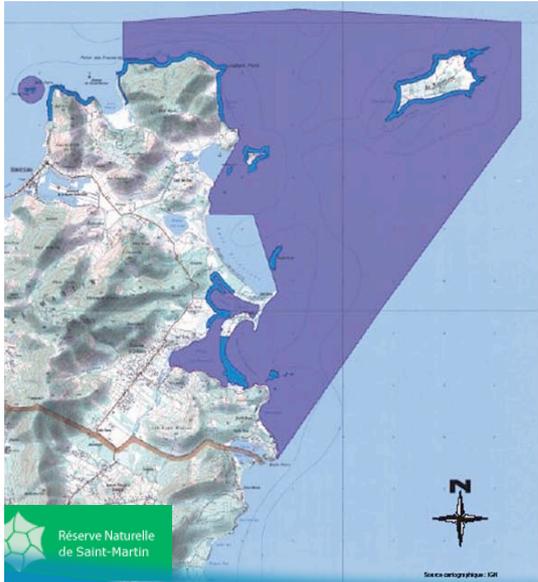
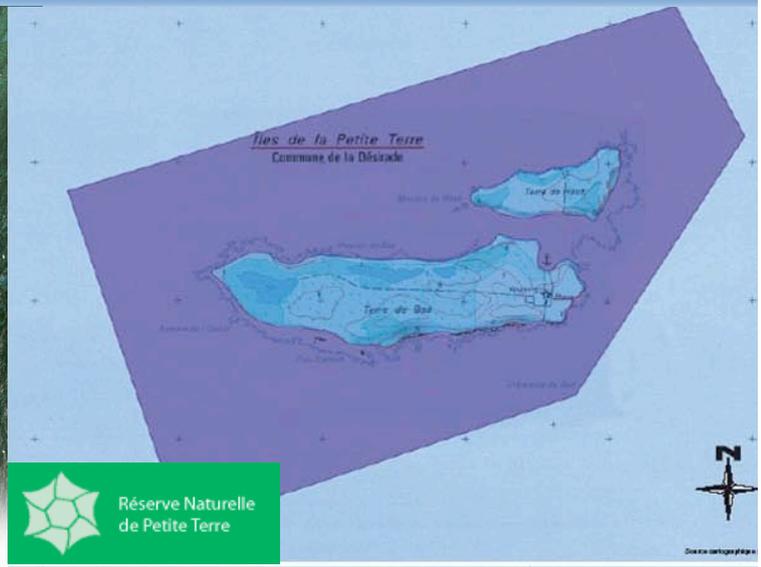


SUIVI DE L'ÉTAT DE SANTÉ DES RESERVES NATURELLES MARINES DE GUADELOUPE ET SAINT-MARTIN

RAPPORT FINAL
ANNEE 2014
Suivi n°8

Etat des lieux 2014 et évolution 2007-2014

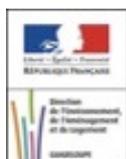




A citer sous la forme :

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

Mission de service pour le compte de la **DEAL Guadeloupe**.



DEAL Guadeloupe.

Chemin des Bougainvilliers – 97100 Basse-Terre (Guadeloupe)

tél : 05 90 99 35 60

franck.mazeas@developpement-durable.gouv.fr

PARETO Ecoconsult. Agence Caraïbes.

19, village de la Jaille, 97122 Baie-Mahault (Guadeloupe)

Tél : 05 90 38 91 64

christelle.batailler@paretoec.fr

Réserve Naturelle de Petite-Terre

ONF-Jardin Botanique – BP 648

97109 Basse Terre Cedex (Guadeloupe)

Tél : 05 90 99 28 99

rene.dumont@onf.fr

Réserve Naturelle de Saint-Martin

803, Résidence les Acacias, Anse Marcel

97150 Saint-Martin

Tél : 05 90 29 09 72

nicolas.maslach@rnsm.org

– Sommaire –

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	1
2	PRESENTATION DES SITES D'ETUDE - PLAN D'ECHANTILLONNAGE	2
2.1	RESERVE DE PETITE TERRE	2
2.2	RESERVE DE SAINT-MARTIN	4
2.3	RESERVE DE SAINT-BARTHELEMY	6
2.4	SECTEUR MARIN DU PARC NATIONAL DE LA GUADELOUPE	6
2.5	PLANNING DE REALISATION DES CAMPAGNES DE SUIVI	7
3	METHODOLOGIES	8
3.1	PROTOCOLES ET PARAMETRES	8
3.2	TRAITEMENT ET INTERPRETATION DES DONNEES	10
4	RESERVE DE SAINT-MARTIN	12
4.1	LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES	12
4.1.1	ETAT DE SANTE EN 2014 ET EVOLUTION SUR LA PERIODE 2007-2014	12
4.1.2	COMPARAISON ENTRE STATIONS « EN RESERVE » ET « HORS RESERVE »	18
4.2	LES PEUPELEMENTS ICHTYOLOGIQUES	19
4.2.1	ETAT DE SANTE EN 2014 ET EVOLUTION SUR LA PERIODE 2007-2014	19
4.2.2	COMPARAISON ENTRE STATIONS « EN RESERVE » ET « HORS RESERVE »	27
4.3	HERBIERS ET MEGAFaUNE ASSOCIEE	29
4.3.1	ETAT DE SANTE EN 2014 ET EVOLUTION SUR LA PERIODE 2007-2014	29
4.3.2	COMPARAISON ENTRE STATIONS « EN RESERVE » ET « HORS RESERVE »	44
4.4	CONCLUSIONS	46
5	RESERVE DE PETITE TERRE	48
5.1	LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES	48
5.2	LES PEUPELEMENTS ICHTYOLOGIQUES	51
5.3	HERBIERS ET MEGAFaUNE ASSOCIEE	56
5.4	CONCLUSIONS	62
5.5	SUIVI SPECIFIQUE DES LAMBIS PAR VIDEO TRACTEE A L'ECHELLE DU LAGON	63
5.6	SUIVI DES CYANOPHYCEES	67

6	SUIVI DE LA TEMPERATURE	70
6.1	LE PHENOMENE DE BLANCHISSEMENT CORALLIEN ET LA METHODE UTILISEE POUR EVALUER SON RISQUE	70
6.2	RISQUE DE BLANCHISSEMENT POUR LA SAISON 2012 / 2014 : DONNEES NOAA	71
6.3	EVALUATION DU RISQUE DE BLANCHISSEMENT A PARTIR DES DONNEES DE TEMPERATURE COLLECTEES DANS LE CADRE DU SUIVI RESERVES NATURELLES	72
7	COMPAGNONNAGE ET FORMATION	75
7.1	PRINCIPES ET RESULTATS DU COMPAGNONNAGE	75
7.2	BILAN SUR LA FORMATION / ECHANGE DES PERSONNELS IMPLIQUES	76
8	COMMUNICATION : POSTERS DESTINES AU GRAND PUBLIC/DECIDEURS	77
9	PERSPECTIVES	78
10	BIBLIOGRAPHIE	83
ANNEXES		

Sigles et abréviations

AMP	Aire Marine Protégée
BDD	Base De Données
CRPMEM	Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins
DCE	Directive Cadre européenne sur l'Eau
DEAL	Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DIREN	Direction Régional de l'Environnement
DHW	Degree Heating Weeks
GCSM	Grand Cul-de-Sac Marin
GT	Groupe de Travail
IFRECOR	Initiative Française pour les récifs Coralliens
LIT	Line Intercept Transect
NESDIS	National Environmental Satellite, Data, and Information Service
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PNG	Parc National de Guadeloupe
RNPT	Réserve Naturelle de Petite Terre
RNSM	Réserve Naturelle de Saint-Martin
TIT	Thème d'Intérêt Transversal

Illustrations

Figure 1 : stations de suivi pour la Réserve Naturelle de Petite Terre	2
Figure 2 : position des 3 sous-stations de suivi au sein de l'herbier de Petite Terre (d'après Google Earth, 2014) .	3
Figure 3 : stations de suivi pour la Réserve Naturelle de Saint-Martin	5
Figure 4 : position des 3 sous-stations de suivi au sein des stations Herbiers de Saint-Martin (Google Earth, 2014)	6
Figure 5 : Couverture benthique moyenne sur les 3 stations « benthos » de Saint-Martin en 2014	13
Figure 6 : Evolution de la couverture corallienne et algale sur les 3 stations « benthos » de Saint-Martin.....	15
Figure 7 : Evolution de la densité d'oursins diadème et de recrues sur les stations de Saint-Martin	17
Figure 8 : Comparaison des couvertures coralliennes et algales sur les stations Chicot et Fish Point en 2014	18
Figure 9 : Abondance et biomasse moyennes de poissons sur les 3 stations de Saint-Martin en 2014	20
Figure 10 : Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur Chicot en 2014	22
Figure 11 : Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur Rocher Pélican en 2014	22
Figure 12 : Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur Fish Point en 2014	22
Figure 13 : Evolution de la structure trophique à Chicot entre 2009 et 2014	24
Figure 14 : Evolution de l'abondance par classe de taille à Chicot entre 2009 et 2014.....	24
Figure 15 : Evolution de la structure trophique à Rocher Pélican entre 2012 et 2014	25
Figure 16 : Evolution de l'abondance par classe de taille à Rocher Pélican entre 2012 et 2014	25
Figure 17 : Evolution de la structure trophique à Fish Point entre 2009 et 2014	26
Figure 18 : Evolution de l'abondance par classe de taille à Fish Point entre 2009 et 2014	26
Figure 19 : comparaison de l'abondance de poissons sur les stations Chicot et Fish Point en 2014	27
Figure 20 : illustrations des peuplements benthiques et ichtyologiques de la Réserve de Saint-Martin.....	28
Figure 21 : synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur les herbiers de Saint-Martin en 2014	31
Figure 22 : représentation schématique et caractérisation de la fragmentation des herbiers de Saint-Martin	33
Figure 23 : taille moyenne des patchs d'herbiers sur les herbiers de Saint-Martin en 2014	34
Figure 24 : Densité et longueur de feuilles en 2014 sur Rocher Créole (en haut), et évolution 2007-2014.....	38
Figure 25 : Densité et longueur de feuilles en 2014 sur Ilet Pinel (en haut), et évolution 2012-2014.....	39
Figure 26 : Densité et longueur de feuilles en 2014 sur Grand Case (en haut), et évolution 2010-2014.....	40
Figure 27 : mégafaune associée aux herbiers de Saint-Martin.....	41
Figure 28 composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Rocher Créole	42
Figure 29 : évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Rocher Créole.....	42
Figure 30 : composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de l'Ilet Pinel.....	42
Figure 31 : évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de l'Ilet Pinel	42
Figure 32 : composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Grand Case	43
Figure 33 : évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Grand Case... ..	43

DEAL Guadeloupe

Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe et Saint-Martin
Année 2014 : état des lieux 2014 et évolution 2007-2014

Figure 34 : Comparaison des densités de <i>T. testudinum</i> et <i>S. filiforme</i> en et hors réserve en 2014.....	44
Figure 35 : illustrations des stations de suivi des herbiers de Saint-Martin	45
Figure 36 : Couverture benthique moyenne sur la station de Petite Terre en 2014	48
Figure 37 : Evolution de la couverture corallienne et algale sur la station benthos de Petite Terre	49
Figure 38 : Evolution de la densité d'oursins diadème et de recrues sur la station de Petite Terre.....	50
Figure 39 : Abondance et biomasse moyennes de poissons sur la station de Petite Terre.....	51
Figure 40 : Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur Petite Terre en 2014	52
Figure 41 : Evolution de la structure trophique entre 2009 et 2014 à Petite Terre	54
Figure 42 : Evolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2014 à Petite Terre	54
Figure 43 : illustrations des peuplements benthiques et ichtyologiques de la Réserve de Petite Terre	55
Figure 44 : synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur l'herbier de Terre de Haut ..	56
Figure 45 : représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Petite Terre	57
Figure 46 : Densité et longueur de feuilles en 2014 sur Terre de Haut (en haut), et évolution 2007-2014	59
Figure 47 : composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Terre de Haut.....	60
Figure 48 : évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Terre de Haut	60
Figure 49 : illustrations de la station de suivi des herbiers de Petite Terre	61
Figure 50 : localisation des transects d'échantillonnage	63
Figure 51 : densité de lambis par classe de taille sur les 5 transects en 2014 (ind./100 m ²)	64
Figure 52 : illustrations de prises de vue vidéo	65
Figure 53 : Evolution de la densité de lambis sur les 5 transects entre 2013 et 2014 (ind./100 m ²)	66
Figure 54 : Evolution de la densité de lambis par classe de taille sur les 5 transects entre 2013 et 2014	66
Figure 55 : Localisation des 4 mouillages suivis	67
Figure 56 : photo-quadrate avant (a) et après (b) analyse CPCe.....	67
Figure 57 : Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées	68
Figure 58 : Evolution de la couverture en Cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre	69
Figure 59 : Photoquadrats sous mouillage n°3 « Paradoxe » (à gauche) et hors mouillage (quadrate 9, à droite)	69
Figure 60 : Niveau d'alerte au blanchissement entre le 1 ^{er} janvier 2013 et le 15 décembre 2014 pour la Guadeloupe.....	71
Figure 61 : Degree Heating Weeks pour la région Caraïbes au 21 octobre 2013 (Guadeloupe : DHW=1,55).....	72
Figure 62 : Illustration des différentes implantations des enregistreurs de température (à gauche : Saint-Martin sur Chicot, à droite : Petite Terre).....	72
Figure 63 : Année type de la température mensuelle pour les 2 réserves, calculée entre 2008 et 2014 (température en °C).....	73
Figure 64 : Courbe des températures issues des sondes des réserves de Saint-Martin et de Petite Terre depuis 2008 (entouré en rouge, anomalie de température 2010 déclenchant le « bleaching warning »).....	74

Tableaux

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2014.....	3
Tableau 2 : coordonnées des radiales de suivi Herbiers à Petite Terre.....	3
Tableau 3 : Coordonnées géographiques des stations suivies à Saint-Martin en 2014	4
Tableau 4 : coordonnées des radiales de suivi Herbiers à Saint-Martin	5
Tableau 5 : Chronologie des suivis sur les stations des AMP depuis 2007, et dates de suivi 2014	7
Tableau 6 : paramètres suivis jusqu'en 2012 et à partir de 2013 dans le cadre du réseau des Réserves.....	10
Tableau 7 : Paramètres d'évaluation de l'évolution spatio-temporelle intra et inter-stations d'un même secteur..	11
Tableau 8 : Structure des peuplements ichtyologiques sur les 3 stations de Saint-Martin en 2014.....	19
Tableau 9 : Structure des peuplements ichtyologiques sur la station Passe de Petite Terre en 2014	51
Tableau 10 : synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les 5 transects en 2014	64
Tableau 11 : Couverture en cyanophycée sous les 4 mouillages suivis (% et épaisseur)	68
Tableau 12 : Couverture en cyanophycée sur les quadrats hors mouillage (% et épaisseur).....	68
Tableau 13 : 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).....	70
Tableau 14 : DHW et niveau d'alerte calculé de août-septembre 2013 à septembre 2014 à partir des sondes de température des 2 réserves	73
Tableau 15 : Composition des équipes de terrain en 2014.....	75
Tableau 16 : liste de l'ensemble des participants aux suivis depuis 2007	75

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

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, Petite Terre, Saint-Martin et Saint-Barthélemy.

En 2007, la **DEAL Guadeloupe** a mandaté **PARETO ECOCONSULT** 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 2014, le « Réseau des Réserves » a été pérennisé 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'échange entre les 4 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. Deux stations de suivi supplémentaires ont également été implantées en 2012 dans l'enceinte de la Réserve Naturelle de Saint-Martin. Parallèlement, le réseau de suivi de la température des eaux sur chaque station en réserve a été pérennisé. 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.

L'objectif principal est de collecter des données annuelles basées sur des protocoles simplifiés, faciles à mettre en œuvre. À noter que 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 (peuplements benthiques sessiles, poissons, herbiers, lambis) ;
- Collecter des données sur des stations comparatives hors réserve, afin d'évaluer un éventuel « effet réserve » ;
- Suivre la température sur une station de suivi récifale pour chaque réserve ;
- 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 un éventuel « effet réserve » et les évolutions significatives) ;
- Fournir des supports de communication destinés aux décideurs et/ou grand public pour chaque réserve ;
- 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 PRESENTATION DES SITES D'ETUDE - PLAN D'ECHANTILLONNAGE

En 2014, seules les Réserves Naturelles de Saint-Martin et de Petite Terre ont fait l'objet du suivi annuel. Les délimitations et les principales caractéristiques de ces réserves naturelles sont présentées en annexe 1.

2.1 RESERVE DE PETITE TERRE

Les stations de suivi 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.

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 important (déferlement de la houle).

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) y est très faible, mais elle peut être exposée aux houles d'ouest.

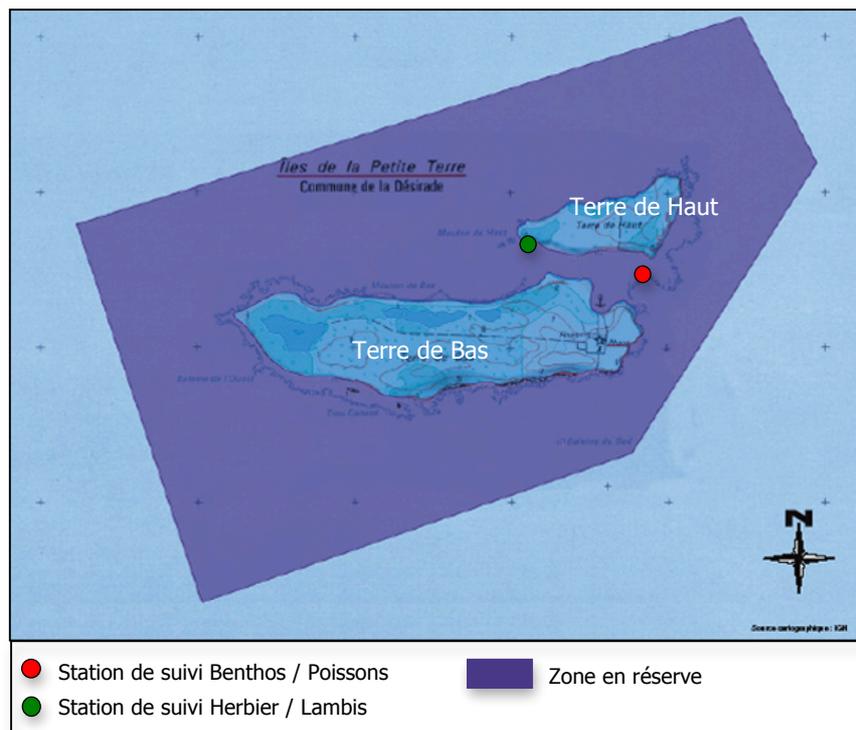


Figure 1 : stations de suivi pour la Réserve Naturelle de Petite Terre

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des stations suivies à Petite Terre en 2014

Zone géographique	Station	Statut	Type de suivi en 2012	Latitude	Longitude
Petite Terre	Passé	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C	16°10,456'	61°06,382'
	Terre de Haut	réserve	Herbiers, Lambis	16°10,573'	61°06,717'

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'herbiers échantillonnée les années précédentes. Les début, fin et changement d'orientation des radiales avaient été matérialisés sur le terrain à l'aide de piquets Galva et de flotteurs.

En 2014, seuls quelques piquets ont pu être retrouvés. Les radiales ont 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). Un système de matérialisation des radiales plus adapté est en cours de réflexion et devrait être installé par les agents de la RNPT avant le prochain suivi, sur la base des coordonnées relevées.

La position des 3 radiales est présentée ci-dessous :



Figure 2 : position des 3 sous-stations de suivi au sein de l'herbier de Petite Terre (d'après Google Earth, 2014)

Tableau 2 : coordonnées des radiales de suivi Herbiers à Petite Terre

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

2.2 RESERVE DE SAINT-MARTIN

Le réseau de stations de suivi de la RNSM se compose actuellement de 6 stations (Figure 3).

Les stations « en réserve » se situent sur le **Rocher Créole** (suivi herbier) et à **Chicot** près de l'îlet Tintamarre (suivi benthos et poissons).

- La station benthos **Chicot** se trouve au sommet d'un éperon rocheux situé au sud-est de l'îlet Tintamarre à une profondeur moyenne de 12 m. De par sa position, cette station bénéficie de conditions de milieu ouvert, tant du point de vue de la transparence des eaux que de leur renouvellement par les courants océaniques orientés vers l'ouest.
- La station herbier **Rocher créole** est positionnée à -5 m de profondeur, au pied du « Rocher Créole » sur la côte sous le vent. La station est caractérisée par un substrat sablo-vaseux.

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.

- La station benthos **Fish Point** est située à 6,6 km au nord-ouest de Sandy Ground, à 10 m de profondeur. Cette station se trouve en bordure de pente (45°) et est assez sableuse. 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 orientés vers l'ouest.
- La station herbier **Grand Case** se trouve à environ 600 mètres au sud-ouest de la station de Rocher Créole, face à la plage de Grand Case, par -4 m de profondeur. De par leurs positions respectives, les stations de Grand Case et Rocher Créole bénéficient de conditions hydrodynamiques modérées, la transparence des eaux pouvant cependant y être altérée en raison des courants côtiers de vidange de la baie de Grand Case. L'exposition à la houle y est faible.

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'îlet Pinel est très fréquenté tandis que la station de Rocher Pélican présente des peuplements marins dégradés, exposés au braconnage.

- La station benthos **Rocher Pélican** se situe en bordure de tombant (pente de 45° ; haut du tombant : 3 m, bas du tombant : 7 m) à une profondeur de 5 m.
- La station herbier **Ilet Pinel** est située en face de l'îlot du même nom par -3 m de profondeur.

Tableau 3 : Coordonnées géographiques des stations suivies à Saint-Martin en 2014

Zone géographique	Station	Statut	Type de suivi en 2012	Latitude	Longitude
Saint Martin	Chicot	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C	18°06,512'	62°58,980'
	Fish Point	hors réserve	Benthos, Ichtyo	18°06,895'	63°06,948'
	Rocher Pélican	réserve	Benthos, Ichtyo	18°05,954'	63°01,159'
	Rocher Créole	réserve	Herbiers, Lambis	18°06,990'	63°03,424'
	Grand Case	hors réserve	Herbiers, Lambis	18°06,671'	63°03,418'
	Ilet Pinel	réserve	Herbiers, Lambis	18°06,324'	63°01,181'

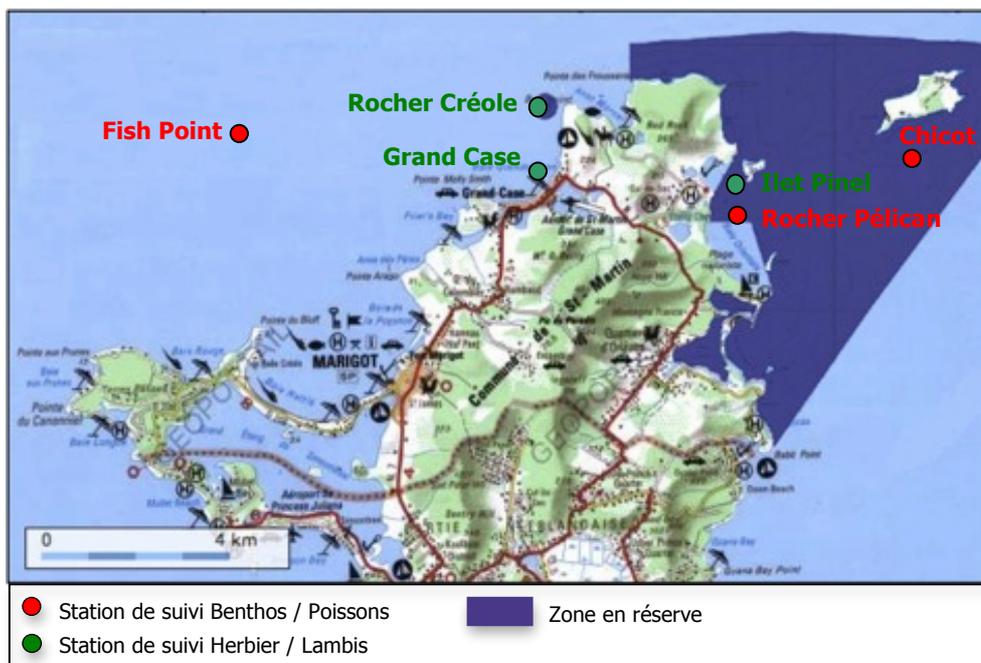


Figure 3 : stations de suivi pour la Réserve Naturelle de Saint-Martin

Sur chaque station de suivi des herbiers, 3 radiales (sous-stations) ont été implantées en 2013, dans la mesure du possible perpendiculairement à la côte, en fonction de la configuration du site et après concertation avec la RNSM. Les début, milieu et fin de radiale ont été matérialisés sur le terrain à l'aide de fers à béton. Quand cela était possible, les corps morts de mouillage existants ont été utilisés comme points de repère pour les débuts de radiales (risque important d'enlèvement des piquets par des baigneurs ou de manière naturelle sur les 3 zones compte tenu de la fréquentation des sites et de la nature du substrat).

En 2014, seuls quelques piquets ont pu être retrouvés. Les radiales ont été positionnées dans la mesure du possible au plus proche de celles installées en 2013. Des vis à sable, surmontées de flotteur ont été utilisées cette année pour matérialiser les radiales de manière plus « robuste ». Les coordonnées GPS de début et de fin des radiales ont été relevées (Tableau 3).

Tableau 4 : coordonnées des radiales de suivi Herbiers à Saint-Martin

		Radiale 1	Radiale 2	Radiale 3
Rocher Créole	Début	Bouée proche de la marque spéciale	18°07,010'N 63°03,389'O	18°06,963'N 63°03,345'O
	Fin		18°07,052'N 63°03,431'O	18°06,980'N 63°03,375'N
Grand Case	Début		18°06,675'N 63°03,432'O	18°06,460'N 63°03,506'O
	Fin	Direction : vers enrochement (restaurant)	18°06,552'N 63°03,487'O	18°06,442'N 63°03,521'O
Ilet Pinel	Début		18°06,327'N 63°01,187'O	18°06,240'N 63°01,053'O
	Fin	Emplacement bouée	18°06,444'N 63°01,026'O	18°06,253'N 63°01,026'O

DEAL Guadeloupe

Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe et Saint-Martin
Année 2014 : état des lieux 2014 et évolution 2007-2014

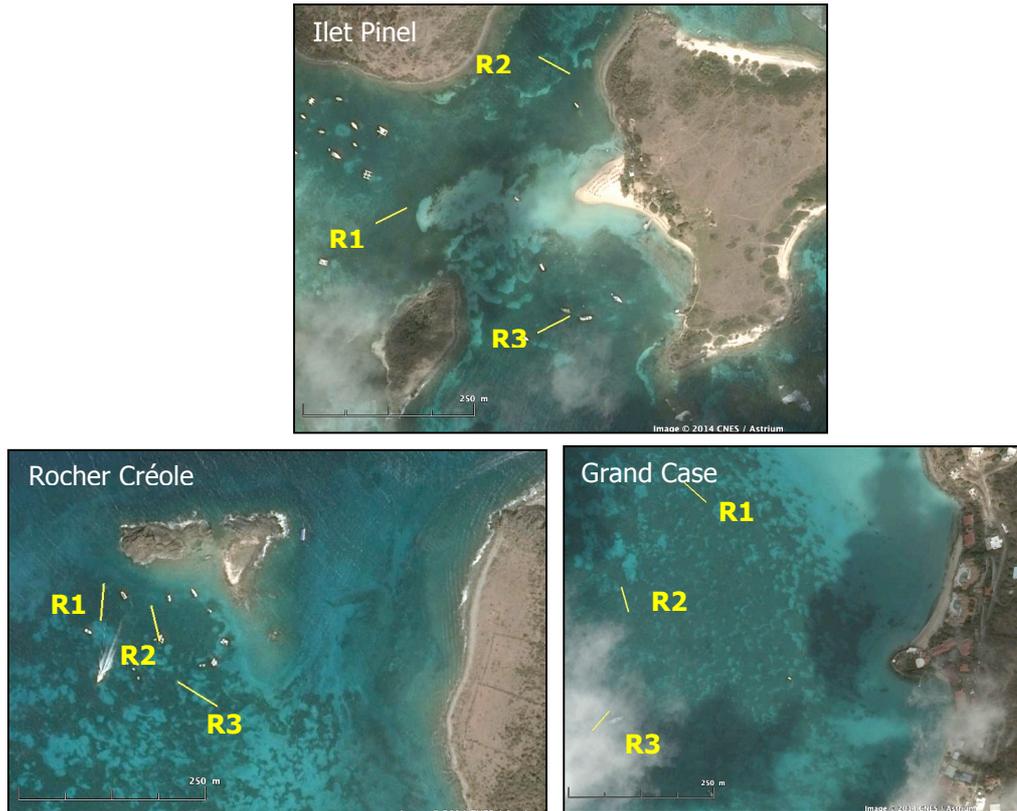


Figure 4 : position des 3 sous-stations de suivi au sein des stations Herbiers de Saint-Martin (Google Earth, 2014)

2.3 RESERVE DE SAINT-BARTHELEMY

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. Les stations de suivi « en réserve » se situent à Colombiers (benthos et poissons) et à Marigot (herbier).

En 2009, une station « hors réserve » de suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques a été implantée à Le Bœuf, au nord-ouest de la réserve.

En 2010, sur la base de recherches bibliographique 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 en 2013 et 2014.

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 REALISATION 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 5.

