peuplements d'herbiers et la mégafaune associée :

- ▶ L'herbier présente un caractère mixte et un bon état de santé : quelques macroalgues sont présentes et on observe localement des signes de sédimentation modérée. Une autre espèce de phanérogame marine est également présente au niveau de la sous-station 2: *Halodule sp.*
- ▶ Un phénomène de fragmentation a été mis en évidence au niveau de la sous-station 1, avec un taux de fragmentation d'environ 16% et au début de la 2^{ème} sous-station (4%). Par ailleurs, la majorité de l'herbier est fortement ensablé et en régression vers le nord-ouest mais celle-ci semble toutefois se stabiliser ces dernières années.
- ▶ La densité est relativement élevée mais hétérogène au sein de l'herbier. *Syringodium filiforme* prédomine globalement sur *Thalassia testudinum*. La hauteur moyenne de la canopée est faible (7,7 cm en moyenne pour *T. testudinum* et 9,5 cm pour *S. filiforme*), en liaison avec l'ensablement de l'herbier.

- ▶ La diminution de la densité en *T. testudinum* depuis 2007 et l'augmentation de la densité en *S. filiforme* depuis 2010, année de son apparition ne sont pas statistiquement significatives. En 2016, l'espèce *S. filiforme* représente en densité 64% de l'herbier.
- ▶ La diversité et l'abondance des espèces d'invertébrés associés à l'herbier sont faibles.
- ▶ En 2016, la densité moyenne de lambis vivants est nulle au sein de l'herbier, comme en 2015. Ce résultat n'est toutefois pas représentatif du stock de lambis à l'échelle du lagon. Le suivi par vidéo tractée à l'échelle du lagon, présenté ci-dessous, a permis de réaliser une évaluation plus représentative de la population de lambis à Petite Terre.

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

Les prises de vue vidéo ont été réalisées le long des 5 transects échantillonnés annuellement entre 2013 et 2015, orientés d'ouest en est (Figure 22), soit face au courant. Les profondeurs sont comprises entre 1,5 - 2 m (transects 4 et 5) et 3 - 4 m (transects 1, 2 et 3).

Suite à un problème technique lors de la mise en œuvre du suivi en septembre 2016, celui-ci a dû être reporté et a été réalisé le 30 janvier 2017. Les conditions météo-océaniques se sont avérées relativement contraignantes, avec un courant marqué au sein du lagon et un vent de sud-est soutenu, à l'origine d'un clapot de surface.

La vitesse de l'embarcation a dû être adaptée et accélérée par rapport aux suivis précédents afin de maintenir le cap le long des transects.

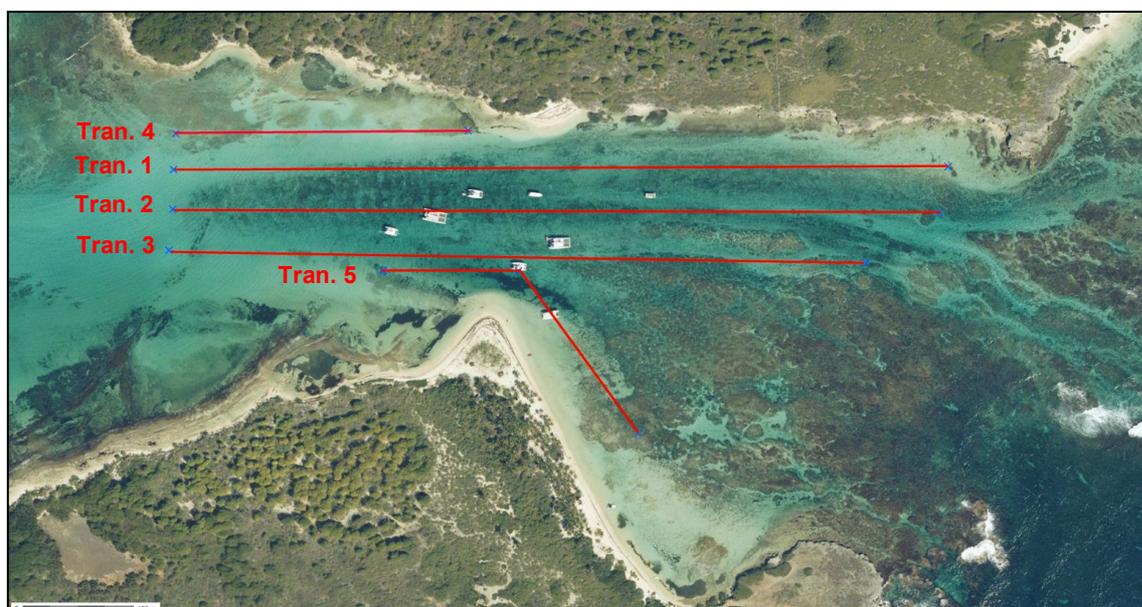


Figure 22 - Localisation des transects d'échantillonnage

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

En 2015 : (Tableau 8, Figure 23)

- ▶ Sur l'ensemble des 5 transects, **99 individus** ont été observés, dont 83 a priori vivants, sur une superficie totale échantillonnée estimée à **3538 m²**. La densité moyenne sur le secteur du lagon étudié peut donc être estimée à 2,8 individus/100m². Ce recensement ne revêt toutefois pas un caractère exhaustif mais constitue **un état** à une saison donnée, dont il sera possible de suivre l'évolution lors de suivis ultérieurs, par la mise en œuvre **du même protocole**.

Par ailleurs, ce nombre inclut les lambis vivants mais également les lambis morts. Il apparaît en effet difficile de distinguer les coquilles vides des lambis vivants sur les images vidéo avec cette méthode d'échantillonnage, excepté quand l'ouverture de la coquille est orientée vers le haut. Ainsi, sur les 99 individus comptabilisés, **a minima 16 sont des lambis morts**. Il s'agit uniquement d'individus de petite taille, probablement consommés par des chatrous (trous caractéristiques observés lors des plongées) ou autres (langoustes, poissons, crustacés, etc.).

- ▶ On observe de **fortes disparités selon les transects, avec des secteurs d'agrégats plus ou moins marqués** : le nombre le plus élevé d'individus a été observé le long du transect 1,

proche de l'île de Terre de Haut (43 individus ; densité de 4,8 ind/100m²). Les lambis observés étaient majoritairement des individus adultes (29 individus), dispersés sur la seconde moitié du transect. Les transects 2 et 3 ont présenté des densités en lambis intermédiaires avec respectivement 26 (densité : 2,5 ind/100m²) et 21 (2,2 ind/100m²) individus recensés. Il s'agissait majoritairement de sub-adultes (10-20 cm). Inversement, sur le transect 4 situé au nord du lagon, à proximité de la station de suivi herbier, un seul individu juvénile mort a été observé. La superficie échantillonnée est toutefois plus faible sur ce transect que le long des autres transects (265 m²). Sur le transect 5 qui longe les mouillages les plus proches de la plage, 8 individus ont été observés (2,1 ind/100m²). Il s'agissait toutefois de 7 individus juvéniles mort et d'un adulte.

- ▶ **La majorité des individus observés sont des adultes (>20 cm) et des subadultes (10-20 cm).** Les individus de petite taille observés sont morts pour la plupart (à minima 16 juvéniles morts sur 28 observés au total).
- ▶ **Comme lors des suivis précédents, dans notre secteur d'étude, les lambis semblent préférentiellement se concentrer sur les zones de débris coralliens colonisés par les turfs algaux et les macroalgues du genre *Dictyota*,** plutôt que sur les autres habitats du lagon (algueraies, sable nu, etc.) La trop faible profondeur sur les zones d'herbiers ne permet pas de mettre en œuvre le protocole de vidéo tractée sur ce type d'habitat. Le suivi de la mégafaune sur la station « herbier » semble toutefois témoigner d'une faible densité de lambis sur ces zones (aucun lambi vivant observé sur la station herbier). A noter que ces observations ont été réalisées à une période donnée et ne sont pas forcément extrapolables à l'ensemble de l'année, les individus étant susceptibles de migrer selon la saison (Stoner & al., 1996, Theile, 2001). Compte tenu de la faible hauteur de l'herbier de Terre de Haut, l'observation d'éventuels lambis est relativement aisée ; sur d'autres secteurs, l'observation est parfois difficile dans cet écosystème, les feuilles des phanérogames dissimulant les individus aux observateurs.

Tableau 8 - Synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les 5 transects en janvier 2017

	Transect 1	Transect 2	Transect 3	Transect 4	Transect 5
Estimation de la surface échantillonnée (m ²)	895	1050	953	265	376
Nombre d'individus observés	43	26	21	1	8
Densité (ind./100 m ²)	4,8	2,5	2,2	0,4	2,1

	Nombre de lambis morts observés			TOTAL
	Juvenile (<10 cm)	Subadulte (10-20 cm)	Adulte (20 cm)	
Tr. 1	5	0	0	5
Tr. 2	2	0	0	2
Tr. 3	1	0	0	1
Tr. 4	1	0	0	1
Tr. 5	7	0	0	7
	16	0	0	16

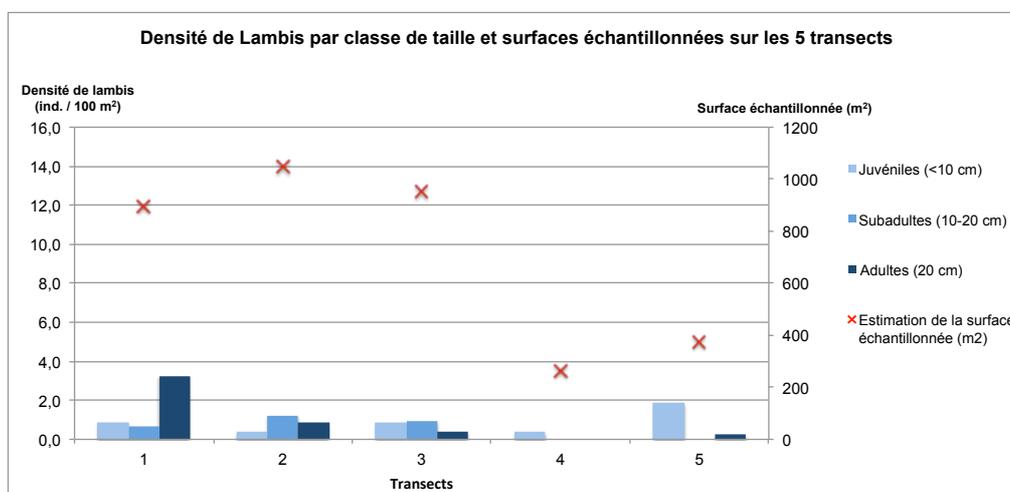


Figure 23 - Densité de lambis par classe de taille sur les 5 transects en janvier 2017 (ind./100 m²)

Entre 2013 et janvier 2017 : (Figure 24, Figure 26, **Figure 27**)

Remarque préliminaire :

Contrairement aux années précédentes (2013 à 2015), le suivi n'a pas pu être réalisé en septembre mais le 30 janvier 2017. Dans le cadre de la comparaison des résultats avec les années précédentes, un biais dû à 2 facteurs distincts est à prendre en considération :

D'une part, la biologie de l'espèce : *Strombus gigas* réalise en effet vraisemblablement des migrations saisonnières. Plusieurs éléments sur le sujet ont été identifiés dans le cadre de rapports de stage réalisés au sein du Comité des Pêches de Guadeloupe (CRPMEM) pour la mise au point d'une méthode d'évaluation des ressources en lambis (Scolan, 2008 et Manceau, 2009).

- ▶ En réponse à des stimuli thermiques et lumineux, des migrations saisonnières ont ainsi été identifiées chez les adultes (Stoner et al., 1996, Theile, 2001 in Scolan, 2008). Certains types d'habitats seraient privilégiés en fonction de l'âge des individus et des périodes de l'année.
- ▶ Chez les adultes, une migration reproductive saisonnière est observée, pendant laquelle les adultes présents dans les herbiers (5 - 18 m) ou en bas de pente récifale (20 - 60 m) migrent sur des fonds sédimentaires nus pour s'accoupler et pondre (Stoner, 1989 ; Stoner et Sandt, 1992 ; Anon., 1999 ; Theile, 2001 in Scolan, 2008). Ces déplacements interviendraient à différentes périodes de l'année selon :
 - la zone géographique : déplacements observables tout au long de l'année à Belize et au Mexique, concentrés sur une période de l'année dans d'autres zones. La migration se déroulerait alors généralement d'avril à août, avec un pic reproductif en juillet (Stoner et Sandt, 1992 in Scolan, 2008). La phase dite de repos sexuel s'étendrait de septembre à mars (Berg et Olsen, 1989 ; Stoner et Sandt, 1992 ; anon., 1999 ; Theile, 2001 in Scolan, 2008). En Guadeloupe, , cette période de migration n'a a priori pas été étudiée.
 - l'âge des individus en zones exploitées. 2 stocks de reproducteurs ont ainsi été observés : le 1^{er} composé de jeunes adultes entre 10 et 18 m se reproduisant plus tôt (entre février et octobre selon la zone) et le second composé de vieux adultes, situés plus en profondeur (20-60 m) qui se reproduiraient entre avril et août (Stoner, 1989 in Scolan, 2008).

→ *Les déplacements des lambis présents à un moment de leur vie dans le lagon de Petite Terre ne sont à ce jour pas connus. Les suivis réalisés généralement début/mi-septembre interviennent vraisemblablement en fin de période de reproduction. Le suivi réalisé en janvier 2017 intervient quant à lui à la fin de la période de repos sexuel.*

D'autre part, la période de pêche autorisée de l'espèce : l'exploitation de cette espèce est encadrée par l'arrêté 2002/1249 qui l'autorise du 1^{er} octobre au 31 décembre jusqu'aux fonds de 25 m et jusqu'au 31 janvier au delà des fonds de 25 m.

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

Analyse de l'évolution entre 2013 et janvier 2017 :

- ▶ **La superficie totale échantillonnée en janvier 2017** (3538 m²), dépendante de la largeur du champ de comptage et donc de la hauteur de la caméra par rapport au fond, **est légèrement plus faible que celle de 2015** (3796 m²) **et sensiblement inférieure à celles de 2013 et 2014**, globalement équivalentes (respectivement 4591 et 4602 m²) (Figure 24). En 2015, l'inclinaison de la caméra et des lasers n'avait pas pu être réglée de manière optimale, ce qui avait limité la largeur de champ au sein de laquelle les lambis étaient comptabilisés. En janvier 2017, les conditions météo-océaniques ont compliqué les prises de vue. Le calcul de la densité ramenée /100 m² permet toutefois de comparer les densités en fonction des années.
- ▶ **En janvier 2017, la densité globale à l'échelle des 5 transects est la plus faible observée depuis le début des suivis en 2013** (2,8 ind/100 m²) (Figure 24). En 2015, la densité était inférieure à celle relevée en 2014 (respectivement 4,8 et 5,5 ind/100 m²) mais supérieure à celle de 2013 (4,6 ind/100 m²). Les valeurs relevées en septembre restaient toutefois supérieures à 4 ind/100 m². La densité inférieure en janvier 2017 pourrait être liée à la période de suivi, différente des années précédentes mais aussi à la pression de pêche exercée sur les lambis hors du périmètre de protection de la réserve (hors éventuels actes de braconnage au sein de la réserve) depuis le 1^{er} octobre, date d'ouverture de la pêche. L'influence de ces 2 facteurs est difficile à confirmer et à évaluer sur la base d'une seule campagne réalisée au mois de janvier et compte tenu du manque de connaissance sur les déplacements des lambis de cette zone.

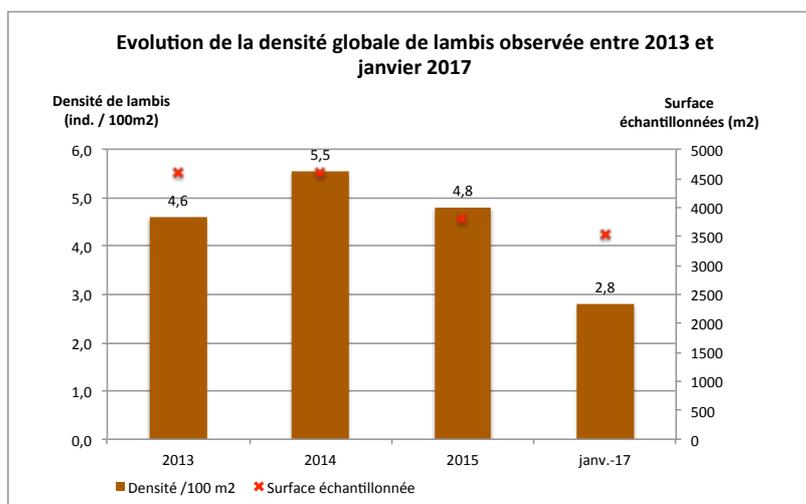


Figure 24 – Evolution de la densité globale de lambis (densité moyenne sur les 5 transects) entre 2013 et janvier 2017



Figure 25 - Illustrations de prises de vue vidéo

- ▶ Lors des suivis précédents réalisés au mois de septembre, les transects 3 et 5 présentaient les densités de lambis les plus élevées. En janvier 2017, la densité maximale est relevée sur le transect 1 (Figure 26). Les groupes d'individus (notamment adultes) observés en 2013 et 2014 et dans des proportions moindres en 2015 n'ont pas été observés en janvier 2017. Le long du transect 5, de nombreux juvéniles étaient couramment observés lors des campagnes de septembre, notamment en 2015. A noter toutefois qu'en 2014, la quasi totalité des individus juvéniles observés le long de ce transect étaient des individus morts, ce qui ne semblait pas être le cas des agrégats observés en 2015. En janvier 2017, 7 coquilles de lambis morts sur 8 individus recensés ont été observées le long de ce transect.
- ▶ Sur le transect 4, la densité de lambis est faible depuis 2013 et était nulle en 2015. Il se pourrait que le substrat sur cette zone (dominance de sable nu) ne constitue pas l'habitat préférentiel des lambis au sein du lagon, quelle que soit la saison.

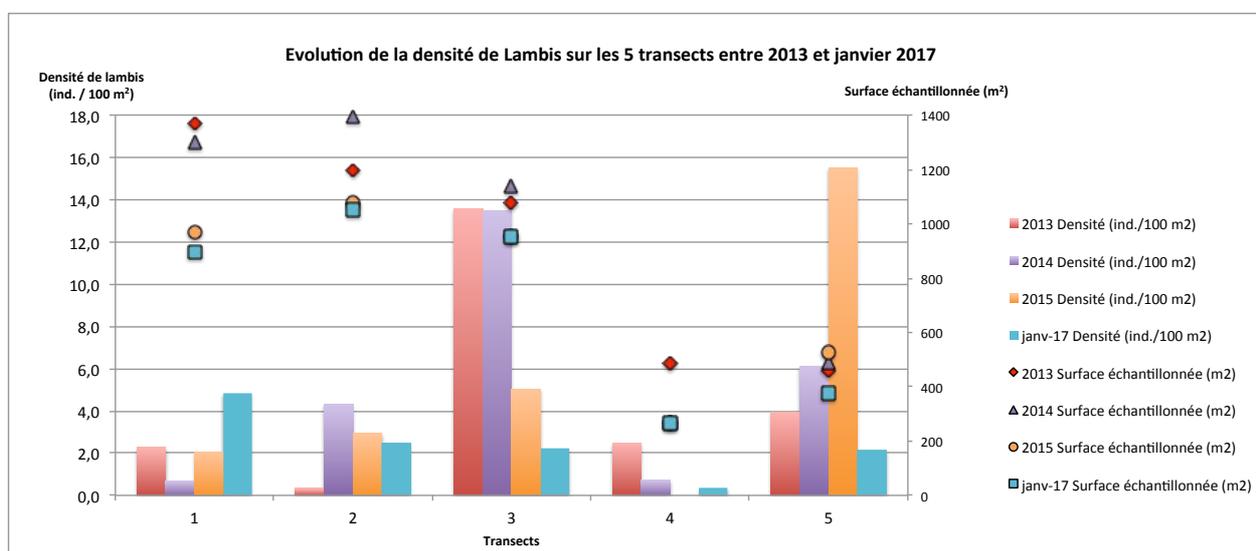


Figure 26 - Evolution de la densité de lambis sur les 5 transects entre 2013 et 2015 (ind./100 m²)

- ▶ En 2013, les 3 classes de taille étaient globalement représentées dans des proportions similaires (excepté sur les transects 4 et 5). En 2014 et 2015, la densité en juvéniles était sensiblement plus élevée sur la majorité des transects. **En janvier 2017, on observe une majorité d'individus adultes (Figure 27).**
- ▶ La densité d'individus adultes globale à l'échelle des 5 transects était globalement constante entre 2014 et 2015 (de 0,4 à 0,5 ind/100 m² en moyenne) mais très inférieure à celle de 2013 (1,1 ind/100 m²) ou à celle observée en janvier 2017 (1,0 ind/100 m²). En 2013, les individus adultes étaient observés en forte densité sur le transect 3 (4,8 ind/100 m²), tandis qu'en janvier 2017, c'est le transect 1 qui affiche la plus forte densité en individus adultes (3,2 ind/100 m²). Il est toutefois difficile d'interpréter cette observation compte tenu des saisons d'échantillonnage différentes.