Tableau 5 : Chronologie des suivis sur les stations des AMP depuis 2007, et dates de suivi 2014

Zone géographique	Station	Statut	Type de suivi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Dates de suivi en 2014
GCSM	Fajou	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	-
	Caret Nord-Ouest	hors réserve	Benthos, Ichtyo				I	I	I	I	I	-
	Passe à Colas	réserve	Herbiers, Lambis									-
	Sud Caret	hors réserve	Herbiers, Lambis									-
Petite Terre	Passe	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	21/09/14
	Terre de Haut	réserve	Herbiers, Lambis									21/09/14
Saint Barth	Colombier	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I			
	Le Bœuf	hors réserve	Benthos, Ichtyo			I	I	I	I			
	Marigot	réserve	Herbiers, Lambis									
	Pointe Milou	hors réserve	Lambis									
Saint Martin	Chicot	réserve	Benthos, Ichtyo, T°C			I	I	I	I	I	I	15/09/14
	Fish Point	hors réserve	Benthos, Ichtyo			I	I	I	I	I	I	16/09/14
	Rocher Pélican	réserve	Benthos, Ichtyo						I	I	I	17/09/14
	Rocher Créole	réserve	Herbiers, Lambis									16/09/14
	Grand Case	hors réserve	Herbiers, Lambis									17/09/14
	Ilet Pinel	réserve	Herbiers, Lambis									18/09/14

 Suivis opérés
  Ajout suivi ichtyofaune
  Suivi réalisé sans la participation de Pareto, ne faisant pas l'objet d'un rapport à l'heure actuelle

3 METHODOLOGIES

3.1 PROTOCOLES ET PARAMETRES

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 devraient prochainement être modifiés¹, les objectifs des 2 réseaux de suivis, DCE et AMP, étant différents.

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 ainsi que le corail de feu (*Millepora sp.*), et (ii) la couverture en « corail mou », qui dans le cadre des suivis Antilles, désigne les Zoanthaires (*Palythoa sp.*, *Zoanthus sp.*).

Depuis 2009, les paramètres de suivi des peuplements de poissons relevés sont : l'identification des espèces cibles, 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.

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. Leur localisation est présentée ci-dessus sur les Figure 2 et Figure 3.

¹ Conclusions de l'atelier du Groupe de Travail national DCE « benthos récifal » de février 2014 et du GT « herbiers » d'octobre 2014.

- **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 relevés. 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 (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). En 2014, le suivi des lambis par vidéo tractée a de nouveau été mis en œuvre. Le suivi des lambis au niveau de la station a toutefois également été réalisé dans le cadre du suivi de la macrofaune de l'herbier.

Le Tableau 6 présente les différents paramètres suivis pour chaque paramètre cible. Les protocoles détaillés pour l'ensemble des paramètres sont présentés en annexe 2.

Tableau 6 : 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 - Mégafoaune 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 mégafoaune associée - Taille - Mortalité → par vidéo tractée (RNPT)
✓ Température	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi horaire 	

3.2 TRAITEMENT ET INTERPRETATION DES DONNEES

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.

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 2014 ;
- La caractérisation d'un éventuel effet réserve : 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 2014 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 2014 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 connaître l'origine de cette année.

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 (2009 ou 2010 selon les stations) et 2014. 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 actuellement en cours et qui concerne plusieurs réserves (dont la réserve de Saint-Martin). Le Tableau 7 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 7 : Paramètres d'évaluation de l'évolution spatio-temporelle intra et inter-stations 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 RESERVE DE SAINT-MARTIN

4.1 LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES

4.1.1 Etat de santé en 2014 et évolution sur la période 2007-2014

Analyse globale de la couverture totale en 2014

Les résultats indiquent que les stations situées dans le périmètre de la réserve (Chicot et Rocher Pélican) et hors réserve (Fish Point) présentent : (Figure 5)

- **Une structure de peuplement benthique globalement similaire,**
- **Une couverture corallienne faible,** allant de 4% (Fish Point) à 9% (Rocher Pélican) et 13% (Chicot),
- **Une part prépondérante de peuplements algaux** (respectivement 66% sur Fish Point, 69% sur Chicot et 85% sur Rocher Pélican),
- **Une proportion variable d'autres invertébrés** (gorgones, éponges), allant de 6% (Rocher Pélican) à 23% (Fish Point),
- **Une faible proportion de substrat non vivant,** comprise entre 0% (Rocher Pélican) et 6-7% (Chicot et Fish Point). La station de Fish Point est caractérisée par un substrat à dominance sableuse et une faible proportion de débris. Sur la station de Chicot, le substrat non vivant est représenté de façon homogène par le sable, la roche nue et les débris.

Analyse détaillée de la couverture vivante en 2014

Les résultats relatifs à la couverture vivante montrent que :

- **Les peuplements coralliens sont dominés par les coraux durs sur toutes les stations** (de 4% de la couverture vivante sur Fish Point à 13% sur Chicot),
- **Les Zoanthaires (*Palythoa sp.*) sont peu représentés** (moins de 1%),
- **Les peuplements algaux sont dominés par les macroalgues non calcaires** (principalement *Dictyota sp.*) sur Chicot (47% de la couverture vivante), et par les **turfs algaux** sur Fish Point et Rocher Pélican (respectivement 52% et 56% de la couverture vivante). Les algues calcaires encroûtantes (mélobésiées) ou dressées (*Halimeda sp.*) représentent moins de 4% de la couverture vivante sur l'ensemble des stations.
- **La proportion de cyanobactéries est assez élevée sur la station de Fish Point** (10% de la couverture vivante). La présence significative de ces algues sur les roches et le sable témoigne d'un enrichissement organique et minéral important.
- **Pour les autres invertébrés,** la proportion de gorgones est majoritaire sur l'ensemble des stations (de 5% des peuplements vivants sur Rocher Pélican, 7% sur Chicot, à 14% sur Fish Point). Sur Fish Point, la proportion d'éponges est du même ordre de grandeur (11%).

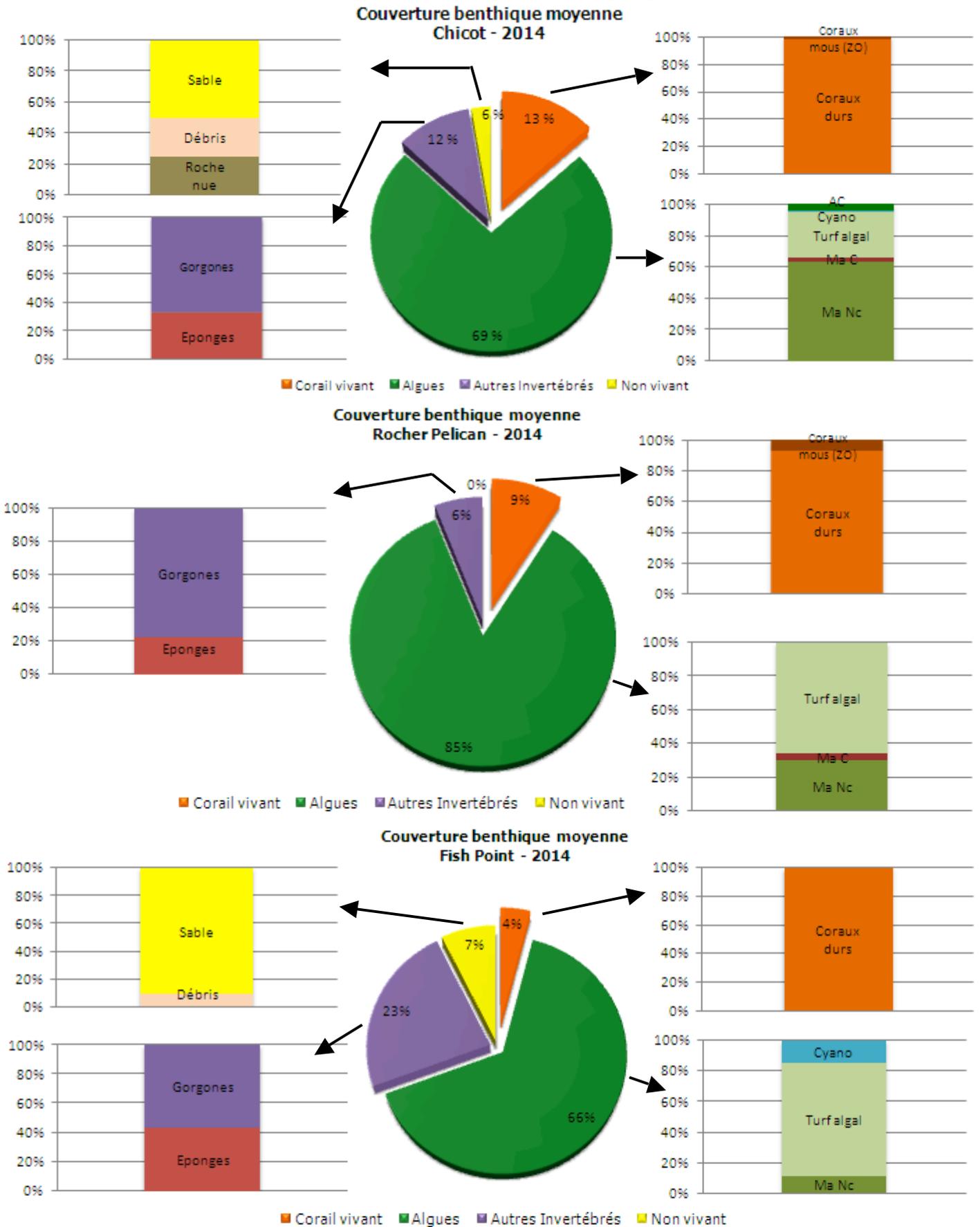


Figure 5 : Couverture benthique moyenne sur les 3 stations « benthos » de Saint-Martin en 2014
(Les camemberts présentent la couverture benthique totale et les histogrammes détaillent les compositions relatives de chaque catégorie)

Evolution de la couverture benthique sur la période 2007-2014 (Figure 6)

Sur la station de Chicot, la comparaison de la couverture benthique entre 2007 et 2014 n'a pas permis de mettre en évidence une évolution statistiquement significative pour la couverture corallienne. Depuis 2007, la couverture en corail vivant relevée semble toutefois en légère diminution : de 15% de la couverture totale en 2007 à 13% en 2014 malgré une augmentation enregistrée entre 2007 et 2008 (de 15% à 22%) et entre 2011 et 2012 (de 9% à 18%). La proportion de « coraux mous » (Zoanthaires) au sein de la couverture vivante a fortement baissé en 2014 (0,3%) alors qu'elle était en augmentation depuis 2007 (de 0 à 3% en 2013). Ceux-ci ne font pas partie des coraux bio-constructeurs de récifs. La proportion de corail dur (bio-constructeurs) semble se stabiliser (11% en 2013 et 13% en 2014), mais reste faible par rapport au maximum enregistré en 2008 (19%).

La couverture algale sur Chicot a continué d'augmenter entre 2013 et 2014 (73%) pour atteindre une valeur proche du maximum observé en 2011 (77%). L'augmentation entre 2007 (52%) et 2011 est significative mais celle entre 2007 et 2014 ne l'est pas. Ce résultat s'explique par l'augmentation de la proportion de macroalgues non calcaires (principalement *Dictyota sp.*)

Sur la station de Rocher Pélican suivie depuis 2012, la proportion de corail vivant s'est stabilisée en 2014 (9%) après avoir plus que doublé entre 2012 et 2013 (de 3 à 8%). La couverture algale a augmenté, passant de 72% à 85% de la couverture totale. Ce résultat s'explique par l'augmentation importante de la proportion en turf algal (de 35% en 2013 à 56% en 2014) et la colonisation du substrat disponible par ces peuplements. L'ensemble du substrat non vivant était en effet colonisé en 2014.

La proportion de gorgones a diminué entre 2013 et 2014 (5%) pour revenir à une valeur proche de celle observée en 2012 (1,5%). La grande variabilité inter-annuelle de la proportion de gorgones est probablement en partie due au caractère semi-aléatoire du transect de suivi. Les analyses statistiques de l'évolution temporelle ne sont pas réalisées sur cette station du fait de série temporelle trop courte.

La station « hors réserve » de Fish Point est suivie depuis 2009. Alors que la couverture corallienne était globalement stable jusqu'en 2013, elle a fortement diminué en 2014, passant d'environ 10% à 4% de la couverture totale. Cette diminution est d'ailleurs statistiquement significative. Aucun corail mou n'a été observé en 2014. Parallèlement, la proportion de gorgones et de substrat non vivant a augmenté.

La couverture algale a diminué par rapport à 2013 (de 65% à 72%) mais reste en augmentation par rapport à 2009 (59%). Ces variations ne sont cependant pas statistiquement significatives. La diminution observée en 2014 s'explique par la baisse de la proportion relative en cyanobactéries, passant de 27% de la couverture vivante en 2013 à 10% en 2014.

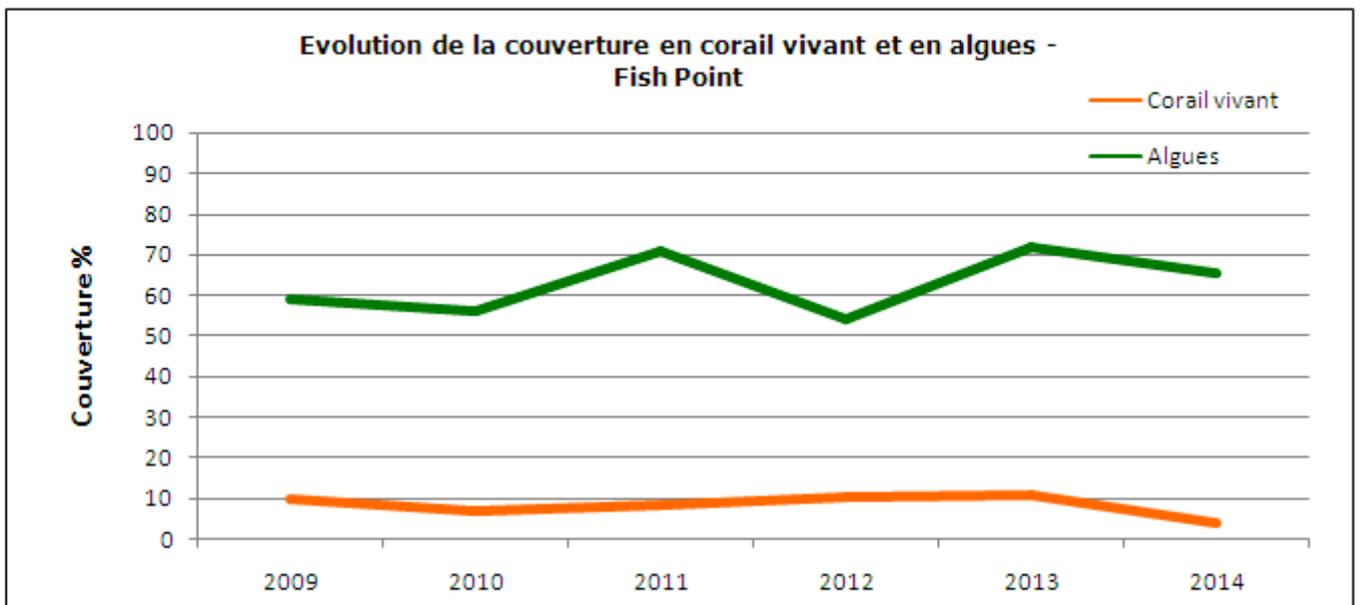
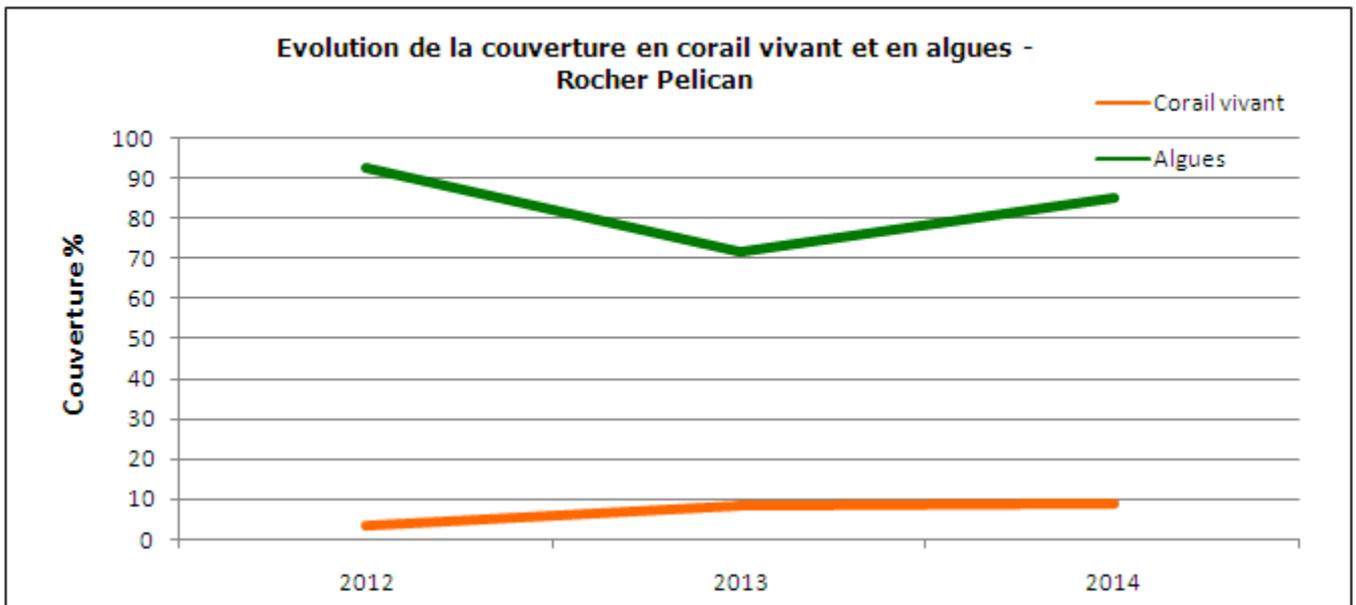
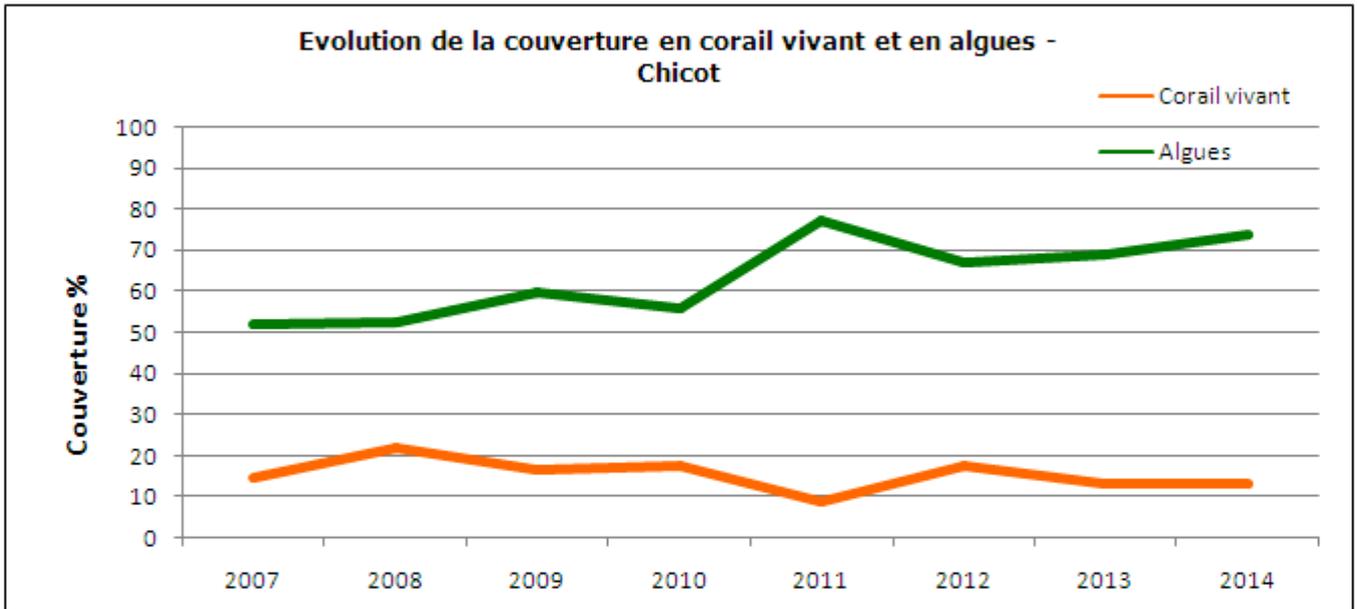


Figure 6 : Evolution de la couverture corallienne et algale sur les 3 stations « benthos » de Saint-Martin

Recrutement corallien

En 2014, comme lors des suivis précédents, le nombre moyen de recrues comptabilisées est faible sur les stations de Rocher Pélican et de Fish Point (respectivement $1,5/m^2$ et $1,3/m^2$). En revanche, le nombre de recrues a fortement augmenté sur la station de Chicot (de $1,4/m^2$ en 2013 à $5,6/m^2$ en 2014) (Figure 7).

Sur la station de Chicot (en réserve), le nombre moyen de recrues comptabilisées en 2014 est la valeur maximale obtenue depuis le début du suivi (plus de $5/m^2$). Cette augmentation apparaît statistiquement significative. Sur Fish Point, après une phase d'augmentation entre 2009 et 2011 (de $0,4$ à $3,4$ recrues/ m^2) suivie d'une forte diminution jusqu'en 2013 ($0,6$ recrues/ m^2), le recrutement corallien augmente légèrement en 2014 ($1,3/m^2$). L'augmentation entre 2009 et 2014 (et la diminution entre 2011 et 2013) est statistiquement significative. Sur Rocher Pélican, une augmentation du recrutement est également observée en 2014 ($1,5/m^2$) après la diminution enregistrée entre 2012 et 2013.

Ce faible taux de recrutement est à relier à la composition du substrat non vivant disponible, à savoir majoritairement du sable, substrat limitant le recrutement corallien. Par ailleurs, pour l'ensemble des stations (et à fortiori sur Rocher Pélican où aucun substrat non vivant n'a été observé en 2014), il est corrélé à une forte couverture en turfs algaux, macroalgues et cyanobactéries, organismes en compétition spatiale avec les coraux pour leur fixation et leur développement.

Oursins diadèmes

Les oursins diadèmes (*Diadema antillarum*) sont absents des 3 stations en 2014 (Figure 7), tout comme les années précédentes. Ce déséquilibre de la chaîne trophique est susceptible de favoriser le surdéveloppement des peuplements algaux et peut expliquer en partie leur couverture relativement importante.

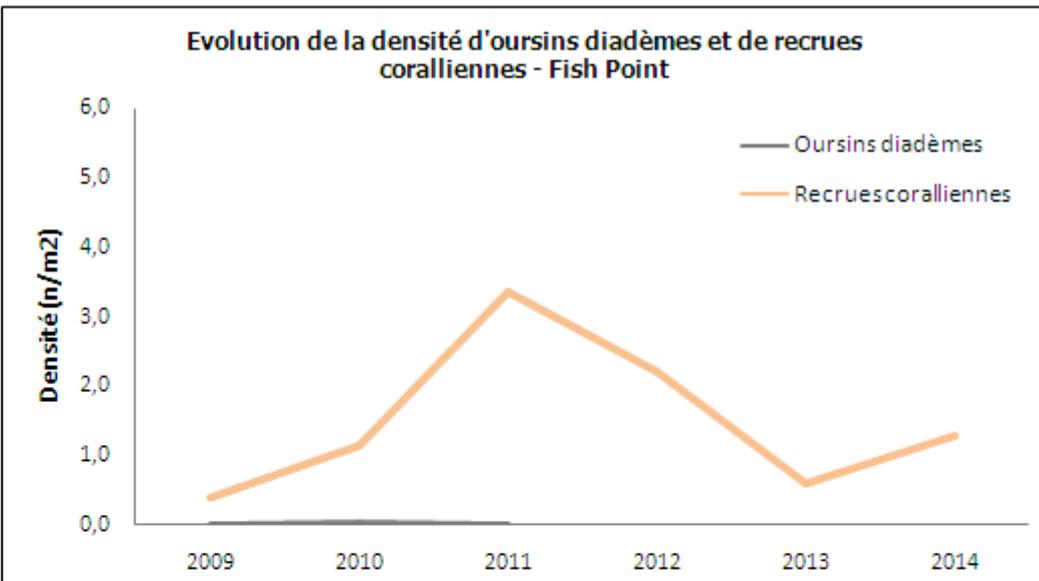
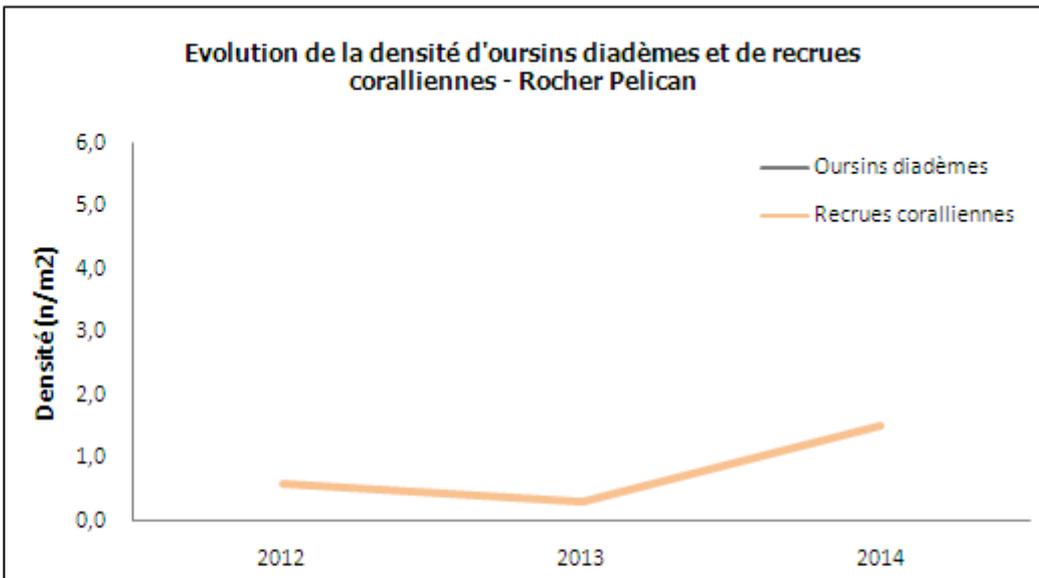
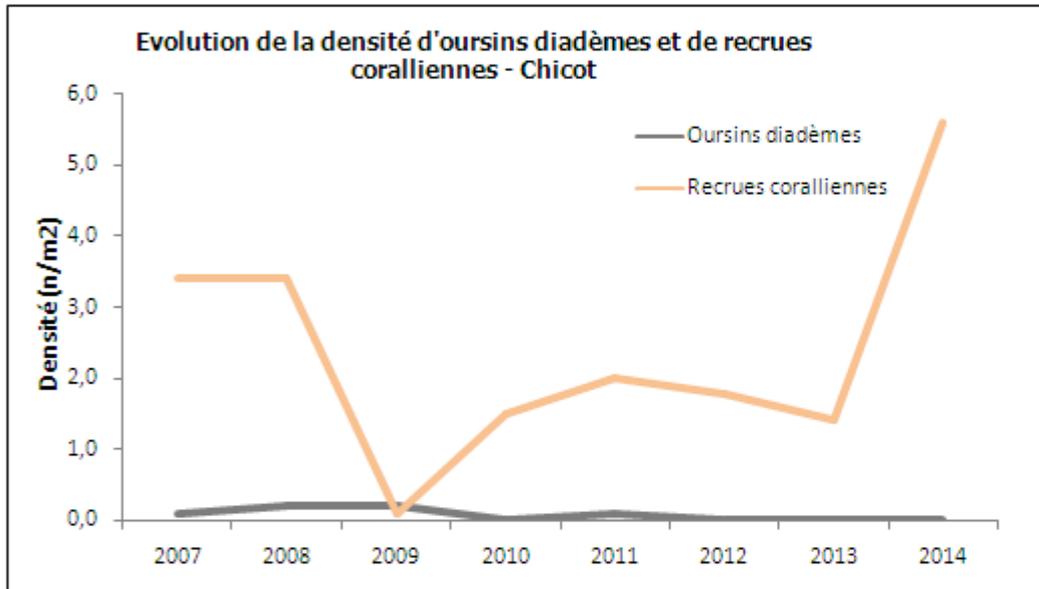


Figure 7 : Evolution de la densité d'oursins diadème et de recrues sur les stations de Saint-Martin

4.1.2 Comparaison entre stations « en réserve » et « hors réserve »

Les analyses statistiques des données temporelles (moyennes sur la période 2009-2014, *Figure 8*) mettent en évidence que :

- **La couverture corallienne est significativement plus élevée sur la station en réserve de Chicot,**
- **Les couvertures algales des sites ne présentent pas de différence significative.**

A noter que la station Rocher Pélican n'est pas prise en compte dans cette analyse du fait du trop faible nombre de suivi.

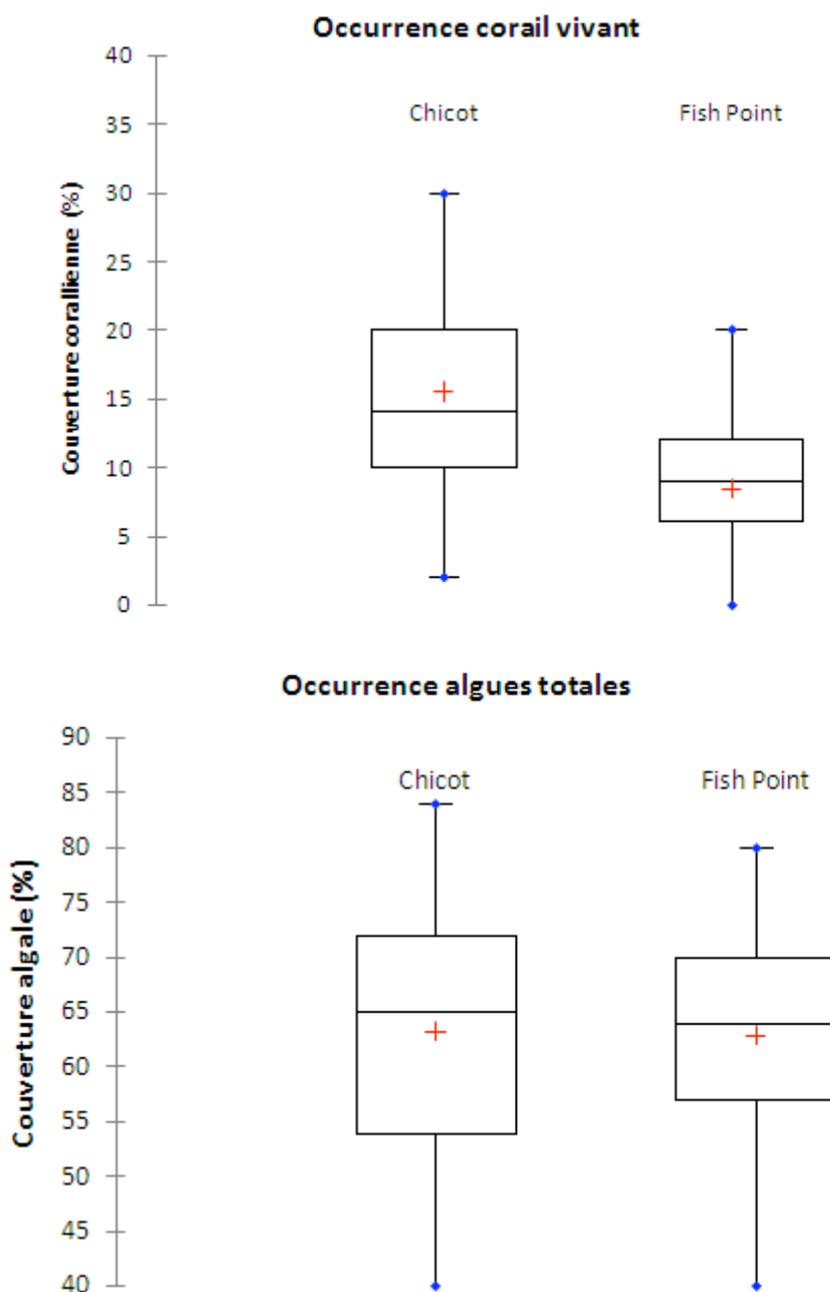


Figure 8 : Comparaison des couvertures coralliennes et algales sur les stations Chicot et Fish Point en 2014

4.2 LES PEUPELEMENTS ICHTYOLOGIQUES

4.2.1 Etat de santé en 2014 et évolution sur la période 2007-2014

Description synthétique des peuplements ichtyologiques en 2014

2 éléments généraux sont à considérer :

- **Les richesses spécifiques et abondances sont élevées et globalement identiques sur les 3 stations**, avec respectivement 18 espèces / 386 individus sur Rocher Pélican, 19 espèces / 314 individus sur Fish Point et 19 espèces / 363 individus sur Chicot.
- **Les différences de biomasse sont en revanche plus marquées**, avec seulement 1198,3 g/m² sur Rocher Pélican, contre 2385,8 g/m² sur Fish Point et 3536,3 g/m² sur Chicot.

Analyse de la structure trophique en 2014

Les régimes alimentaires se répartissent selon les proportions présentées dans Tableau 8.

Chicot : le peuplement est principalement herbivore avec un nombre moyen de 84 ind./100m², soit 69% du peuplement. Les perroquets et les chirurgiens sont représentés de façon égale (environ 19 ind./100m² de *Scarus taeniopterus*, 15 ind./100m² de *Sparisoma aurofrenatum*, 11 ind./100m² de *Sparisoma viride*, 23 ind./100m² de *Acanthurus bahianus* et 11 ind./100m² de *A. coeruleus*). Les piscivores sont bien représentés avec 24 ind./100m² (*Caranx ruber*), soit 20% du peuplement.

Rocher Pélican : le peuplement est essentiellement herbivore avec 96 ind./100m². Viennent ensuite les carnivores et planctonophages avec respectivement 18 et 14 ind./100m². Les herbivores forment environ 75% du peuplement et sont dominés par les perroquets (49 ind./100m² de *Scarus iserti*, *S. taeniopterus* et *Sparisoma viride*), suivis des chirurgiens (42 ind./100m² de *Acanthurus coeruleus* et *A. bahianus*). Les carnivores sont principalement représentés par les gorettes (*Haemulon* sp.) et les papillons (*Chaetodon* sp.), et les planctonophages par les demoiselles (*Stegastes planifrons*).

Fish Point : tout comme sur les autres stations, le peuplement est principalement herbivore avec un nombre moyen de 68 ind./100m², soit 65% du peuplement. Les perroquets dominent largement avec *Scarus taeniopterus* (33 ind./100m²) et *Sparisoma aurofrenatum* (13 ind./100m²). Viennent ensuite les chirurgiens, représentés principalement par *Acanthurus bahianus* (18 ind./100m²). Les hauts rangs trophiques sont bien représentés avec 18 ind./100m² de piscivores (*Caranx ruber*), soit 17% du peuplement et 14 ind./100m² de carnivores (*Haemulon* sp., *Chaetodon* sp.), soit 13% du peuplement.

En termes de biomasse (Figure 9), les herbivores représentent plus de 70% du peuplement sur Rocher Pélican. Ce groupe trophique est également majoritaire sur Chicot (53%) mais les piscivores et les carnivores représentent une proportion importante du peuplement (respectivement 24% et 17%). Sur la station hors réserve de Fish Point, 66% de la biomasse correspond aux carnivores, représentés par des individus de grande taille, contre 25% pour les herbivores.

Tableau 8 : Structure des peuplements ichtyologiques sur les 3 stations de Saint-Martin en 2014

	Chicot	Fish Point	Rocher Pelican	Chicot		Fish Point		Rocher Pelican	
Richesse spécifique	19	19	18						
Densité totale	363	314	386						
Densité moyenne (ind./100m ²)	121	105	129						
Biomasse moyenne (g/100m ²)	3536	2385,8	1198,2						
				Nb moyen	%	Nb moyen	%	Nb moyen	%
Herbivores				83,7	69,1	68,0	65,0	96,0	74,6
Planctonophages				7,0	5,8	4,7	4,5	14,0	10,9
Omnivores				1,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Carnivores de 1er ordre				1,7	1,4	13,7	13,1	16,0	12,4
Carnivores de 2nd ordre				3,7	3,0	0,0	0,0	2,7	2,1
Piscivores				23,7	19,6	18,3	17,5	0,0	0,0

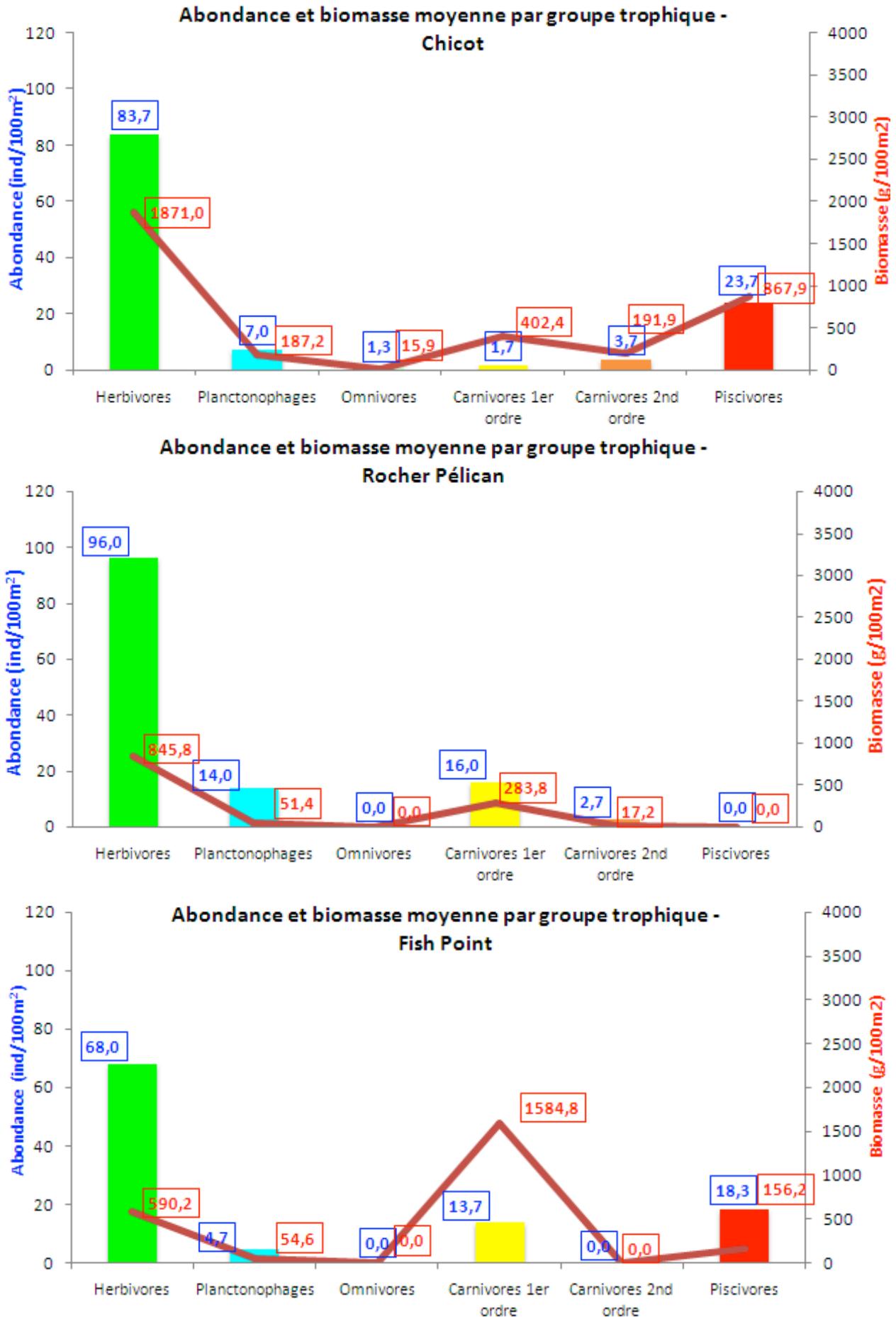


Figure 9 : Abondance et biomasse moyennes de poissons sur les 3 stations de Saint-Martin en 2014

Analyse par famille en 2014

Chicot : Les Scaridés dominant, avec 49 ind./100m² (soit 41% du peuplement), suivis par les Acanthuridés avec 35 ind./100m² (soit 29% du peuplement). Les Carangidés représentent la majorité des piscivores avec 23 ind./100m² (soit 19% du peuplement).

Rocher Pélican : Les Scaridés dominant, avec 50 ind./100m² (soit 39% du peuplement), suivis par les Acanthuridés avec 45 ind./100m² (soit 35% du peuplement) et enfin les Pomacentridés avec 14 ind./100m² (soit 10% du peuplement). Les carnivores sont principalement représentés par les Haemulidés, avec 7 ind./100m² (soit 6% du peuplement).

Fish Point : Les Scaridés dominant, avec 49 ind./100m² (soit 47% du peuplement), suivis par les Acanthuridés avec 19 ind./100m² (soit 18% du peuplement) et les Carangidés avec 17 ind./100m² (soit 16% du peuplement), qui représentent la majorité des piscivores. A noter l'observation d'une raie aigle (*Aetobatus narinari*) lors du suivi.

Analyse par classe de taille en 2014

Sur les 3 stations, la répartition selon les classes de taille est globalement similaire. La population de juvéniles prédomine à hauteur de 70-95% (maximum de 94% sur Rocher Pélican), contre 5-30% d'individus de plus de 10 cm. La population d'herbivores sur les 3 stations est clairement représentée par des juvéniles, avec par exemple 75% des Scaridés de Chicot, 93% des Scaridés de Fish Point ou 95% des Scaridés de Rocher Pélican de taille inférieure à 10 cm.

Espèce invasive *Pterois volitans* en 2014

Lors de ce suivi 2014, aucun *Pterois volitans* n'a été relevé. Cependant, 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.

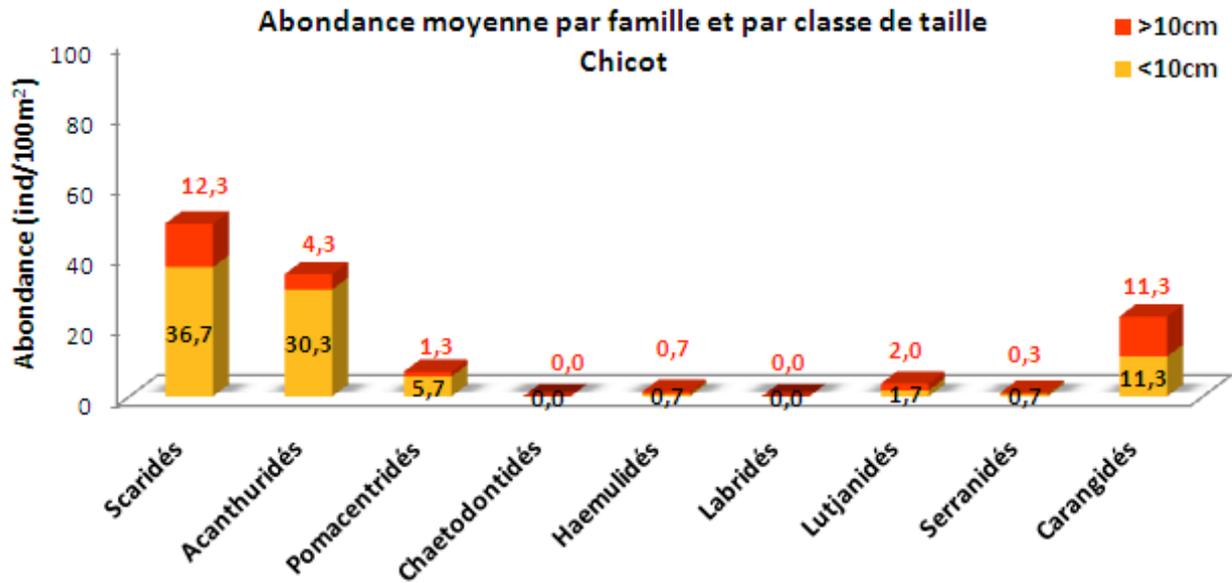


Figure 10 : Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur Chicot en 2014

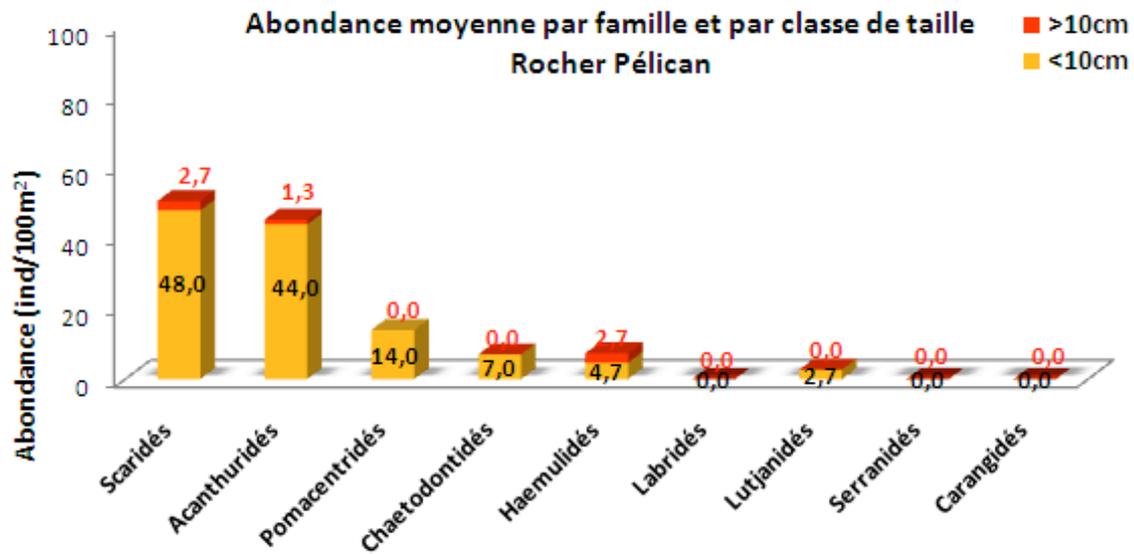


Figure 11 : Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur Rocher Pélican en 2014

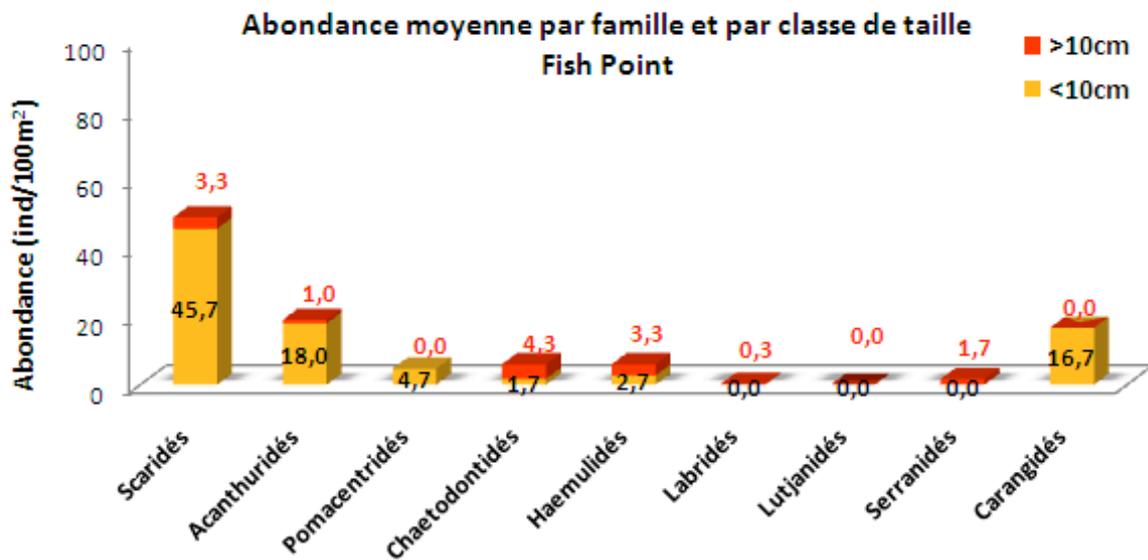


Figure 12 : Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur Fish Point en 2014

Evolution sur la période 2009-2014

Chicot : les éléments à retenir sont les suivants :

- **L'abondance globale de poissons a doublé depuis 6 ans** (Figure 13). Elle passe ainsi de 61 ind./100m² en 2009 à 121 ind./100m² en 2014. L'augmentation de l'abondance est significative.
- **L'abondance des herbivores a fortement augmenté**, et ce de façon significative, passant de 50 ind./100m² en 2009 à environ 84 ind./100m² en 2014. Cette valeur est cependant inférieure à l'abondance maximale observée en 2013 (119 ind./100m²).
- **L'abondance de carnivores reste faible** avec environ 4 ind./100m² depuis 2009.
- **L'abondance de piscivores a fortement augmenté en 2014** (24 ind./100m²), alors qu'elle était inférieure à 4 ind./100m² depuis 2009. Cela s'explique par la présence exceptionnelle de *Caranx ruber* (23 ind./100m²), dont la moitié sont des juvéniles (<10cm).
- **La biomasse a doublé**, parallèlement à l'abondance globale : de 1780 g/100m² en 2009 à 3540 g/100m² en 2014. Ce résultat n'apparaît cependant pas statistiquement significatif. Il semblerait que cette augmentation soit due en premier lieu à l'augmentation de la taille des individus, car le nombre d'individus de taille >10 cm continue d'augmenter régulièrement (Figure 14), et en second lieu, par l'augmentation de l'abondance des juvéniles.

Rocher Pélican : les éléments à retenir sont les suivants :

- **L'abondance globale a presque doublé par rapport à 2013** (+78%), année où une diminution importante avait été observée (Figure 15). Cela s'explique par la présence de carnivores (19 ind./100m²), qui étaient absents en 2013.
- **L'abondance d'herbivores continue d'augmenter**, passant de 30 ind./100m² en 2012 à 96 ind./100m² en 2014 (+200%).
- **La biomasse a diminué de 30% par rapport à 2013**, malgré l'augmentation de l'abondance globale. En effet, la part des individus de moins de 10 cm (en particulier les carnivores) a augmenté alors que celle des individus de plus de 10 cm (en particulier les herbivores) a diminué (Figure 16). Ce constat étant l'opposé de celui observé l'année précédente, il est difficile d'évaluer la tendance évolutive de la station.

Fish Point : les éléments à retenir sont les suivants :

- **L'abondance globale de poissons a doublé en 6 ans** (Figure 17), passant de 55 ind./100m² en 2009 à 105 ind./100m² en 2014.
- **L'abondance des herbivores a été multipliée par 4** et reste identique à celle observée en 2013. Cela s'explique en particulier par l'augmentation significative de l'abondance des Scaridés.
- **L'abondance de carnivores reste moyenne**, de l'ordre de 14 ind./100m² en 2014.
- **L'abondance de piscivores a en revanche fortement augmenté**, passant de 6 ind./100m² à 18 ind./100m².
- **La biomasse a augmenté de 38% par rapport à 2009**, mais est inférieure à celle observée en 2013. L'abondance totale restant identique entre 2013 et 2014, ce constat s'explique par la diminution du nombre d'individus d'une taille supérieure à 10 cm (Figure 18). Cette diminution, observée depuis 2011, est d'ailleurs à surveiller car pourrait témoigner d'une dégradation de la structure trophique.

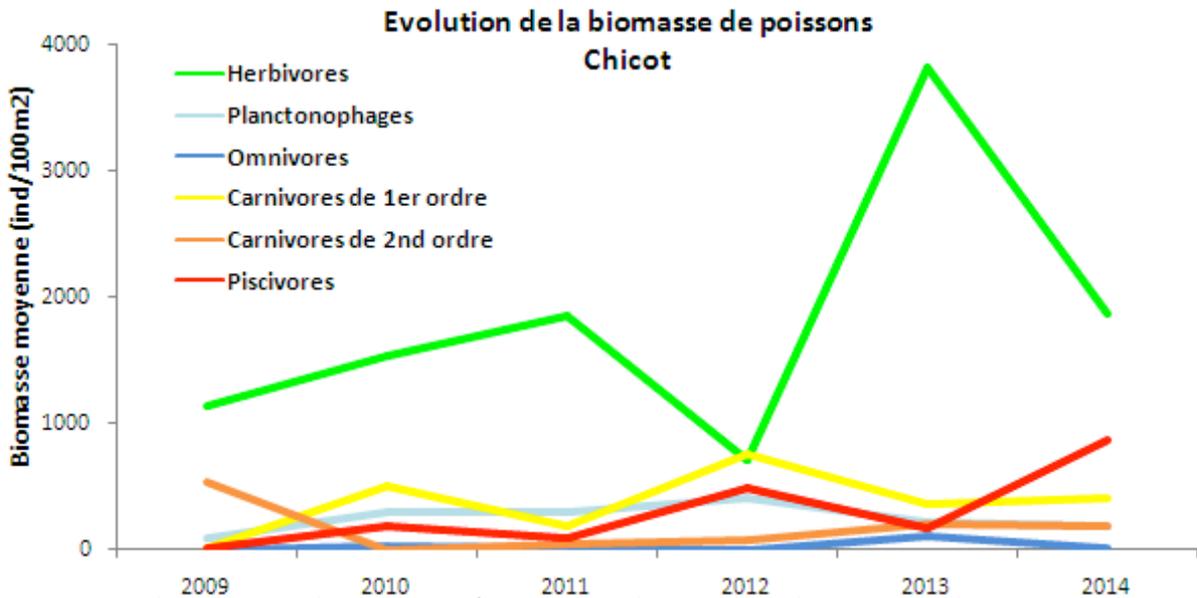
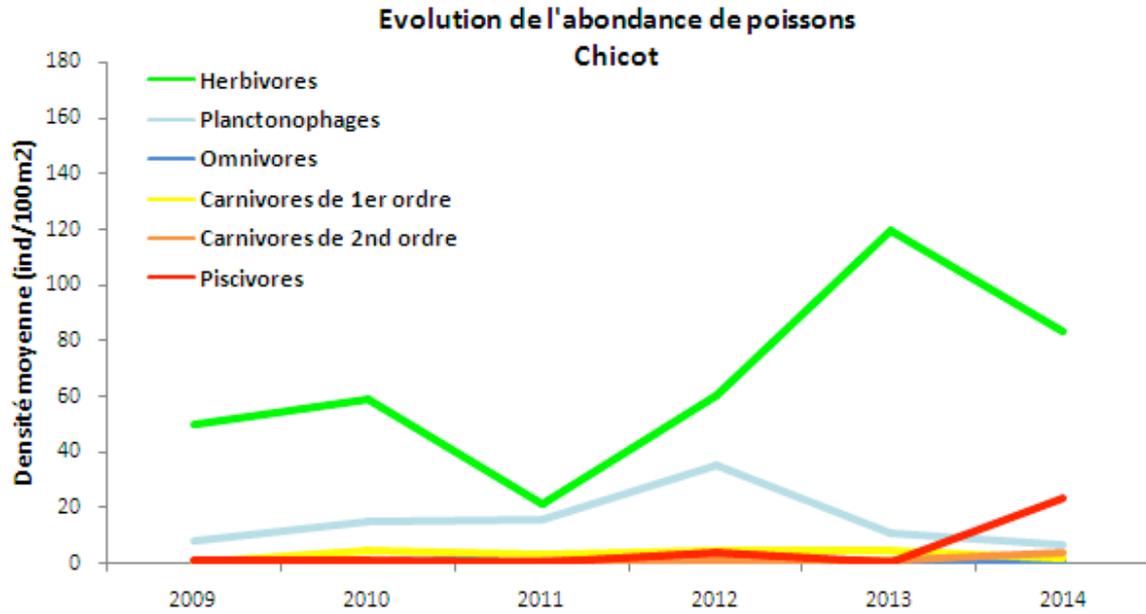


Figure 13 : Evolution de la structure trophique à Chicot entre 2009 et 2014

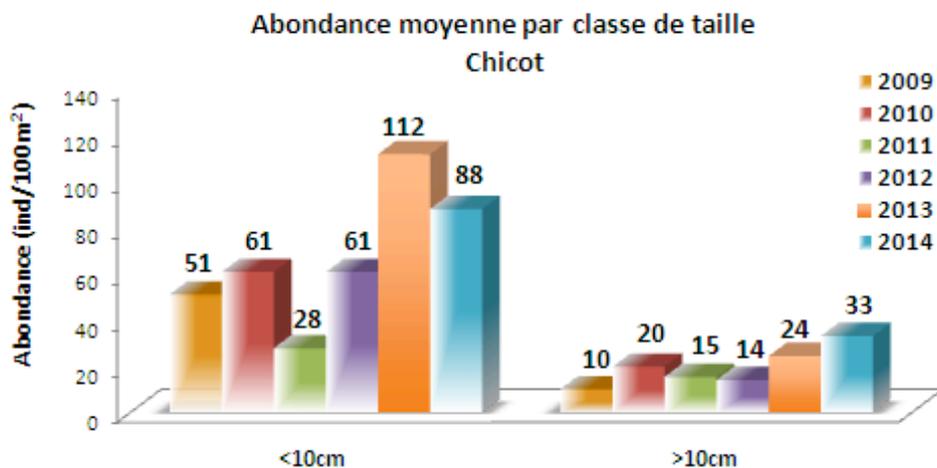


Figure 14 : Evolution de l'abondance par classe de taille à Chicot entre 2009 et 2014