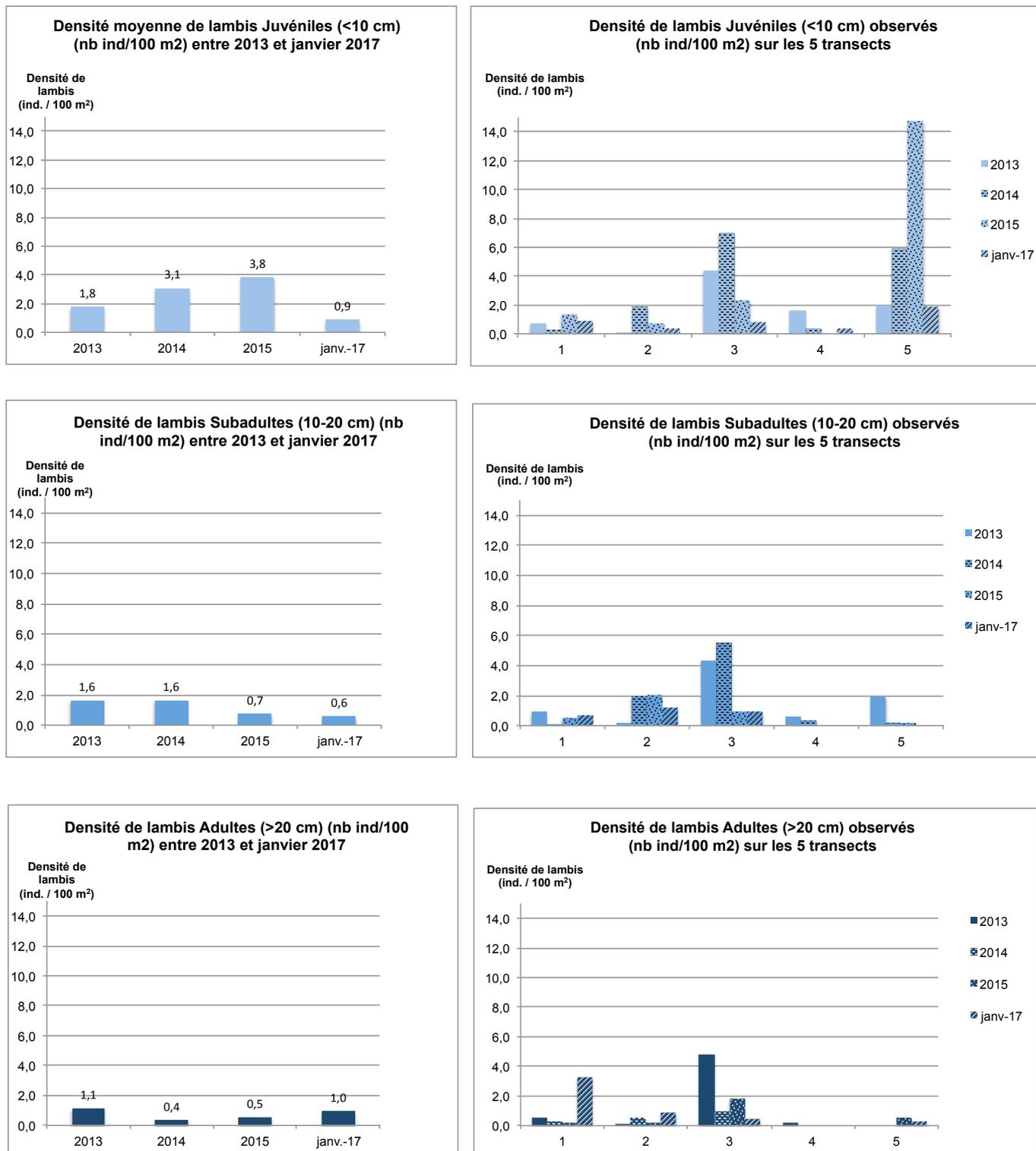


Figure 27 - Evolution de la densité de lambis par classe de taille entre 2013 et janvier 2017 (à gauche) et par transect (à droite)

La possible influence des facteurs « saison » et « pression de pêche (hors réserve) » lors du dernier suivi réalisé ne permet pas de comparer l'évolution des effectifs de lambis au sein du lagon de Petite Terre entre ce suivi de janvier 2017 et les années précédentes. A noter que compte tenu des variabilités interannuelles qui peuvent exister du fait de l'écologie du lambi (migrations, etc.), la tendance évolutive globale de la population de lambis de Petite Terre sera dans tous les cas à confirmer sur le long terme après plusieurs années de suivis réalisés à la même période (éventuellement par une analyse statistique).

Les résultats observés lors de ce suivi de janvier au lieu de septembre les années précédentes, semblent en faveur d'une possible variation saisonnière de la population de lambis au sein du lagon :

- ▶ Il semble que la densité relevée en janvier soit sensiblement plus faible que les densités qui ont pu être relevées en septembre lors des 3 années de suivi de 2013 à 2015. Les agrégats de lambis qui étaient observés les années précédentes n'ont pas été observés en janvier 2017.
- ▶ Les individus adultes dominent le peuplement lors du suivi de janvier 2017 tandis que les juvéniles étaient majoritaires lors des campagnes de septembre des années antérieures.

4.6. Suivi des cyanophycées

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

En 2015, le suivi des cyanobactéries a été précisé et amélioré : 24 photo-quadrats ont été réalisés sous les 4 mouillages de la zone (Figure 29) : les quadrats réalisés sont « fixes », le long d'un transect de 12 m (avec marque 6 m au niveau du mouillage) déroulé dans l'axe du courant (est-ouest) afin de disposer de quadrats en amont et en aval du mouillage par rapport au courant (sous l'influence de celui-ci, les eaux ou matériel organique éventuellement rejetés par les bateaux peuvent en effet sédimenter plusieurs mètres derrière le point de mouillage). Une photo-quadrat tous les 2 mètres a été réalisée, soit 6 quadrats sous chaque mouillage (3 en amont et 3 en aval par rapport au flux dominant).

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

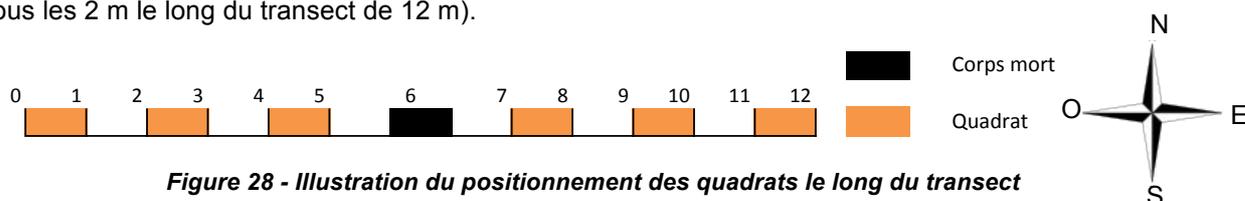


Figure 28 - Illustration du positionnement des quadrats le long du transect

Soit au total 30 quadrats. Ces photos ont ensuite été analysées à l'aide du logiciel CPCe (Coral Point Count), permettant d'estimer la couverture en cyanophycées des quadrats (Figure 30). 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 31).

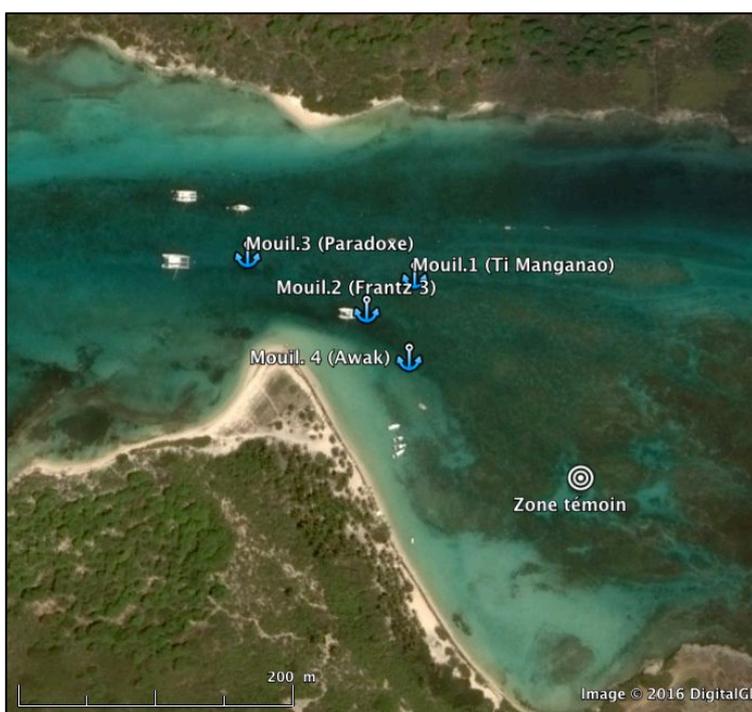


Figure 29 - Localisation des 4 mouillages suivis et de la zone témoin (d'après Google Earth)



Figure 30 - 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 31 - Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées

En 2016, la couverture en cyanophycées est faible sous l'ensemble des mouillages (Tableau 9). Les pourcentages de recouvrement varient de 0% (absence de cyano) sous le mouillage n°3 (« Paradoxe»), situé le plus à l'ouest, à 6,6% sous le mouillage n° 2 (« Frantz 3 »), mouillage suivant le n°3 en allant vers l'est.

Les recouvrements les plus élevés sont observés sous les mouillages les plus proches de la côte : n°2 (« Frantz 3 ») avec 6% et n°4 (« Awak ») avec 1,2%.

L'épaisseur varie de façon concomitante : sous le mouillage n°1, les cyanophycées sont très localisées, peu abondantes (0,1% de recouvrement des quadrats en moyenne) et forment un film brun fin sur quelques débris et une coquille de lambi vide (indice moyen d'épaisseur : 0,3). Sous le mouillage 2 (« Frantz 3 ») les cyanobactéries se présentent sous la forme d'un film brun rougeâtre, épiphytes sur les macroalgues ou débris de macroalgues dérivantes (indice moyen d'épaisseur : 2,0). Sous le mouillage n°4 (« Awak »), les cyanobactéries sont peu abondantes (couverture moyenne : 1,2%) mais forment des tâches peu à moyennement épaisses (indice moyen d'épaisseur : 1,2).

Tableau 9 - Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis (% et épaisseur)

	Couverture (%)	Code épaisseur (moyenne des quadrats)	Observations
Mouillage 1 (Ti Manganao)	0,1%	0,3	Film brun fin et très localisé sur débris et coquille de lambi mort
Mouillage 2 (Frantz 3)	6,6%	2,0	Film brun peu à moyennement épais sur les macroalgues et macroalgues dérivantes
Mouillage 3 (Paradoxe)	0,0%	0,0	-
Mouillage 4 (Awak)	1,2%	0,5	Film brun peu à moyennement épais sur les macroalgues et macroalgues dérivantes

Les photos-quadrats réalisées hors des zones de mouillage au niveau de la zone témoin (Tableau 10) montrent des recouvrements plus faibles, compris entre 0% et 5%. Le recouvrement est fin (inférieur à 1 mm) à moyennement épais (1 à 5 mm) selon les quadrats, pour une épaisseur moyenne d'indice 0,7.

Tableau 10 - Couverture en cyanophycées sur les quadrats hors mouillage (% et épaisseur)

	Quadrat Hors mouillage						Moyenne de la zone témoin
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
Aire moyenne (cm ²)	0	0	0	62	189	491	
Couverture (%)	0%	0%	0%	1%	2%	5%	1,2%
Code épaisseur	0	0	0	1	2	1	0,7
Observations	Cyano peu abondantes, principalement film rouge faiblement à moyennement épais sur les macroalgues						

Evolution de la couverture en cyanobactéries sous les mouillages : (Figure 32)

Les taux de recouvrement observés en 2016 sous les quadrats sont les plus faibles depuis le démarrage des suivis en 2012. Il est possible que les conditions de mer (houle, courant) les jours/semaines précédant le suivi aient favorisé le « nettoyage » du substrat. Une fréquentation inférieure du site pourrait également avoir limité leur réinstallation.

Entre 2011 et 2012, le recouvrement en cyanophycées avait considérablement augmenté sous les mouillages près de la côte (mouillages n°2 « Frantz 3 » et n°4 « Awak »). Ces valeurs avaient diminué en 2013 puis en 2014.

Cette diminution s'est poursuivie en 2015 pour le mouillage n°4 (« Awak ») (de 24 à 13%) puis en 2016 (de 13 à 1%).

Sous le mouillage 2 (« Frantz 3 ») toutefois, la valeur du recouvrement est supérieure en 2015 (de 11 à 31% entre 2014 et 2015), bien qu'inférieure à la valeur maximale relevée en 2012 (47%). En 2016, il s'agit du mouillage où les cyanobactéries sont les plus abondantes (7%), mais cette valeur est la plus faible enregistrée depuis le 1^{er} suivi.

Sous le mouillage n°1 (« Ti Manganao »), le recouvrement avait largement diminué en 2015 (de 19 à 3%). En 2016, le recouvrement en cyanobactérie au sein des quadrats est inférieur à 1%.

Sous le mouillage n°3 (« Paradoxe »), la couverture en cyanophycées augmentait faiblement mais régulièrement depuis 2012 (de 0% en 2012 à 12% en 2014). En 2015, celle-ci explosait avec près de 64% de couverture au sein des quadrats (moyenne sur les 6 quadrats). Les cyanobactéries sous ce mouillage étaient majoritairement fixées aux macroalgues ou débris de macroalgues dérivantes, particulièrement nombreux sur le substrat lors du suivi 2015. En 2016, cette observation n'a pas été réitérée et l'abondance des cyanobactéries est particulièrement faible (1%).

Evolution de la couverture en cyanophycées sous les mouillages

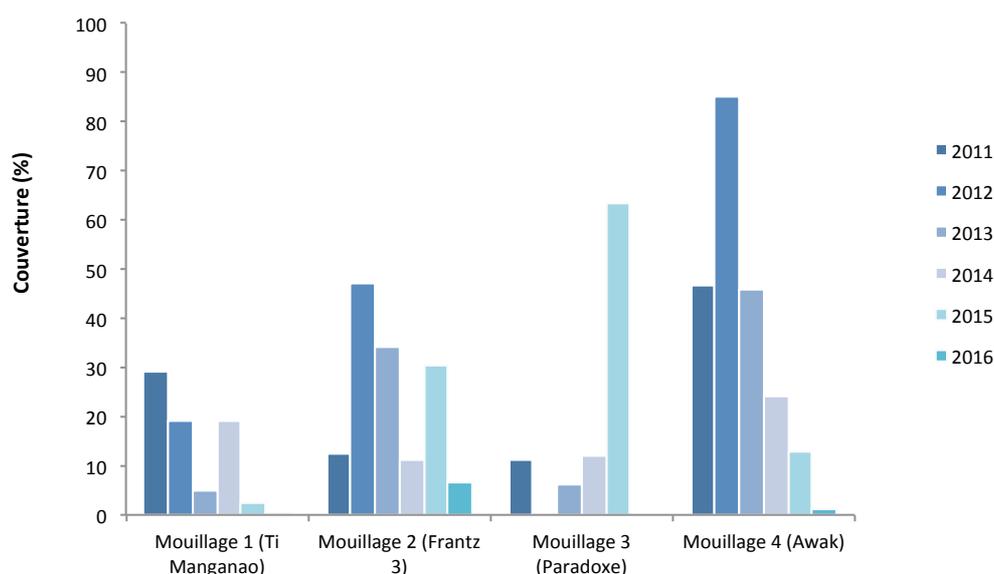


Figure 32 - Evolution de la couverture en Cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre

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

En 2016, le recouvrement en cyanophycées dans les quadrats hors zone de mouillage est faible (1%) et inférieur ou égal à celui de relevés sur les 2 mouillages proches de la côte : n°2 (« Frantz 3 ») et n°4 (« Awak ») (respectivement 7 et 1%). L'épaisseur de la couverture en cyanobactéries est globalement plus élevée sous les mouillages.

L'impact des mouillages sur les populations de cyanobactéries se confirme au fil de suivis ; il conviendra de continuer à le surveiller.

Comparaison de la couverture en cyanophycées en amont et en aval du mouillage par rapport au courant dominant (est-ouest) : (Figure 33)

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

Comme en 2015, il n'y a pas de tendance claire de répartition des taux de recouvrement plus ou moins élevés par les cyanobactéries en amont et en aval des mouillages. Paradoxalement, comme en 2015, les couvertures semblent parfois plus élevées en amont qu'en aval : mouillages (n°1, 4 et 2).

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

Les prochains suivis permettront d'affiner cette comparaison amont/aval.

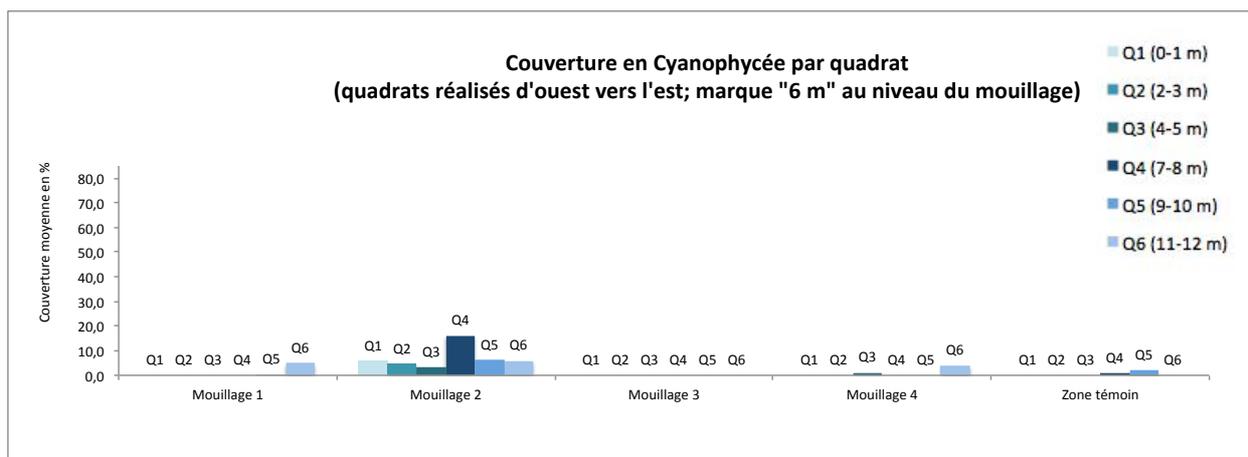


Figure 33 - Couverture en Cyanophycées par quadrats sous les mouillages et hors mouillage à Petite Terre

5. Résultats sur les stations de suivi de la Réserve de Saint-Barthélemy

5.1. Les peuplements benthiques

5.1.1. Etat de santé en 2016 et évolution sur la période 2007-2016

Analyse globale de la couverture totale en 2016

Les résultats indiquent que les stations situées dans le périmètre de la réserve (Colombier) et hors réserve (Le Bœuf) présentent en 2016 : (Figure 34)

- ▶ **Une structure de peuplement globalement similaire**, avec toutefois des particularités propres à chaque station,
- ▶ **Une couverture corallienne faible sur Le Bœuf** (10% de la couverture totale) présentant un état de santé moyen, **à moyenne sur la station Colombier** (21%), présentant un bon état de santé.
- ▶ **Une part prépondérante de peuplements algaux** sur Le Bœuf (69% de la couverture totale) et moindre sur la station de Colombier (47%),
- ▶ **Une proportion moyenne relativement élevée des autres invertébrés benthiques** (gorgones et éponges) qui représentent 29% de la couverture totale sur la station Colombier et 21% sur la station Le Bœuf,
- ▶ **Une proportion de substrat abiotique faible** sur Colombier (3%), exclusivement constituée de sable. Sur la station Le Bœuf, l'ensemble du substrat disponible est colonisé et la part de substrat non vivant est nulle.

Analyse détaillée de la couverture vivante en 2016

Les résultats relatifs à la couverture vivante montrent que :

- ▶ **Les peuplements coralliens sont dominés par les coraux durs**. Ils constituent 17% de la couverture vivante sur Colombier et 10% sur Le Bœuf. A noter toutefois que les coraux de feu (*Millepora*) sont majoritaires sur les 2 stations (45% des taxons relevés). Ce ne sont pas des coraux à proprement parler (Anthozoaires scléactiniaires) mais des Hydrozoaires. Ils participent toutefois à la construction des récifs coralliens par la sécrétion d'un squelette calcaire et sont par convention codifiés HC (Hard Coral). Sur Colombier, les coraux sont plus diversifiés, avec 8 genres de Scléactiniaires observés dont *Montastrea* (14% des taxons), *Porites*, *Agariciidae* et *Madracis* (8%). Sur Le Bœuf, 5 genres coralliens ont été relevés dont les principaux sont *Porites* (21%) et *Diploria* (17%).
- ▶ Les zoanthaires (*Palythoa sp.*) codifiés en SC (« Soft corals »), sont absents sur la station Le Bœuf et représentent 4% des peuplements sur Colombier.
- ▶ **Les peuplements algaux sont largement dominés par les gazons algaux sur les 2 stations** (44% de la couverture vivante sur Colombier, 51% sur Le Bœuf). Sur Colombier, aucune macroalgue n'a été relevée le long du PIT et seules quelques *Dictyota sp.* isolées ont été observées dans le cadre du relevé sur quadrat (80% des quadrats présentaient une couverture en macroalgues nulle). Les algues calcaires encroûtantes sont présentes en faible proportion (3% de la couverture vivante) et quelques cyanobactéries ont été relevées (0,3%).

Sur Le Bœuf, les macroalgues non calcaires représentent 13% des peuplements ; il s'agit principalement de *Dictyota sp.* et *Styopodium sp.* Le genre *Lobophora* a également été relevé au sein des quadrats. Les algues calcaires encroûtantes sont bien représentées (6%).

- **Les autres invertébrés benthiques** sont dominés par les éponges sur les 2 stations où elles représentent 23% (Colombier) et 15% (Le Bœuf) des peuplements. Les gorgones sont également bien représentées (respectivement 7 et 6% des peuplements).



Figure 34 - Couverture benthique moyenne sur les 2 stations de Saint-Barthélemy en 2016 (les camemberts présentent la couverture benthique totale et les histogrammes détaillent les compositions relatives de chaque catégorie)

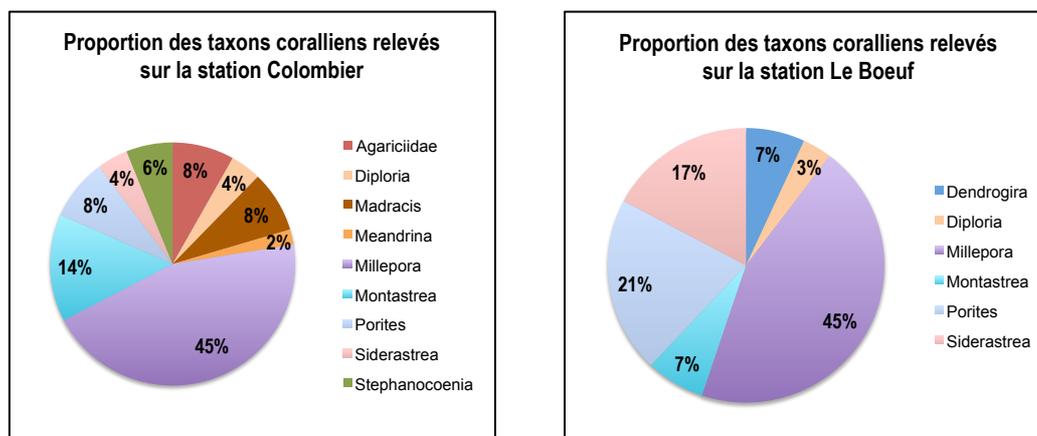


Figure 35 - Proportion des taxons coralliens (coraux durs et coraux de feu) relevés sur les stations de suivi de Saint-Barthélemy

Evolution de la couverture benthique sur la période 2007-2016

Sur la station Colombier, la couverture en « corail vivant » (coraux durs avec *Millepora* + zoanthaires) a augmenté entre 2007 et 2008 (de 12 à 21% de la couverture totale) et est constante jusqu'en 2016, malgré une légère tendance à la baisse depuis le dernier suivi en 2012 (de 24 à 21%). L'augmentation globale (2007-2016) depuis le début du suivi n'est pas apparue statistiquement significative.