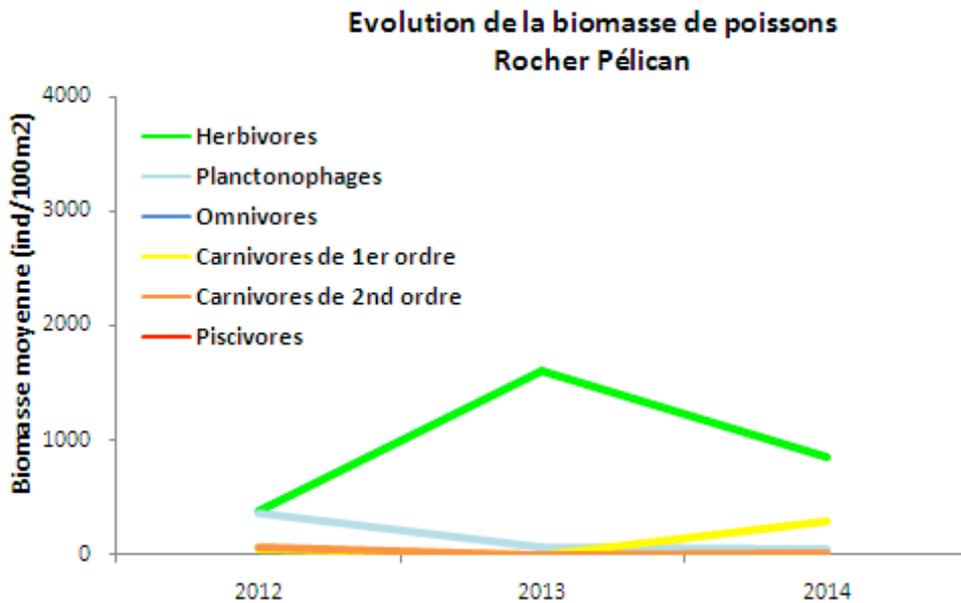
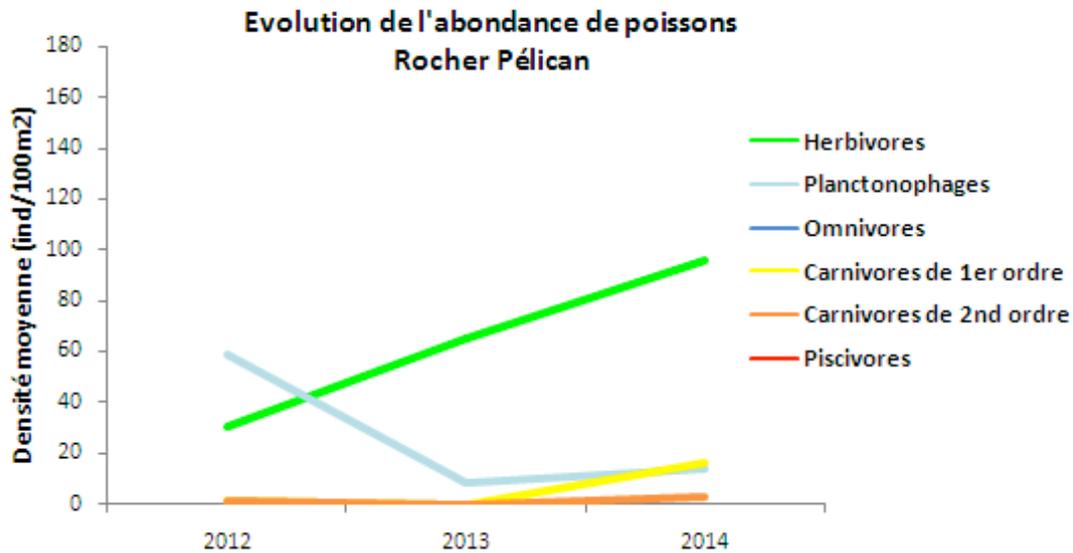


Figure 15 : Evolution de la structure trophique à Rocher Pélican entre 2012 et 2014

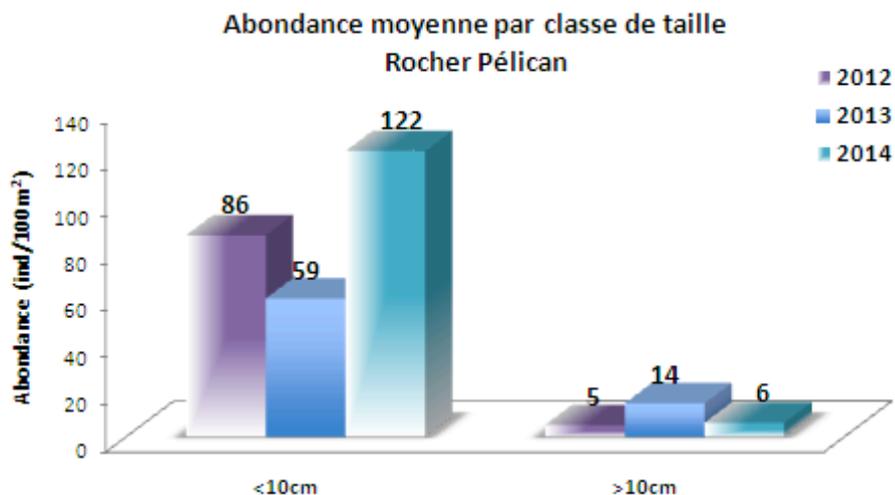


Figure 16 : Evolution de l'abondance par classe de taille à Rocher Pélican entre 2012 et 2014

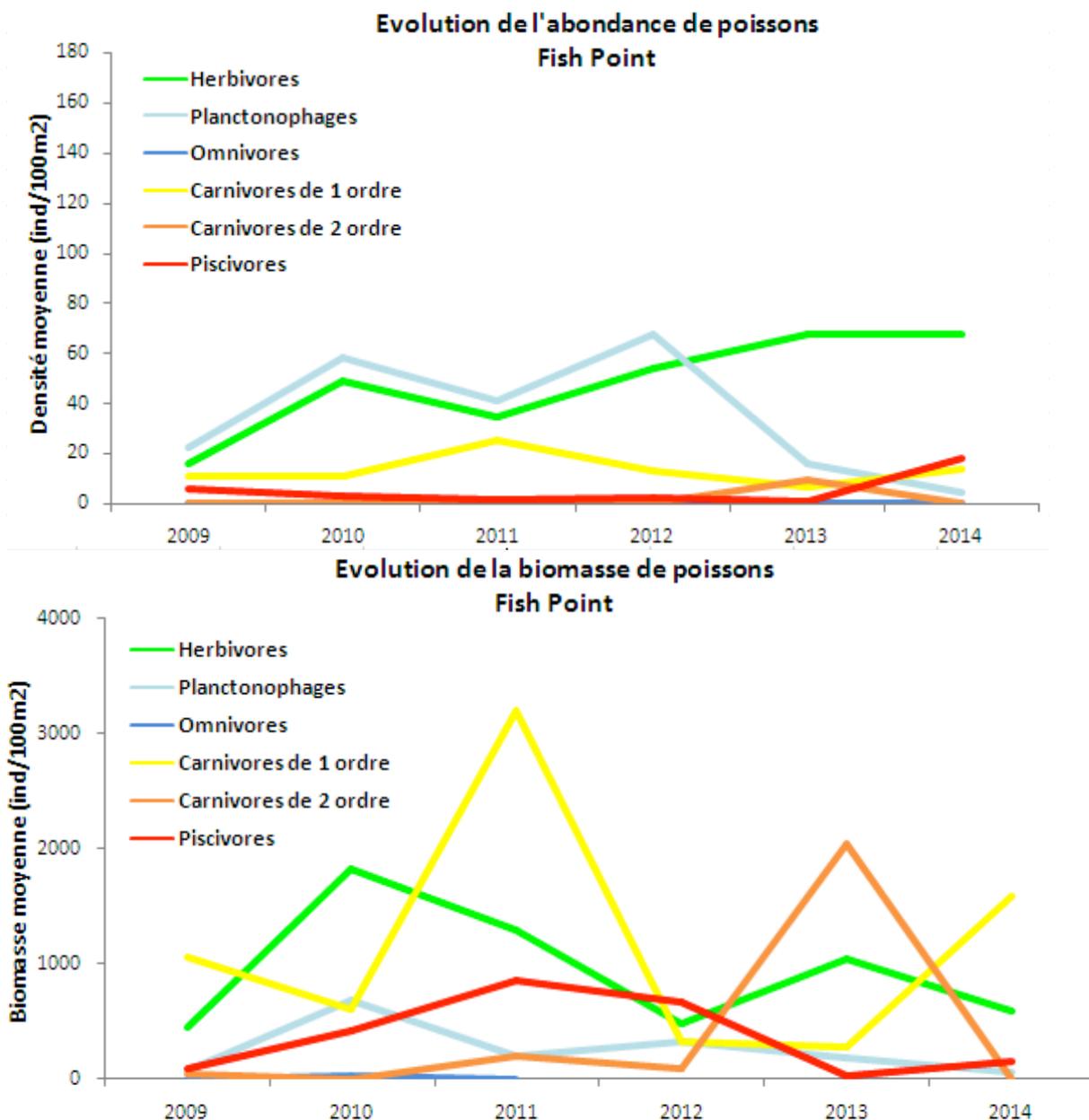


Figure 17 : Evolution de la structure trophique à Fish Point entre 2009 et 2014

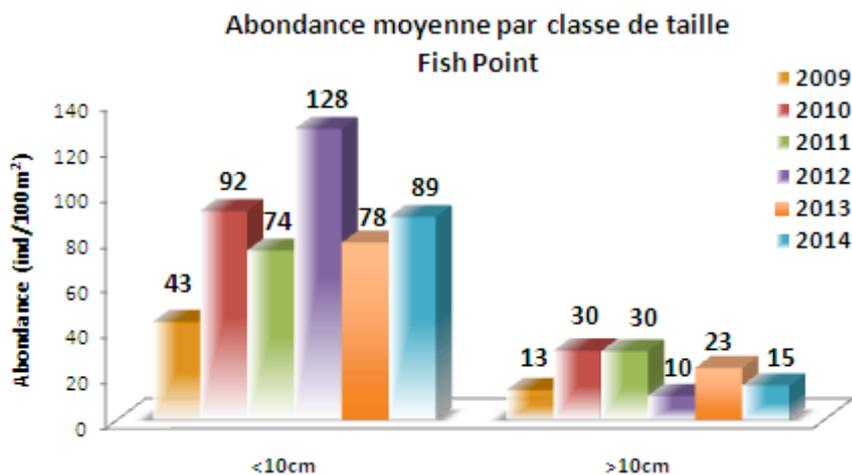


Figure 18 : Evolution de l'abondance par classe de taille à Fish Point entre 2009 et 2014

4.2.2 Comparaison entre stations « en réserve » et « hors réserve »

Les analyses statistiques des données temporelles (moyennes sur la période 2009-2014) mettent en évidence que (Figure 19) :

- **L'abondance de poissons n'est pas significativement différente entre les 2 stations;**
- **La biomasse totale n'est pas significativement différente entre les deux stations;**
- **La biomasse d'herbivores est significativement plus importante sur Chicot.**

L'absence de différence globale significative est probablement liée à la forte variabilité entre les transects et les valeurs extrêmes parfois observées. L'augmentation de la biomasse de piscivores observée en 2014 sur Chicot, liée à la présence de plusieurs individus adultes, pourrait témoigner d'une évolution positive sur cette station située en réserve. Cette tendance sera à confirmer lors des prochains suivis.

A noter que la station Rocher Pélican n'est pas prise en compte dans cette analyse du fait du trop faible nombre de suivis.

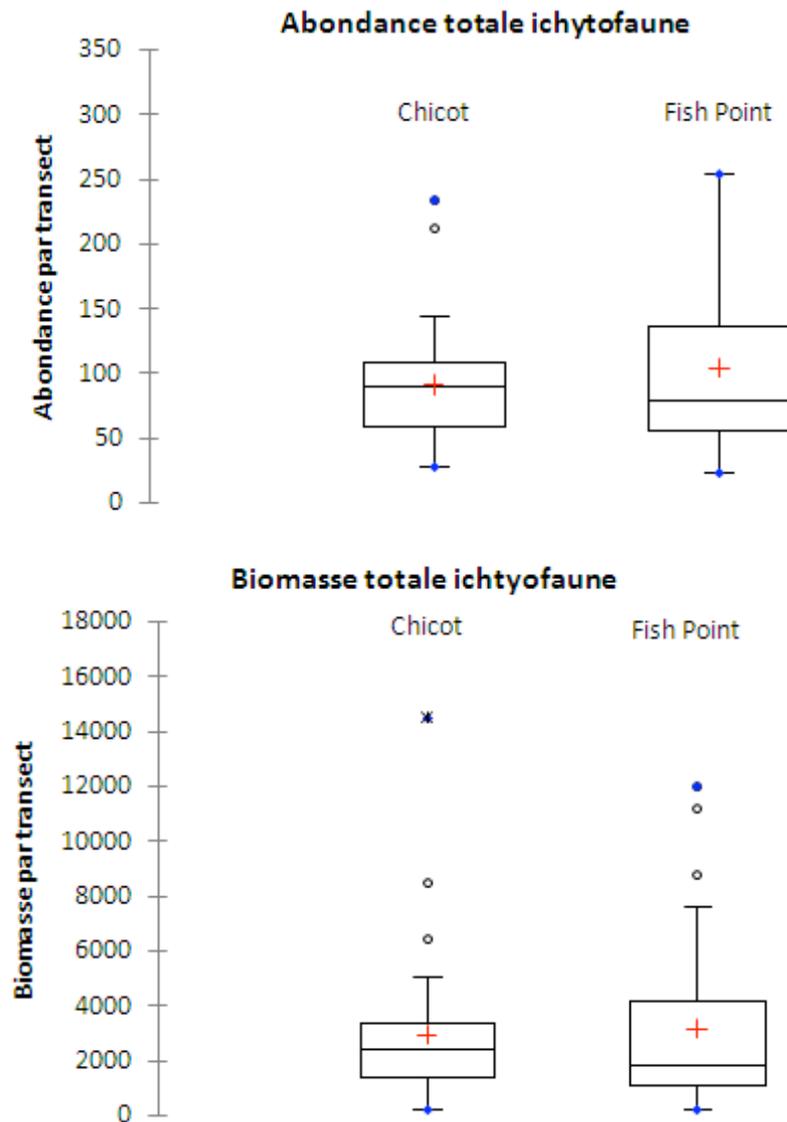


Figure 19 : comparaison de l'abondance de poissons sur les stations Chicot et Fish Point en 2014

 <p>1</p>	 <p>2</p>	
 <p>3</p>	 <p>4</p>	
 <p>5</p>	 <p>6</p>	
<p>1 - Chicot : vue générale de la station (profondeur : 12 m)</p> <p>2 - Chicot : peuplements de poissons (<i>Acanthurus coeruleus</i> et <i>Pomacanthus paru</i>)</p> <p>3 - Fish Point : vue générale de la station (profondeur : 10 m), substrat dominé par les peuplements algaux et les gorgones</p>	<p>4 - Fish Point : raie aigle (<i>Aetobatus narinari</i>)</p>	<p>5 - Rocher Pélican : vue générale de la station (profondeur : 3 m)</p> <p>6 - Rocher Pélican : les peuplements algaux colonisent largement le substrat (<i>Dictyota sp.</i>, <i>Turbinaria sp.</i>, <i>Halimeda sp.</i>, etc.)</p>
<p>Planche n° 1 : Stations benthos/ichtyofaune de Saint-Martin - Caractéristiques principales (15-16-17/09/14)</p>		
<p>Etude réalisée par :</p> 	<p>SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES RESERVES NATURELLES MARINES DE GUADELOUPE ET SAINT-MARTIN</p>	<p>Localisation géographique :</p> 
<p>pour le compte de :</p> 	<p>Réserve Naturelle de Saint-Martin</p>	

Figure 20 : illustrations des peuplements benthiques et ichtyologiques de la Réserve de Saint-Martin

4.3 HERBIERS ET MEGAFaUNE ASSOCIEE

4.3.1 Etat de santé en 2014 et évolution sur la période 2007-2014

Description globale et caractéristiques de substrat (dans/hors herbier) en 2014 (Figure 21)

L'herbier de Rocher Créole, situé en réserve, est suivi depuis 2007. Il présente :

- **Un caractère plurispécifique** à *T. testudinum* et *S. filiforme*,
- **Un état de santé moyen** (indice moyen : 3,3) du fait de signes de sédimentation et de la présence de nombreuses macroalgues calcaires (*Halimeda sp.*) et non calcaires (*Penicillus sp.*, *Udotea sp.*, ...). La radiale 2 a notamment présenté un état de santé médiocre du fait de l'abondance des cyanobactéries et de la forte sédimentation.
- **Un relief moyen à fort** selon les radiales (indice moyen : 2,3), avec localement des microfalaises (> à 1m),
- **Un substrat homogène correspondant à du sable fin propre dans l'herbier et du sable plus grossier dans les interpatches.** A noter que les relevés de 2013 classaient plutôt le substrat en et hors herbier en substrat sableux fin. La présence de nombreux débris de thalles calcaires d'*Halimeda sp.* dans les interpatches en 2014 explique probablement en partie cette évolution. L'interprétation de l'observateur vis à vis de ce paramètre qualitatif pourrait également avoir eu une influence sur la notation.
- **Une quasi absence de débris de macrophytes** dérivant dans les trous de sable malgré le relief marqué de l'herbier (indice moyen : 0/1),
- **Une épibiose particulièrement marquée** (indice moyen 3,3/4), avec la présence d'algues filamenteuses et d'algues calcaires sur les feuilles au niveau des 3 radiales. La présence d'un film biosédimentaire a également été observée sur la radiale 2. Les conditions de lumière disponibles semblent donc assez contraignantes sur cet herbier. On observe la présence de cyanobactéries sur les radiales 2 et 3 (indice moyen : 0,7/2).
- **Une bioturbation assez importante**, avec de nombreux tumuli observés, notamment le long des radiales 1 et 2 (indice moyen : 1,7/2).
- **Un état global qui semble plus dégradé sur les radiales les plus proches de la côte (R2 et R3) :** les radiales 2 et 3 sont notamment caractérisées par la présence localisée de cyanobactéries. La radiale 2 présente par ailleurs l'indice d'état de santé le moins bon des 3 radiales ainsi qu'une épibiose plus marquée.

L'herbier de l'Ilet Pinel, situé en réserve, est suivi depuis 2012. Il présente :

- **Un caractère plurispécifique** à *T. testudinum* et *S. filiforme*,
- **Un état de santé moyen** (indice moyen : 2,7). On observe en effet une sédimentation globale assez marquée. Les macroalgues calcaires (*Halimeda sp.*) et non calcaires (*Penicillus sp.*, *Caulerpa sp.*, ...) sont également localement abondantes. Quelques cyanobactéries ont également été observées. Au niveau de la radiale 2 situées plus au nord, l'herbier présente un meilleur état de santé général et semble notamment bénéficier de conditions de lumière plus favorables (faible sédimentation, meilleure transparence des eaux).
- **Un relief peu marqué**, sans dépressions ni microfalaises (indice moyen : 1/3).
- **Un substrat globalement constitué de sable fin vaseux dans l'herbier.** Dans les interpatches, celui-ci est plutôt constitué de sable fin propre et localement de débris coquillers.

- **L'absence significative de macrophytes dérivantes** au niveau des trous de sable sur les 3 radiales.
- **Une épibiose variable selon les radiales** (indice moyen : 2/4). Elle est relativement importante sur la radiale 1, avec la présence notamment d'un film biosédimentaire. Sur les radiales 2 et 3, elle apparaît très limitée. Des cyanobactéries ont été relevées sur la radiale 2 uniquement, mais en abondance (indice moyen : 0,7/2).
- **Une forte bioturbation sur la radiale 1.** Elle est modérée sur les 2 autres radiales (indice moyen : 1,0/2).
- **Un état global qui semble plus dégradé sur les radiales situées les plus au sud, plus proches de la baie de Cul-de-Sac et de l'influence anthropique :** les radiales 1 et 3 présentent en effet un moins bon état de santé que la radiale 2. Par ailleurs, la radiale 1 est caractérisée par une épibiose importante tandis que sur la radiale 3, les cyanobactéries sont relativement abondantes.

L'herbier de Grand Case, situé hors réserve, est suivi depuis 2010. Il présente :

- **Un caractère plurispécifique** à *T. testudinum* et *S. filiforme*,
- **Un état de santé moyen** (indice moyen : 3). Les macroalgues sont en effet présentes en abondance et on observe des signes d'une sédimentation modérée.
- **Un relief moyen** au niveau des radiales 1 et 3, à peu marqué sur la radiale 1 (indice moyen : 1,7/3).
- **Une forte abondance de macrophytes** dérivant dans les trous de sable « profonds » (lien avec le relief plus marqué) de la radiale 1 tandis que leur présence n'a pas été observée au niveau des 2 autres radiales.
- **Un substrat homogène constitué de sable fin vaseux.**
- **Une épibiose particulièrement marquée**, et caractérisée par la présence d'un film biosédimentaire sur les feuilles des 3 sous-stations. Des tâches de cyanobactéries ont été observées sur les 3 radiales mais de manière occasionnelle (indice moyen : 1,0/2).
- **De nombreux tumuli caractéristiques de bioturbation** de l'endofaune sur l'ensemble de l'herbier (indice moyen : 1,7/2) et particulièrement au niveau des radiales 2 et 3.
- **Des caractéristiques similaires sur les 3 radiales expertisées.**

DEAL Guadeloupe

Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe et Saint-Martin
Année 2014 : état des lieux 2014 et évolution 2007-2014

ROCHER CREOLE

	Epibiose	Relief	Macrophytes non fixées	Cyano	Bioturbation	Etat de santé
Radiale 1	3	2	0	0	2	3
Radiale 2	4	2	0	1	2	4
Radiale 3	3	3	0	1	1	3
Moyenne	3,3	2,3	0,0	0,7	1,7	3,3

Caractéristique du sédiment	
Dans l'herbier	Sédiment nu
3	4
3	4
3	3
3,0	3,7

Rappel 2013

Moyenne	3,3	2,0	0,3	0,7	1,3	2,7
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2,0	2,0
-----	-----

ILET PINEL

	Epibiose	Relief	Macrophytes non fixées	Cyano	Bioturbation	Etat de santé
Radiale 1	4	1	0	0	2	3
Radiale 2	1	1	0	0	0	2
Radiale 3	1	1	0	2	1	3
Moyenne	2,0	1,0	0,0	0,7	1,0	2,7

Caractéristique du sédiment	
Dans l'herbier	Sédiment nu
2	3
2	3
2	3
2,0	3,0

Rappel 2013

Moyenne	3,7	1,0	0,0	0,3	1,2	3,0
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2,0	2,3
-----	-----

GRAND CASE

	Epibiose	Relief	Macrophytes non fixées	Cyano	Bioturbation	Etat de santé
Radiale 1	4	2	1	1	1	3
Radiale 2	4	1	0	1	2	3
Radiale 3	4	2	0	1	2	3
Moyenne	4,0	1,7	0,3	1,0	1,7	3,0

Caractéristique du sédiment	
Dans l'herbier	Sédiment nu
2	2
2	3
2	2
2,0	2,3

Rappel 2013

Moyenne	4,0	1,7	0,3	1,0	1,3	3,0
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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 21 : synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur les herbiers de Saint-Martin en 2014

Mitage/fragmentation des herbiers en 2014

L'herbier de Rocher Créole, situé en réserve, présente :

- **Peu de points de rupture** sur les 3 sous-stations, les radiales 1 et 2 présentant un taux de recouvrement de 100% et une absence de signe de mitage (Figure 22). Sur la radiale 3, une zone de substrat nu > 2 m a été observée en fin de radiale.
- **Des signes de fragmentation** au niveau de la radiale 3 où le taux de fragmentation est de 4,0%. Le taux de fragmentation moyen de l'herbier, calculé sur la base des relevés sur 3 radiales est toutefois relativement faible (1,3% ; taux de recouvrement : 98,7%).
- **Des limites en sortie d'herbier de type microfalaises** sur la radiale 3, signe d'un herbier en érosion. Ceci est par ailleurs confirmé par les observations visuelles détaillées ci-dessus, d'un relief important sur cette radiale.

L'herbier de l'Îlet Pinel, situé en réserve, présente :

- **Plusieurs points de rupture au niveau de la sous-station 2.** Les sous-stations 1 et 3 ont quant à elles présentées un taux de recouvrement de 100%. Plusieurs zones de substrat nu de largeur > 2m ont ainsi été observées ainsi que quelques signes de mitage au niveau de la radiale 2.
- **Un taux de fragmentation moyen.** La moyenne des 3 radiales est de 11,5%, du fait du taux de fragmentation élevé sur la radiale 2 (34,4%).
- **Des limites en sortie d'herbier de type progressive.** Cette observation d'une colonisation du sable nu par l'herbier semble en faveur d'un bon potentiel de développement de l'herbier sur la zone malgré les signes de fragmentation observés.

L'herbier de Grand Case, situé hors réserve, présente :

- **Plusieurs points de rupture** sur les sous-stations 1 et 3 (Figure 22). Des zones de substrat nu de largeur > 2m ont ainsi été observées. Celles-ci sont pour certaines relativement large (jusqu'à 8m), entraînant un taux de recouvrement moyen (88,1%), le plus faible des 3 stations de suivi herbiers. Seule la radiale 2 présente un taux de recouvrement de 100%. Les interpatches sur la sous-station 3 sont largement colonisés par des algueraies à *Halimeda sp.* qui se retrouvent également au sein de l'herbier (espèce typique de l'herbier).
- **Un taux de fragmentation relativement moyen.** La moyenne des 3 radiales est de 11,9%. La radiale 3 présente le taux de fragmentation le plus important (27,4%) ; l'herbier présente également des signes mitage sur la radiale 3.
- **Des limites en sortie d'herbier stables sur la sous-station 3.** Sur la radiale 1, à noter que le point de rupture observé est de type microfalaise.

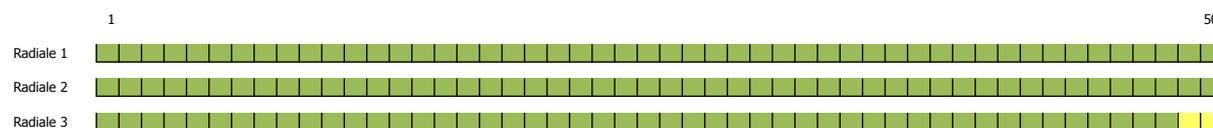
A noter que les taux de fragmentation et de recouvrement sont calculés sur un faible nombre de réplicats (3 radiales). Ces résultats donnent toutefois une bonne idée de la fragmentation/mitage des secteurs d'herbiers considérés et les futurs relevés permettront de suivre l'évolution de ce paramètre et une éventuelle régression des herbiers. La position des radiales devra, dans la mesure du possible, rester constante d'une année à l'autre.

DEAL Guadeloupe

Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe et Saint-Martin
Année 2014 : état des lieux 2014 et évolution 2007-2014

Rocher Créole

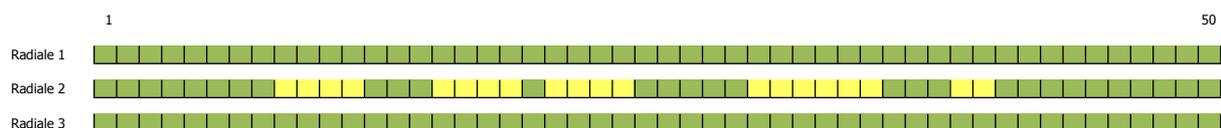
- Surface végétalisée
- Surface de substrat nu



	2014			2013		
	Recouvrement (%)	Fragmentation (%) (largeur des zones de substrat nu >2m)	Mitage : nbre de zones de substrat nu avec absence d'herbiers <2m	Recouvrement (%)	Fragmentation (%)	Mitage
R1	100	0	0	100	0	0
R2	100	0	0	100	0	1
R3	96,0	4,0	0	86,8	13,2	0
Moyenne	98,7	1,3	0,0	95,6	4,4	0,3

Ilet Pinel

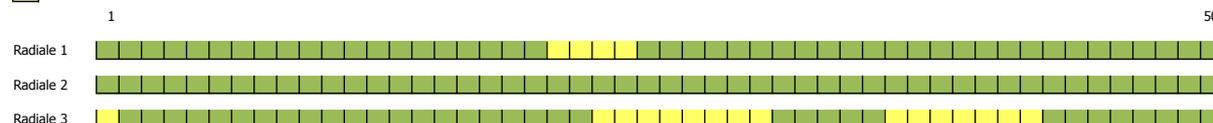
- Surface végétalisée
- Surface de substrat nu



	2014			2013		
	Recouvrement (%)	Fragmentation (%) (largeur des zones de substrat nu >2m)	Mitage : nbre de zones de substrat nu avec absence d'herbiers <2m	Recouvrement (%)	Fragmentation (%)	Mitage
R1	100	0	0	100	0	0
R2	65,6	34,4	1	100	0	0
R3	100,0	0,0	0	100,0	0,0	0
Moyenne	88,5	11,5	0,3	100,0	0,0	0,0

Grand Case

- Surface végétalisée
- Surface de substrat nu



	2014			2013		
	Recouvrement (%)	Fragmentation (%) (largeur des zones de substrat nu >2m)	Mitage : nbre de zones de substrat nu avec absence d'herbiers <2m	Recouvrement (%)	Fragmentation (%)	Mitage
R1	91,6	8,4	0	91	9	1
R2	100	0	0	100	0	2
R3	72,6	27,4	1	86,8	13,2	0
Moyenne	88,1	11,9	0,3	92,6	7,4	1,0

Figure 22 : représentation schématique et caractérisation de la fragmentation des herbiers de Saint-Martin

Taille moyenne des patchs en 2014

La détermination de la taille moyenne des patchs peut également être utilisée pour caractériser la fragmentation de l'herbier (Kerninon, 2012). La taille des patchs joue en effet un intérêt en terme de biodiversité (Mizerek et al, 2011). Cet indice est plutôt mis en œuvre dans le cadre du suivi de grandes surfaces d'herbiers, par vidéo tractée notamment. Une analyse par radiale de 50 m aurait pour conséquence de segmenter les patchs d'herbier (Kerninon, 2012). Celle-ci est toutefois présentée ci-dessous. L'étude de l'évolution relative de la taille moyenne sur les radiales lors des futurs suivis permettra de donner des informations supplémentaires sur l'évolution des herbiers.