A noter toutefois qu'au sein de cette couverture en corail vivant, la part de coraux durs est globalement constante (de 19 à 17% entre 2007 et 2016) et a augmenté entre 2012 et 2016 (de 12 à 17%). La part des zoanthaires, absents en 2007, fluctue au cours des années pour atteindre 13% des peuplements en 2012 puis 4,5% en 2016.

Parallèlement, le recouvrement algal a été multiplié par 6 depuis 2007 (de 8% à 47% en 2016). L'augmentation entre 2007 et 2016 est d'ailleurs apparue statistiquement significative. La part des peuplements algaux apparaît toutefois relativement stable, voire en légère diminution entre 2012 et 2016 (de 51 à 47%). Cette augmentation globale depuis 2007 semble inversement proportionnelle à la diminution de la part de couverture non vivante, estimée à 38% en 2007 contre 3% en 2016.

La progression de ces peuplements est principalement due à l'augmentation de la part des turfs algaux (de 12 à 44% de la couverture vivante entre 2007 et 2016).

Comme en 2016, aucune macroalgue non calcaire n'avait été relevée en 2007 ; leur présence avait été relevée entre 2008 et 2012 avec une proportion maximale de 18% en 2009. Les macroalgues calcaires semblent absentes de la station depuis le début des suivis.

Sur la station Le Boeuf, la couverture corallienne qui avait enregistré une légère augmentation entre 2009 et 2010 (de 15 à 18%), a globalement diminué entre 2010 et 2016 (de 18 à 10% de la couverture totale). La diminution entre 2009 et 2016 n'apparaît pas statistiquement significative.

La part de coraux durs suit cette évolution (de 14 à 10% entre 2009 et 2016). Les zoanthaires, peu représentés lors des précédents suivis (excepté en 2010 : 6% de la couverture vivante) n'ont pas été observés en 2012 et 2016.

La part des peuplements algaux a subi des fluctuations depuis le début des suivis mais est en constante augmentation depuis 2011 (de 41 à 70% de la couverture vivante). Elle a été multipliée par 1,5 entre 2009 et 2016 (de 47 à 70% de la couverture vivante) et l'augmentation apparaît d'ailleurs statistiquement significative. Celle-ci suit celle de la proportion des turfs algaux (de 11 à 51% entre 2009 et 2016).

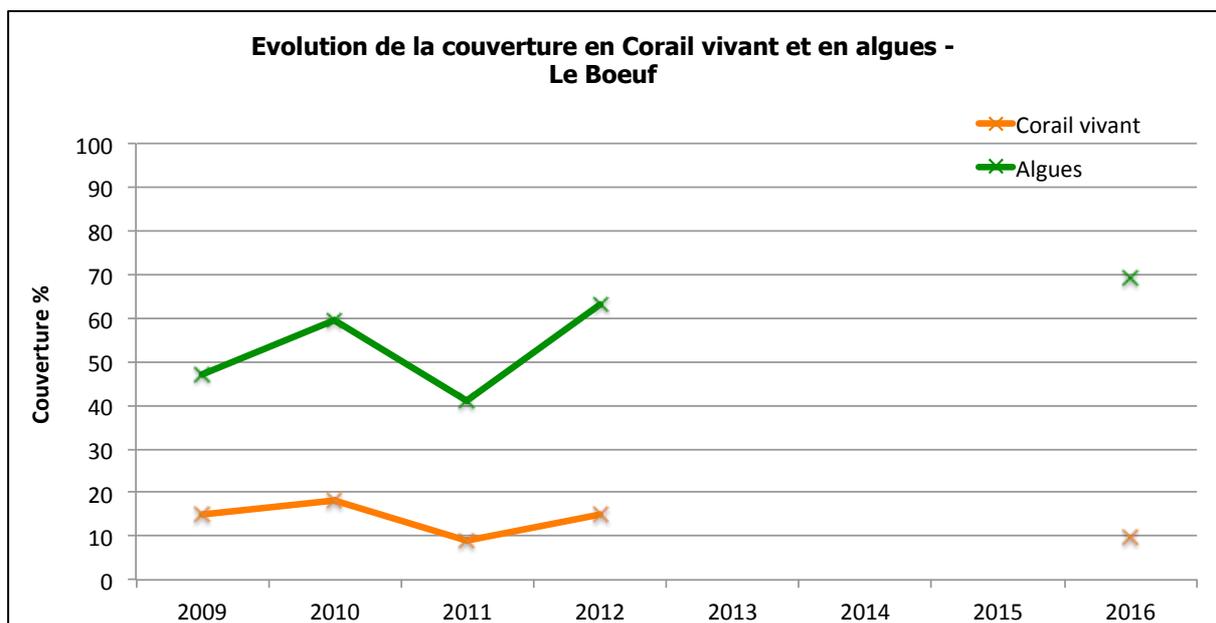
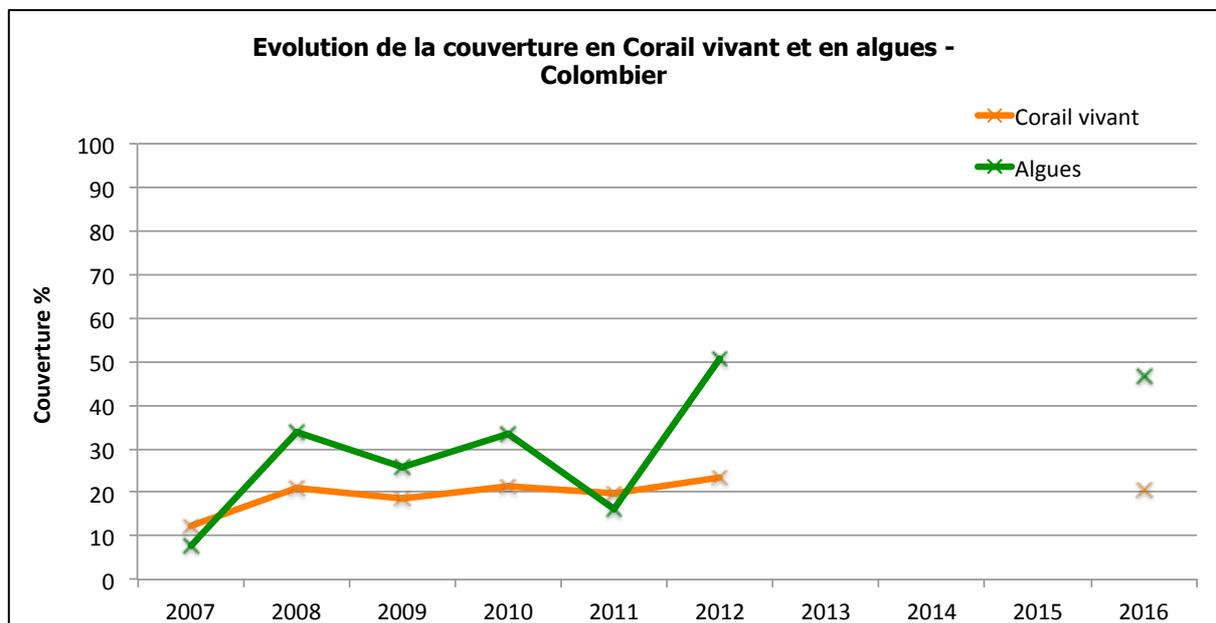


Figure 36 – Evolution de la couverture corallienne et algale sur les 2 stations benthos de Saint-Barthélemy

Recrutement corallien

Sur la station Colombier, le nombre moyen de juvéniles comptabilisés en 2016 est relativement élevé (7,2 juvéniles/m²) et largement supérieur aux relevés précédents (valeur antérieure maximale de 3,2 juvéniles/m² relevée en 2012). L'évolution 2007-2016 n'est pas statistiquement significative mais l'augmentation observée depuis 2010 l'est.

Sur la station Le Bœuf, le nombre moyen de juvéniles comptabilisé en 2016 est sensiblement supérieur à celui de 2012 (de 1,3 à 3,2 juvéniles/m²) et est en constante et significative augmentation depuis le début du suivi en 2009.

Une attention particulière devra être portée à ce paramètre lors du prochain suivi afin de confirmer ou non cette tendance à la hausse.

Oursins diadèmes

Sur la station Colombier et la station Le Bœuf, le nombre d'oursins diadèmes est nul en 2016, comme lors de la majorité des suivis antérieurs. Seul 1 individu avait été observé sur Colombier en 2009 et 2012 (densité de 0,02 individus/m²).

Ce constat est probablement en partie lié aux conditions de milieu sur les stations (profondeur et conditions hydrodynamiques contraignantes notamment). Ce déficit en herbivores, régulateurs de la croissance des turfs algaux, est susceptible de favoriser le surdéveloppement des peuplements algaux.

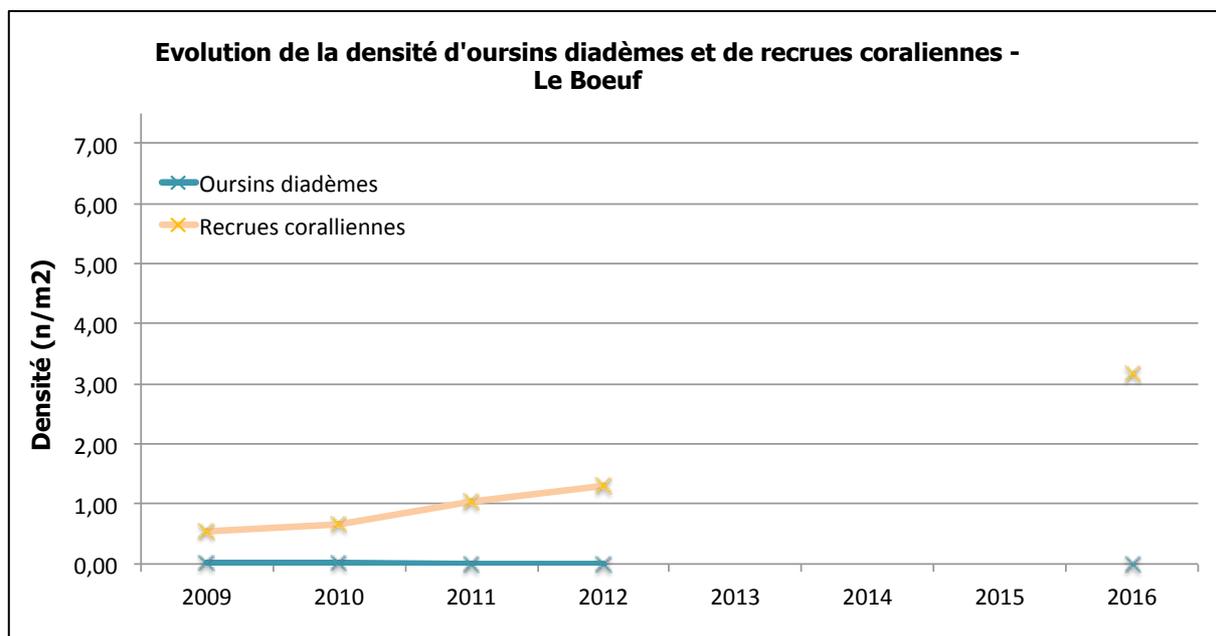
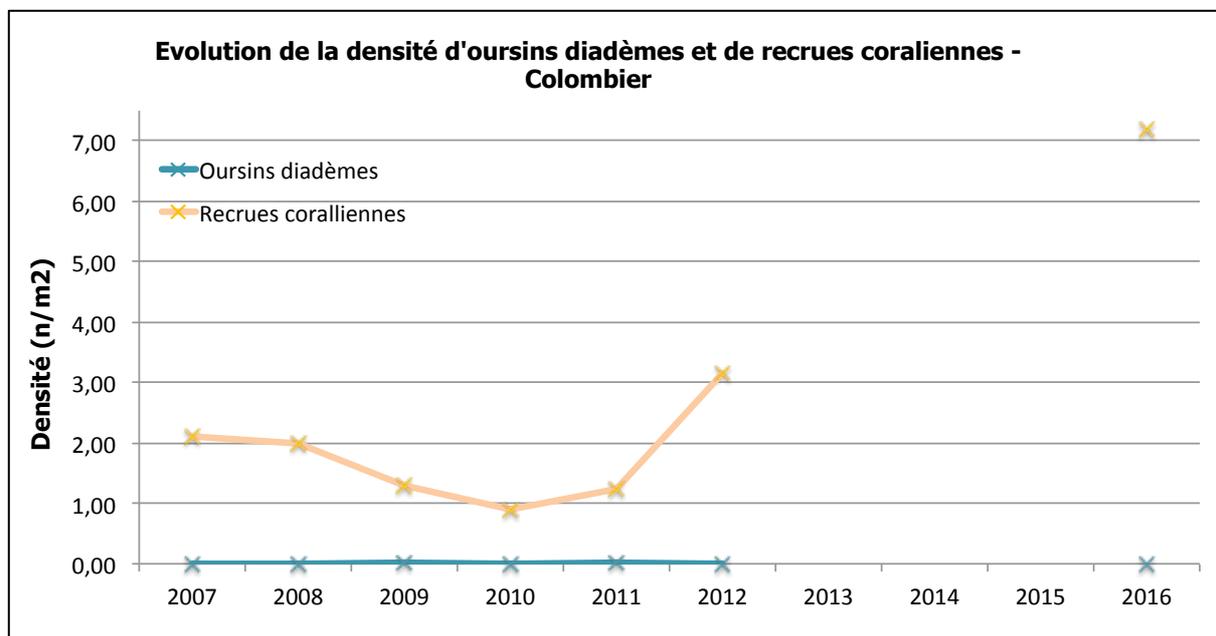


Figure 37 - Evolution de la densité d'oursins diadème et de juvéniles de coraux sur les 2 stations de Saint-Barthélemy

5.1.2. Comparaison entre stations « en réserve » et « hors réserve »

Les analyses statistiques de données temporelles (période 2009-2016, Figure 38) mettent en évidence que :

- ▶ La couverture corallienne est significativement plus élevée sur la station en réserve Colombier,
- ▶ La couverture algale est significativement moins élevée sur la station en réserve Colombier.

Celle-ci semble présenter un meilleur état que la station hors réserve de Le Bœuf. La couverture corallienne est toutefois en légère diminution depuis le dernier suivi de 2012 sur les 2 stations.

Il conviendra donc de suivre attentivement ces évolutions lors des prochains suivis.

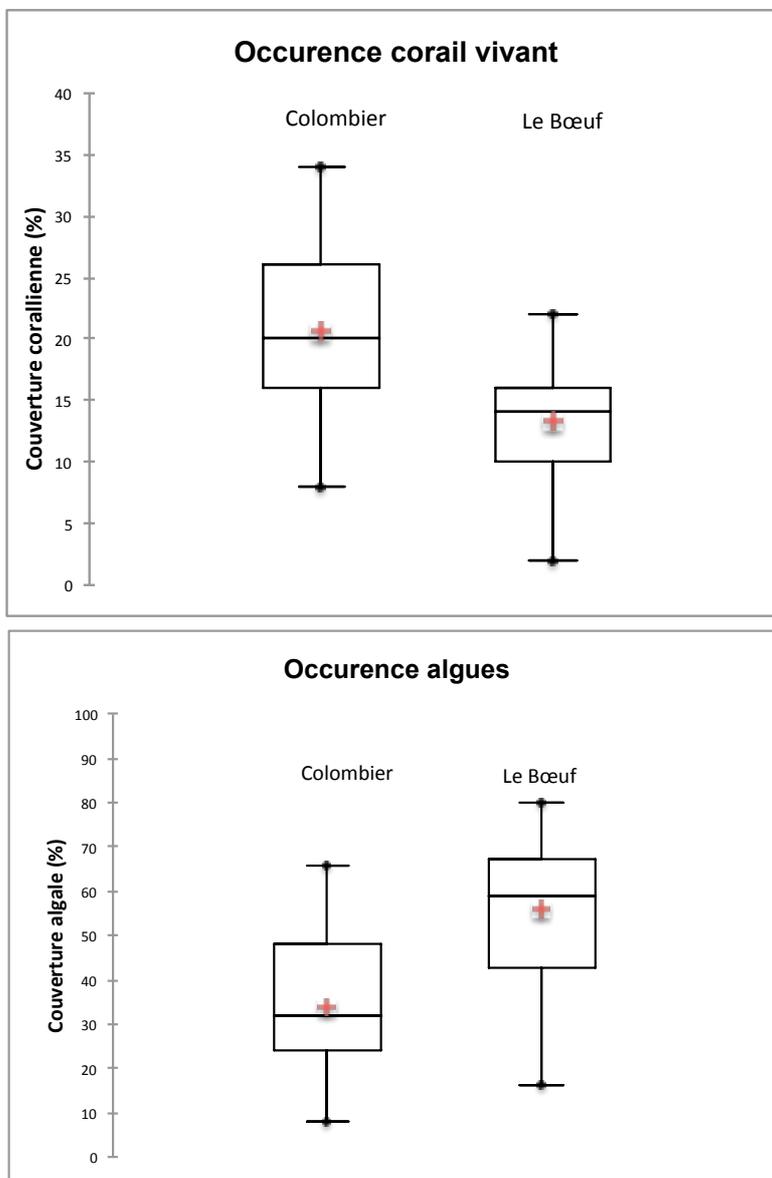


Figure 38 - Comparaison des couvertures coralliennes et algales sur les stations de Colombier et Le Bœuf (données 2009-2016) (p -value <0,0001)

5.2. Les peuplements ichthyologiques

5.2.1. Etat de santé en 2016 et évolution sur la période 2007-2016

Les relevés ont été réalisés le 26/09/16 sur Le Bœuf, à 14h50, et le 27/09/16 sur Colombier, à 10h.

Description synthétique des peuplements ichthyologiques en 2016

Les éléments généraux suivants sont à considérer :

- ▶ **La richesse spécifique** (sur la base des 60 espèces cibles suivies) est similaire sur les stations Colombier et Le Bœuf (24 espèces observées sur 60).
- ▶ **L'abondance** est légèrement supérieure sur la station Le Bœuf avec 189 poissons observés sur les 300 m² de suivi, soit une densité moyenne de 63 individus/100m². Sur la station Colombier, l'abondance est plus faible, avec 154 poissons recensés, soit une densité moyenne de 51 individus/100m².
- ▶ **En terme de biomasse**, l'écart entre les 2 stations est peu marqué, avec une biomasse moyenne de 3671 g/100m² sur Colombier et 3733 g/100m² sur Le Bœuf.

Analyse de la structure trophique en 2016

Les régimes alimentaires se répartissent selon les proportions présentées dans le Tableau 11.

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

Station Colombier : en 2016, les herbivores dominent le peuplement (54%), suivi des carnivores de 1^{er} ordre (25%). Les piscivores, avec 6 individus par 100m², correspondent à 11% du peuplement. Ces 3 catégories représentent au total 90% du peuplement. Les Chirurgiens (*Acanthurus bahianus* et *A. coeruleus*) sont parmi les plus abondants, suivi des Perroquets (*Sparisoma aurofrenatum* et *S. viride*). Les carnivores de 1^{er} ordre sont principalement représentés par les Poissons papillon (*Chaetodon capistratus*, *C. striatus*, *C. ocellatus*) et les piscivores par *Cephalopholis fulva*, *Caranx ruber* et *Epinephelus guttatus*.

Les planctonophages représentent 8% du peuplement, tandis que carnivores de 2nd ordre sont faiblement représentés (1,3%) et qu'aucune des espèces cibles d'omnivores n'a été observée (Figure 39).

Station Le Bœuf : les herbivores constituent également le peuplement principal sur cette station (48%). Les autres groupes trophiques principaux sont les planctonophages (26%) et les carnivores de 1^{er} ordre (13%). Ces 3 catégories représentent 87% du peuplement. Les chirurgiens dominent largement (*Acanthurus bahianus* et *A. coeruleus*) avec les demoiselles (*Chromis multilineata*). Les piscivores constituent 8% du peuplement et les omnivores (bourses et balistes) et les carnivores de 2nd ordre sont peu représentés (respectivement 2 et 3% du peuplement).

En terme de biomasse, les herbivores représentent 45% du peuplement sur la station Colombier et les carnivores de 1^{er} ordre et les piscivores respectivement 23 et 25%. Sur la station Le Bœuf, les herbivores constituent la moitié de la biomasse (51% du peuplement), suivi des carnivores de 1^{er} ordre (23%) et des piscivores (13%). Les planctonophages qui représentent 26% du peuplement en nombre d'individus correspondent à 7% de la biomasse de poissons rencontrés sur la station.

Tableau 11 - Structure des peuplements ichthyologiques sur les stations Colombier et Le Bœuf à Saint-Barthélemy en 2016 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)

	Colombier	Le Bœuf	Colombier		Le Bœuf		
			Nb moyen d'individus	%	Nb moyen d'individus	%	
Richesse spécifique	24	24					
Nombre d'individus total	154	189					
Densité moyenne (ind/100m ²)	51	63					
Biomasse moyenne (g/100m ²)	3671	3733					
			Herbivores	28,0	54,5	30,3	48,1
			Planctonophages	4,3	8,4	16,3	25,9
			Omnivores	0,0	0,0	1,3	2,1
			Carnivores de 1 ordre	12,7	24,7	8,3	13,2
			Carnivores de 2 ordre	0,7	1,3	1,7	2,6
			Piscivores	5,7	11,0	5,0	7,9

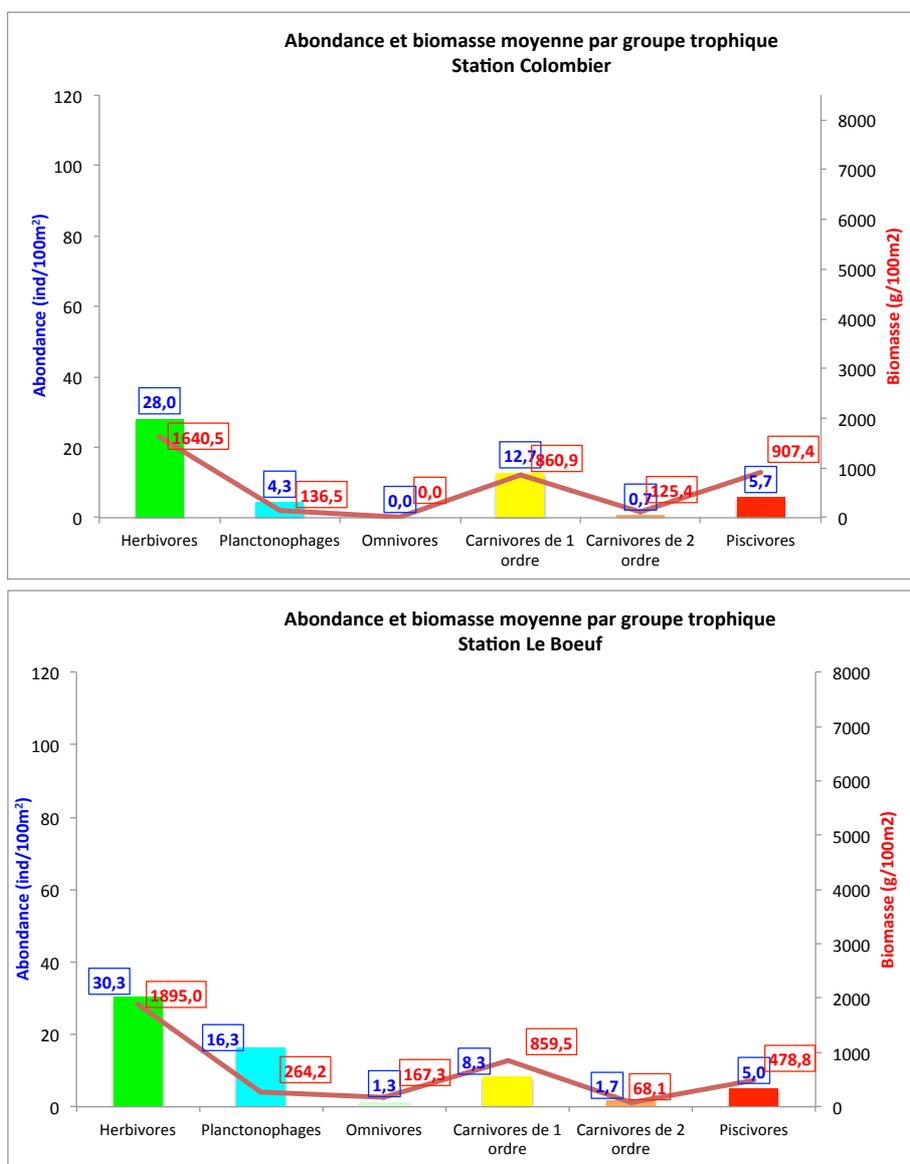


Figure 39 - Abondance et biomasse moyennes de poissons sur les stations Colombier et Le Bœuf à Saint-Barthélemy en 2016

Analyse par famille en 2016

Station Colombier : les Acanthuridés et les Scaridés dominent largement avec respectivement 15 et 13 individus relevés par 100m² (soit 55% du peuplement), suivis par les Chaetodontidés avec 7 individus par 100m² (soit 14% du peuplement).

Station Le Bœuf : les Acanthuridés et les Pomacentridés dominent avec respectivement 20 et 16 individus relevés par 100m², soit 58% du peuplement au total. Les Scaridés représentent 16% du peuplement. Les autres familles représentent chacune moins de 3 individus par 100m² (et chacune moins de 4% du peuplement total).

Analyse par classe de taille en 2016

La répartition par classes de taille met en évidence une répartition équitable entre poissons juvéniles et adultes.

Sur Colombier, les poissons <10 cm représente 56% du peuplement (Figure 40).

Il s'agit principalement de juvéniles de Scaridés et de Chaetodontidés, familles pour lesquelles le nombre d'individus >10 cm est faible (11 ind./100m² <10 cm contre 3 ind./100m² >10 cm chez les Scaridés ; 6 ind./100m² <10 cm contre 1 ind./100m² >10 cm chez les Chaetodontidés). A l'inverse, la majorité des Acanthuridés rencontrés sont des individus adultes (9 ind. /100m² >10 cm contre 5 ind. /100m² <10 cm).

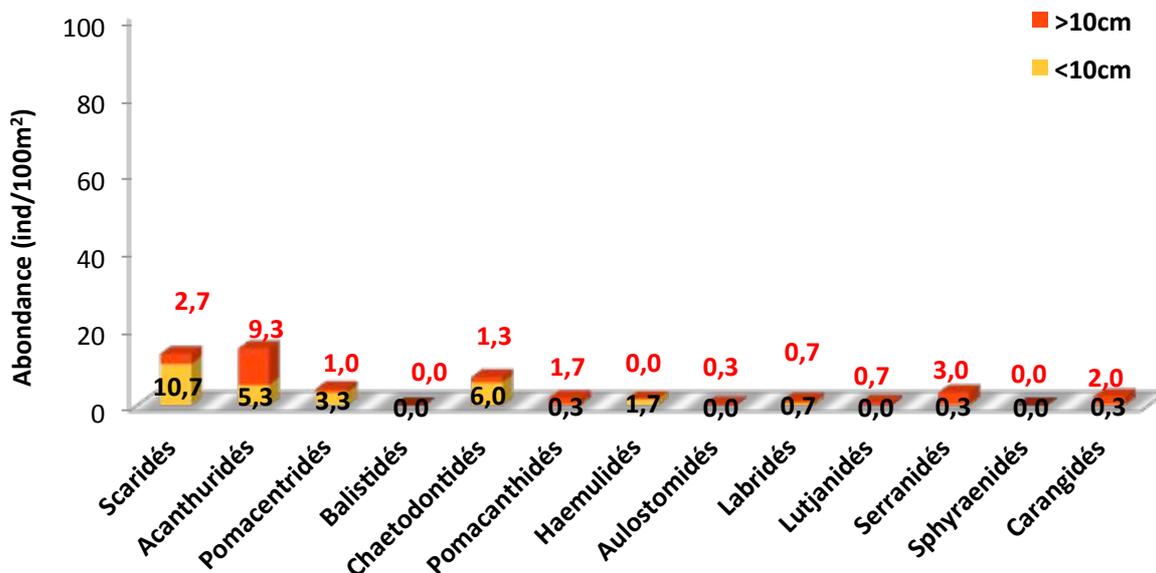
Sur la station Le Bœuf, les individus de taille supérieure à 10 cm représentent 52% du peuplement. Ils sont représentés au sein des Acanthuridés (14 individus en moyenne par 100m²) où leur nombre est supérieur à ceux des juvéniles (9 ind./100m²). A l'inverse, la majorité des Pomacentridés rencontrés sont des individus juvéniles (1 ind. /100m² >10 cm contre 16 ind. /100m² <10 cm).

Espèce invasive *Pterois volitans* en 2016

Lors de ce suivi 2016, aucun *Pterois volitans* n'a été observé.

Compte tenu de sa propagation rapide et de sa présence avérée dans les Antilles françaises, cette espèce continuera d'être relevée lors des prochains suivis.

**Abondance moyenne par famille et par classe de taille
Station Colombier**



**Abondance moyenne par famille et par classe de taille
Station Le Boeuf**

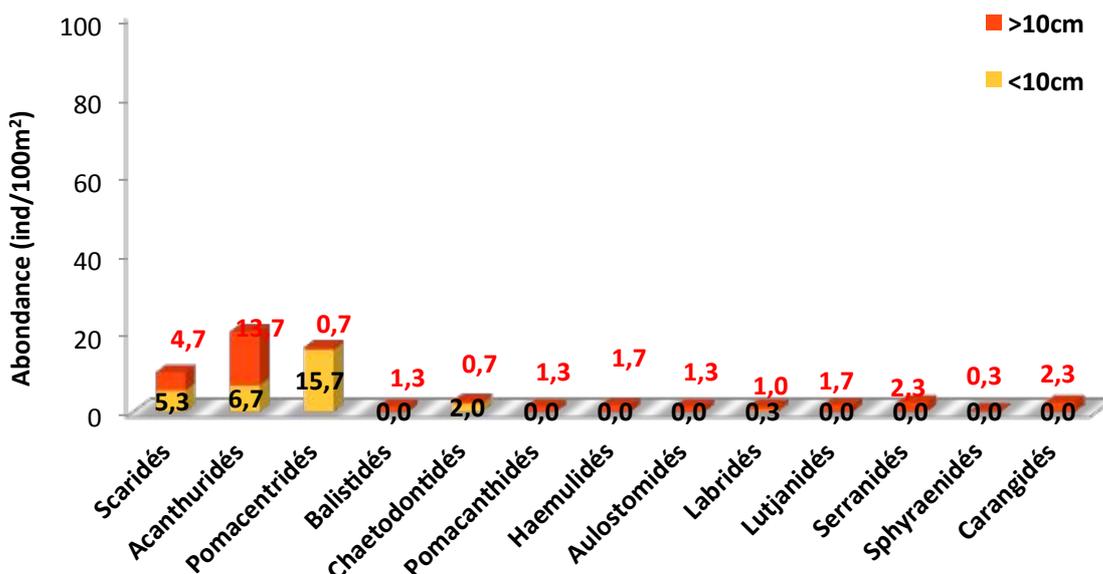


Figure 40 - Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur les stations de Saint-Barthélemy en 2016

Evolution sur la période 2009-2016

Station Colombier : Les éléments à retenir sont les suivants (Figure 41 et Figure 42) :

- ▶ **L'abondance globale de poissons a été divisée par 1,7 depuis 8 ans.** Elle passe ainsi de 88 à 51 ind./100m² entre 2009 et 2016. Stable entre 2009 et 2010, elle avait sensiblement augmentée depuis 2010 pour atteindre la valeur maximale de 136 ind./100m² en 2011 et 2012. 4 ans après, cette densité est presque 3 fois inférieure. Cette diminution globale n'est toutefois pas statistiquement significative.
- ▶ **L'abondance des herbivores en 2016 est similaire à la valeur de 2009**, soit environ 28 individus par 100m². La densité de ce groupe a subi des variations interannuelles de faible amplitude depuis 2009.
- ▶ **L'abondance des planctonophages a été divisée par 7**, passant de 33 à 4 individus par 100m² entre 2009 et 2016. Cette valeur est équivalente à celle relevée en 2010. Leur densité avait toutefois enregistré une hausse entre 2010 et 2012 jusqu'à atteindre 104 ind./100m² en 2012 où ils constituaient près de 76% du peuplement.
- ▶ **L'abondance de carnivores de 1^{er} ordre a été divisé par 2 entre 2009 et 2016**, passant de 22,3 à 12,7 ind./100m². Ils restent toutefois un des groupes principaux structurant le peuplement sur cette station.
- ▶ **L'abondance des piscivores en 2016 est supérieure à celle relevée en 2009** (augmentation de 0,7 à 5,7 ind./100m²) et constitue la valeur la plus élevée enregistrée sur cette station depuis le début des suivis.
- ▶ **La biomasse en 2016 est supérieure à celle relevée en 2009 (multipliée par 1,6)**: de 2261 à 3671 g/100m². A densité égale, la répartition entre individus juvéniles et adultes est plus équilibrée en 2016, d'où une valeur de biomasse plus élevée. La biomasse est supérieure à celle du dernier suivi en 2012 (1465 ind./100m²) mais toutefois inférieure aux valeurs les plus élevées observées en 2010 (4024 ind./100m²) et 2011 (4199 ind./100m²), années pour lesquelles les plus fortes densités avaient été enregistrées. L'évolution observée entre 2009 et 2016 n'est pas statistiquement significative.

Station Le Bœuf : Les éléments à retenir sont les suivants (Figure 43 et Figure 44) :

- ▶ **L'abondance globale de poissons a été multipliée par 2,6 entre 2009 et 2016**, passant de 25 à 63 ind./100m². Il s'agit de l'abondance maximale relevée sur cette station depuis le début des suivis mais cette évolution n'apparaît pas statistiquement significative.
- ▶ **Cette augmentation concerne l'ensemble des groupes trophiques à des degrés divers, excepté les carnivores de 1^{er} et 2nd ordre** dont les abondances sont relativement stables. Les herbivores restent le groupe dominant (de 12 à 30 ind./100m²).
- ▶ **Les espèces cibles de planctonophages**, très peu représentées lors des précédents suivis (maximum de 2,7 ind./100m² en 2011), sont relativement abondants en 2016 (16 ind./100m²).
- ▶ **La biomasse a été multipliée par 3 entre 2009 et 2016**, en lien avec l'abondance et une proportion d'individus adultes plus élevées. Elle est toutefois inférieure à la valeur maximale relevée lors du suivi 2010 au cours duquel les poissons de taille > 10 cm étaient largement majoritaires. L'évolution de la biomasse de 2009 à 2016 n'est pas apparue statistiquement significative.

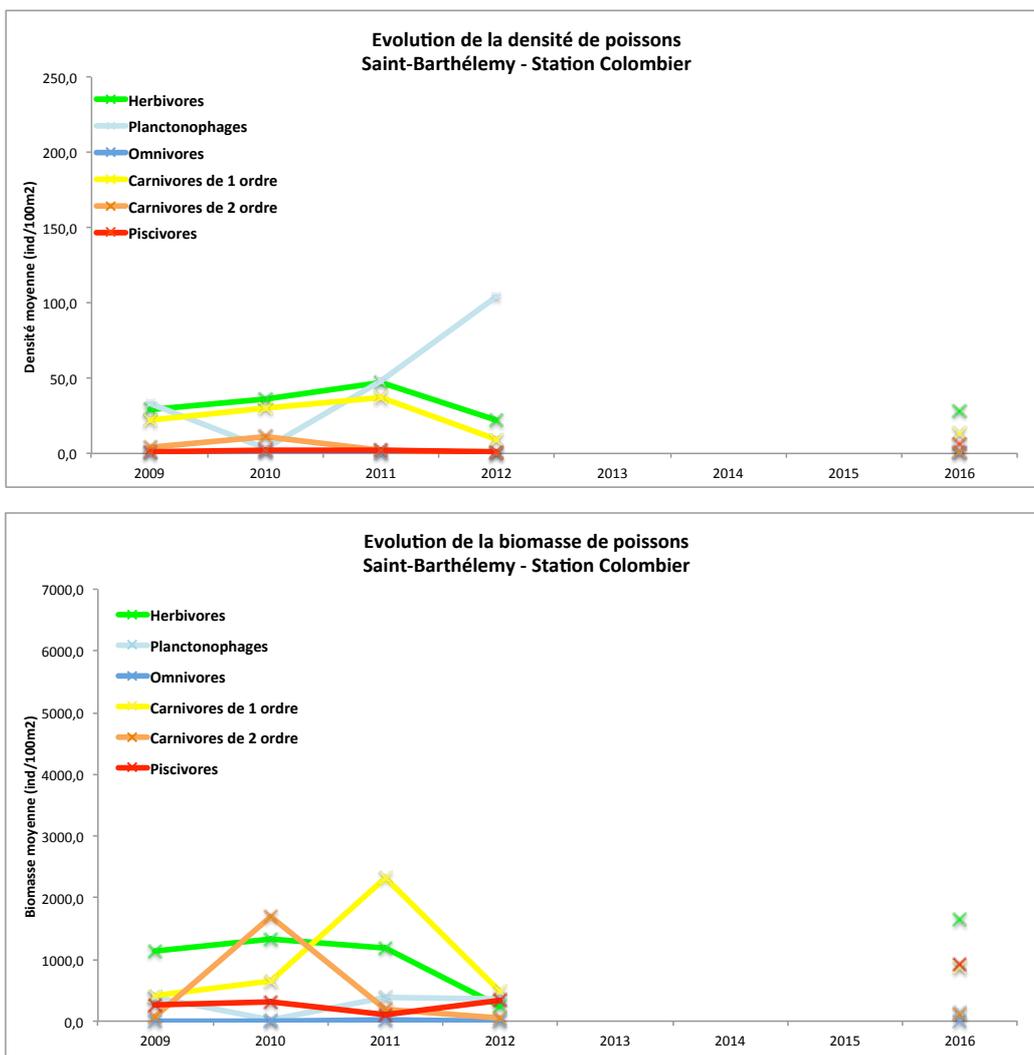


Figure 41 - Evolution de la structure trophique entre 2009 et 2016 sur la station Colombier à Saint-Barthélemy

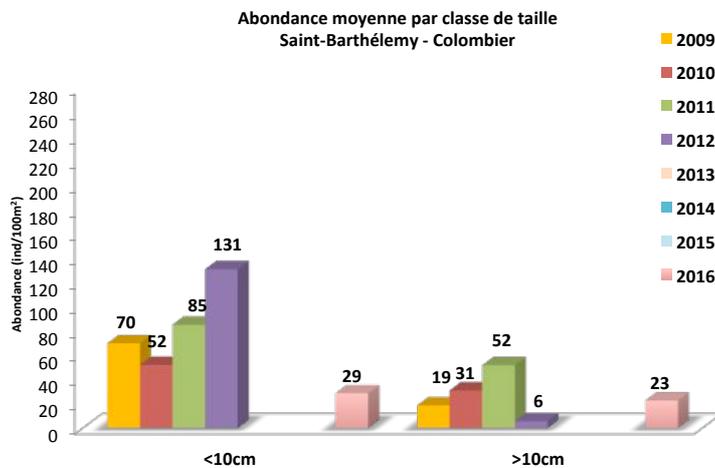


Figure 42 - Evolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2016 sur la station Colombier à Saint-Barthélemy

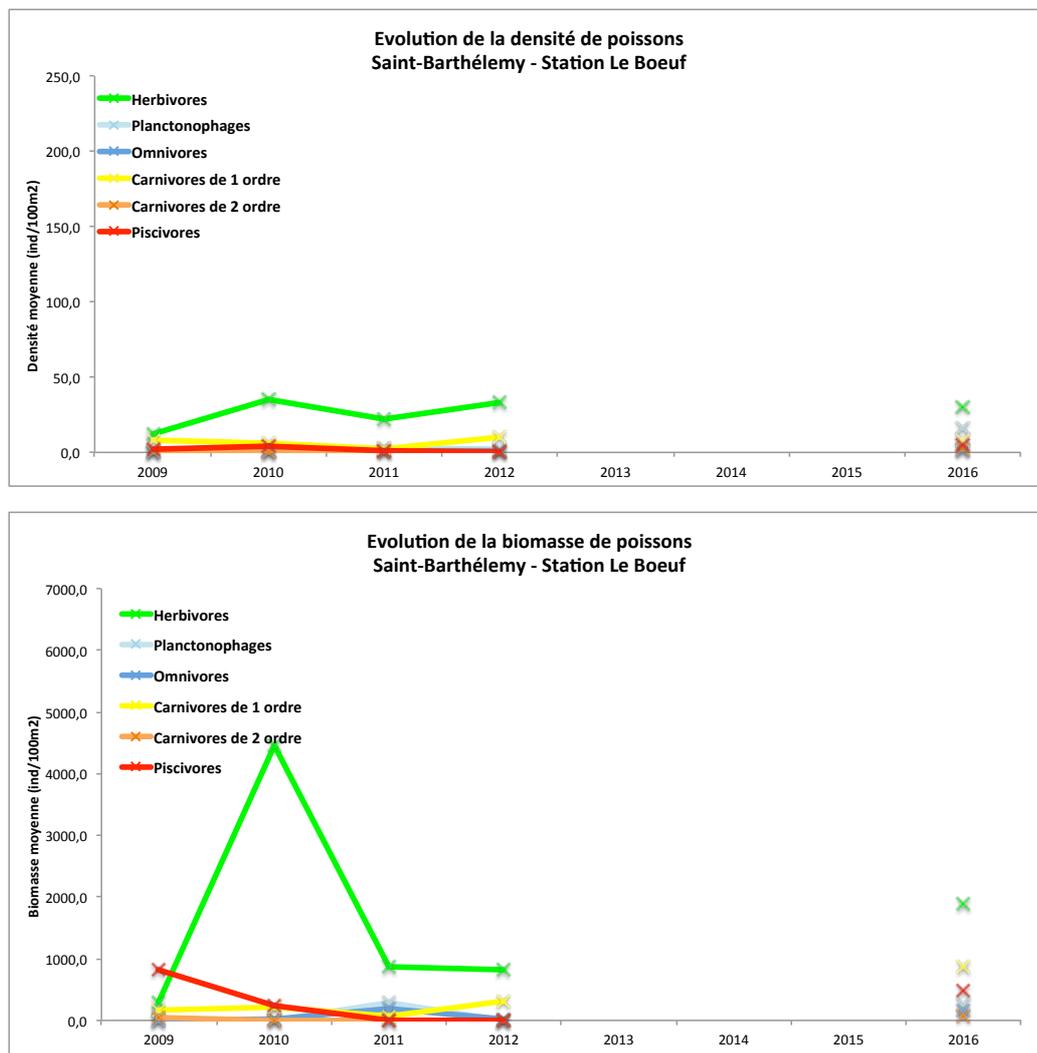


Figure 43 - Evolution de la structure trophique entre 2009 et 2016 sur la station Le Boeuf à Saint-Barthélemy

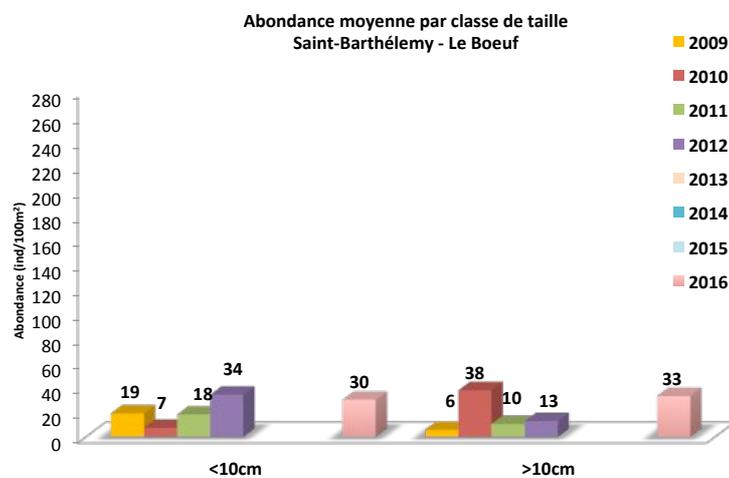


Figure 44 - Evolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2016 sur la station Le Boeuf à Saint-Barthélemy

5.2.2. Comparaison entre stations « en réserve » et « hors réserve »

Les analyses des données temporelles (période 2009-2016) mettent en évidence que (Figure 45) :

- ▶ L'abondance de poissons n'est pas significativement différente entre les 2 stations,
- ▶ La biomasse totale n'est pas significativement différente entre les 2 stations,
- ▶ La biomasse de carnivores est significativement plus élevée sur Colombier, située en réserve.

L'absence de différence globale significative est probablement liée à la forte variabilité entre les transects et les valeurs extrêmes parfois observées.