On retiendra que :

- **Sur l'herbier en réserve de Rocher Créole, les patchs présentent une taille moyenne de 48-50 m.**
- **Sur l'herbier hors réserve de Grand-Case, les patchs sont de longueurs variables.**
- **Sur l'herbier de l'Ilet Pinel, les patchs sont de longueurs variables mais globalement relativement réduits (<12 m).**

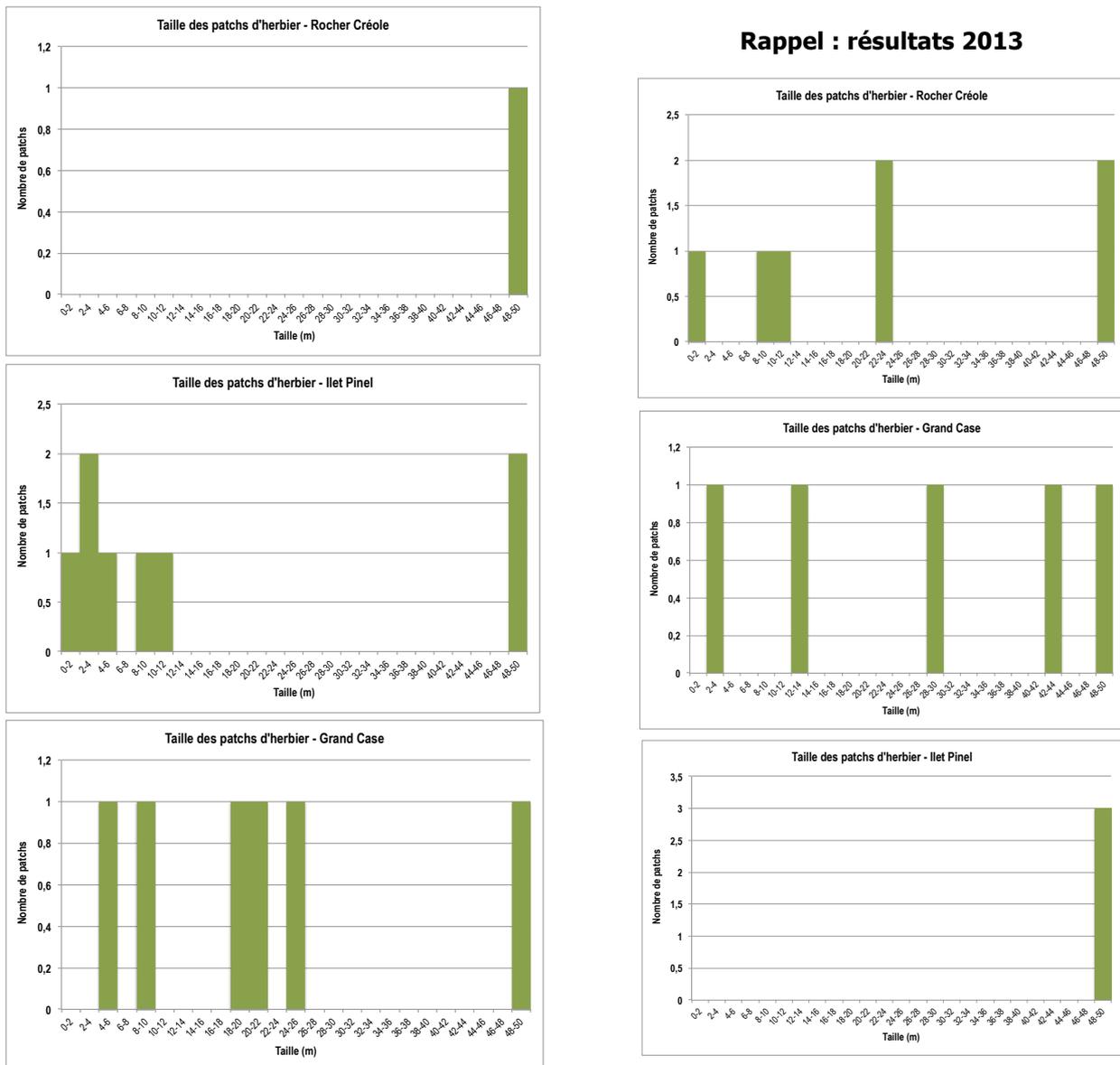


Figure 23 : taille moyenne des patchs d'herbiers sur les herbiers de Saint-Martin en 2014

Densité et longueur des feuilles en 2014

En 2014, l'herbier de **Rocher Créole** est apparu relativement dense (1462 plants/m²), avec une forte prédominance de l'espèce *S. filiforme* (1055 plants/m²) par rapport à *T. testudinum* (407 plants/m²) (Figure 24). La densité cumulée la plus importante est relevée sur la radiale 2 (1950 plants/m²). *S. filiforme* domine largement sur l'ensemble des radiales. La densité maximale pour *T. testudinum* est relevée sur la radiale 3 (510 plants/m²). Inversement, la densité de *S. filiforme* y est la plus faible (715 plants/m²). Les densités sont apparues moindres sur l'autre herbier en réserve, **Ilet Pinel** (Figure 25) et davantage encore sur la station hors réserve de **Grand Case** (Figure 26) (respectivement et 1132 et 825 plants/m²). Les 2 espèces sont présentes dans des proportions globalement similaires sur la station de Grand Case, avec une bonne représentation de *T. testudinum* (410 plants/m²; *S. filiforme* : 415 plants/m²). La densité la plus faible est mesurée sur la radiale 3 pour les 2 espèces (*T. testudinum* : 285 plants/m² ; *S. filiforme* : 315 plants/m²). Sur Ilet Pinel, la densité en *T. testudinum* apparaît plus faible (397 plants/m²; *S. filiforme* : 735 plants/m²).

Les hauteurs moyennes des plans de *T. testudinum* et *S. filiforme* sont globalement assez élevées et similaires sur les 3 stations (entre 19,3 et 21,5 cm pour *T. testudinum* et entre 19,1 et 19,9 cm pour *S. filiforme* selon les stations). Les valeurs minimales de longueur de feuilles pour les 2 espèces ont été observées sur la station de l'Ilet Pinel (respectivement 5 cm pour *T. testudinum* et 1 cm pour *S. filiforme*). Les valeurs maximales sont du même ordre de grandeur sur les 3 stations (entre 32 et 34 cm pour les 2 espèces).

Evolution des herbiers sur la période 2007-2014

Les résultats ont mis en évidence (Figure 24, Figure 25, Figure 26):

Sur la station de Rocher Créole, située en réserve :

- **Une densité en *T. testudinum* stable** depuis 2012 mais en diminution par rapport à 2007. Entre 2007 et 2014, cette diminution n'est pas significative alors qu'elle l'était entre 2007 et 2013. Ceci s'explique par la grande variabilité inter-quadrats en 2014.
- **Une densité en *S. filiforme* stable entre 2013 et 2014** (autour de 1055 plants/m²), à un niveau le plus élevé depuis le début du suivi. Celle-ci avait triplé entre 2012 et 2013 (de 363 à 1057 plants/m²), notamment en lien avec une densité particulièrement élevée sur la radiale 3. Ce résultat semble confirmer la dégradation progressive de l'herbier évoquée en 2012. Elle se traduit notamment par la disparition de conditions favorables au développement de *T. testudinum*. Entre 2007 et 2014, l'augmentation de la densité de *S. filiforme* est apparue statistiquement significative. Cette espèce, apparue en 2008, représente aujourd'hui plus de 70% de l'herbier.
- **Une légère diminution de la hauteur de la canopée pour *T. testudinum* entre 2013 et 2014** (de 20,9 à 19,3 cm). Elle est toutefois stable depuis 2007. L'évolution de ce paramètre n'est d'ailleurs pas statistiquement significative entre 2007 et 2014, malgré une augmentation significative de la hauteur des plants en 2010. La hauteur des plants de *S. filiforme* est stable entre 2013 et 2014 (respectivement 19,5 et 19,1 cm).
- **Un état de santé global en légère dégradation entre 2013 et 2014** (Figure 21) mais qui reste « moyen » (indice : de 2,7 en 2013 à 3,3 en 2014).
- **Une quasi absence de débris de macrophytes** dérivants en 2014 alors qu'ils avaient été observés en abondance dans les trous de sable au niveau de la radiale 3 en 2013, associés à des macrodéchets (indice moyen de l'herbier en 2013 : 0,3/1).
- **Une augmentation des signes de bioturbation** (indice de 1,3 à 1,7/2). Le facteur « observateur » pourrait toutefois avoir influé sur la notation pour ce paramètre qualitatif. Ce paramètre sera à surveiller lors des prochains suivis.
- **Concernant le mitage et la fragmentation, une abondance plus faible des points de rupture de l'herbier en 2014 qu'en 2013** (Figure 22). La variation de position des

radiales entre 2013 et 2014 (seuls quelques piquets retrouvés en 2014) ne permet toutefois pas une comparaison fiable entre les 2 années pour ce paramètre. **Le taux de recouvrement apparaît ainsi plus important en 2014** (98,7 contre 95,6% en 2013).

Sur la station de l'Îlet Pinel, située en réserve :

- **Une diminution de la densité globale** depuis 2012,
- **Une diminution d'environ 22% de la densité en *T. testudinum* entre 2013 et 2014** (de 507 à 397 plants/m²), qui reste toutefois supérieure à celle mesurée en 2012 lors du 1^{er} suivi (375 plants/m²). La densité avait en effet doublé entre 2012 et 2013. La densité en *S. filiforme*, en baisse entre 2012 et 2013, est en légère augmentation en 2014 (de 703 à 735 plants/m²).
- **Une stabilité de la hauteur de la canopée pour *T. testudinum* et *S. filiforme* entre 2013 et 2014** (respectivement autour de 20 et 19 cm), après une légère diminution de la hauteur globale des plants de *T. testudinum* entre 2012 et 2013.
- **Un état de santé moyen, globalement stable entre 2013 et 2014** (évolution de l'indice : de 2,7 à 3) (Figure 21).
- **Une épibiose en forte baisse entre 2013 et 2014** (indice : de 3,7 à 2). Elle est sensiblement identique sur la radiale 1 (film biosédimentaire en 2013 et 2014) mais est limitée en 2014 sur les 2 autres radiales.
- **Une augmentation de l'indice « cyanobactéries » entre 2013 et 2014** (de 0,3 à 0,7). Celles-ci n'ont été observées que sur la radiale la plus au sud (radiale 3) lors des 2 suivis mais en abondance supérieure en 2014.
- **Un indice de bioturbation en légère diminution entre 2013 et 2014** (de 1,2 à 1/2).
- **L'apparition d'un phénomène de fragmentation**, les observations en 2013 n'ayant révélé aucun point de rupture de l'herbier (limite herbier/sable nu) (Figure 22). Son taux de recouvrement était de 100% tandis qu'il est de 88,5% en 2014 (65,6% sur la radiale 2 mais 100% sur les autres radiales). La variation de position des radiales entre 2013 et 2014 (seuls quelques piquets retrouvés en 2014) rend toutefois difficile la comparaison entre les 2 années pour ce paramètre.

Sur la station de Grand Case, située hors réserve :

- **Une relative stabilité de la densité des 2 espèces entre 2013 et 2014**, avec une légère augmentation de la densité en *T. testudinum* (de 383 à 410 plants/m²). Celle-ci est toutefois inférieure à celle relevée en 2010. Cette diminution entre 2010 et 2014 est statistiquement significative. La densité en *S. filiforme* a légèrement diminué entre 2013 et 2014 (de 475 à 415 plants/m²) mais reste quant à elle supérieure à celle relevée en 2010. Cette augmentation n'est pas statistiquement significative.
- **Une stabilité de la hauteur de la canopée** depuis 2010 pour *T. testudinum* (de 21,0 cm à 20,5 cm en 2014) et de 2013 à 2014 pour *S. filiforme*. En effet, la hauteur de *T. testudinum* n'a pas évolué de façon significative entre 2010 et 2014, malgré une augmentation significative et ponctuelle en 2011. L'évolution de la longueur des feuilles de *S. filiforme* n'a pas pu être testée du fait du faible nombre d'années de suivi (2013 et 2014 uniquement).
- **Un état de santé moyen et stable (indice 3) entre 2013 et 2014** (Figure 21).
- **Un indice de bioturbation en augmentation (de 1,3 à 1,7/2) entre 2013 et 2014**. Celle-ci pouvant être à l'origine d'un recouvrement des plants de l'herbier par les sédiments, avec potentiellement une destruction des rhizomes et racines, son évolution sera à surveiller lors des prochains suivis.

- **Un taux de fragmentation qui semble en augmentation depuis 2013** (Figure 22). Comme en 2013, la sous-station 3 semble la plus touchée. La variation de position des radiales entre 2013 et 2014 (seuls quelques piquets retrouvés en 2014) rend toutefois difficile la comparaison entre les 2 années pour ce paramètre.

DEAL Guadeloupe

Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe et Saint-Martin
Année 2014 : état des lieux 2014 et évolution 2007-2014

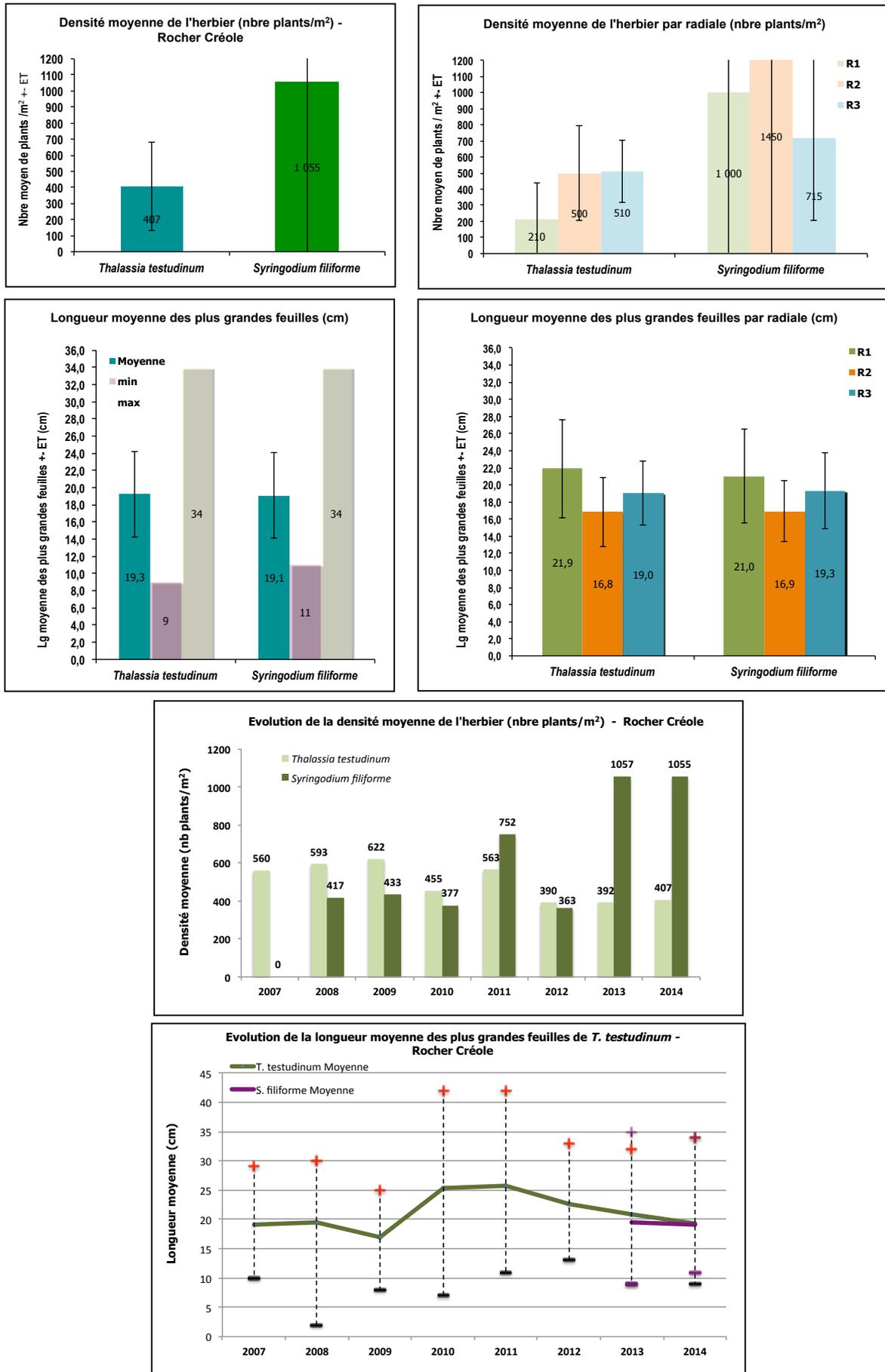


Figure 24 : Densité et longueur de feuilles en 2014 sur Rocher Créole (en haut), et évolution 2007-2014

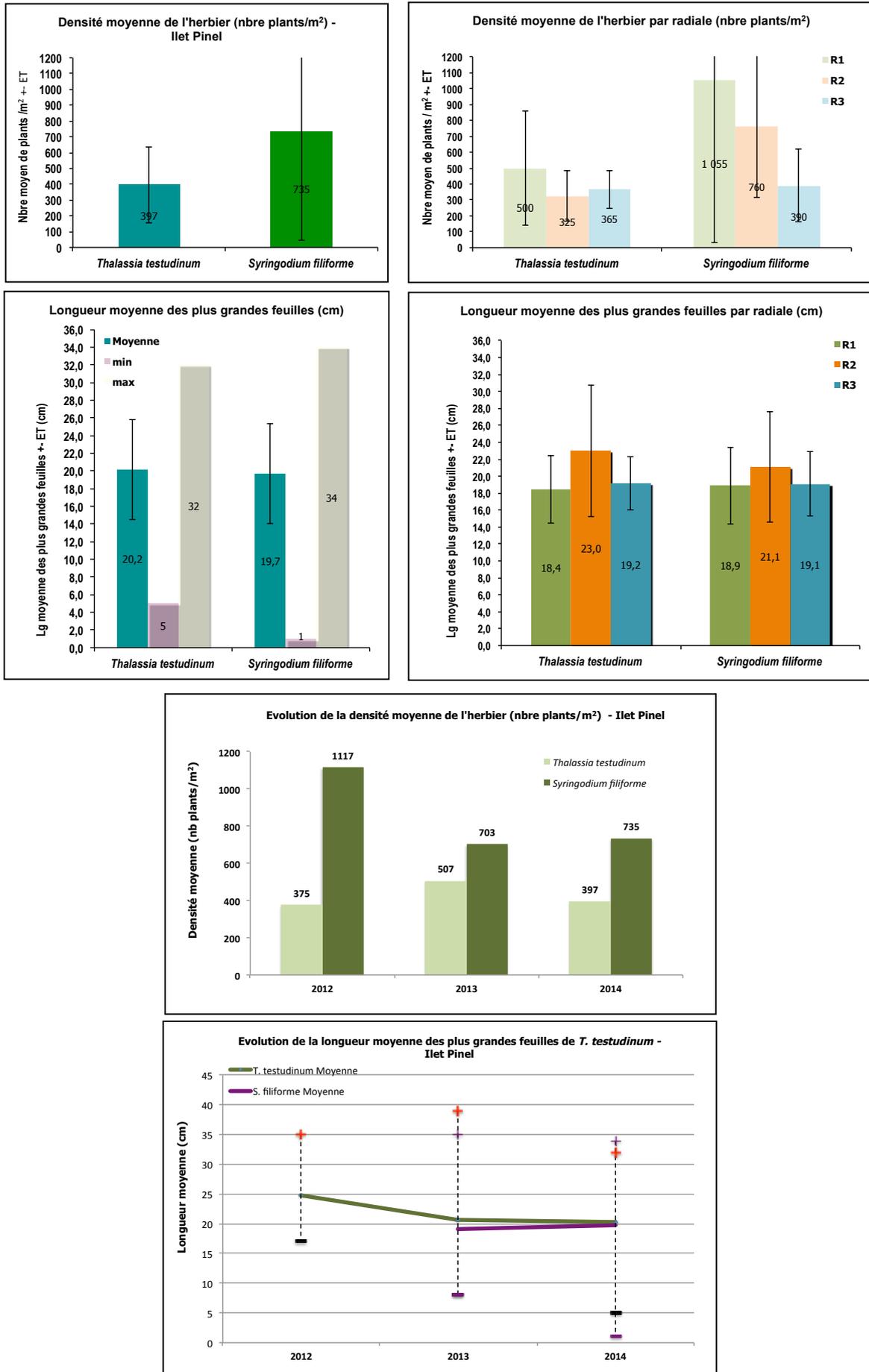


Figure 25 : Densité et longueur de feuilles en 2014 sur Ilet Pinel (en haut), et évolution 2012-2014

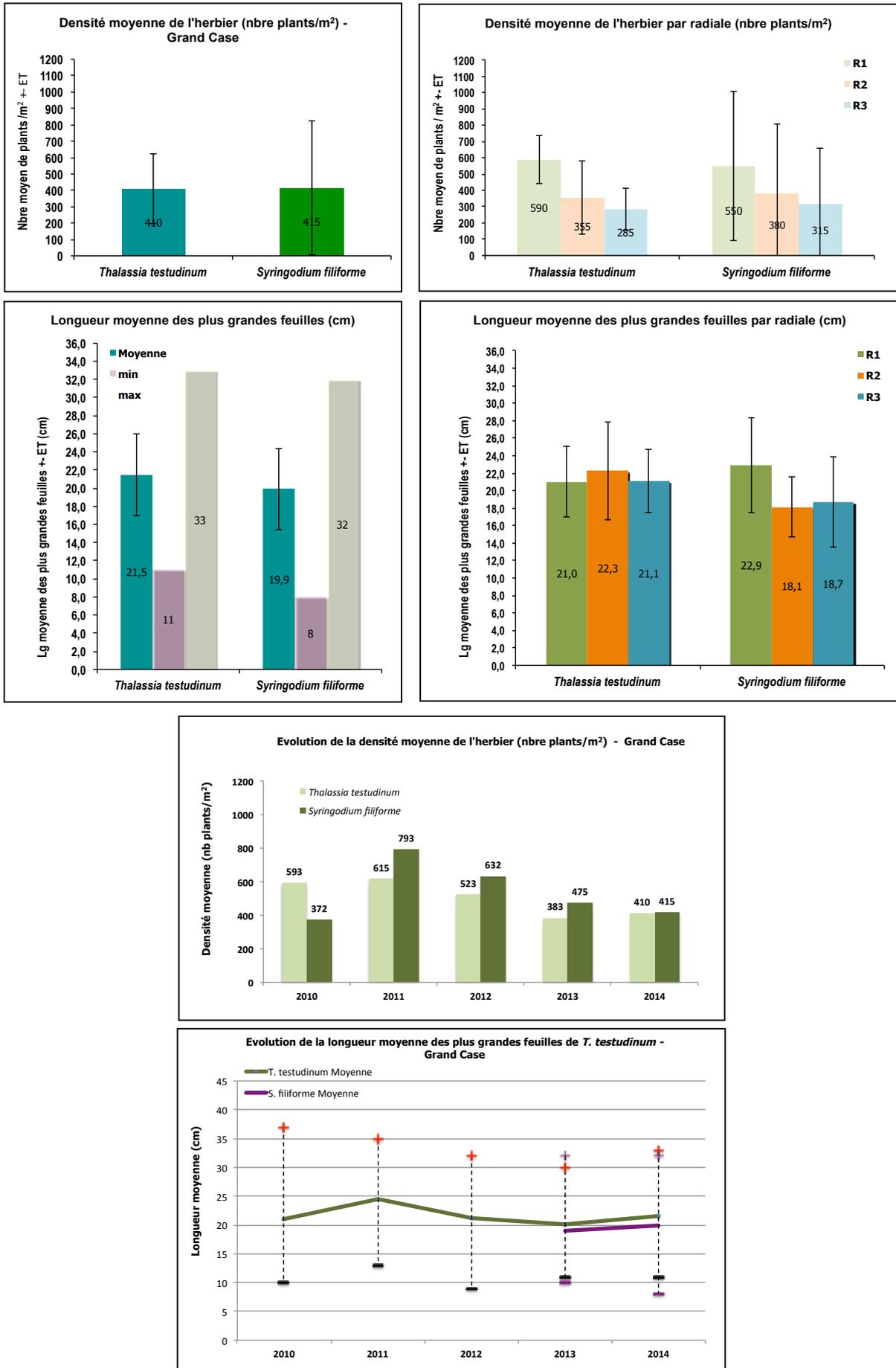


Figure 26 : Densité et longueur de feuilles en 2014 sur Grand Case (en haut), et évolution 2010-2014

Mégafaune associée aux herbiers

En 2014, tout comme en 2013, les densités moyennes des espèces d'invertébrés associées aux 3 herbiers de Saint-Martin sont relativement faibles (Figure 28, Figure 30, Figure 32). La diversité s'est révélée pauvre sur les 3 stations, plus particulièrement sur la station hors réserve de Grand Case où seule une étoile de mer commune (*Oreaster reticulatus*) a été observée. En 2013, les diversités les plus importantes étaient relevées sur les stations en réserve de l'Ilet Pinel (*Strombus gigas*, *Tripneustes ventricosus*, *Oreaster reticulatus*, *Pinna carnea*) et, dans une moindre mesure, de Rocher Créole (*Strombus gigas*, *Oreaster reticulatus*). L'abondance en réserve, hormis les lambis, est très faible avec sur la station de l'Ilet Pinel la présence d'holothuries (1 individu / 100 m²) et sur la station de Rocher Créole d'oursins blancs (*Tripneustes ventricosus* ; 1 individu / 100 m²).

La densité moyenne de lambis vivants est faible sur la station de Rocher Créole (0,3 individus par 100 m²) et les observations correspondent à des individus adultes (>20 cm). La densité en lambis vivants sur la station de Grand Case est nulle en 2014. Sur Ilet Pinel, la densité en lambis vivants est relativement élevée avec 7,3 individus par 100 m² recensés. Les 3 classes de taille sont représentées avec une majorité d'individus juvéniles (<10 cm ; 3,3 individus par 100 m²) ou présentant une taille adultes (>20cm ; 3,3 individus par 100 m²). Les individus de taille intermédiaire sont minoritaires (0,67 individus par 100 m²).

Aucun lambi mort (ni lambis vivant) n'a été rencontré sur la station hors réserve de Grand Case. A l'inverse, sur la station de l'Ilet Pinel, la densité moyenne d'individus morts atteint 3,7 individus par 100 m², en liaison avec le constat de braconnage récurrent autour de l'Ilet Pinel par le personnel de la Réserve. Sur la station en réserve de Rocher Créole, la densité de lambis morts est faible (0,3 individus par 100 m²).

Evolution des populations de lambis sur la période 2007-2014

Les résultats mettent en évidence :

- **Une diminution de la densité sur la station de Rocher Créole.** Une augmentation avait toutefois été enregistrée entre les suivis 2012 et 2013 (de 0 à 2,33 individus par 100 m²). En 2010 et 2011, la densité était en effet inférieure au seuil de 0,5 individus pour 100 m², en deçà duquel la reproduction est délicate selon les travaux de Stoner et Ray (2000). La présence de jeunes individus matures en 2013 constituait un facteur positif par rapports aux observations antérieures, où cette classe de taille et les juvéniles avaient disparu. En 2014 toutefois, seul un faible nombre d'individus adultes a été observé sur la station (0,33 individus par 100 m²).
- **Une relative stabilité de la densité sur la station de l'Ilet Pinel entre 2012 et 2014** (7,17 - 7,67 et 7,33 individus par 100 m², respectivement en 2012- 2013 et 2014). On y note toutefois une variation dans la représentation des classes de taille : la proportion d'adultes semble en augmentation depuis 2012. Les juvéniles sont également bien représentés en 2014 (tout comme en 2012), contrairement aux relevés de 2013. A l'inverse, la proportion d'individus subadultes est plus faible en 2014.
- **Une diminution de la densité de lambis sur Grand Case entre 2012 et 2014, avec une densité nulle observée en 2014** (de 1,3 à 0 individus par 100 m²). En 2012, les 3 classes de taille étaient bien représentées tandis qu'en 2013, l'ensemble des individus observés était des jeunes individus matures.