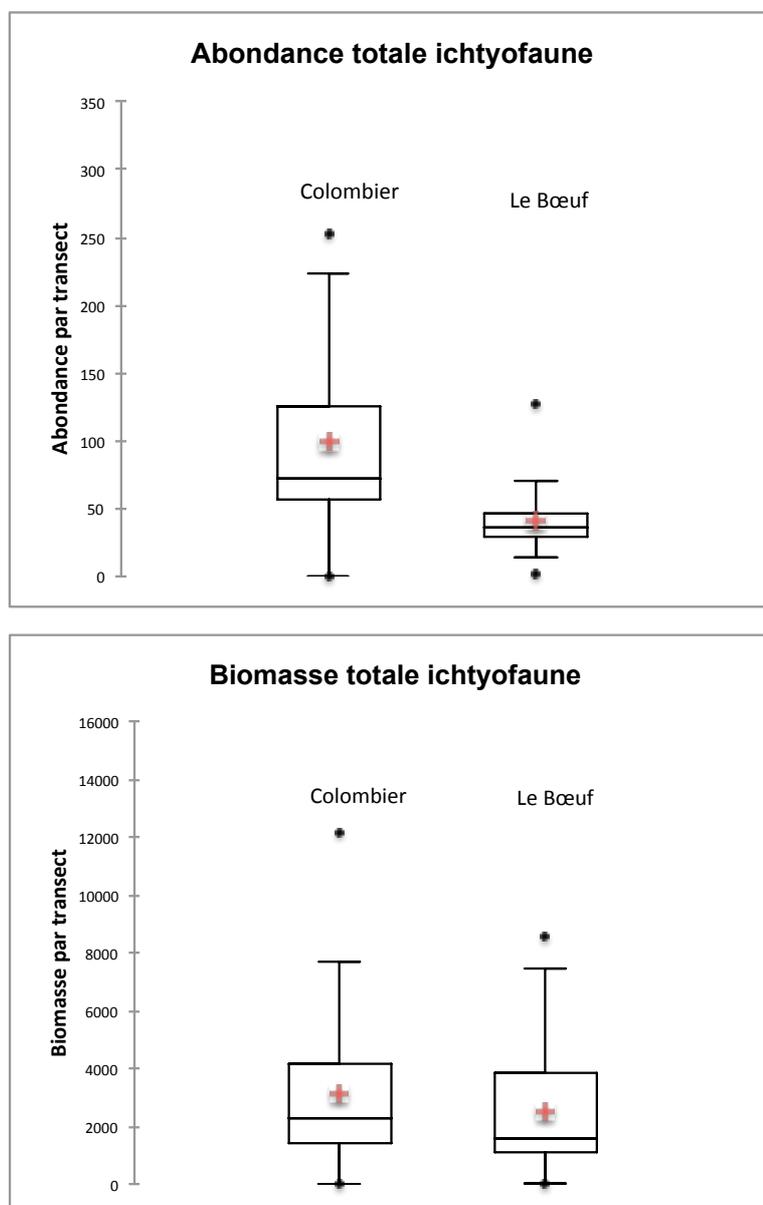


Figure 45 - Comparaison de l'abondance et de la biomasse de poissons sur les stations Colombier et Le Bœuf

		
		
		
<p>STATION COLOMBIER 1 - Vue générale (profondeur : 14 m) 2 - Zoanthaires (<i>Palythoa sp.</i>) bien représentés 3 - Spongiaires abondants</p>	<p>STATION LE BOEUF 4 - Vue générale (profondeur : 15 m) 5 - Présence de corail de feu (<i>Millepora sp.</i>) 6 - Spongiaires abondants</p>	
<p>Planche n°3 : Stations benthos/ichtyofaune de St-Barth – Caractéristiques principales (26 -27/09/16)</p>		
<p>Etude réalisée par : creocean Environnement & océanographie</p>	<p>SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DE LA RESERVE MARINE DE SAINT-BARTHELEMY</p>	<p>Localisation géographique :</p> 
<p>Pour le compte de :</p> 		

Figure 46 - Illustrations des peuplements benthiques et ichtyologiques de la Réserve de Saint-Barthélemy

5.3. Herbiers et mégafaune associée

Description globale et caractéristique de substrat (dans/hors herbier) en 2016 (Figure 47)

L'herbier de Marigot situé en réserve est suivi depuis 2007 mais n'a pas été suivi entre 2013 et 2015. Il présente :

- ▶ **Un caractère plurispécifique** à *T. testudinum* et *S. filiforme*, avec une forte prédominance de l'espèce *S. filiforme*.
- ▶ **Un état de santé médiocre** (indice moyen sur les 3 radiales : 3,7). L'herbier est envahi par les macroalgues (dont *Dictyota sp.*, *Turbinaria sp.* et *Caulerpa prolifera*, *Caulerpa sp.*, *Penicillus*, *Halimeda*, *Padina*, etc.) et les algues épiphytes ; il présente également des signes de sédimentation.
- ▶ **Un relief peu marqué** (indice moyen : 1,3/3) et une bioturbation moyenne (indice moyen : 1/2).
- ▶ **Un substrat majoritairement constitué de sable fin vaseux** aussi bien au sein de l'herbier qu'au niveau des zones de sédiment nu en périphérie de l'herbier.
- ▶ **Une abondance de débris de macrophytes** au niveau des zones de sable au sein de l'herbier. Leur présence est un signe que l'herbier se situe dans une zone de décantation, et qu'il sera sensible aux échouages de sargasses, d'algues opportunistes et macrodéchets.
- ▶ **Une épibiose particulièrement marquée**, avec la présence d'algues calcaires et de nombreuses algues filamenteuses sur les 3 radiales. Un film biosédimentaire a également été relevé sur les feuilles des radiales 2 et 3. Ce dernier est susceptible de rendre les conditions de lumière disponibles pour le développement des feuilles assez contraignantes.
- ▶ **Des cyanobactéries localement abondantes ont été observées** sur les 3 radiales (indice moyen : 1/3).

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

RAPPEL :

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

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

Figure 47 - Synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur l'herbier de Marigot

Mitage/fragmentation des herbiers en 2016

Le relevé sur LIT des intersections de chaque radiale de 50 m a mis en évidence :

- ▶ **Plusieurs points de rupture** au niveau des 3 sous-stations. Il s'agit toutefois de zones de substrat nu de largeur > 2m. Les points de ruptures correspondent à des signes de mitage (zones de substrat nu < 2m) et sont relativement fréquents sur le début de la radiale 3.
- ▶ **Aucun signe de fragmentation** n'a donc été recensé, le taux de recouvrement étant de 100% sur les 3 radiales.
- ▶ **Les limites en sortie d'herbier** au niveau de ces zones de mitage sont toutefois de type microfalaise sur la radiale 1, signe d'un herbier en érosion. Au niveau des autres trous de sable, les limites sont considérées comme stables, voire progressives.

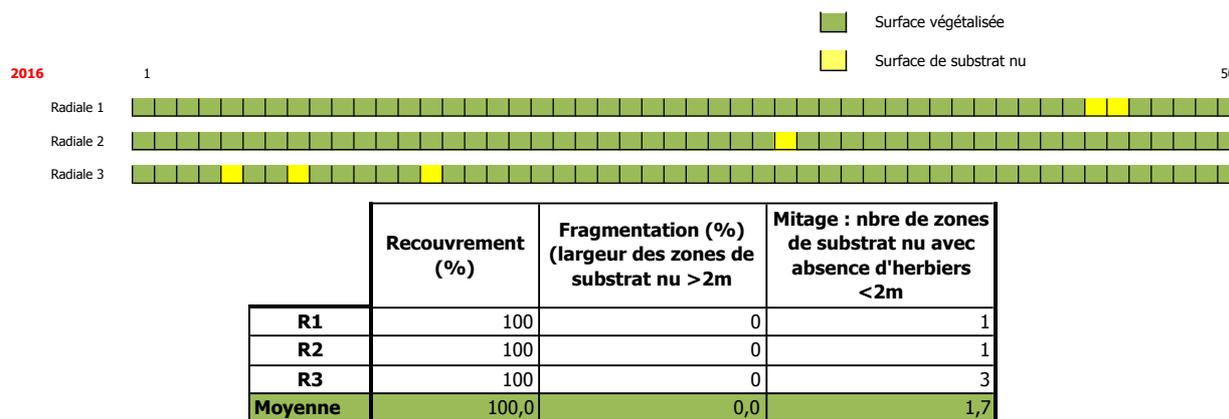


Figure 48 - Représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Marigot

Densité et longueur des feuilles en 2016

En 2016 (Figure 49), l'herbier mixte de **Marigot** a présenté une densité globale moyenne à faible (densité cumulée des 2 espèces : 602 plants/m²). La répartition entre les 2 espèces apparaît déséquilibrée avec une forte prédominance de *S. filiforme* (532 plants/m²) qui représente 88% de l'herbier. Cette répartition est homogène sur l'ensemble des 3 radiales (de 55 à 75 plants/m² de *T. testudinum* selon les radiales et de 445 à 620 plants/m² de *S. filiforme*).

La hauteur moyenne des plants de *T. testudinum* apparaît peu élevée (9 cm). La hauteur moyenne des plants de *S. filiforme* est de 14 cm environ. Les longueurs de feuilles sont légèrement inférieures sur la sous-station 2 (respectivement 8,0 et 13,1 cm).

Evolution des herbiers sur la période 2007-2016

Les résultats ont mis en évidence (Figure 49) :

- ▶ **Une diminution marquée de la densité globale de l'herbier** depuis 2011 (de 3348 à 602 plants/m² en densité cumulée). La densité globale avait sensiblement augmenté entre 2008 et 2011, en lien avec l'apparition et le développement de l'espèce *S. filiforme* (de 575 à 3348 plants/m²).
- ▶ **Une diminution drastique de la densité de *T. testudinum*** depuis 2007 (de 668 à 70 plants/m²). Celle-ci est apparue statistiquement significative. Seule cette espèce était présente lors des 1^{ers} suivis en 2007 et 2008. Une diminution marquée avait été observée entre 2008 et 2009 (de 575 à 238 plants/m²) puis la densité de cette espèce est restée relativement stable jusqu'en 2012 (205 plants/m²). Le récent relevé réalisé 4 ans après le dernier suivi confirme la dégradation de l'herbier constatée au fil des années et fait état de la quasi disparition de l'espèce *T. testudinum* au sein de l'herbier.
- ▶ **L'espèce *S. filiforme*, apparue en 2009 constitue aujourd'hui 88% de l'herbier.** Entre 2009 et 2016, l'augmentation de la densité de *S. filiforme* n'est pas statistiquement significative. Sa densité a très fortement augmenté entre 2009 et 2011 (de 473 à 3157 plants/m²), puis diminué entre 2011 et 2012. Elle a été divisée par 2 entre 2012 et 2016 (de 1230 à 532 plants/m²), de manière statistiquement significative.
- ▶ **Une légère diminution de la hauteur moyenne des plants de *T. testudinum* depuis 2007** (de 12 à 9 cm en moyenne), avec des variations interannuelles marquées, la valeur moyenne minimale étant celle observée en 2016 et la plus élevée en 2011 (19,5 cm). L'évolution de ce paramètre pour *T. testudinum* apparaît statistiquement significative entre 2007 et 2016. La longueur de feuilles de *S. filiforme* ayant été mesurée pour la 1^{ère} fois cette année (depuis 2013 sur les Réserves de Petite Terre et Saint-Martin), aucune tendance évolutive pour ce paramètre n'a pu être étudiée.
- ▶ **Une stabilité de l'état de santé, considéré comme médiocre depuis 2011.** Il était déjà considéré comme moyen en 2010 alors qu'en 2008, les relevés avaient mis en évidence un bon état de santé général.

Cette dégradation amorcée semble-t-il en 2008-2009 a été relativement rapide et se poursuit de manière préoccupante jusqu'à ce jour. Elle est probablement liée à l'urbanisation croissante du bassin versant et aux aménagements côtiers (dont une unité de dessalement) qui sont certainement à l'origine d'apports accrus terrigènes (et par la même, d'apports en matière organique et sels nutritifs) et potentiellement de variation de salinité sur cette zone d'herbier (à vérifier éventuellement par des mesures *in situ*).

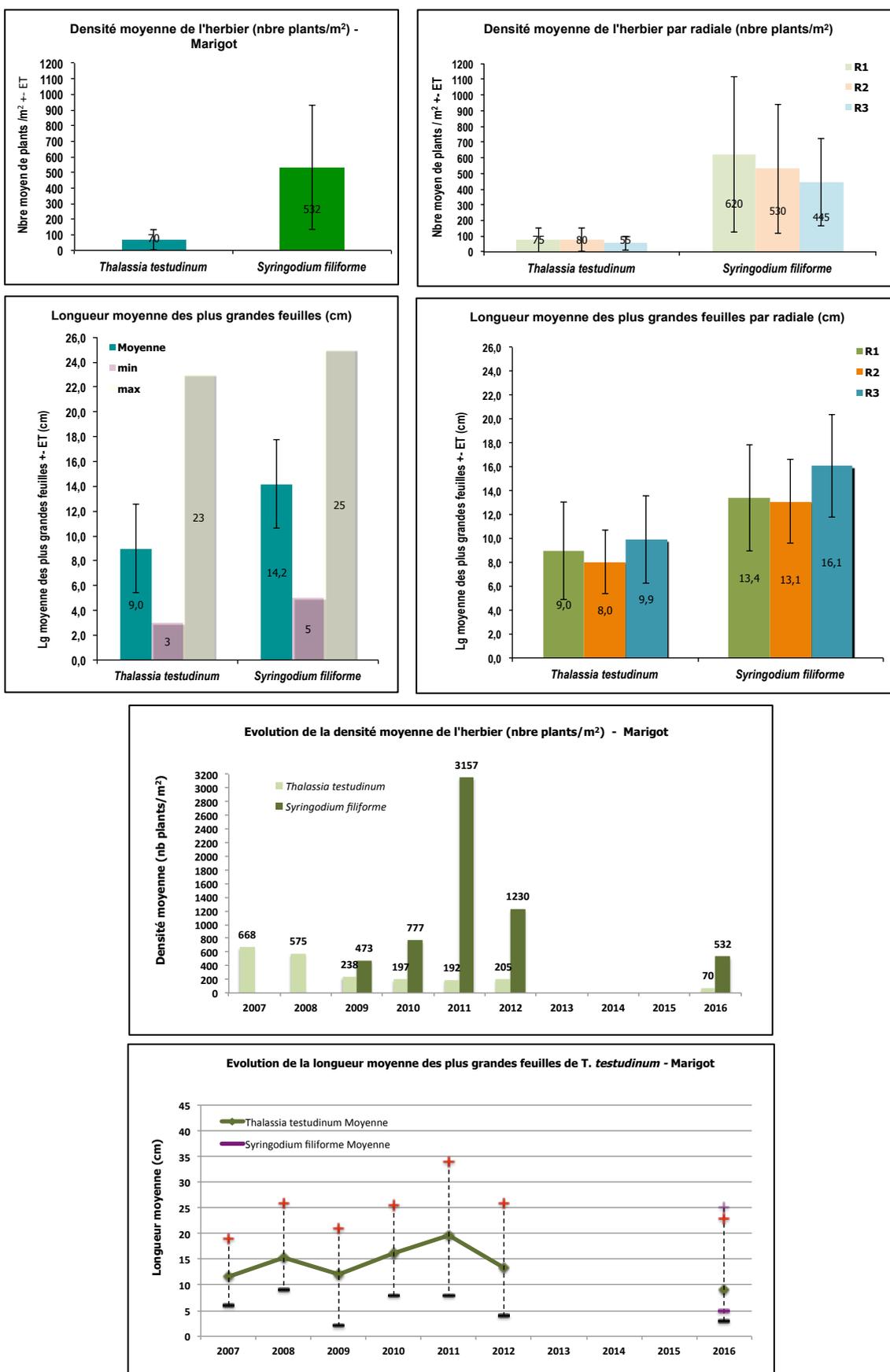


Figure 49 - Densité et longueur de feuilles en 2016 sur Marigot (en haut), et évolution 2007-2016

Mégafaune associée aux herbiers (suivie depuis 2016)

En 2016, les densités moyennes des espèces d'invertébrés associées à l'herbier sont relativement faibles (Figure 50). Seuls 2 oursins blancs (*Tripneustes ventricosus*) ont été observés au sein de l'herbier ainsi que 2 lambis vivants (densité de 0,67 individu / 100 m²). 1 lambi mort a également été observé (densité de 0,33 individu / 100 m²).

Evolution des populations de lambis sur la période 2007-2016

La densité observée en 2016 est très faible ; seuls 2 individus adultes (>20 cm) ont été recensés, soit une densité de 0,67 individus / 100 m². La densité de lambis vivants au sein de l'herbier a sensiblement diminué depuis 2010 (de 7 à 0,67 individus / 100 m²) (Figure 51).

Cette diminution de la densité de lambis et la disparition des classes de taille correspondant aux sub-adultes et juvéniles est très probablement en lien avec la dégradation générale de l'herbier qui constitue leur habitat.

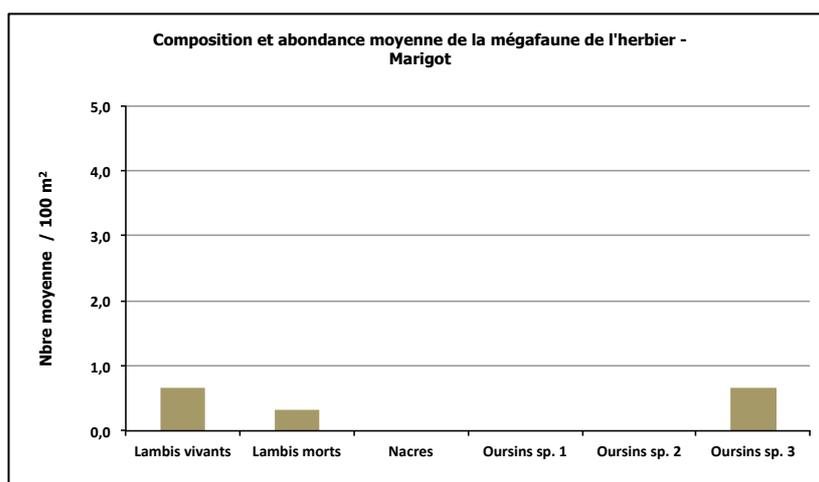


Figure 50 - Composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Marigot

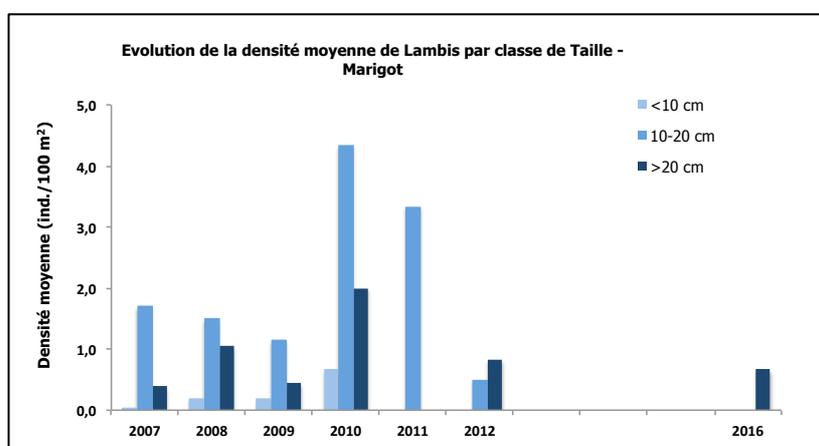


Figure 51 - Evolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Marigot

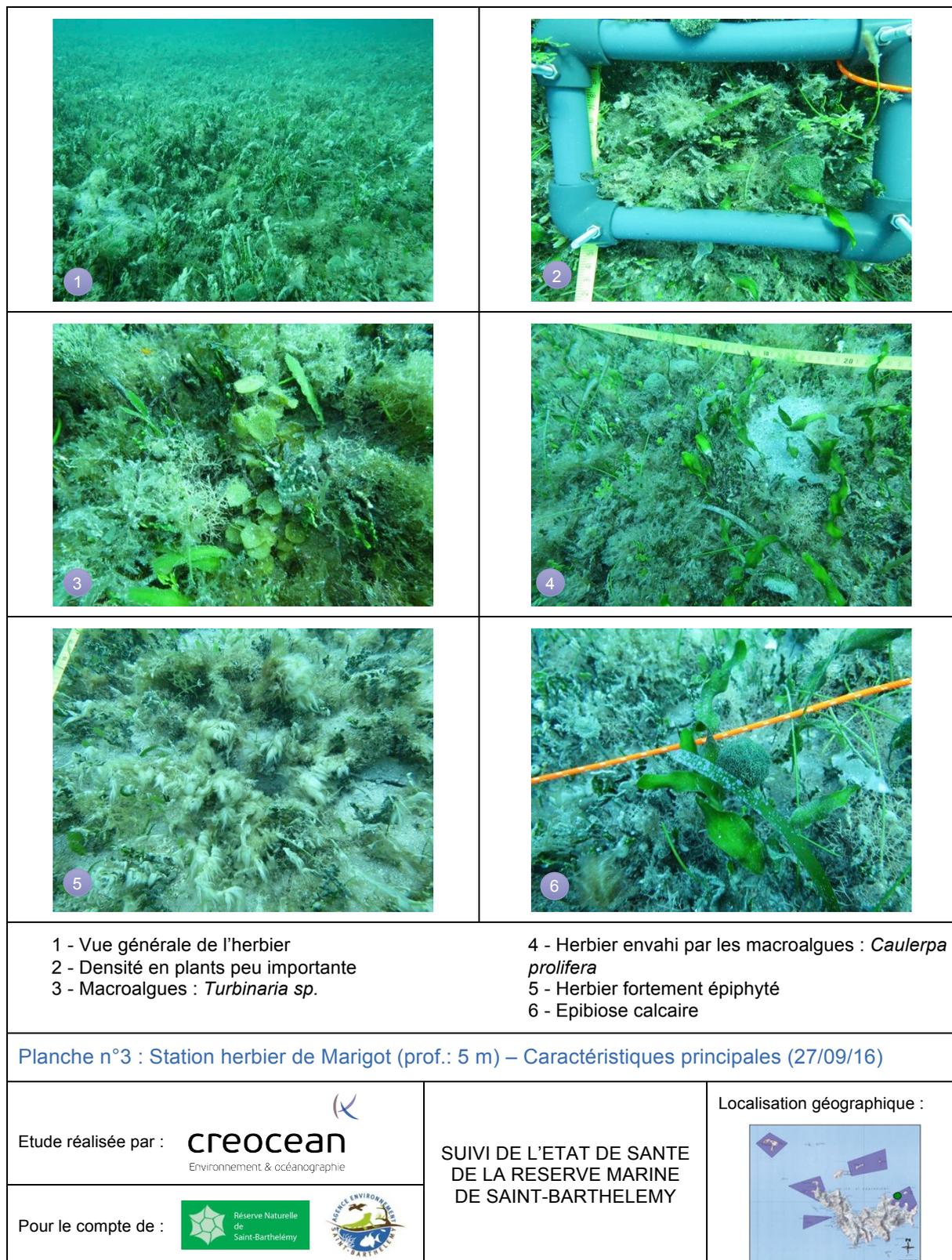


Figure 52 - Illustrations de la station de suivi des herbiers de Marigot à Saint-Barthélemy

5.4. Conclusions

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

Concernant les peuplements benthiques :

- ▶ La structure du peuplement benthique présente des similitudes sur les 2 stations. Le substrat de la station hors réserve Le Bœuf est dominé par les peuplements algaux (69% du substrat), constitués principalement de turfs et de macroalgues non calcaires. La couverture corallienne est faible (10% du substrat). Sur la station en réserve de Colombier, les peuplements algaux sont moins abondants (47% du substrat) et aucune macroalgue n'a été relevée (uniquement du turf algal). La couverture corallienne est également supérieure (21%). Les coraux de feu sont particulièrement abondants sur les 2 stations et les zoanthaires présents sur Colombier. Les spongiaires sont relativement abondants sur les 2 stations.