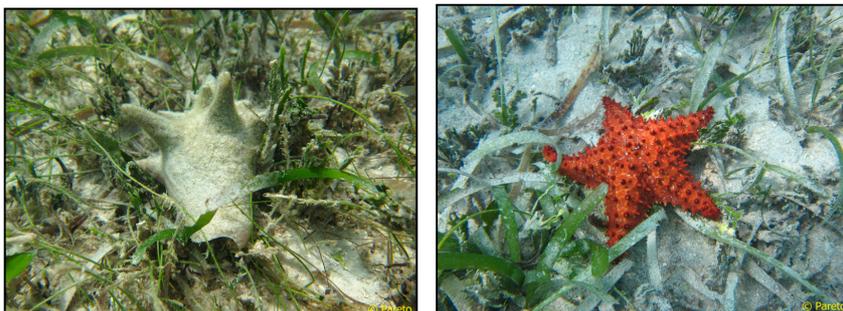


Figure 27 : mégafaune associée aux herbiers de Saint-Martin

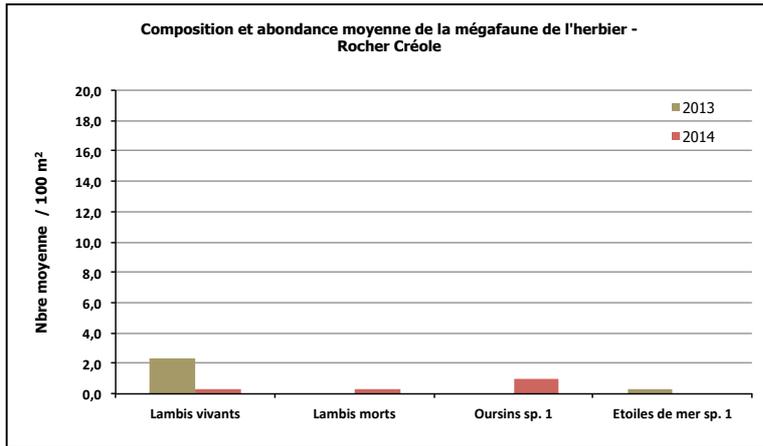


Figure 28 composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Rocher Créole

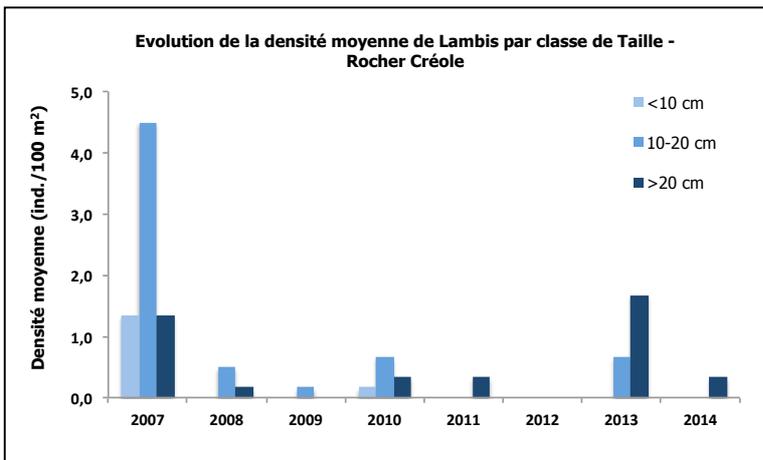


Figure 29 : évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Rocher Créole

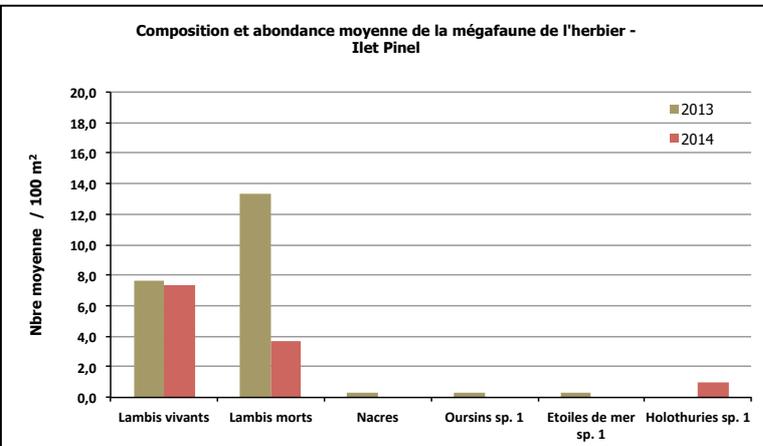


Figure 30 : composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de l'Ilet Pinel

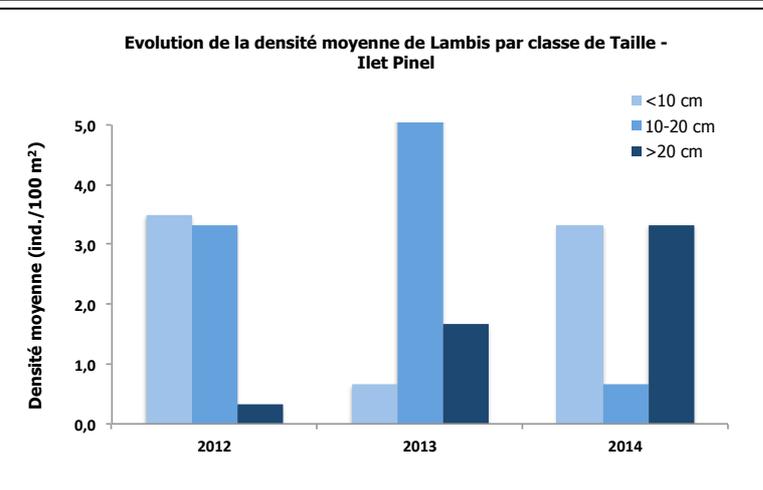


Figure 31 : évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de l'Ilet Pinel

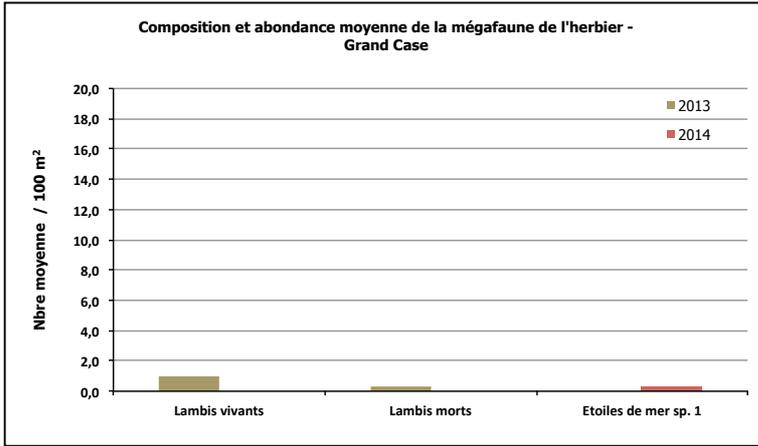


Figure 32 : composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Grand Case

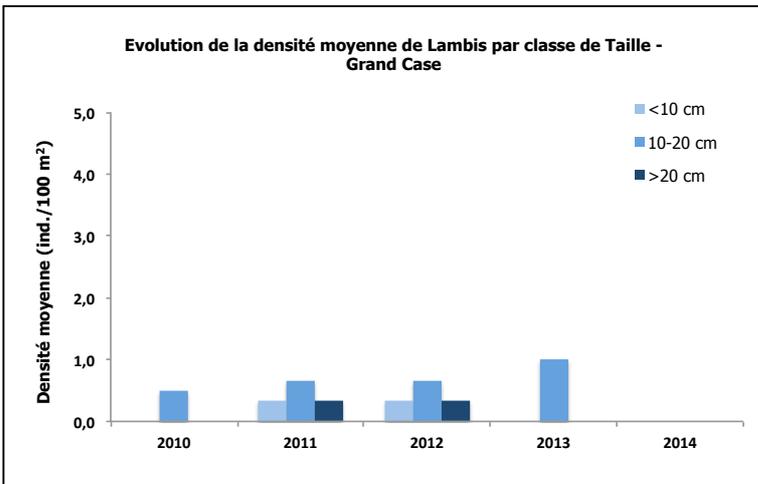


Figure 33 : évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Grand Case

4.3.2 Comparaison entre stations « en réserve » et « hors réserve »

Les analyses statistiques des données temporelles (moyennes sur la période 2010-2014) mettent en évidence que : (Figure 34)

- **La densité en plants de *T. testudinum* de la station de Rocher Créole (en réserve) est significativement inférieure à celle de la station de Grand Case (hors réserve),**
- **La densité en plants de *S. filiforme* n'est pas significativement différente entre les 2 stations.** Ce résultat est à mettre en parallèle avec la diminution statistiquement significative depuis 2007 de la densité en *T. testudinum* sur la station Rocher Créole. Cette station herbier en réserve est donc à suivre tout particulièrement pour surveiller cette tendance.

A noter que la station Ilet Pinel n'est pas prise en compte dans cette analyse du fait du trop faible nombre de suivi.

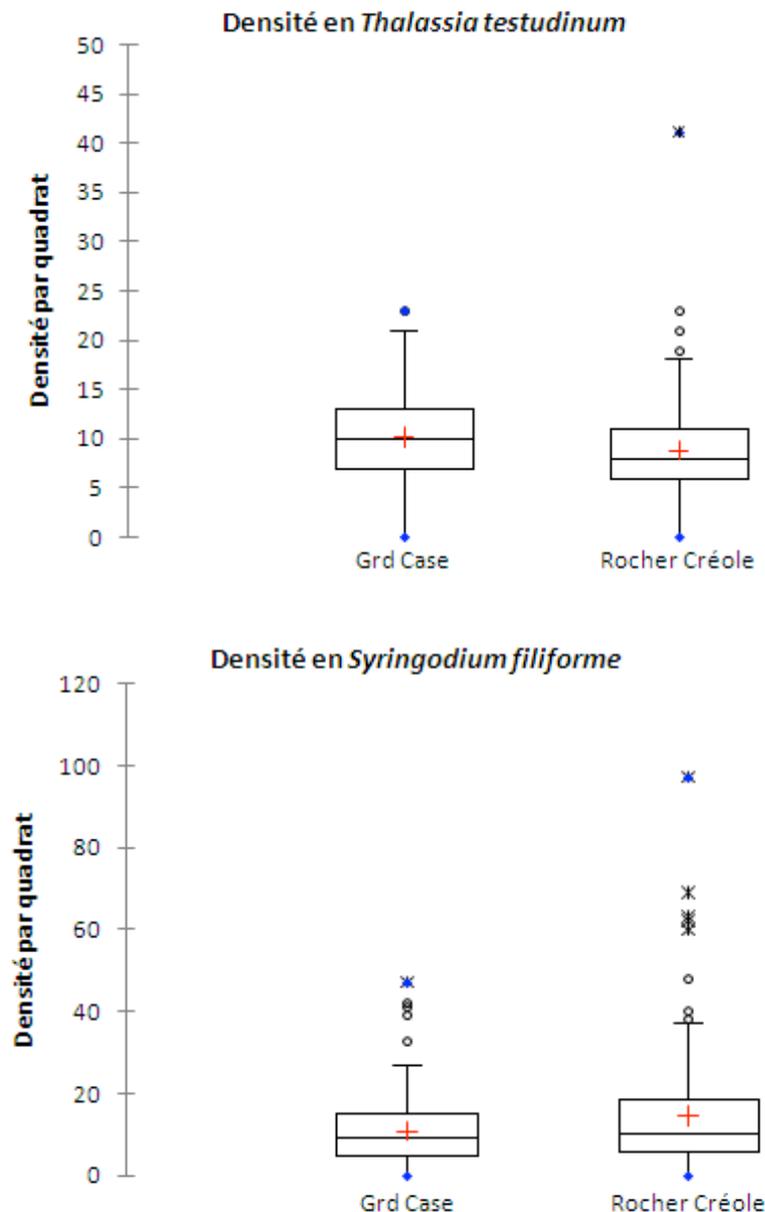


Figure 34 : Comparaison des densités de *T. testudinum* et *S. filiforme* en et hors réserve en 2014

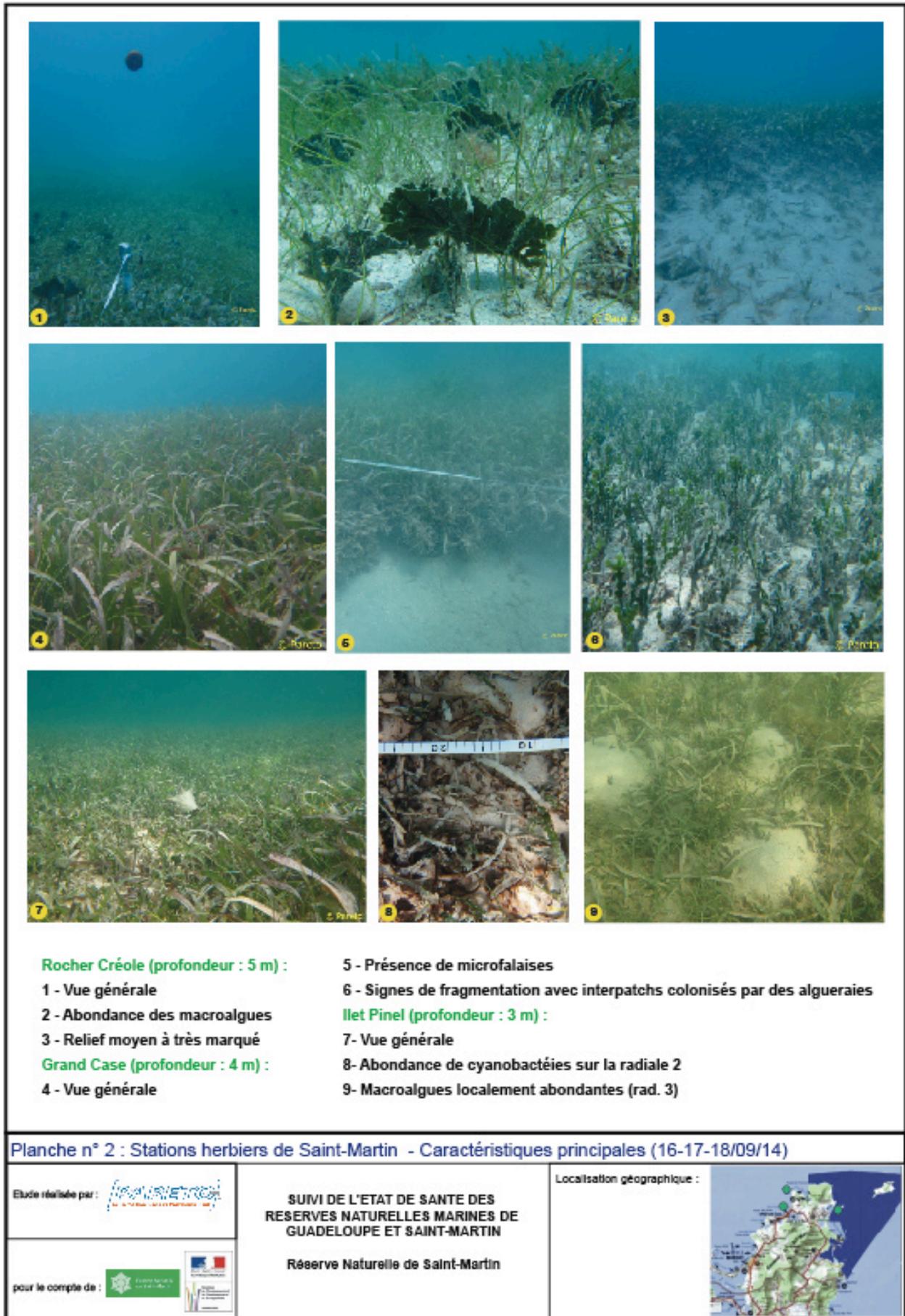


Figure 35 : illustrations des stations de suivi des herbiers de Saint-Martin

4.4 CONCLUSIONS

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

Concernant les peuplements benthiques :

- La structure globale du peuplement benthique est globalement similaire sur les stations de Chicot, située en réserve, et de Fish Point, située hors réserve. La station de Rocher Pélican présente quant à elle un faciès plus dégradé avec une prolifération algale marquée.
- La couverture corallienne est faible sur les trois stations (<14%) et la couverture algale très importante, de l'ordre de 70%.
- La couverture corallienne est en légère diminution depuis 2007 sur la station de Chicot, parallèlement à une augmentation de la couverture algale. Sur Rocher Pélican, la couverture corallienne semble s'être stabilisée en 2014 malgré une augmentation de la couverture algale. Sur la station de Fish Point, située hors réserve, la couverture corallienne a fortement chuté en 2014, parallèlement à l'augmentation de la proportion de gorgones et de substrat non vivant.
- Le recouvrement important en cyanobactéries observé en 2013 sur la station de Fish Point (27%) a fortement diminué en 2014 mais reste non négligeable (10%).

Concernant les peuplements ichtyologiques :

- La richesse spécifique et la biomasse sont plus importantes sur la station en réserve de Chicot. L'abondance est maximale sur Rocher Pélican, mais est associée à la biomasse la plus faible.
- La station de Fish Point présente une forte proportion d'espèces de haut rang trophique (adultes carnivores et juvéniles piscivores). La station de Chicot présente également un réseau trophique assez diversifié avec de nombreux piscivores adultes.
- Depuis 2009, l'augmentation de la densité et de la biomasse est plus importante sur la station de Chicot. En 2014, l'augmentation de la biomasse semble s'expliquer en premier lieu par l'augmentation de la taille des individus et la présence d'espèces de haut rang trophique, et en second lieu par l'augmentation de l'abondance.

Concernant les peuplements d'herbiers et la mégafaune associée :

- Les herbiers présentent un caractère mixte sur les 3 stations, et un état de santé moyen. Les macroalgues sont en effet abondantes et la sédimentation plus ou moins marquée.
- Les herbiers de Grand Case et Ilet Pinel présentent des taux de fragmentation moyens (autour de 11%) et des signes de mitage. Un unique point de rupture de l'herbier a été mis en évidence sur la station en réserve de Rocher Créole, avec un taux de recouvrement supérieur à 98%.
- L'herbier de Rocher Créole est relativement dense. L'espèce *S. filiforme* prédomine néanmoins fortement sur *T. testudinum*. Sa densité globale est en augmentation depuis 2007 mais stable depuis 2013. La densité de l'herbier de l'Ilet Pinel a globalement diminué depuis 2012 et plus particulièrement la densité en *T. testudinum* entre 2013 et 2014. La densité en *S. filiforme* y est stable depuis 2013. L'herbier hors réserve de Grand Case présente la plus faible densité et on assiste à une diminution de la densité globale de l'herbier et des 2 espèces (diminution significative pour *T. testudinum*) depuis le début des suivis, malgré une relative stabilité entre 2013 et 2014.
- Les hauteurs moyennes des plants de *T. testudinum* et de *S. filiforme* sont globalement assez élevées et similaires sur les 3 stations (environ 20 cm).

DEAL Guadeloupe

Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe et Saint-Martin
Année 2014 : état des lieux 2014 et évolution 2007-2014

- La diversité et l'abondance des espèces d'invertébrés associés aux herbiers sont faibles sur les 3 stations.
- En 2014, le nombre de lambis vivants est faible sur la station en réserve de Rocher Créole (individus adultes uniquement) à moyenne sur la station en réserve de l'Îlet Pinel (majorité d'individus adultes et juvéniles). La densité hors réserve au niveau de la station de Grand Case apparaît nulle en 2014.

5 RESERVE DE PETITE TERRE

5.1 LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES

Analyse globale de la couverture totale en 2014

Les résultats indiquent que la station située dans le périmètre de la réserve présente (Figure 36):

- **Une couverture corallienne assez faible** (13 % de la couverture totale),
- **Une part prépondérante de peuplements algaux** (83%),
- **Une très faible proportion des autres invertébrés benthiques** puisqu'ils représentent environ 3% de la couverture totale de la station,
- **Une proportion de substrat abiotique faible** (0,7%), composé exclusivement de débris (*Porites sp.*).

Analyse détaillée de la couverture vivante en 2014

Les résultats relatifs à la couverture vivante montrent que :

- **Les peuplements coralliens sont dominés par les coraux durs** qui constituent environ 12% de la couverture vivante. Les coraux mous (*Palythoa sp.*) sont peu représentés (1%).
- **Les peuplements algaux sont largement dominés par les gazons algaux** (49% de la couverture vivante), suivis des macroalgues non calcaires (principalement *Turbinaria sp.*, *Dictyota sp.* et quelques *Codium sp.*) qui représentent 29% de la couverture vivante. Les algues calcaires encroûtantes sont présentes en faible abondance (4%). On trouve également en faible proportion quelques macroalgues calcaires (1%) et cyanobactéries (1%).
- **Les autres invertébrés benthiques** correspondent à des oursins diadèmes et une anémone et représentent 2% de la couverture vivante. Quelques éponges ont également été observées le long du transect (<1%) (absence de gorgones).

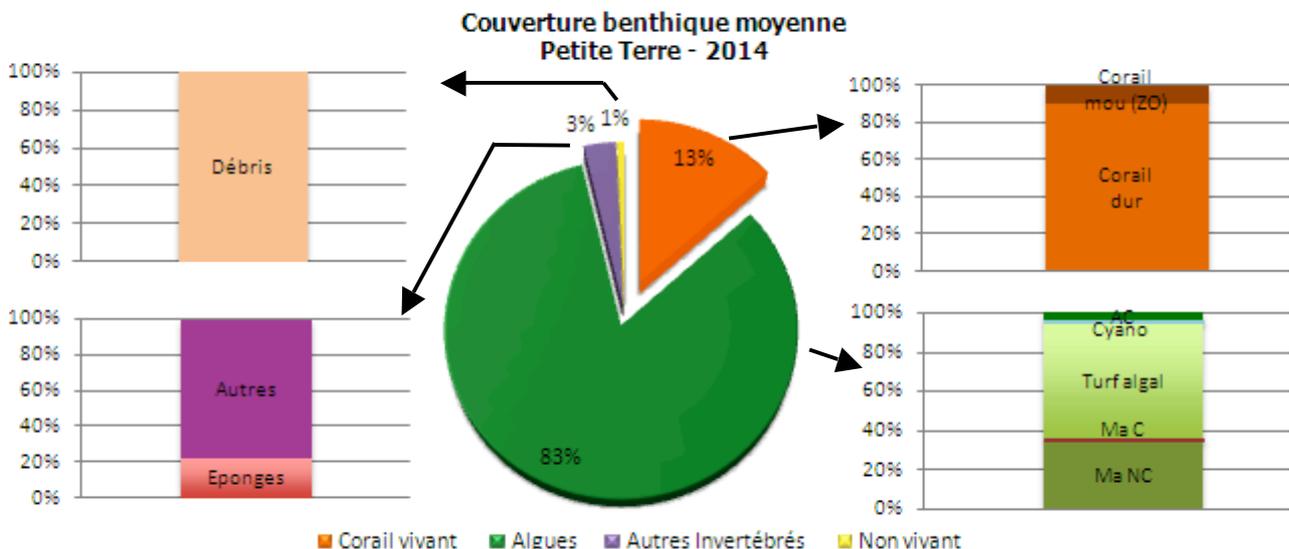


Figure 36 : Couverture benthique moyenne sur la station de Petite Terre en 2014
 (Les camemberts présentent la couverture benthique totale et les histogrammes détaillent les compositions relatives de chaque catégorie)

Evolution de la couverture benthique sur la période 2007-2014 (Figure 37)

La couverture corallienne sur la station de Petite Terre a été divisée par 2 entre 2007 et 2014 (de 28% à 13%). Cette diminution est apparue statistiquement significative. Depuis 2008, la couverture corallienne est en constante diminution après une légère hausse entre 2007 et 2008. La proportion de coraux durs bio-constructeurs subit cette même régression (de 35% à 12 % de la couverture vivante entre 2007 et 2014).

Parallèlement, le recouvrement algal a doublé (de 47% à 83% entre 2007 et 2014). L'augmentation entre 2007 et 2014 est d'ailleurs apparue statistiquement significative. Ce résultat s'explique par l'augmentation des macroalgues non calcaires (*Turbinaria sp.* principalement), passant de 3% de la couverture vivante en 2007 à 29% en 2014. Les algues encroûtantes calcaires voient leur recouvrement diminuer en 2014 pour revenir aux valeurs initiales (de 7% de la couverture vivante en 2013 à 4% en 2014).

Le développement des peuplements algaux au détriment de la couverture corallienne demeure inquiétant et semble attester d'un certain déséquilibre du milieu. Ce développement est également à mettre en relation avec la diminution importante du substrat non vivant observé en 2014 (0,7% de la couverture totale contre 23% en 2007).

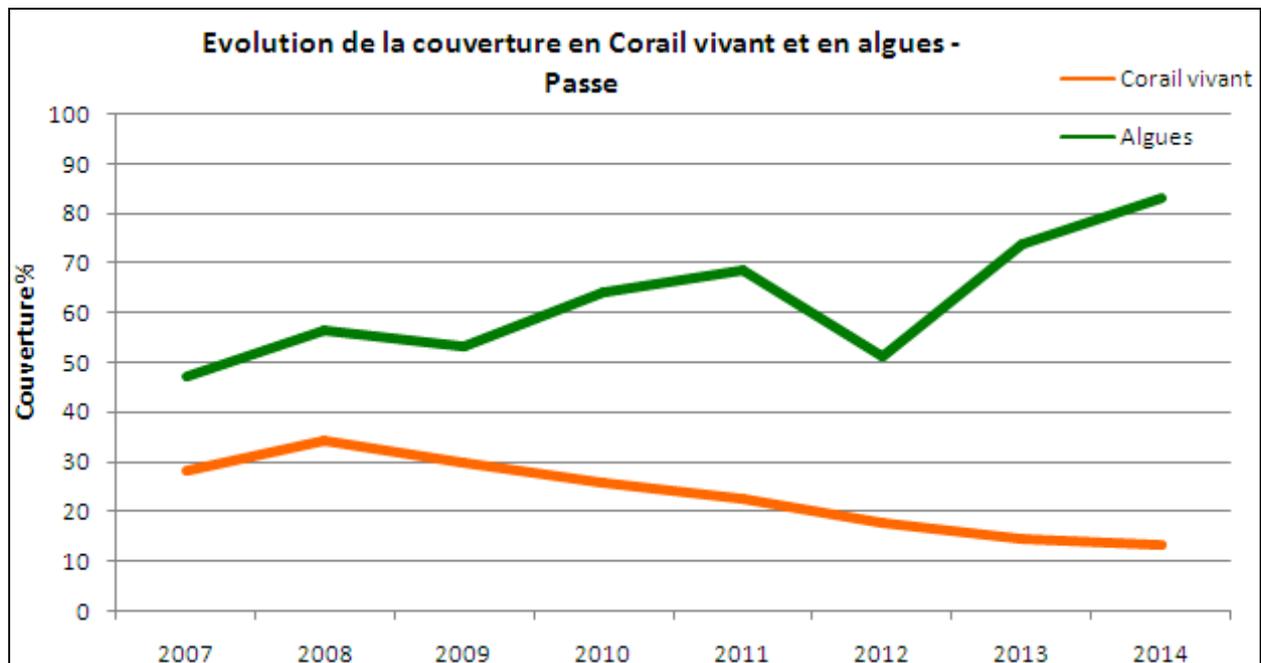


Figure 37 : Evolution de la couverture corallienne et algale sur la station benthos de Petite Terre

Recrutement corallien

Le nombre moyen de recrues comptabilisées en 2014 est faible (2,6 recrues/m²) et en augmentation par rapport à celui observé en 2013 (1,5 recrues/m²) (Figure 38). Il est supérieur à celui observé en 2007 (1,3 recrues/m²), bien que l'augmentation 2007-2014 ne soit pas statistiquement significative. Depuis 2009, où aucune recrue n'avait été observée le long du transect, le taux de recrutement est toutefois significativement en hausse.

Oursins diadèmes

Comme pour l'ensemble des stations suivies dans le cadre du « Réseau Réserves », les oursins diadèmes (*Diadema antillarum*) sont très peu nombreux en 2014 (1,5 individus/m²), et ce depuis 2010 (Figure 38). Ce déficit en herbivores, régulateurs de la croissance des turfs algaux, peut expliquer en partie le surdéveloppement des peuplements algaux aux dépens des communautés coralliennes. La légère augmentation enregistrée depuis 2010 apparaît statistiquement significative mais celle entre 2007 et 2014 ne l'est pas.

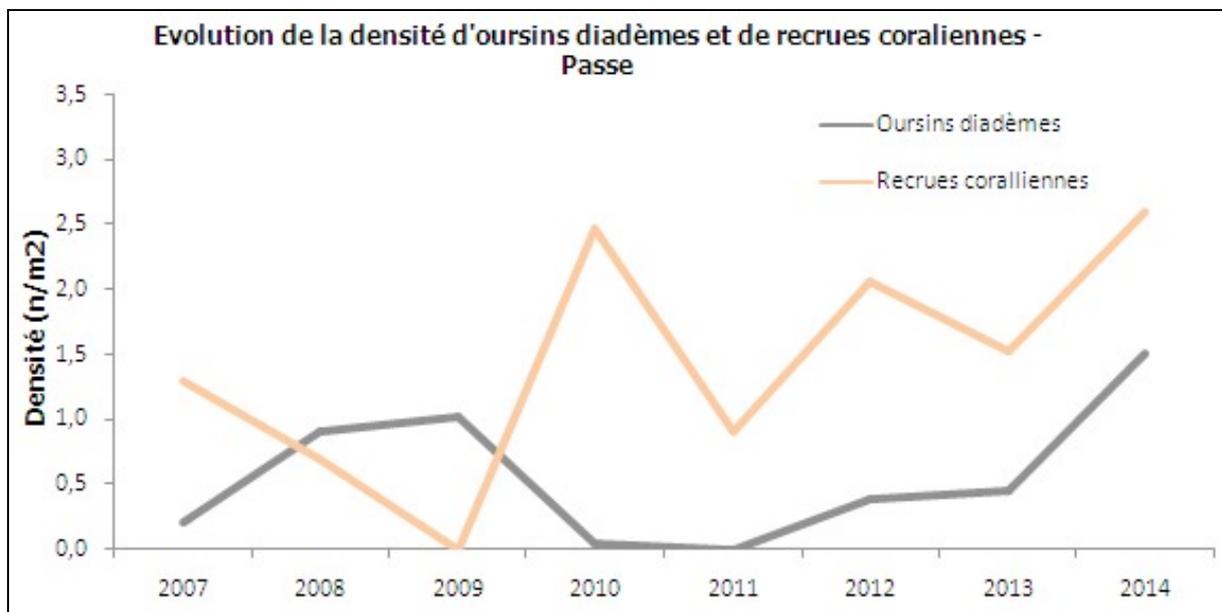


Figure 38 : Evolution de la densité d'oursins diadème et de recrues sur la station de Petite Terre

5.2 LES PEUPELEMENTS ICHTYOLOGIQUES

Description synthétique des peuplements ichthyologiques en 2014

2 éléments généraux sont à considérer :

- **La richesse spécifique** est moyenne sur la station de la Passe de Petite Terre, avec 18 espèces de poissons observées,
- **En terme d'abondance et de biomasse**, 340 poissons ont été observés sur les 300 m² de suivi, soit une densité moyenne de 113 individus/100m² et une biomasse moyenne de 2141 g/100m².