Depuis 2007, la couverture en corail vivant sur Colombier a augmenté (de 12 à 21%), malgré une tendance à la baisse entre le dernier suivi de 2012 et 2016. Parallèlement, la part des peuplements algaux a augmenté de manière significative (de 8 à 47%). Sur la station Le Bœuf, la couverture corallienne a légèrement diminué depuis 2007 (de 15 à 10% de la couverture totale) tandis que la couverture algale a augmenté (de 41 à 70%).

Concernant les peuplements ichtyologiques :

- ▶ Sur les 2 stations, les herbivores dominent le peuplement de poissons (54% sur Colombier et 48% sur Le Bœuf). Sur Colombier, les carnivores de 1^{er} ordre et les piscivores sont bien représentés. Sur Le Bœuf, les planctonophages et carnivores de 1^{er} ordre sont relativement abondants.
- ▶ En 2016, le stock de poissons est globalement équilibré entre juvéniles et adultes sur les 2 stations.
- ▶ Depuis 2009, la densité et la biomasse du stock de poissons sur la station Colombier a diminué mais cette évolution n'apparaît toutefois pas statistiquement significative. Sur la station Le Bœuf, abondance et biomasse ont été multipliées par 3 environ.

Concernant les peuplements d'herbiers et la mégafaune associée :

- ▶ L'herbier présente un caractère mixte et un état de santé médiocre, préoccupant : celui-ci est en effet envahi par les macroalgues (*Caulerpa prolifera*, *Turbinaria*, *Dictyota*, etc.), recouvert d'algues épiphytes et présente des signes de sédimentation. Des cyanobactéries localement abondantes ont également été observées.
- ▶ Aucun phénomène de fragmentation n'a été mis en évidence. Des points de rupture correspondant à du mitage (>50 cm mais < 2m) ont toutefois été relevés.
- ▶ La densité de l'herbier est faible, l'espace étant occupé principalement par les macroalgues. L'espèce *Syringodium filiforme* domine largement, la densité en *Thalassia testudinum* étant particulièrement faible. La hauteur moyenne de la canopée est faible (9 cm en moyenne pour *T. testudinum* et 14 cm pour *S. filiforme*).
- ▶ La diminution de la densité en *T. testudinum* observée depuis 2007 est statistiquement significative. *S. filiforme*, apparue en 2009 constitue aujourd'hui 88% de l'herbier. L'évolution de sa densité depuis 2009 n'est pas statistiquement significative mais la diminution entre 2012 et 2016 l'est.
- ▶ La diversité et l'abondance des espèces d'invertébrés associés à l'herbier sont faibles. En 2016, la densité moyenne de lambis vivants est très faible et a sensiblement diminué depuis 2007, en lien avec la dégradation de leur habitat que constitue l'herbier. Les 2 individus observés sont des individus adultes matures représentant des géniteurs potentiels.

6. Suivi de la température

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

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

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

2/ Calcul du DHW (Degree Heating Weeks) : Le DHW est la moyenne bihebdomadaire des HotSpots. Le DHW s'additionne d'une semaine à l'autre, il est initialisé lorsque le HotSpot est supérieur ou égal à $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 degré) sont généralement apparus 3 mois avant (Strong, comm. pers.).

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

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

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

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

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

En 2015-2016, une sonde de mesure de température a été mise en place au sein de la RN de Petite Terre, dans la continuité des années précédentes (depuis 2008).

A Saint-Barthélemy, la dernière sonde a été immergée en septembre 2012 mais n'avait pu être récupérée en 2013, faute de suivi organisé au sein de cette RN. Des explorations sur la station de Colombier afin de récupérer la sonde ont par la suite été menées, sans succès. Une nouvelle sonde de mesure en continu de la température a été immergée en 2016 ; les résultats devraient être exploitables lors de sa relève en 2017.

A Saint-Martin, le suivi n'a pas été mis en œuvre dans le cadre du réseau en 2015 et 2016. Une sonde de température avait toutefois été transmise à la RN naturelle pour continuer à mesurer *in situ* la température. Les données acquises ne font toutefois pas l'objet d'un traitement dans le présent rapport.

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

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

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

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

6.2. Risque de blanchissement pour la saison 2015 / 2016 : données NOAA

En 2015, l'observation des données NOAA fait état pour la Guadeloupe d'un DWH supérieur à 1 dès le 24/09/15 (niveau « Bleaching Warning ») et supérieur à 4 du 12/10 au 28/12/15, soit une alerte blanchissement de niveau 1.

La NOAA déclarait début octobre 2015 que le 3^{ème} événement de blanchissement le plus important était en cours au niveau mondial et que les températures élevées menaçaient les coraux de la région Caraïbe. Puerto Rico et les Iles Vierges américaines auraient été plus particulièrement touchées. Le changement climatique couplé à des événements tels que l'actuel El Niño constituait en effet une menace pour les récifs coralliens à travers le monde en 2015-2016.

L'analyse des données de température acquises par la sonde en place depuis fin septembre 2015 au sein de la RN de Petite Terre a permis d'évaluer l'ampleur du phénomène à l'échelle locale et est présentée ci-dessous. A noter que sur le terrain, au 29/09/15, aucun signe de blanchissement des colonies coralliennes n'avait été observé.

En 2016, le niveau de risque est resté faible (niveau « Bleaching Watch » au maximum). Aucun signe de blanchissement n'a par ailleurs été observé lors des suivis 2016.

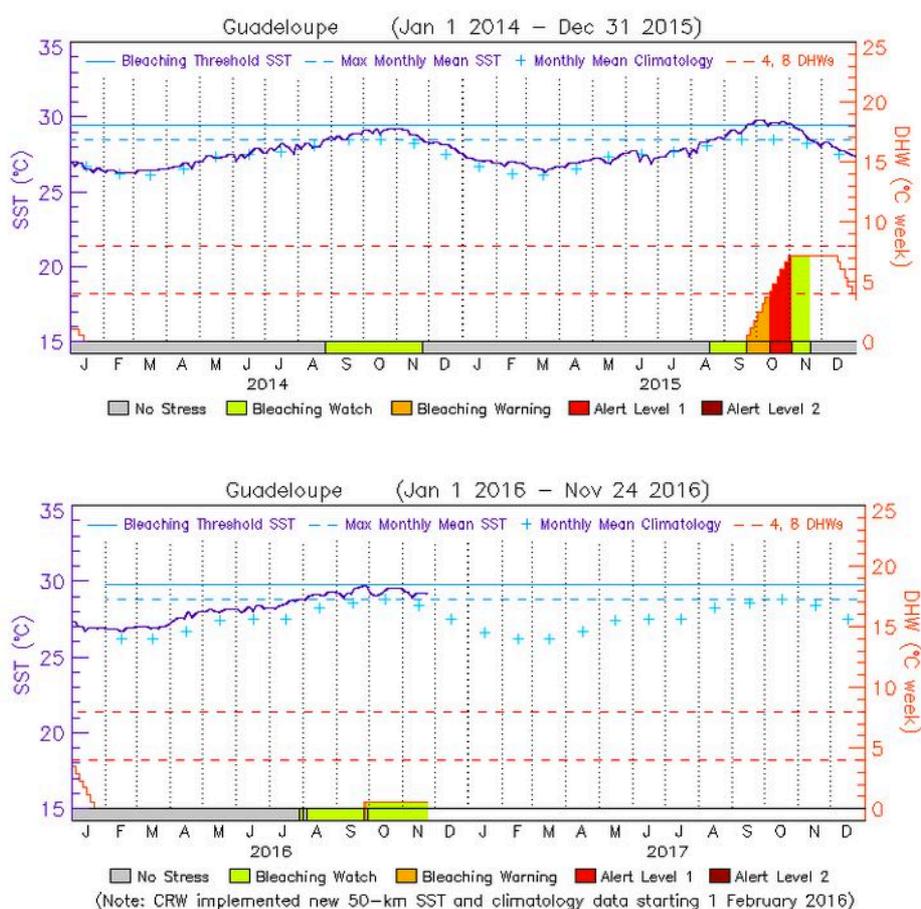


Figure 53 - Niveau d'alerte au entre le 1^{er} janvier 2014 et le 24 novembre 2016 pour la Guadeloupe (source: <http://coralreefwatch.noaa.gov>)

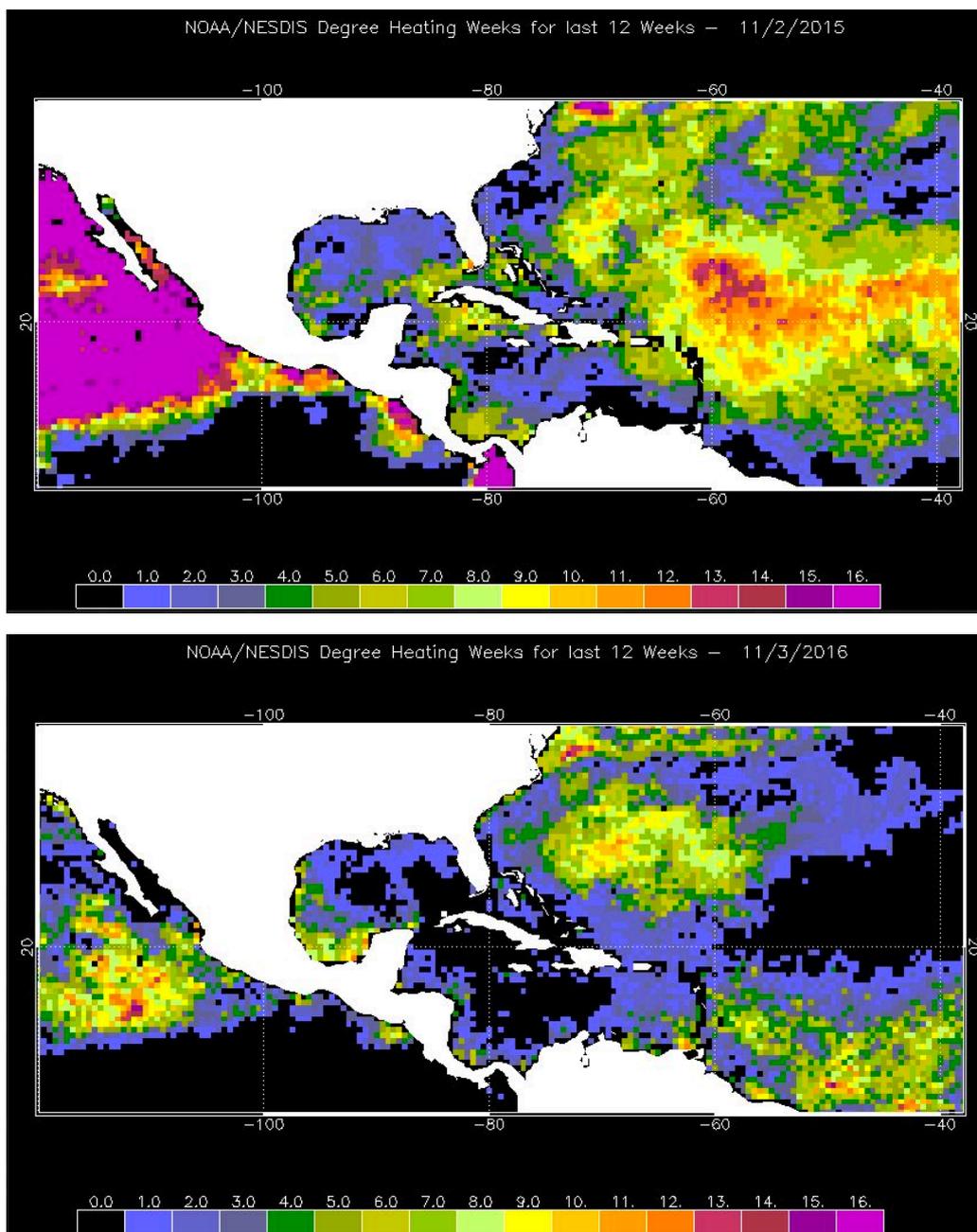


Figure 54 - Comparaison du Degree Heating Weeks pour la région Caraïbe au 02 novembre 2015 (Guadeloupe : DHW=7,15) (en haut) et au 03 novembre 2016 (Guadeloupe : DHW=0,50) (en bas)

6.3. Evaluation du risque de blanchissement à partir des données de température collectées dans le cadre du suivi des réserves naturelles

Les données enregistrées en continu entre 2015 et 2016 sur la Réserve Naturelle de Petite Terre ont été collectées durant la campagne de terrain de septembre 2016. Le traitement de ces données, cumulées à celles collectées entre 2008 et 2015, permet notamment de calculer le risque de blanchissement corallien à une échelle locale intéressant directement les réserves, ce que ne permet pas le traitement de la NOAA/NESDIS puisque les pixels de température font 50 km de côté (soit 250 km²).

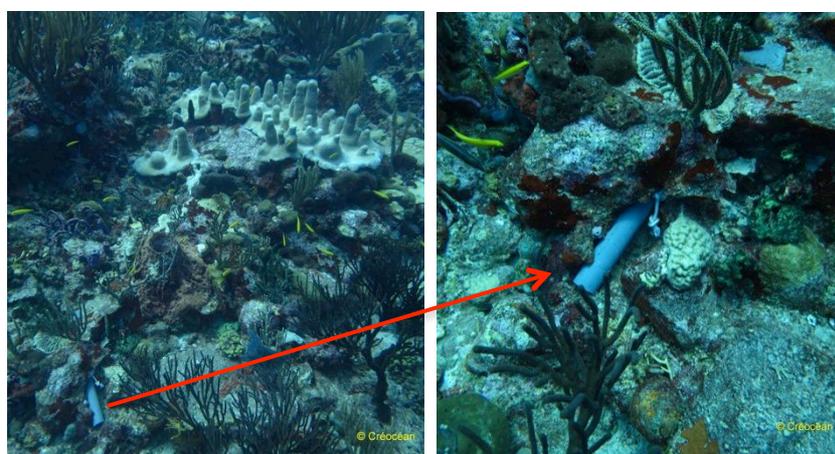


Figure 55 - Illustration du site d'implantation de l'enregistreur de température à Saint-Barthélemy

Conformément à la méthode employée par la NOAA/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. Le mois le plus chaud est septembre, avec une température moyenne (température critique) de 29,1°C pour Petite-Terre (Figure 56).

Après 9 années de suivi sur Petite Terre, l'année type ainsi obtenue est relativement robuste (acquisition optimale d'à peu près 10 ans de données), notamment pour calculer la température critique.

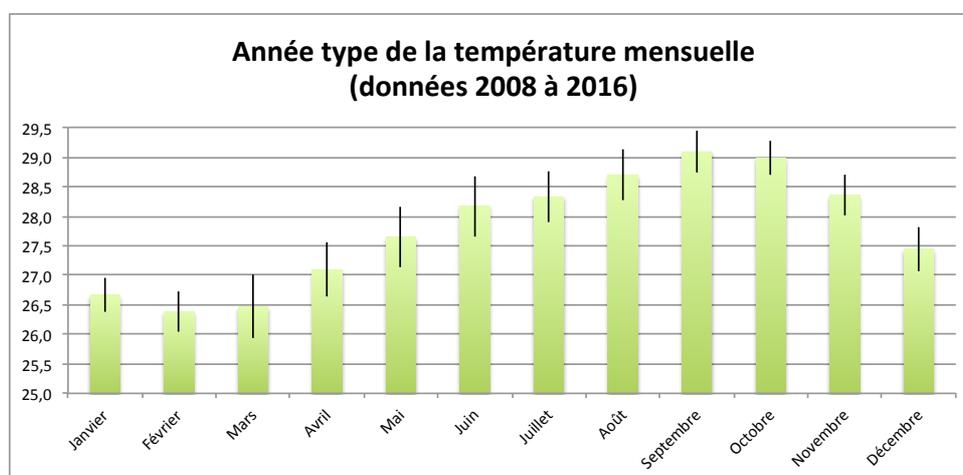


Figure 56 - Année type de la température mensuelle pour la réserve de Petite Terre, calculée entre 2008 et 2016 (température en °C)

Les DHW calculés pour l'année 2015 et 2016 n'ont jamais atteint 1 (Tableau 13 et Figure 57). Il n'y a donc pas de risque de blanchissement mis en évidence par les températures de la mer mesurées entre septembre 2015 et septembre 2016 au sein du lagon de Petite Terre (profondeur d'immersion : -3 m).

Le suivi du peuplement corallien effectué dans le cadre de ce suivi corrobore d'ailleurs cette conclusion, puisqu'aucun phénomène de blanchissement n'a été observé.

Il semble que les eaux de Guadeloupe (et de la région des Antilles française de manière générale) aient en fait été relativement épargnées en 2015 par le phénomène de blanchissement global et mondial annoncé par la NOAA, compte tenu des niveaux de risque élevés prévus. Les températures, certes élevées, ne le sont pas restées suffisamment longtemps.

A noter toutefois que les valeurs enregistrées en octobre 2015 sont les plus élevées enregistrées depuis 2008, si l'on excepte l'épisode de forte hausse de la température de la mer en octobre 2010 qui avait déclenché des alertes blanchissement corallien dans la zone.

Tableau 13 - DHW et niveau d'alerte calculé de septembre 2015 à septembre 2016 à partir des données de la sonde température sur Petite Terre

	Niveau d'alerte : année 2015	Niveau d'alerte : année 2016 (jusqu'en sept. 2016)
Petite Terre	Bleaching watch (0<HotSpot>1)	Bleaching watch (0<HotSpot>1)



Figure 57 - Courbe des températures de 2008 à 2016 issue de la sonde de la réserve de Petite Terre depuis 2008 (entouré en rouge, anomalie de température 2010 déclenchant le « bleaching warning » et valeurs maximales en 2016)

7. Compagnonnage et formation

7.1. Principes et résultats du compagnonnage

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

En 2016, les suivis à Petite Terre et à Saint-Barthélemy ont été réalisés dans le cadre du réseau. Des échanges techniques et la formation aux protocoles de suivi des différents types de peuplements ont pu être réalisés, une personne de la RN de Saint-Martin s'étant déplacée et ayant participé au suivi à Petite Terre et à Saint-Barthélemy.

Les constitutions des équipes de terrain en 2016 et depuis 2007 sont présentées ci-dessous.

Tableau 14 - Composition des équipes de terrain en 2016

	Réserve de Petite Terre	Réserve de Saint-Barthélemy
	19 au 21/09/16	26-27/09/16
Julien Chalifour (RNSM)		+
Steeve Ruillet (RNSM)	+	
Julien Athanase (RNPT)	+	+
Alain Saint Auret (RNPT)	+	
Eric Delcroix (RNPT)	+	
Sébastien Gréaux (RNSB)	+	+
Jonas Hochart (RNSB)		+
Christelle Batailler (CREOCEAN)	+	+

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

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

7.2. Bilan sur la formation / Echange des personnels impliqués

Les échanges réalisés ont permis aux personnels impliqués :

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

8. Communication : posters destinés au grand public / décideurs

Un support de communication format A3 a été réalisé. Il illustre les principales évolutions observées sur la période 2007-2016 et met en avant les évolutions positives mais également les points à surveiller pour la réserve.

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

Ce document sera remis séparément au MO.

9. PERSPECTIVES

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

La présente étude clôture la 10^{ème} année du fonctionnement du réseau des réserves marines de Guadeloupe, Saint-Martin et Saint Barthélemy, initié en 2007. Depuis sa mise en place, ce réseau a été à plusieurs reprises optimisé par l'ajout de stations et de paramètres suivis supplémentaires.

Ainsi, en 2009, la DIREN a souhaité compléter le suivi des peuplements benthiques par celui des peuplements ichtyologiques. Un protocole a été établi sur la base de celui déjà éprouvé par l'UAG dans le cadre de ses programmes engagés sur les Antilles françaises. La formation à ce protocole et sa mise en œuvre ont été réalisées lors de la campagne de suivi 2009, sur des stations « en et hors réserve ».

En 2009, la DIREN a également souhaité implanter, selon les mêmes protocoles de suivi, des stations « benthos » hors réserve, afin de mettre en évidence et suivre une éventuelle évolution particulière des peuplements (benthos et poissons) dans la réserve, de par leur protection.

En 2010, ce suivi a été pérennisé afin de (i) compléter la base de données créée en 2009 et (ii) de pouvoir progressivement mettre en évidence un éventuel « effet réserve » dans l'évolution des peuplements ichtyologiques. Cette même année, des stations de suivi des herbiers « hors réserve » ont été mises en place. Depuis, il s'est avéré que pour mettre en évidence de manière robuste un éventuel effet réserve, l'effort d'échantillonnage en et hors réserve devrait être multiplié.

En 2012, afin d'améliorer la représentativité spatiale des stations, 2 stations (benthos et herbier) ont été rajoutées à l'intérieur du périmètre de la réserve de Saint-Martin, à son initiative.

En 2013, les recommandations émises pour le suivi des herbiers dans l'analyse méthodologique réalisée par Christian Hily (Université de Bretagne Ouest) dans le cadre de l'IFRECOR (Thème d'Intérêt Transversal « RESOBS ») ont été intégrées. Un nouveau protocole de suivi a été appliqué, avec le suivi de paramètres complémentaires et une meilleure prise en compte de l'hétérogénéité de l'herbier. Parallèlement, le suivi des lambis a évolué et est intégré au suivi global de la macrofaune au sein de l'herbier. En 2016, ce nouveau protocole a été pérennisé.

Depuis 2013 la RNPT a souhaité la mise en place et le test d'un protocole de suivi des lambis permettant une meilleure représentativité du stock à l'échelle de son lagon que le protocole mis en œuvre à l'échelle de la station. L'augmentation de la surface de la zone échantillonnée a été possible par la mise en œuvre d'un suivi par vidéo tractée.

En 2015, la RNPT a souhaité la mise en place d'une nouvelle station de suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques dans l'enceinte de la Réserve. Contrairement à la 1^{ère} station, la nouvelle station devait être située dans une zone non fréquentée par les usagers de la Réserve. L'objectif était de comparer les résultats sur les 2 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). **En 2016, les 6 transects de 10 m de la station ont été positionnés les uns à la suite des autres.**

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

Le transect de suivi de la station implantée en 2007 démarre hors de la zone protégée interdite d'accès mais le dernier tiers du transect de 60 m se situe au sein de celle-ci. Par ailleurs,

l'accès à cette station nécessite de traverser ou contourner la zone de protection. Cette zone devrait ainsi être moins fréquentée à l'avenir. La comparaison entre les 2 stations au regard de la fréquentation ne sera donc plus pertinente mais l'évolution sur ces stations sera toutefois intéressante à suivre en parallèle.

En 2016, la Réserve de Saint-Barthélemy a souhaité la remise en place du suivi réserve, stoppé en 2012.

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. Le logiciel et l'extrait de la base de données concernant chaque réserve ont été transmis à l'ensemble du réseau.

Depuis 2011, CoReMo n'est plus développé car il doit être à terme remplacé par la BD Récifs. Ce projet de création d'une base de données nationale relative aux écosystèmes récifaux ultramarins est financé par l'Etat, IFRECOR, le MNHN et l'Ifremer.

CoReMo devrait a priori être « BD Récifs compatible », c'est à dire que les données pourraient y être importées directement via une passerelle.

En l'absence d'éléments précis sur le déploiement de cette base de données aux Antilles (le module Océan Indien serait d'ores et déjà opérationnel et une 1^{ère} session de formation à l'outil se déroule actuellement) et de certitudes quant à la compatibilité des données saisies dans CoReMo 3, il a été proposé aux Réserves de ne pas saisir les données 2016 sous CoReMo.

A la demande des AMP, la saisie dans CoReMo a toutefois été réalisée, celle-ci restant la seule plateforme existante pour la saisie et la sécurisation des données en attendant que BD Récifs soit opérationnelle.

A noter que quand la BD Récifs sera opérationnelle pour les Antilles, Créocéan sera en mesure de réaliser la saisie des données, une personne de Créocéan Océan Indien suivant actuellement la formation.

En outre, depuis 2007 au travers du programme LITEAU, l'IRD et l'IFREMER ont initié avec l'aide de divers partenaires dont notre équipe, une réflexion afin d'élaborer des indicateurs de performance d'aires marines protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et des usages (programme PAMPA). Le but de ce programme est la production d'indicateurs standard constituant des tableaux de bord et des grilles de lecture permettant d'évaluer la performance des AMP sur le plan des écosystèmes, des usages et de la gouvernance. **Certains des indicateurs utilisés dans le cadre de ce travail sont issus du travail PAMPA.**

Depuis 2010, les membres du réseau ont partagé le désir de voir les données exploitées statistiquement, afin de révéler d'éventuels effets significatifs du régime de protection ou d'éventuelles évolutions dans le temps des peuplements suivis. Ces résultats sont présentés dans le présent rapport pour les RN de Petite Terre et Saint-Barthélemy.

Bilan sur la mise en œuvre du protocole « herbiers » en 2013 et 2014

Dans le cadre du suivi des stations herbiers, une première analyse méthodologique a été réalisée dans le cadre de l'IFRECOR (Thème d'Intérêt Transversal « RESOBS », C. Hily & F. Kerninon). Depuis 2013, les principales recommandations ont été prises en compte à savoir :

- ▶ Elargir spatialement l'échantillonnage pour avoir une meilleure prise en compte de l'hétérogénéité de l'herbier : le suivi a ainsi été réalisé sur 3 sous-stations au sein de l'herbier et non sur une seule station de l'herbier (comme cela était le cas jusqu'alors).

- ▶ Prendre en compte des paramètres permettant d'appréhender plus précisément les caractéristiques globales de l'herbier et d'en déduire son potentiel de dégradation (épibiose, relief, présence de cyano, fragmentation, etc.).

Les principales remarques sur la mise en œuvre de ce nouveau protocole ont été listées à l'issue de ses 1^{ères} applications, dans le cadre des rapports 2013 à 2015. Certaines sont rappelées ci-dessous, complétées par quelques réflexions suite au suivi 2016.

Mise en œuvre du protocole

A Petite Terre, la matérialisation des radiales de manière pérenne s'était avérée problématique en 2013 compte tenu de la nature du substrat et en 2014, seuls quelques piquets ont pu être retrouvés. Depuis 2015, sur la base des coordonnées GPS de début, fin et changement d'orientation des radiales, un agent de la RNPT contrôle et optimise la matérialisation des sous-stations en amont de chaque suivi.

A Saint-Barthélemy, les débuts des radiales ont été matérialisés par des piquets et flotteurs et leurs coordonnées GPS relevées.

Le temps de mise en œuvre du protocole sur le terrain est apparu logiquement plus long que celui de l'ancien protocole. Le suivi a été à minima réalisé par 4 plongeurs en simultané. **La «prise en main» de ce nouveau protocole par les intervenants** s'est avérée rapide et aisée et semble acquise.

Analyse et interprétation des données

La meilleure représentativité des résultats obtenus par la mise en œuvre de ce protocole est confirmée : la réalisation du suivi sur 3 sous-stations permet en effet une meilleure prise en compte de la variabilité de l'herbier que sa mise en œuvre sur une seule zone d'herbier homogène définie. Le changement de protocole à compter de 2013 est toutefois à garder en tête dans le cadre de l'analyse et des conclusions sur l'évolution des herbiers (densité, longueur) avant et après 2013 : les différences dans l'échantillonnage entraînent en effet un léger biais, à prendre en compte dans l'interprétation.

En ce qui concerne les indices des paramètres globaux, un indice moyen a été calculé par station (sur la base des 3 indices attribués aux 3 sous-stations), ces indices ayant été pris en compte comme des niveaux/degrés (de présence de cyano, de relief, etc...) par les observateurs. Or, pour certains paramètres, les indices peuvent correspondre plutôt à des catégories (par ex. algues calcaires, algues filamenteuses pour l'épibiose). Si tel est le cas, ces indices peuvent être relevés d'une année sur l'autre à titre descriptif et le calcul d'un indice moyen s'avère peu pertinent. Le calcul d'un indice moyen par paramètre permettrait toutefois de suivre l'évolution de ces paramètres d'une année sur l'autre (par comparaison des indices moyens). Le cas échéant, une réflexion sur les grilles de classification mises en place par paramètre pourrait être menée.

L'analyse des résultats du relevé LIT, et notamment le calcul des taux de fragmentation, est basée sur un faible nombre de réplicats (3 radiales de 50 m). Le suivi de ce paramètre par plongeurs sous-marins ne permet en effet pas la multiplication des réplicats et de ce fait, la couverture d'une grande surface de l'herbier. La méthode de caractérisation de la fragmentation par réalisation de transects vidéo permet quant à elle de baser le calcul sur des échantillons de taille unitaire suffisamment étendue pour appréhender une échelle pertinente de la fragmentation et un nombre de réplicats suffisamment élevé pour être représentatif de la surface d'herbier considérée (échelle site) (Hily C., Kerninon F., 2012). A titre de comparaison, les études de caractérisation de la fragmentation par transects vidéo qui ont été réalisées dernièrement aux Antilles sont basées sur a minima 10 réplicats de 50 m. Les résultats obtenus dans le cadre du suivi des réserves donnent toutefois une bonne idée

de la fragmentation/mitage des secteurs d'herbiers considérés et les futurs relevés permettront de suivre l'évolution de ce paramètre et une éventuelle régression des herbiers.

De la même manière, le calcul de la taille moyenne des patchs est présenté à titre indicatif dans le présent rapport, dans une optique de suivi de l'évolution du paramètre sur les mêmes radiales d'une année sur l'autre. Le suivi de ce paramètre s'avère en effet plus adapté et représentatif dans le cadre du suivi de grandes surfaces d'herbiers, par vidéo tractée notamment. Une analyse par radiale de 50 m a en effet pour conséquence de segmenter les patchs d'herbier (Kerninon, 2012).

En ce qui concerne la bancarisation, les données de 2007 à 2016 de paramètres globaux, LIT, mégafaune et longueurs de feuilles ne peuvent pas faire l'objet d'une saisie sous CoReMo.

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

Mise en œuvre du protocole

La mise en œuvre du protocole par vidéo tractée a permis de couvrir des superficies relativement élevées (surface d'échantillonnage finale en janvier 2017 : 3538 m²) en comparaison avec un suivi réalisé par des plongeurs sous-marins.

La faisabilité de l'application de la méthode aux fonds marins du lagon de Petite Terre est confirmée. L'embarcation de la Réserve s'est avérée adaptée et a permis une avancée lente et régulière, face au courant, de la caméra. Les profondeurs globalement constantes le long des transects permettent par ailleurs de limiter les variations d'altitude de la caméra. Les conditions de vent et clapot en janvier 2017 ont toutefois contraint à une vitesse accélérée de l'embarcation afin de maintenir le cap et ont de ce fait limité les possibilités de réglage fin de la hauteur de la caméra.

Cette méthode n'est toutefois pas applicable aux zones côtières du lagon de plus faible profondeur (1m), pourtant colonisées par les lambis, préférentiellement de petite taille.

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

- ▶ D'avoir une idée plus précise du stock que ce que permet le suivi à l'échelle de la station herbier (en 2016, densité nulle en lambis et 0,7 individu mort / 100 m² sur la station herbier ; densité totale de 2,8 ind/100 m² dans le cadre du suivi par vidéo tractée).
- ▶ De suivre l'évolution relative de la population d'une année à l'autre, grâce à un protocole standardisé. La période d'échantillonnage doit alors être prise en compte et être identique, les lambis étant susceptibles de migrer selon les saisons. Suite à un problème technique lors de la mise en œuvre du suivi en septembre 2016, celui-ci a dû être reporté et a été réalisé le 30 janvier 2017, entraînant un biais dans l'analyse de l'évolution de la population depuis 2013.

Analyse et interprétation des données

La méthode comporte quelques limites :

- ▶ Difficulté de repérer certains individus sur les vidéos : la composition des fonds de Petite Terre le long des transects a rendu difficile le recensement des individus lors du visionnage des prises de vue vidéo. Certains individus sont en effet camouflés sous une couche de turfs ou recouverts par des macroalgues particulièrement denses et recouvrant le substrat (*Turbinaria sp.* et *Dictyota sp.* notamment). Les individus de petite taille présents sur les tas de débris coralliens denses et épais sont également particulièrement difficile à distinguer.
- ▶ Sous-estimation du nombre d'individus morts : lors de l'analyse des vidéos, il est également très difficile voire impossible d'estimer la part de coquille vides (individus morts) parmi celles recensées. Il est en effet possible de déterminer que la coquille est vide quand l'ouverture de la coquille est orientée vers le haut ou que des trous caractéristiques de prédation ou braconnage

sont observables. Le couplage à des immersions ponctuelles en apnée sur certaines zones d'agrégats pourrait être envisagé à titre de vérification.

Suivi des cyanophycées

Le protocole de suivi a été précisé et amélioré depuis 2015 : les photos-quadrats réalisés sont «fixes», le long d'un transect de 12 m et déroulé dans l'axe du courant (est-ouest) afin de disposer de quadrats en amont et en aval du mouillage par rapport au courant. Cette optimisation du protocole est à maintenir lors des prochains suivis.

Suivi des températures

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

Campagnes de terrain 2017

Les campagnes de 2017 devront être programmées au cours de la même période que les années précédentes (août/septembre), afin de disposer de données comparables dans le temps. 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

Pérennisation des stations : afin d'améliorer la robustesse de l'évolution temporelle il est proposé de marquer durablement et précisément les stations de suivi : piquet galva (ou fer à béton) tous les 10 m et idéalement présence d'un câble inoxydable tendu de manière pérenne. Ceci permettrait de s'affranchir des variations spatiales issues du placement de la station entre les suivis. Cette pérennisation des stations pourrait être réalisée soit pendant le suivi annuel soit directement par les réserves en régie (n'entraînant alors pas de surcoût direct sur le suivi).

Représentativité spatiale des stations : afin d'augmenter la représentativité spatiale des stations, il est conseillé d'augmenter le nombre de stations à l'intérieur des réserves. De même, pour améliorer la robustesse de la comparaison des stations réserves et hors réserves, il serait souhaitable d'augmenter le nombre de stations hors réserve à Saint Barthelemy. Pour limiter le coût financier de l'ajout de stations, il pourrait être envisagé un pas de temps de suivi plus lâche (2 ou 3 ans) pour ces stations supplémentaires.

Suivi « herbiers » : la faisabilité de la mise en œuvre du nouveau protocole semble validée après 3 années de mise en œuvre. Un retour d'expérience auprès du référent IFRECOR, en concertation avec la DEAL devrait être réalisé afin éventuellement d'ajuster le protocole. Une vérification ponctuelle des marquages entre 2 suivis et leur remise en état le cas échéant au cours de leurs missions en mer pourrait être utile.

Suivi « lambis » : la mise en œuvre du suivi des lambis par vidéo tractée à Petite Terre depuis 2013 semble concluante malgré quelques limites de la méthode. Un certain nombre d'améliorations a été apporté (amélioration des prises de vue par utilisation d'un équipement vidéo tracté avec résolution d'image supérieure). Une attention particulière doit être portée à l'inclinaison et l'équilibrage de la caméra lors des prochains suivi. De même, dans la mesure du possible, l'échantillonnage devra être réalisé en mode calme, par vent faible.

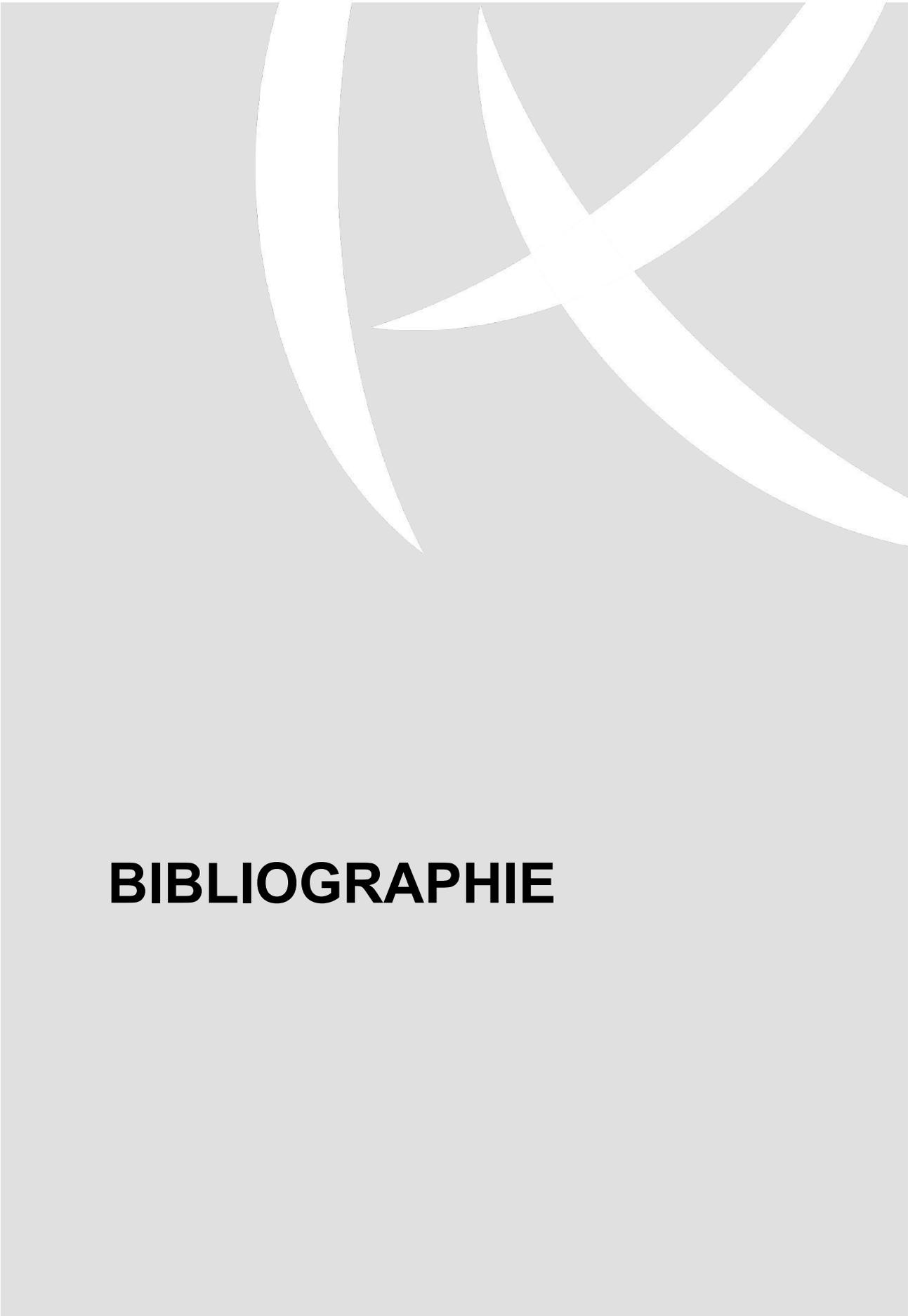
L'éventualité de réaliser un second suivi dans l'année afin d'étudier les variations intersaison dans la répartition des individus pourrait être envisagée, en fonction des attentes du gestionnaire.

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

Suivi « cyanophycées » : il serait pertinent d'augmenter le nombre de photo-quadrats lors des prochains suivis afin de rendre l'analyse plus robuste. Un total de 10 quadrats par mouillage (et en zone témoin) contre 6 actuellement (soit 50 photo-quadrats à traiter contre 30 actuellement) semble adapté. Des analyses statistiques pourraient également être envisagées dans le cadre de la comparaison des couvertures hors mouillage/sous mouillage et amont/aval des mouillages.

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

L'importance d'harmoniser les démarches et de mutualiser les moyens entre l'IFRECOR, les AMP et la DCE a notamment été évoquée lors de l'atelier du Groupe de Travail national Herbiers DCE qui s'est déroulé en octobre 2014. Ces différents suivis présentent toutefois des implications et objectifs différents dont il convient de tenir compte dans le choix des indicateurs et des protocoles (par ex., la DCE a des attentes réglementaires et 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 de d'identifier des perturbations locales d'origine anthropique) ; l'IFRECOR s'intéresse à l'évolution de l'état de ces systèmes eux-mêmes, pour comprendre leur évolution à la fois dans des contextes locaux, régionaux et globaux, etc. (MNHN, CR atelier du GT national DCE « herbier et benthos récifal », version provisoire, nov. 2014).



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

BOUCHON C., BOUCHON-NAVARO Y. & LOUIS M. (2001) Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe. Version provisoire. Rapport DIREN Guadeloupe. 23 pp.

Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. 2000-12-23. Journal officiel des communautés européennes. 72 pp.

CHAUVAUD S. (2005) Cartographie des biocénoses marines côtières du lagon du Grand Cul-de-Sac Marin, Télédétection et Biologie Marine, 24 pp + annexes.

CHAUVAUD S. (1997) Cartographie de la réserve naturelle de l'île de Saint-Martin.

DIREN, UAG (2006) Bilan de l'état de santé des récifs coralliens de Guadeloupe (Années 2002-2006), 40 pp.

DIREN, UAG (2006) Bilan du suivi des communautés récifales de Saint-Barthélemy (Années 2002-2006), 26 pp.

DIREN, UAG (2002) L'état des récifs coralliens dans les Antilles Françaises (Guadeloupe, Martinique, St Martin, St Barthélemy), 25 pp+annexes.

DIREN, Carex Environnement, UAG (1999) Cartographie de la frange littorale et du milieu marin peu profond en Guadeloupe et des îles proches, 61 pp + annexes.

FRENKIEL L. ET ARANDA D.A. (2003) La vie du Lambi (*Strombus gigas*), 51 pp.

FRENKIEL L., PRUVOST L., ZETINA ZARATE A., ENRIQUEZ M. ET ALDANA ARANDA D. (2008) Reproductive cycle of the Queen Conch *Strombus gigas* L. 1758 in Guadeloupe FWI, 3 pages.

FROESE R. ET PAULY D. (2010) FishBase World Wide Web electronic publication, www.fishbase.org, version du 01 2010

GARDES L. ET SALVAT B. (COORD.) (2008) Les récifs coralliens de la France d'outre-mer : suivi et état des lieux. 198 pages.

HILY C., KERNINON F. (2013) Proposition de protocole plongeur pour le suivi des herbiers de phanérogames marines dans les Réserves Naturelles Nationales d'Outre-mer. TIT Herbier IFRECOR, juillet 2013, document de travail.

HILY C., DUCHENE J., BOUCHON C., BOUCHON-NAVARO Y., GIGOU A., PAYRI C., VEDIE F. (2010) Les herbiers de phanérogames marines de l'outre-mer français. Hily C., Gabri. C., Duncombe M. coord. IFRECOR, Conservatoire du littoral, 140 pp.