Analyse de la structure trophique en 2014

Les **régimes alimentaires** se répartissent selon les proportions présentées dans le Tableau 9.

Le peuplement est principalement planctonophage avec 59 individus par 100m². Viennent ensuite les herbivores et piscivores, avec respectivement 21 et 18 individus par 100m². Ces 3 catégories représentent au total 86% du peuplement. Les demoiselles (*Chromis cyanea*) et les chirurgiens (*Acanthurus coeruleus*) dominent largement. Cette espèce de demoiselle est adaptée aux conditions d'un milieu marqué par la houle. Les piscivores sont bien diversifiés (*Cephalopholis fulvus*, *Caranx ruber*, *Caranx latus*) tandis que les carnivores sont faiblement représentés (6 individus pour 100m²) (Figure 39).

En termes de biomasse, les hauts rangs trophiques (piscivores et carnivores) représentent 65% du peuplement, et les planctonophages 25%. Les herbivores représentent donc une faible proportion de la biomasse totale.

Tableau 9 : Structure des peuplements ichthyologiques sur la station Passe de Petite Terre en 2014

Passe de Petite Terre		Nb moyen d'individus	%
Richesse spécifique	18		
Densité totale	340		
Densité moyenne (ind/100m ²)	113		
Biomasse moyenne (g/100m ²)	2141		
		Herbivores	20,7
		Planctonophages	59,0
		Omnivores	10,0
		Carnivores de 1er ordre	6,0
		Carnivores de 2nd ordre	0,0
		Piscivores	17,7

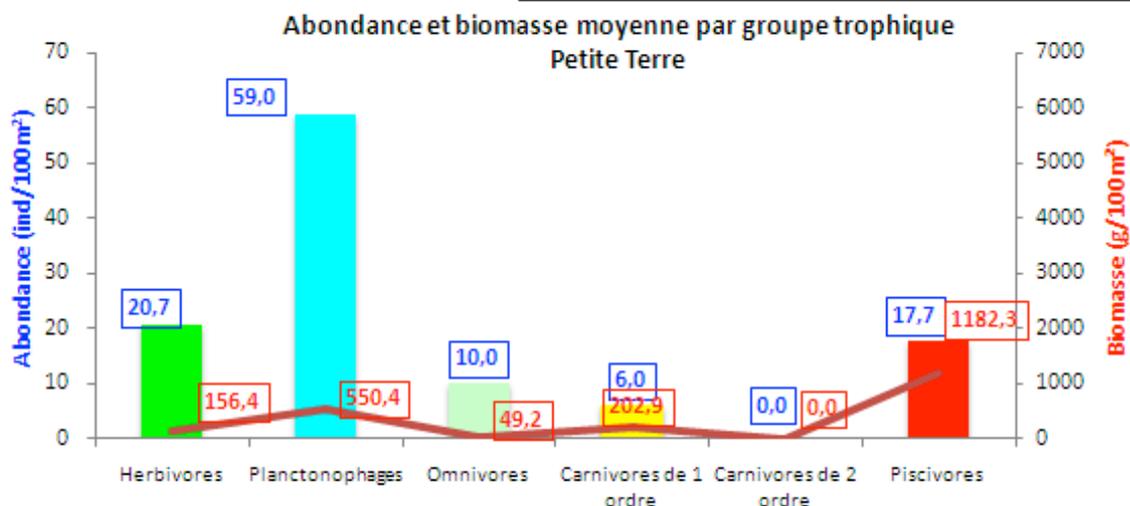


Figure 39 : Abondance et biomasse moyennes de poissons sur la station de Petite Terre en 2014

Analyse par famille en 2014

Les Pomacentridés dominent avec environ 60 individus relevés par 100m² (soit 52% du peuplement), suivis par les Acanthuridés avec environ 20 individus par 100m² (soit 17% du peuplement) et les Balistidés et Carangidés avec 10 individus chacun par 100m² (soit 9% du peuplement).

Analyse par classe de taille en 2014

La répartition par classes de taille est très disproportionnée puisque les juvéniles représentent 90% du peuplement total (Figure 40). Les seules familles représentées par des adultes sont les Haemulidés (4 adultes en moyenne par 100m²), les Serranidés (4 adultes pour 3 juvéniles) et les Carangidés (3 adultes pour 8 juvéniles).

Au vu de ces éléments, la station semble servir de nurserie. Elle offre en effet des fonds peu profonds et particulièrement complexes, fournissant de nombreuses caches aux juvéniles. L'hydrodynamisme important (houle) de cette zone contribue également fortement à la structuration de son peuplement.

Espèce invasive *Pterois volitans* en 2014

Lors de ce suivi 2014, aucun *Pterois volitans* n'a été relevé. Cependant 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.

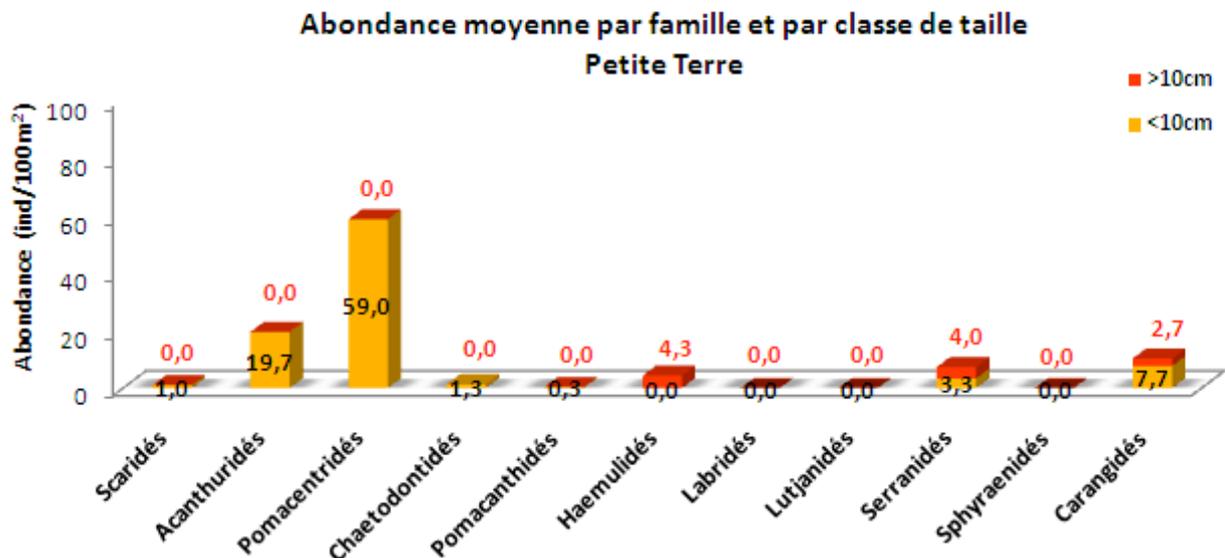


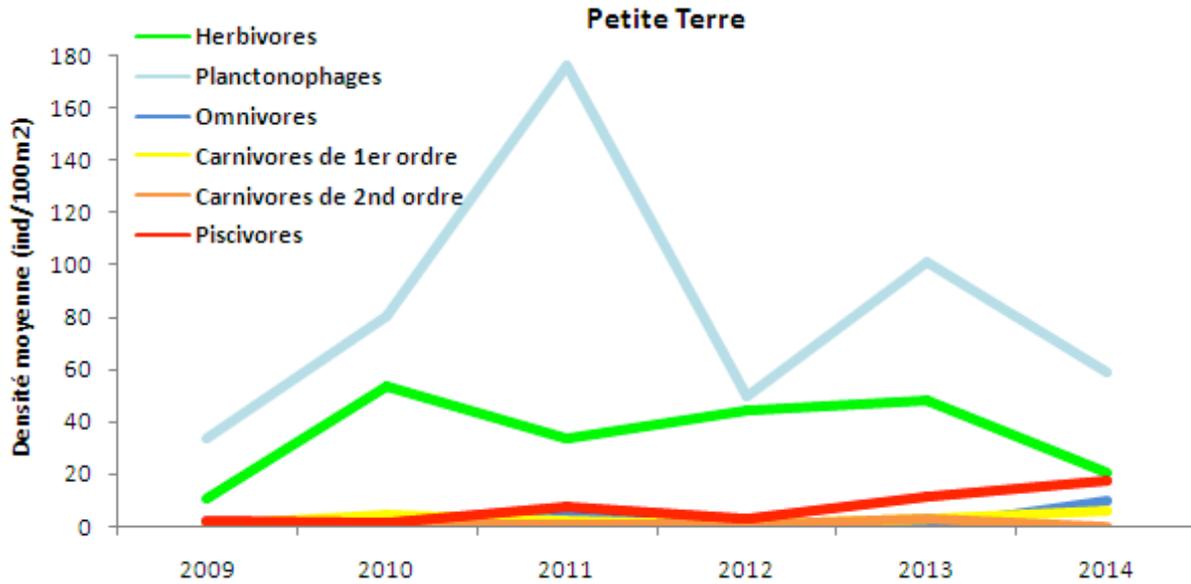
Figure 40 : Abondance moyenne de poissons par famille et par classe de taille sur Petite Terre en 2014

Evolution sur la période 2009-2014

Les éléments à retenir sont les suivants (Figure 41) :

- **L'abondance globale de poissons a été multipliée par 2,5 depuis 6 ans.** Elle passe ainsi de 48 ind./100m² à 113 ind./100m². L'abondance observée en 2014 est toutefois inférieure à la valeur de 2013 et à la valeur maximale relevée en 2011 (225 ind./100m²). Seule l'augmentation entre 2009 et 2013 est apparue statistiquement significative.
- **La richesse spécifique sur la station a légèrement augmenté,** passant de 14 espèces en 2009 à 18 espèces. Il faut noter que la richesse relevée en 2014 est inférieure à celle de 2013 (24 espèces).
- **L'abondance des herbivores et des planctonophages a presque doublé,** passant respectivement de 10 à 20 individus par 100m² et de 34 à 60 individus par 100m².
- **L'abondance des carnivores de 1^{er} ordre a augmenté,** passant de 0,7 ind./100m² à 6 ind./100m², tandis que les carnivores de 2nd ordre n'ont pas été observés, comme en 2009.
- **L'abondance des piscivores a fortement augmenté,** passant de 2 ind./200m² à 17 ind./100m².
- **La biomasse a été multipliée par 10 en 6 ans :** de 219 à 2141 g/100m². Elle a toutefois diminué en 2014 après avoir atteint des valeurs exceptionnelles en 2012 et 2013 (respectivement 5350 et 12816 g/100m²). Ce constat est très probablement dû à la très faible abondance d'individus de plus de 10 cm en 2014 (10% du peuplement), alors qu'adultes et juvéniles étaient répartis de façon assez homogène en 2013 (Figure 43). L'augmentation de la biomasse par rapport à 2009 concerne tous les groupes trophiques, et plus particulièrement les piscivores (de 47 à 1182 g/100m²), les carnivores de 1^{er} ordre (de 10 à 202 g/100m²) et les planctonophages (de 48 à 550 g/100m²).

Evolution de la densité de poissons



Evolution de la biomasse de poissons

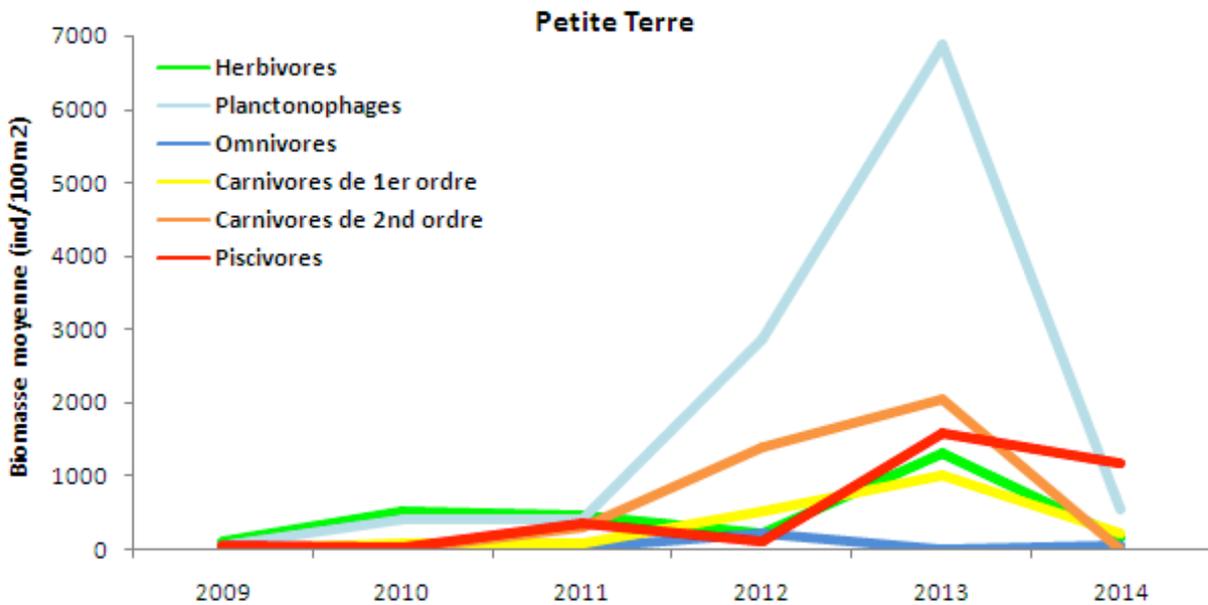


Figure 41 : Evolution de la structure trophique entre 2009 et 2014 à Petite Terre

Abondance moyenne par classe de taille

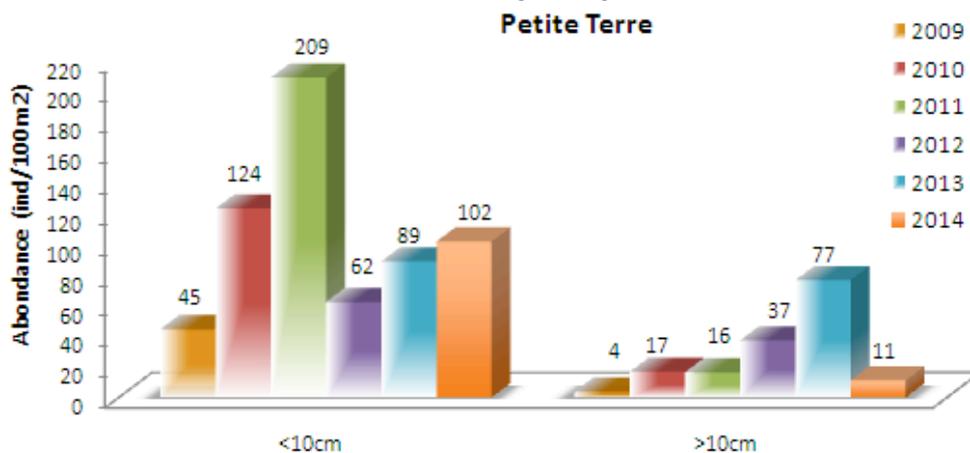


Figure 42 : Evolution de l'abondance par classe de taille entre 2009 et 2014 à Petite Terre



1 - Vue générale (profondeur : 3 m)

2 - Les peuplements coralliens sont essentiellement représentés par les coraux durs

3 - La substrat est dominé par les peuplements algaux majoritairement composés de turfs algaux

4 - Les macroalgues non calcaires sont bien représentées (*Turbinaria sp.*, *Dictyota sp.*, *Codium sp.*)

5 et 6 - Peuplements de poissons (Carangidés, Acanthuridés et Ludjanidés)

Planche n° 3 : Station benthos/ichtyofaune de Petite Terre (Passé) - Caractéristiques principales (21/09/14)

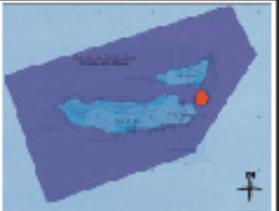
<p>Etude réalisée par :</p> 	<p>SUIVI DE L'ETAT DE SANTE DES RESERVES NATURELLES MARINES DE GUADELOUPE ET SAINT-MARTIN</p> <p>Réserve Naturelle de Petite Terre</p>	<p>Localisation géographique :</p> <p>Système géodésique WGS 84 : - 16°10,455' N - 61°06,382' O</p>	
<p>pour le compte de :</p>  			

Figure 43 : illustrations des peuplements benthiques et ichtyologiques de la Réserve de Petite Terre

5.3 HERBIERS ET MEGAFaUNE ASSOCIEE

Description globale et caractéristiques de substrat (dans/hors herbier) en 2014 (Figure 44)

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

- **Un caractère plurispécifique** à *T. testudinum* et *S. filiforme*,
- **Un bon état de santé** (indice moyen sur les 3 radiales : 2). Quelques macroalgues ont notamment été observées (*Penicillus sp.*, *Halimeda sp.*), ainsi que des signes de sédimentation modérés au plus près de la côte,
- **Un relief peu marqué** (indice moyen : 1/3),
- **Un ensablement important**, sur l'ensemble de sa superficie relativement réduite. Des « bandes » d'herbier présentant une densité plus importante 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 propre** aussi bien au sein de l'herbier qu'au niveau des zones de sédiment nu en périphérie de l'herbier (absence de trou de sable dans l'herbier),
- **Une absence de débris de macrophytes** au niveau des zones de sable en périphérie de l'herbier,
- **Une épibiose particulièrement marquée** (indice moyen 4/4), avec la présence d'algues calcaires sur l'ensemble des feuilles, et d'un film biosédimentaire, rendant les conditions de lumière disponibles pour le développement des feuilles assez contraignantes. Des algues filamenteuses ont localement été observées au niveau de la radiale 3 ainsi que quelques cyanobactéries (indice moyen : 0,3/2).
- **Une bioturbation faible** (indice moyen : 0,3/2).

TERRE DE HAUT							
	Epibiose	Relief	Macrophytes non fixées	Cyano	Bioturbation	Etat de santé	
Radiale 1	4	1	0	0	0	2	
Radiale 2	4	1	0	0	0	2	
Radiale 3	4	1	0	1	1	2	
Moyenne	4,0	1,0	0,0	0,3	0,3	2,0	
Rappel 2013	3,7	1,0	1,0	0,7	0,3	3,0	

Caractéristique du sédiment	
Dans l'herbier	Sédiment nu
3	3
3	3
3	3
3,0	3,0
2,3	2,3

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 44 : synthèse des indices des paramètres descriptifs globaux par radiale sur l'herbier de Terre de Haut

Mitage/fragmentation des herbiers en 2014

Le relevé sur LIT des intersections de chaque radiale de 50 m n'a révélé aucun point de rupture de l'herbier (limite herbier/sable nu) supérieure à 2m et donc de signes de fragmentation. Seule une interruption de l'herbier < 2m a été observée sur la radiale 3, avec une limite de type progressive. Le pourcentage de recouvrement de l'herbier est de 100%. Toutefois, 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.

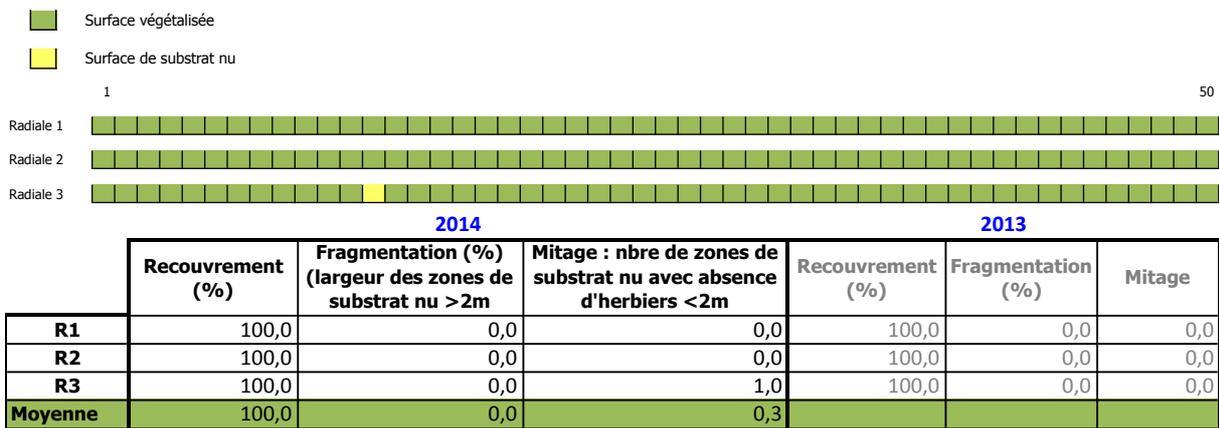


Figure 45 : représentation schématique et caractérisation de la fragmentation de l'herbier de Petite Terre

Densité et longueur des feuilles en 2014

En 2014 (Figure 46), l'herbier mixte de **Terre de Haut** a présenté une densité globale élevée (1805 plants/m²). Les 2 espèces sont bien représentées, avec une forte prédominance de *S. filiforme* qui présente un morphe particulièrement fin par endroit (*T. testudinum* : 450 plants/m² ; *S. filiforme* : 1355 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 1410 et 2635 plants/m²) au détriment de *T. testudinum* (respectivement 440 et 200 plants/m²). Inversement, sur la radiale 3 à l'est de la station, la densité de *T. testudinum* apparaît particulièrement élevée (739 plants/m²) tandis que seuls quelques plants épars de l'espèce *S. filiforme* ont été dénombrés (20 plants/m²).

La hauteur moyenne des plants de *T. testudinum* apparaît peu élevée (7,1 cm), en liaison avec l'ensablement d'une grande partie de l'herbier. Elle est globalement similaire sur les sous-stations 1 et 2 (respectivement 6,6 et 6,0 cm) et légèrement supérieure sur la sous-station 3 (8,6 cm). Une zone d'herbier présentant un ensablement limité a en effet été observée au plus près de la côte sur cette radiale. On y observe les longueurs de feuilles maximales (jusqu'à 21 cm). L'espèce *S. filiforme* présente également une longueur moyenne assez faible (9,2 cm) et maximale sur la radiale 1 (9,7 cm). Sur la radiale 3, les plants sont peu nombreux et de petite taille.

Evolution des herbiers sur la période 2007-2014

Les résultats ont mis en évidence (Figure 46) :

- **Une augmentation de la densité globale de l'herbier** entre 2013 et 2014 (de 1180 à 1805 plants/m²).
- **Une stabilité voire une légère diminution de la densité de *T. testudinum*** (de 462 à 450 plants/m²), tandis que **la densité de *S. filiforme* a été multipliée par 2** (de 718 à 1355 plants/m²), tout comme entre 2012 et 2013. Entre 2007 et 2014, la diminution de la densité de *T. testudinum* et l'augmentation de la densité de *S. filiforme* sont apparues statistiquement significatives. L'espèce *S. filiforme* apparue en 2010, représente aujourd'hui 75% de l'herbier.

- **Une stabilité de la hauteur de la canopée entre 2013 et 2014** en ce qui concerne les 2 espèces. L'évolution de ce paramètre n'apparaît pas statistiquement significatif entre 2007 et 2014. Toutefois, la diminution observée depuis 2010 (2010-2014) est quant à elle significative.
- **Une amélioration de l'état de santé entre 2013 et 2014, passant de moyen à bon,**
- **Une interruption de l'herbier observée en 2014 et non 2013.** Toutefois, le décalage dans le positionnement des radiales par rapport à 2013 (peu de piquets de marquages retrouvés) rend difficile l'interprétation de l'évolution de ce paramètre.
- **Des longueurs de feuilles supérieures en 2014 sur la radiale 3,** positionnée sur une zone moins ensablée qu'en 2013.

Les observations *in situ* ont mis en évidence / 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 le dernier suivi.

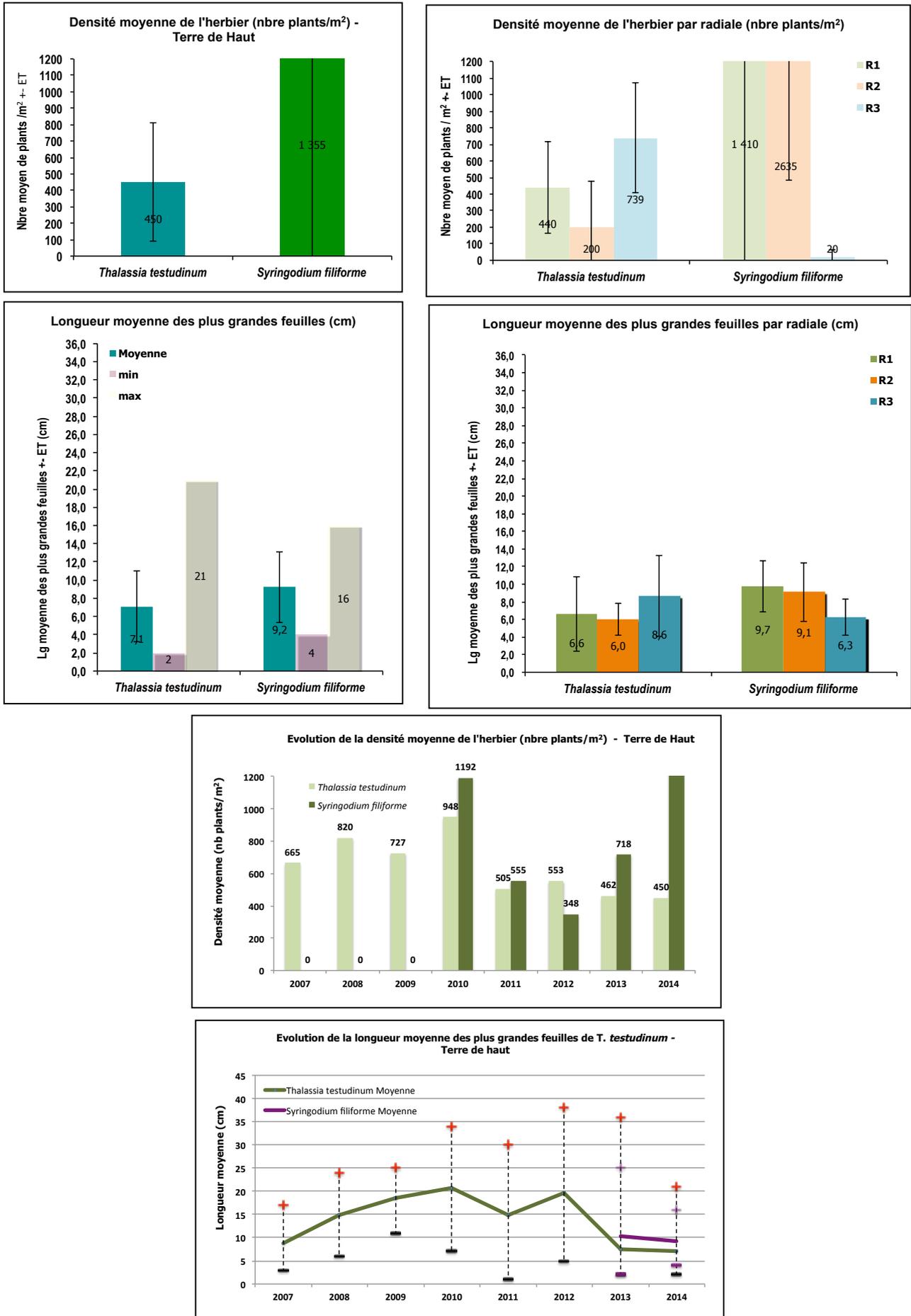


Figure 46 : Densité et longueur de feuilles en 2014 sur Terre de Haut (en haut), et évolution 2007-2014

Mégafaune associée aux herbiers

En 2014, les densités moyennes des espèces d'invertébrés associées à l'herbier sont relativement faibles (Figure 47). Seuls des lambis ont été observés au sein de l'herbier. En 2013, des oursins avaient été recensés 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. Ils sont apparus particulièrement nombreux, associés à quelques oursins diadèmes (*Diadema antillarum*).

La densité moyenne de lambis vivants observée en 2014 est faible (1 individu / 100 m²), de même que la densité d'individus morts (1,7 individu mort / 100 m²).

Evolution des populations de lambis sur la période 2007-2014

La densité de lambis vivants est en diminution depuis 2012 (2 individus vivants / 100 m²) (Figure 48) ; aucun individu n'avait été observé en 2013. 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 2012, 17% des lambis vivants observés étaient des juvéniles (<10 cm). En 2014, il s'agit principalement d'individus sub-adultes (10-20 cm ; 0,67 individus / 100 m²) et de juvéniles (<10 cm ; 0,33 individus / 100 m²).

La densité d'individus morts est en légère augmentation par rapport à 2013 (de 1 à 1,67 individus morts / 100 m²) mais en nette baisse depuis 2011 (4,83 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 en effet pas 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 en 2013. Les résultats de ce suivi sont présentés dans le paragraphe suivant.