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

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

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 ressources en lambis (*Strombus gigas*) dans l'archipel de Guadeloupe. Rapport de stage UAG CRPMEM, 53 p.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Table des figures

Tableau 1 - Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2016	8
Figure 1 - Stations de suivi pour la Réserve Naturelle de Petite Terre - La Désirade.....	8
Figure 2 – Périmètre de la zone récifale protégée au sein du lagon et position des transects de suivi (en jaune)	8
Figure 3 – Position des 3 sous-stations de suivi au sein de l’herbier de Petite Terre (d’après Google Earth, 2014).....	9
Tableau 2 - Cordonnées des radiales de suivi Herbiers à Petite Terre	9
Tableau 3 - Coordonnées géographiques des stations suivies à Saint-Barthélemy en 2016.....	11
Figure 4 - Stations de suivi pour la Réserve Naturelle de Saint-Barthélemy	11
Figure 5 - Position des 3 sous-stations de suivi au sein de l’herbier de Saint-Barthélemy (d’après Google Earth, 2014) et coordonnées des débuts de radiale.....	11
Tableau 4 - Chronologie des suivis sur les stations des AMP depuis 2007, et dates de suivi en 2016	12
Tableau 5 - Paramètres suivis jusqu’en 2012 et à partir de 2013 dans le cadre du réseau des Réserves	15
Tableau 6 - Paramètres d’évaluation de l’évolution spatio-temporelle d’un même secteur	17
Figure 6 - Couverture benthique moyenne sur les 2 stations de Petite Terre en 2016	19
(les camemberts présentent la couverture benthique totale et les histogrammes détaillent les compositions relatives de chaque catégorie)	19
Figure 7 –Evolution de la couverture corallienne et algale sur les 2 stations benthos de Petite Terre	21
Figure 8 - Evolution de la densité d’oursins diadème et de juvéniles de coraux sur les 2 stations de Petite Terre.....	23
Tableau 7 - Structure des peuplements ichtyologiques sur les stations Passe et Nord-est Passe de Petite Terre en 2016 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles).....	25
Figure 9 - Abondance et biomasse moyennes de poissons sur les stations Passe et nord-est Passe de Petite Terre en 2016.....	25
Figure 10 - Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur les stations de Petite Terre en 2016	27

Figure 11 - Evolution de la structure trophique entre 2009 et 2016 sur la station Passe de Petite Terre	29
Figure 12 - Evolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2016 sur la station Passe	29
Figure 13 - Evolution de la structure trophique entre 2009 et 2016 sur la station Nord-est Passe de Petite Terre	30
Figure 15 - Illustrations des peuplements benthiques et ichtyologiques de la Réserve de Petite Terre	31
Figure 17 - Représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Petite Terre.....	33
Figure 18 - Densité et longueur de feuilles en 2016 sur Terre de Haut (en haut), et évolution 2007-2016	35
Figure 19 - Composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Terre de Haut.....	36
Figure 20 - Evolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Terre de Haut	36
Figure 21 - Illustrations de la station de suivi des herbiers de Petite Terre	37
Figure 22 - Localisation des transects d'échantillonnage	40
Tableau 8 - Synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les 5 transects en janvier 2017	41
Figure 23 - Densité de lambis par classe de taille sur les 5 transects en janvier 2017 (ind./100 m²).....	41
Figure 24 – Evolution de la densité globale de lambis (densité moyenne sur les 5 transects) entre 2013 et janvier 2017.....	43
Figure 25 - Illustrations de prises de vue vidéo	43
Figure 26 - Evolution de la densité de lambis sur les 5 transects entre 2013 et 2015 (ind./100 m²)	44
Figure 28 - Illustration du positionnement des quadrats le long du transect	47
Figure 29 - Localisation des 4 mouillages suivis et de la zone témoin (d'après Google Earth) ..	47
Figure 30 - Photo-quadrat avant (a) et après (b) analyse CPCe.....	48
Figure 31 - Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées	48
Tableau 8 - Couverture en cyanophycées sous les 4 mouillages suivis (% et épaisseur)	48
Tableau 9 - Couverture en cyanophycées sur les quadrats hors mouillage (% et épaisseur)	48

Figure 32 - Evolution de la couverture en Cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre .49	
Figure 33 - Couverture en Cyanophycées par quadrats sous les mouillages et hors mouillage à Petite Terre.....50	
Figure 34 - Couverture benthique moyenne sur les 2 stations de Saint-Barthélemy en 2016.....52	
(les camemberts présentent la couverture benthique totale et les histogrammes détaillent les compositions relatives de chaque catégorie)52	
Figure 35 - Proportion des taxons coralliens (coraux durs et coraux de feu) relevés sur les stations de suivi de Saint-Barthélemy53	
Figure 36 –Evolution de la couverture corallienne et algale sur les 2 stations benthos de Saint-Barthélemy.....54	
Figure 37 - Evolution de la densité d'oursins diadème et de juvéniles de coraux sur les 2 stations de Saint-Barthélemy.....56	
Figure 38 - Comparaison des couvertures coralliennes et algales sur les stations de Colombier et Le Bœuf (données 2009-2016) (p-value <0,0001)57	
Tableau 10 - Structure des peuplements ichtyologiques sur les stations Colombier et Le Bœuf à Saint-Barthélemy en 2016 (sur la base du suivi des 60 espèces cibles)59	
Figure 39 - Abondance et biomasse moyennes de poissons sur les stations Colombier et Le Bœuf à Saint-Barthélemy en 201659	
Figure 40 - Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur les stations de Saint-Barthélemy en 201661	
Figure 41 - Evolution de la structure trophique entre 2009 et 2016 sur la station Colombier à Saint-Barthélemy.....63	
Figure 42 - Evolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2016 sur la station Colombier à Saint-Barthélemy.....63	
Figure 43 - Evolution de la structure trophique entre 2009 et 2016 sur la station Le Bœuf à Saint-Barthélemy.....64	
Figure 44 - Evolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2016 sur la station Le Bœuf à Saint-Barthélemy64	
Figure 45 - Comparaison de l'abondance et de la biomasse de poissons sur les stations Colombier et Le Bœuf.....65	
Figure 46 - Illustrations des peuplements benthiques et ichtyologiques de la Réserve de Saint-Barthélemy.....66	
Figure 48 - Représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Marigot68	

Figure 49 - Densité et longueur de feuilles en 2016 sur Marigot (en haut), et évolution 2007-2016	70
Figure 50 - Composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Marigot	71
Figure 51 - Evolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Marigot	71
Figure 52 - Illustrations de la station de suivi des herbiers de Marigot à Saint-Barthélemy	72
Tableau 11 - Seuil d'alerte du NOAA/NESDIS par rapport au risque de blanchissement corallien, estimé à partir des données de température marine de surface (données satellites)	74
Figure 53 - Niveau d'alerte au entre le 1^{er} janvier 2014 et le 24 novembre 2016 pour la Guadeloupe (source: http://coralreefwatch.noaa.gov)	76
Figure 54 - Comparaison du Degree Heating Weeks pour la région Caraïbe au 02 novembre 2015 (Guadeloupe : DHW=7,15) (en haut) et au 03 novembre 2016 (Guadeloupe : DHW=0,50) (en bas)	77
Figure 55 - Illustration du site d'implantation de l'enregistreur de température à Saint-Barthélemy	78
Figure 56 - Année type de la température mensuelle pour la réserve de Petite Terre, calculée entre 2008 et 2016 (température en °C)	78
Tableau 12 - DHW et niveau d'alerte calculé de septembre 2015 à septembre 2016 à partir des données de la sonde température sur Petite Terre	79
Figure 57 - Courbe des températures de 2008 à 2016 issue de la sonde de la réserve de Petite Terre depuis 2008 (entouré en rouge, anomalie de température 2010 déclenchant le « bleaching warning » et valeurs maximales en 2016)	79
Tableau 13 - Composition des équipes de terrain en 2016	80
Tableau 14 - Liste de l'ensemble des participants aux suivis depuis 2007	80



CREO Annexes

ELEMENTS GENERAUX SUR LES RESERVES NATURELLES MARINE DE PETITE TERRE ET SAINT-BARTHELEMY



LOCALISATION

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

Superficie : 990 ha, dont 149 en partie terrestre

REGIME FONCIER ET REGLEMENTAIRE

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

Patrimoine biologique :

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



Podemagie américaine (Ciguatera américaine)



Iguane des Petites Antilles (Iguane des Caraïbes)

Patrimoine paysager :

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

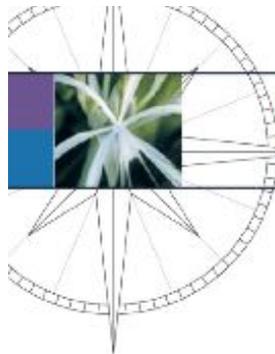
Gestion :

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

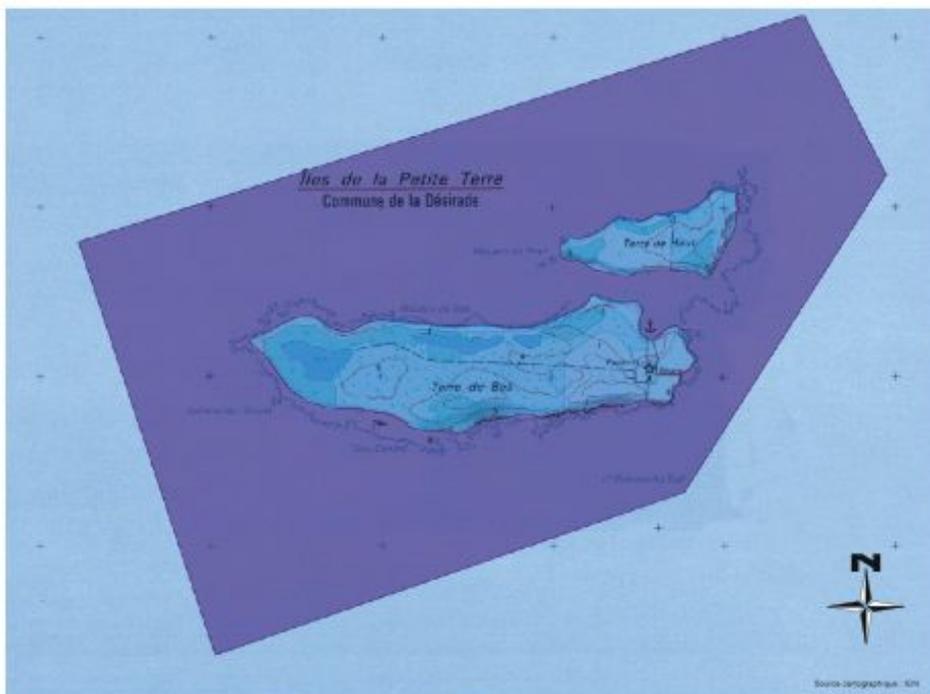
Informations pratiques :

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





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



Echelle : 1 / 33 000

partie marine partie terrestre



RESERVE NATURELLE DE SAINT-BARTHELEMY (MARINE)

LOCALISATION

Désignation :
commune de Saint-Barthélemy
5 secteurs de mer territoriale situés autour des îlets et de l'île principale

Superficie : 1200 ha



Les Ciroc îlets vus depuis le Fort Gustave

REGIME FONCIER ET REGLEMENTAIRE

Type de protection : **décret ministériel n° 96-885 du 10 octobre 1996**

Propriétaire : Etat (Domaine Public Maritime)

Gestionnaire : Association (Fondation) de gestion de la réserve naturelle marine de Saint-Barthélemy (G.R.E.N.A.T.)

Patrimoine biologique :

Les milieux qui composent cette réserve sont exclusivement marins : herbiers de phanérogames marines, récifs coralliens de type frangeant.

42 espèces de coraux ont été répertoriées sur les 54 connues dans les Antilles françaises.

Si le nombre d'espèces de poissons recensées ne dépasse que de peu 160, en revanche l'abondance par espèce est bien souvent supérieure à celle observée dans l'ensemble des Antilles françaises.

Les herbiers de phanérogames marines constituent d'importantes zones de frayères et de nurseries.



Morues caribbes sur gorgone (Cophoma gibbosum)

Patrimoine paysager :

Jouxtant les paysages sous-marins dont la beauté indéniable est cependant réservée aux plongeurs, certains secteurs terrestres figurent parmi les sites emblématiques de Saint-Barthélemy : Anse Colombier, îlets Pain de Sucre, île de la Tortue.

Gestion :

La délimitation de la réserve au moyen de bouées ayant été achevée en 1999, les objectifs concernant désormais l'installation et la maintenance des équipements nécessaires à la préservation des milieux (corps morts...), l'information et l'orientation du public.

L'élaboration du plan de gestion est en cours.

Informations pratiques :

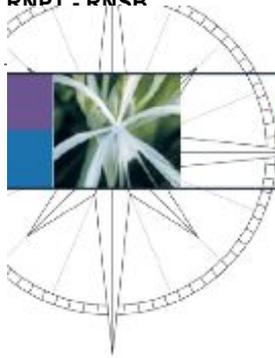
Le siège de la Réserve Naturelle de Saint-Barthélemy se situe sur le port de Gustavia. Le conservateur et le garde sont chargés d'accueillir les visiteurs et de leur faire découvrir la nature. Ils veillent au respect des règles qui garantissent la protection du milieu naturel.



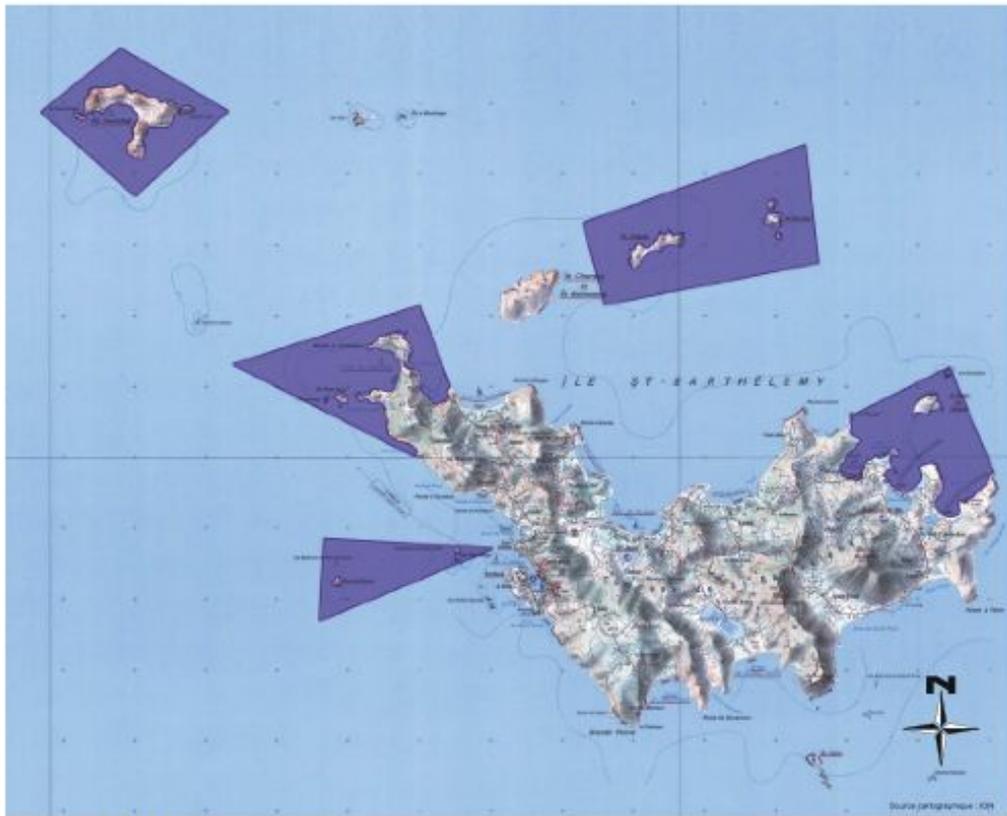
ATLAS DU PATRIMOINE GUADELOUPEEN : ESPACES NATURELS ET PAYSAGES



Nb : depuis 2013, la Réserve est gérée par l'Agence Territoriale de l'Environnement de Saint-Barthélemy qui a repris l'ensemble des missions de l'Association GRENAT en ce qui concerne la gestion de la Réserve Naturelle.



RESERVE NATURELLE DE SAINT-BARTHELEMY (MARINE)



Echelle : 1 / 80 000

 emprise de la réserve

PROTOCOLES 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 PEUPELEMENT BENTHIQUE

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

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

Descripteur	Code (niveau intermédiaire Reef Check)	Descripteur	Notes
Corail vivant	HC / SC	Hard Corail / Soft Corail	
Corail blanchi	HC	Hard Corail	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 algue calcairienne	RC	Rock	TU ou AC
Corail mort récemment (<1 an)	RKC	Recent Killed Corail	
Substrat dur	RC	Rock	
Débris coralliens (<15cm)	RB	Rubble	
Sable (<0,5cm)	SD	Sand	
Vase (<1mm)	SI	Silt/Clay	

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

Effort d'échantillonnage : 300 points au total par station, soit 50 points par transect de 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 / 3,75m² au total.

PARAMETRES N° 3 : RECRUTEMENT CORALLIEN

Après les mesures de recouvrement corallien et algal sur chaque station, il est proposé de réaliser simultanément sur chaque transect des comptages des **recrues coralliennes** (coraux juvéniles <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 / 30m² 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.

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 (60m²) par station, soit 10m² par transect de 10m.

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).

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

A: Alimentation

Q: Aquariophile

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

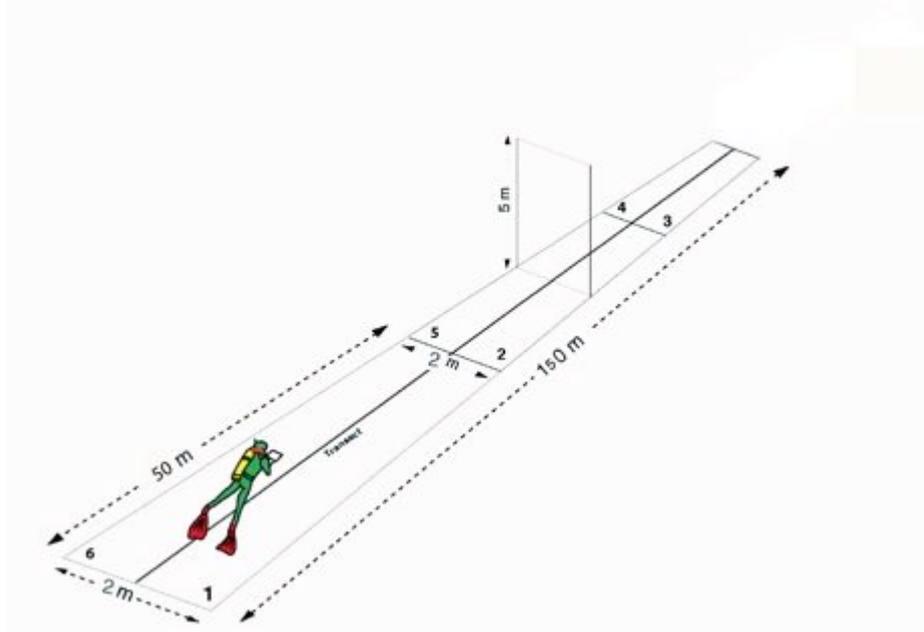


Schéma d'un bande-transect adapté d'après Y. BOUCHON.

PARAMETRE N°2 : ABONDANCE

Chaque plongeur comptabilise les individus appartenant aux espèces cibles identifiées.

Effort d'échantillonnage : 300m² 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 : 300m² 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/100m².

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 PARAMÈTRES 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 m²). On obtient alors 3 valeurs d'indice par station.

PARAMÈTRE N°1 : EPIBIOSE

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

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



PARAMETRE N°2 : RELIEF DE L'HERBIER

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

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

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



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

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

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



PARAMETRE N°4 : PRESENCE DE CYANOBACTERIE

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

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



PARAMETRE N°5 : BIOTURBATION

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

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

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

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

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

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

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

PARAMETRE N° 7 : DENSITE DES PLANTS

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

Effort d'échantillonnage : 30 quadrats de 10 cm x 20 cm, soit 0,6 m² par station.

PARAMETRE N°8 : LONGUEUR DES FEUILLES

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

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

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

Effort d'échantillonnage : 30 mesures dans au moins 9 quadrats de 10 cm x 20 cm, soit au moins 0,18 m² par station.

C- PARAMETRES COMPLEMENTAIRES DE L'HERBIER**PARAMETRE N°9 : MEGAFaUNE ASSOCIEE A L'HERBIER**

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

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

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

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

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

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

- 1 : vase (le poing fermé s'enfonce facilement dans le sédiment)
- 2 : sable fin vaseux (nuage turbide lorsque le sable se redépose mais le poing fermé ne pénètre quasiment pas).
- 3 : sable fin propre (pas de nuage turbide)
- 4 : sable grossier propre (grains de l'ordre de 1 à 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).

SUIVI DES LAMBIS

SUIVI DES LAMBIS A L'ECHELLE DE LA STATION

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

PARAMETRE N°1 : DENSITE DE LAMBIS

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

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

PARAMETRE N°2 : TAILLE DES LAMBIS

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

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

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

PARAMETRE N°3 : PREVALENCE MORTALITE

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

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

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

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

La méthodologie est la même que celle utilisée par le CRPMEM dans le cadre de missions d'évaluation de certains gisements de lambis en Guadeloupe (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.
- Une personne visionne en temps réel les images sur l'écran de contrôle afin de donner des indications à une 2^{ème} personne qui règle l'altitude de la caméra.
- L'altitude optimale de la caméra est d'environ 1 m au-dessus du fond.

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

ANALYSE DES DONNEES VIDEO :

- Lors d'un 1^{er} visionnage des images à vitesse réduite, les lambis sont recensés. Le temps sur la vidéo correspondant à l'observation est 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 2nd visionnage à vitesse normale, la surface échantillonnée est calculée à l'aide des repères constitués par les faisceaux lasers :
 - définition et écartement des séquences non interprétables du transect,
 - division du film en tronçons de largeur de champ donnée (en fonction des variations d'altitude de la caméra),
 - calcul des largeurs de champs et de la longueur de chaque tronçon (en fonction de la vitesse moyenne d'exploration et la durée en min des tronçons),
 - calcul de la superficie de chaque tronçon et de la superficie totale échantillonnée par transect.
- Enfin, les densités pour chaque transect sont calculées sur la base du recensement et des calculs de superficie réalisés.

SUIVI DE LA TEMPERATURE DES EAUX

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

- Suivi de l'évolution des températures : les données collectées tout au long de l'année en continu (pas de temps de 60 min), permettent d'enrichir les connaissances sur les variations saisonnières d'une part mais également d'une année à l'autre dans le contexte de réchauffement des océans à l'échelle planétaire.
- Mise en place d'un système d'alerte : le relevé périodique des données (fréquence trimestrielle ou bimestrielle) permet de disposer d'un outil d'alerte sur le réchauffement des eaux afin d'anticiper les phénomènes de blanchissement et d'organiser un éventuel suivi du phénomène pour quantifier le taux de colonies affectées et le taux de mortalité. Compte tenu de la zone de couverture géographique importante des réserves dans les caraïbes du Nord au Sud (îles du Nord / Guadeloupe / Petite Terre), l'analyse des données collectées devrait permettre de mettre en évidence d'éventuels différences d'évolution de la température.

Les caractéristiques des enregistreurs qui ont été implantés (Starmon) sont les suivantes :

Technical specifications - Starmon mini

Size	25mm diameter x 130mm length
Pressure tolerance	Plastic version: 40 bar (400 m) Titanium version: 1100 bar (11000 m)
Weight (in air)	Plastic version: 80 g. Titanium version: 170 g.
Memory capacity	350,000 measurements
Memory	350K
Memory type	Non-volatile EEPROM
Data retention	25 years
Temperature range	-2°C to +40°C (28°F to 104°F) Outside ranges available upon request
Average resolution	0.013°C (0.023°F)
Measuring accuracy	+/-0.05°C (0.09°F)
Response time	Plastic: Time constant (63%) is 18 sec. and final value reached in 3 min.* Titanium: Time constant (63%) is 6 sec. and final value reached in 1 min.*
Clock	Real time clock. Accuracy +/-1 min/month
Sampling interval	From 1 second and up to 90 hours
First recording	At once or at any future time
Computer interface	RS-232C standard serial interface
Battery life	7 years (battery can be replaced)**

* For a 40°C (104°F) temperature step response in stirred liquid.
** For a sampling interval of 5 minutes or greater.



Ces sondes, bénéficiant d'une très bonne autonomie, sont utilisées depuis plusieurs années par Pareto dans l'Océan Indien (Réunion, Madagascar, Mayotte) et ont fait la preuve de leur résistance en milieu marin.

SUIVI DU DEVELOPPEMENT DE CYANOPHYCEES A PROXIMITE DES MOUILLAGES PERMANENTS

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

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

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

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

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



www.creocean.fr

GROUPE KERAN