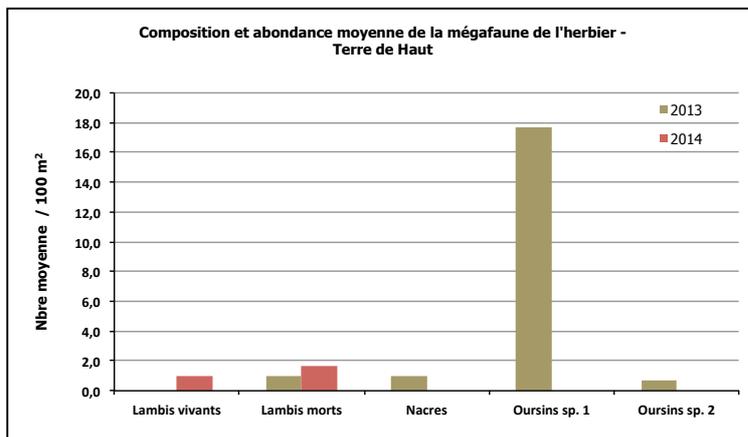


Figure 47 : composition et abondance de la mégafaune sur l'herbier de Terre de Haut

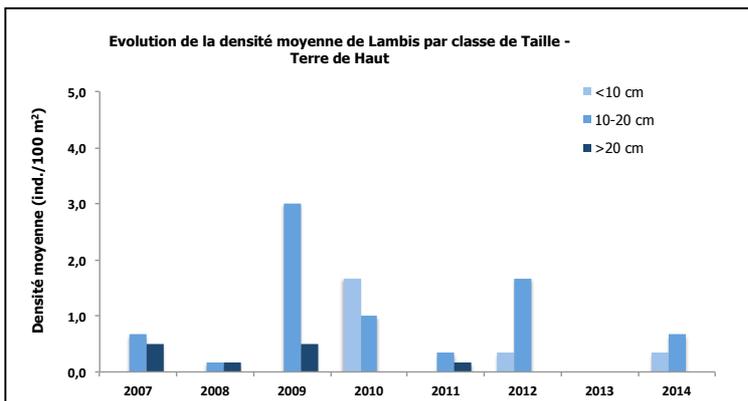


Figure 48 : évolution de la densité moyenne de lambis vivants par classe de taille sur l'herbier de Terre de Haut

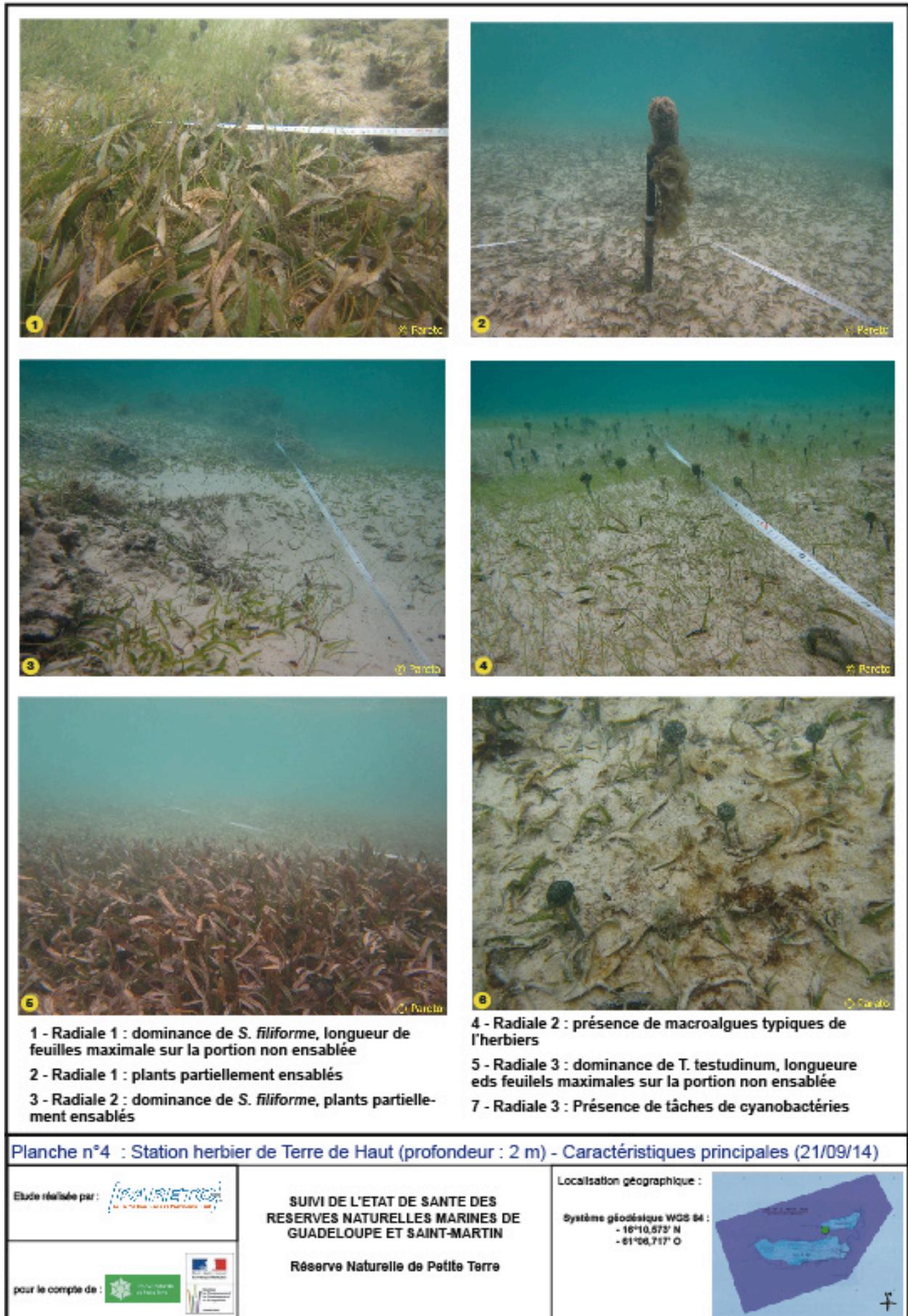


Figure 49 : illustrations de la station de suivi des herbiers de Petite Terre

5.4 CONCLUSIONS

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

Concernant les peuplements benthiques :

- Les peuplements benthiques de la station de Petite Terre sont largement dominés par les algues (83%), tandis que la couverture corallienne est faible (13%).
- Depuis 2007, la couverture en corail vivant a diminué de moitié et la part des peuplements algaux a significativement augmenté. La tendance est donc à la dégradation progressive du site.

Concernant les peuplements ichtyologiques :

- 86% du peuplement est représenté par les planctonophages, les herbivores et les piscivores. Les autres espèces de haut rang trophique sont rares.
- En 2014, le stock de poisson est fortement déséquilibré entre juvéniles (90% du peuplement) et adultes (10%). Ceci est à mettre en relation avec l'hydrodynamisme marqué de la station, favorable à la présence de juvéniles. L'évolution de ce paramètre est cependant à surveiller lors des prochains suivis car pourrait témoigner d'un déséquilibre du peuplement.
- Depuis 2009, la densité et la biomasse du stock de poisson ont augmenté de façon significative.

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 modérés.
- Aucun phénomène de fragmentation n'a été mis en évidence mais la majorité de l'herbier est fortement ensablé et en régression vers le nord-ouest.
- La densité est relativement élevée mais hétérogène au sein de l'herbier et la hauteur moyenne de la canopée est faible (7,1 cm en moyenne pour *T. testudinum* et 9,2 cm pour *S. filiforme*), en liaison avec l'ensablement de l'herbier.
- La diminution de la densité en *T. testudinum* et l'augmentation de la densité en *S. filiforme* observées depuis 2007 sont statistiquement significatives.
- La diversité et l'abondance des espèces d'invertébrés associés à l'herbier sont faibles.
- En 2014, la densité moyenne de lambis vivants est faible (1 individu / 100 m²). 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.

5.5 SUIVI SPECIFIQUE DES LAMBIS PAR VIDEO TRACTEE A L'ECHELLE DU LAGON

Les prises de vue vidéo ont été réalisées le long des 5 transects échantillonnés en 2013, orientés d'ouest en est (Figure 50), soit face au courant. Les profondeurs sont comprises entre 1,5-2 (transects 4 et 5) et 3-4 m (transects 1, 2 et 3).

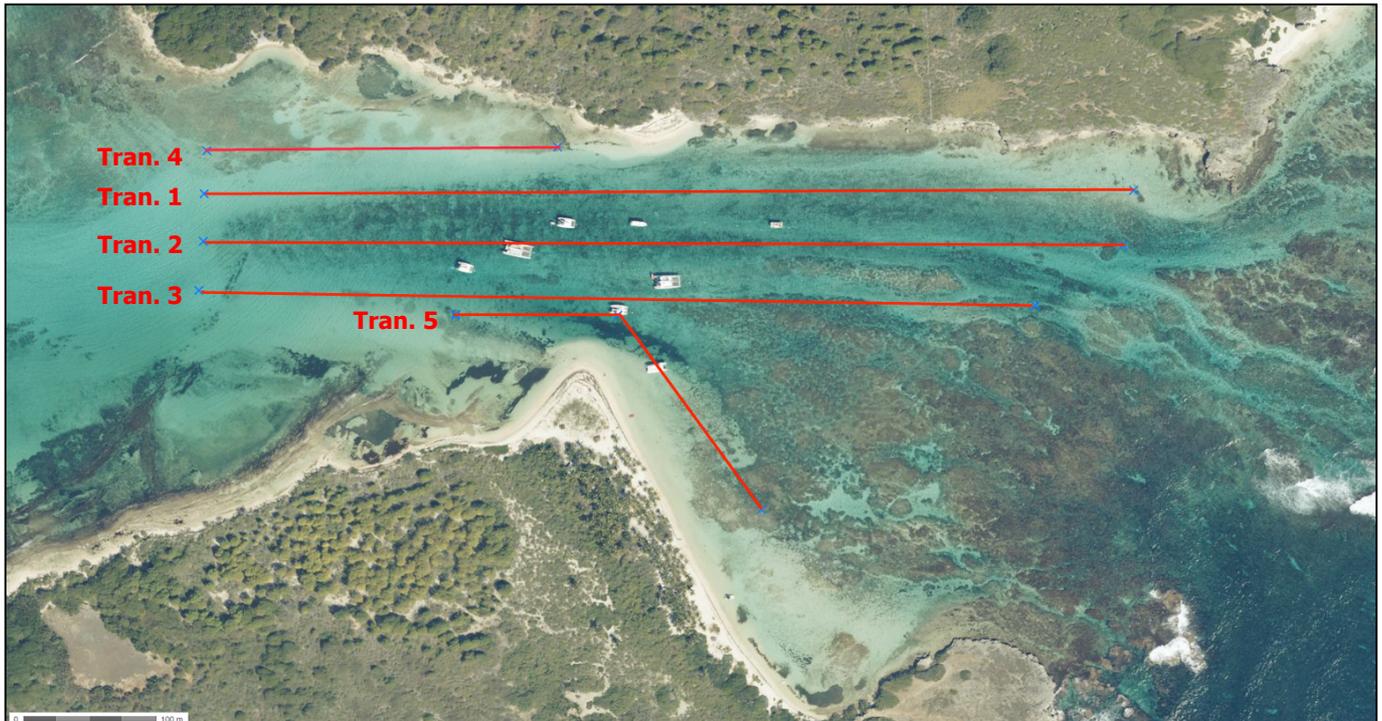


Figure 50 : localisation des transects d'échantillonnage

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

En 2014 : (Tableau 10, Figure 51)

- Sur l'ensemble des 5 transects, **255 individus** ont été observés, pour une superficie totale échantillonnée estimée à **4602 m²**. La densité moyenne sur le secteur du lagon étudié peut donc être estimée à 5,5 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 255 individus comptabilisés, **a minima 55 sont des lambis morts**. Il s'agit principalement d'individus de petite taille (47 ind.) et de taille moyenne (7 ind.), probablement prédatés par des chatrous (trous caractéristiques observés lors des plongées) ou autres (langoustes, poissons, crustacés, etc.). Un amoncellement de coquilles vides de petite taille a notamment été observé au pied d'un mouillage au niveau du transect 5 (Figure 52).

- Comme en 2013, on observe également de **fortes disparités selon les transects** : la grande majorité des individus a été observée le long du transect 3 (154 individus ; densité de 13,5 ind/100m²) et plus particulièrement au niveau de la zone de débris coralliens à l'est. Les lambis semblent y être concentrés en agrégats ou groupes. Inversement, sur le transect 4 situé au nord du lagon, à proximité de la station de suivie herbiers, 2 individus seulement ont été observés (densité de 0,7 ind/100m²), dont au minimum 1 mort. La superficie

échantillonnée est toutefois plus faible sur ce transect que le long des autres transects (273 m²).

- **La majorité des individus observés sont des juvéniles (<10 cm) ou dans une moindre mesure des individus sub-adultes (10-20 cm) sur l'ensemble des transects.** Sur les transects les plus au sud, les plus proches de la plage de Terre de Bas (transect 3 et 5), les juvéniles sont particulièrement abondants (respectivement 7,0 et 5,9 ind/100m²). Sur les transects 4 et 5, on observe uniquement des juvéniles et des subadultes. Ces transects sont les plus proches des côtes et correspondent aux profondeurs les plus faibles. Les densités d'individus adultes (>20 cm) sont relativement faibles : elle est maximale sur le transect 3 (1 ind/100m²).
- **Les lambis semblent préférentiellement se concentrer sur les zones de débris coralliens** que sur les autres habitats du lagon (algueraies, sable nu, etc.) La trop faible profondeur sur les zones d'herbiers n'a pas permis 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. 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). A noter également la présence de nombreux oursins blancs, notamment le long du transect 2.

Tableau 10 : synthèse des surfaces échantillonnées, nombre d'individus observés et densités sur les 5 transects en 2014

	Transect 1	Transect 2	Transect 3	Transect 4	Transect 5
Estimation de la surface échantillonnée (m ²)	1302	1394	1141	273	492
Nombre d'individus observés	9	60	154	2	30
Densité (ind./100 m ²)	0,7	4,3	13,5	0,7	6,1

	Juvenile (<10 cm)	Subadulte (10-20 cm)	Adulte (20 cm)	TOTAL
Tr. 1	3	0	0	3
Tr. 2	9	1	0	10
Tr. 3	8	4	1	13
Tr. 4	0	1	0	1
Tr. 5	27	1	0	28
	47	7	1	55

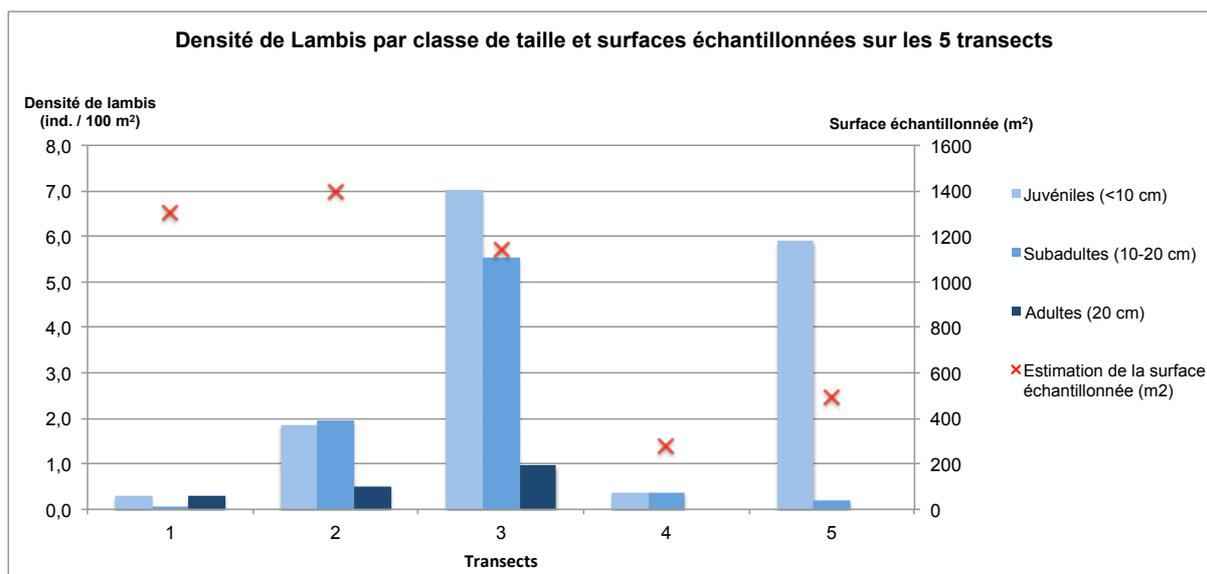


Figure 51 : densité de lambis par classe de taille sur les 5 transects en 2014 (ind./100 m²)

Entre 2013 et 2014 : (Figure 53, Figure 54)

Nb préliminaire : le rapport 2013 comporte une erreur en ce qui concerne la densité moyenne calculée: celle-ci est de 4,6 individus/100 m² (et non 22,5 individus/100 m²).

- **Les superficies totales échantillonnées en 2013 et 2014** (dépendantes de la largeur du champ de comptage et donc de la hauteur de la caméra par rapport au fond) **sont globalement équivalentes** (respectivement 4591 et 4602 m²). Elles peuvent toutefois être variables selon les transects (par exemple en ce qui concerne le transect 4 : 486 m² échantillonnés en 2013 contre 273 en 2014 du fait d'un champ de comptage plus réduit).
- **En 2014, la densité globale à l'échelle des 5 transects est supérieure à celle relevée en 2013** (respectivement 5,5 et 4,6 ind/100 m²).
- **En 2013 et 2014, le transect 3 et notamment les zones occupées par des débris à l'est, présente la densité de lambis la plus importante** : 146 individus et 13,6 ind/100m² en 2013 ; 154 individus et 13,5 ind/100m² en 2014.
- **Sur les transects 1, 2, 4 et 5, on observe une différence de densité en lambis entre 2013 et 2014. Celle-ci est particulièrement marquée sur le transect 2** : en 2013, ce transect correspondait à la densité la plus faible (0,3 ind/100m² : 4 individus observés dont au minimum 2 morts, malgré la surface échantillonnée relativement importante). En 2014, la densité s'élevait à 4,3 ind/100 m² (60 individus comptabilisés, dont a minima 10 morts).
- En 2013, les 3 classes de taille étaient globalement représentées dans des proportions similaires (excepté sur les transects 4 et 5). **En 2014, la densité en juvéniles est sensiblement plus élevée sur la majorité des transects**. A noter toutefois en ce qui concerne le transect 5 que la quasi totalité des individus observés étaient des individus morts (Figure 52). Les densités en individus de taille intermédiaires sont plus importantes en 2014 sur les transect 2 et 3.
- **Le nombre d'individus adultes observés en 2014 est très inférieur à celui de 2013** (2013 : 62 ind. contre 22 en 2014). La diminution de densité est particulièrement marquée sur le transect 3 (de 4,8 à 1 ind/100 m²).
- En 2013 et 2014, aucun individu adulte n'a été observé le long du transect 5, où la profondeur est réduite. De même en 2014, seuls des individus juvéniles et subadultes ont été observés sur le transect 4 également situé à proximité de la côte et très peu d'individus adultes en 2013.

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 à confirmer sur le long terme après plusieurs années de suivi (éventuellement par une analyse statistique).



Figure 52 : illustrations de prises de vue vidéo

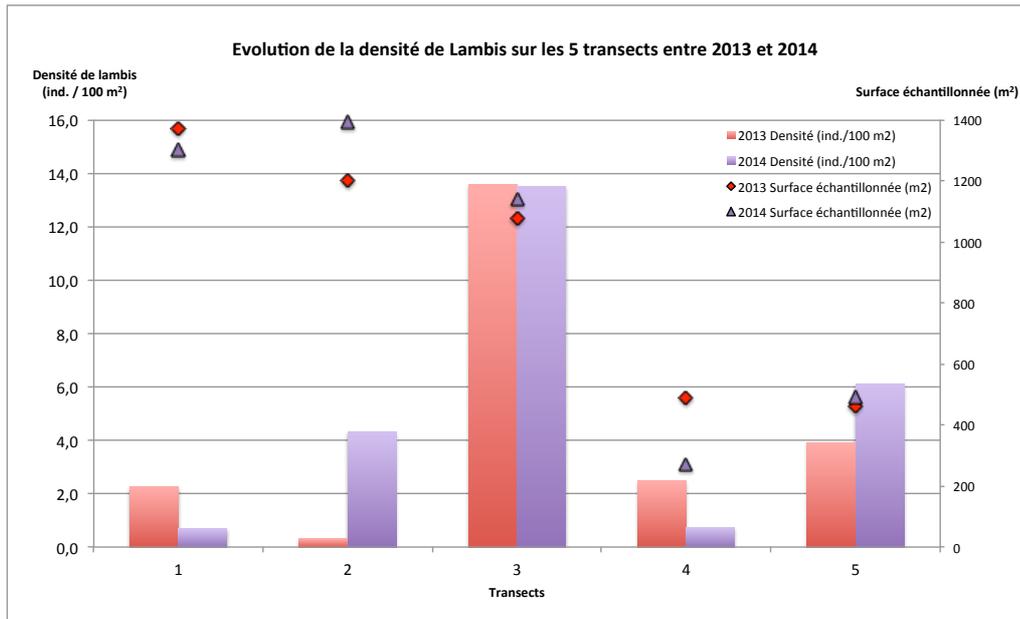


Figure 53 : Evolution de la densité de lambis sur les 5 transects entre 2013 et 2014 (ind./100 m²)

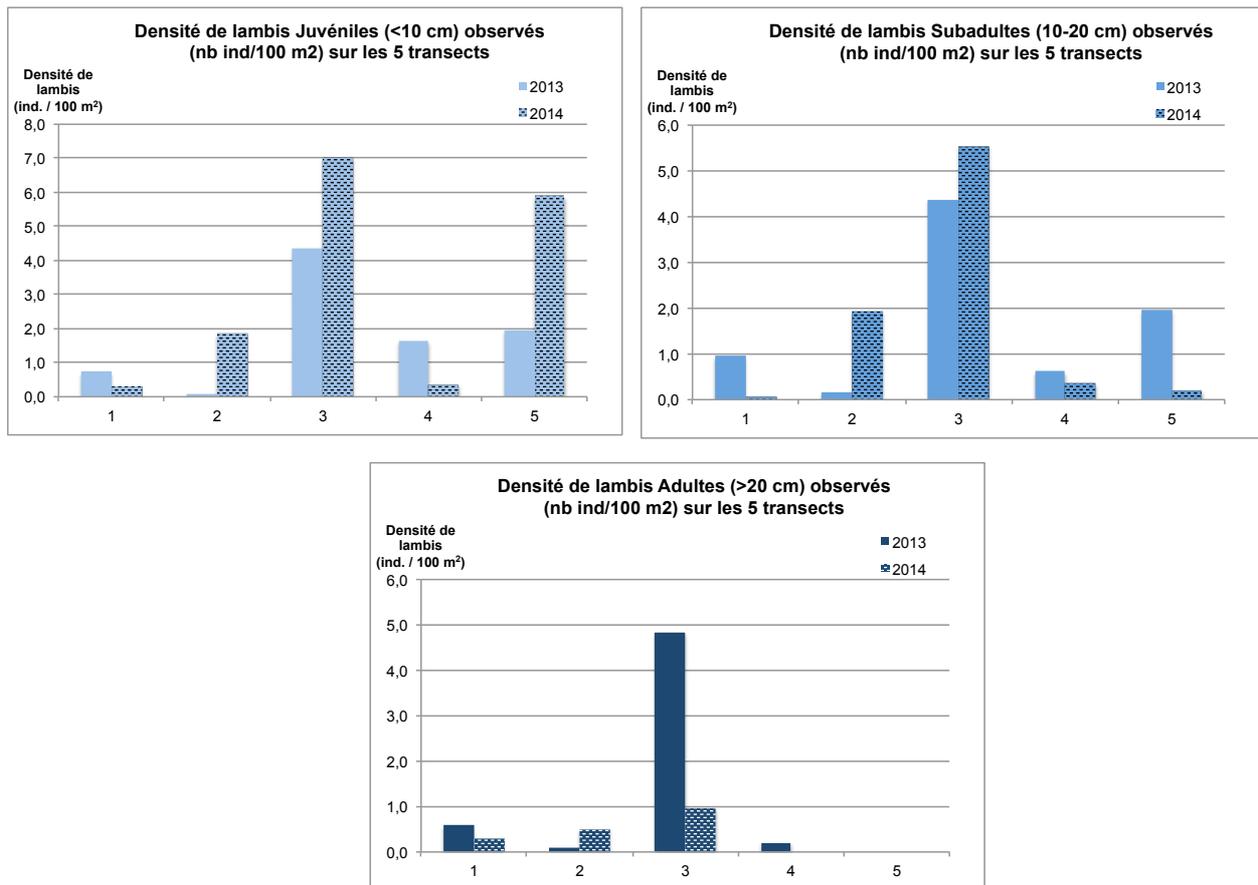


Figure 54 : Evolution de la densité de lambis par classe de taille sur les 5 transects entre 2013 et 2014

Mouil. 3 (Paradoxe) Mouil. 1 (Ti Manganao)
5.6 SUIVI DES CYANOPHYCÉES
Mouil. 2 (Frantz 3)

Mouil. 4 (Awak)

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 2014, 16 photo-quadrats ont ainsi été réalisés sous les 4 mouillages de la zone (Figure 55). A titre de comparaison, 8 photo-quadrats ont également été réalisés en dehors de la zone de mouillage. 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 56). 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 57).

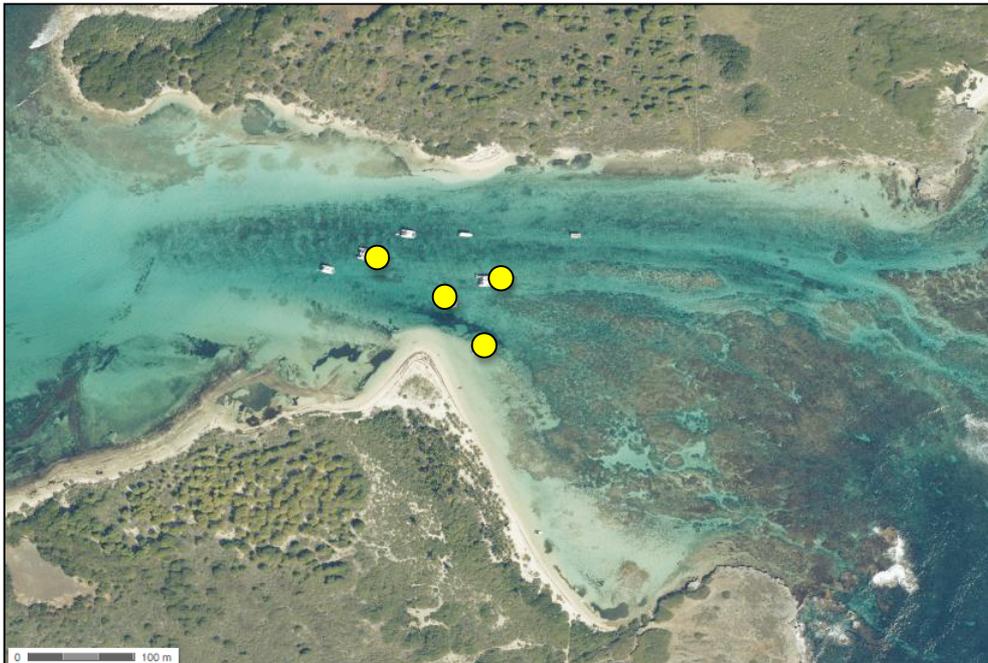


Figure 55 : Localisation des 4 mouillages suivis

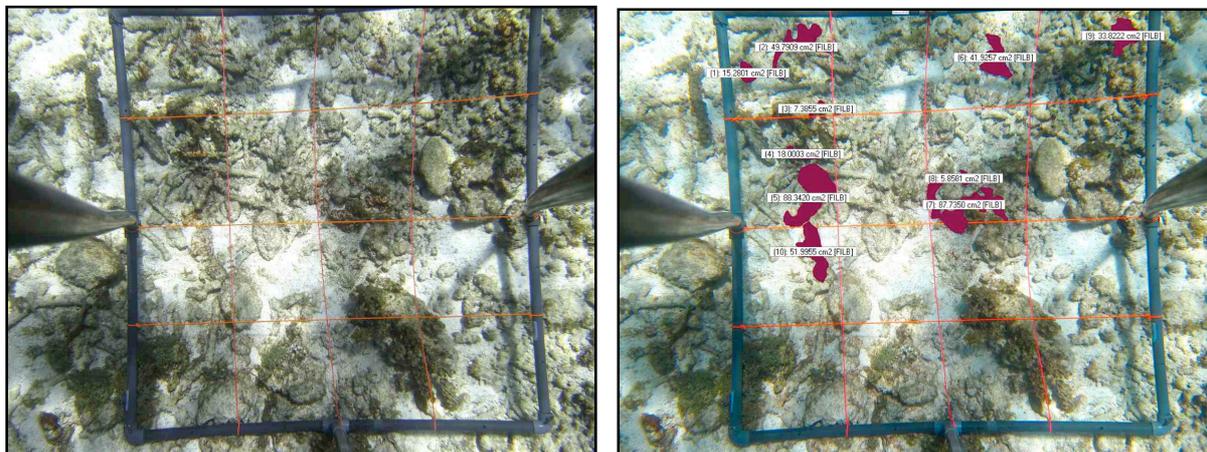


Figure 56 : photo-quadrat avant (a) et après (b) analyse CPCe

	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 57 : Indice de classification des épaisseurs du film de cyanophycées

En 2014, la couverture en cyanophycées apparaît variable selon les mouillages (Tableau 11). Les pourcentages de recouvrement varient de 11% (mouillage n°2 « Frantz 3 ») à 24% sur le mouillage le plus proche de la côte (mouillage n°4 « Awak »). L'épaisseur varie de façon concomitante. Sous le mouillage n°1 (« Ti Manganao »), les cyanophycées sont vertes et brunes et forment une couche relativement épaisse (de 1 à 5 mm ; indice d'épaisseur moyen 1,8) recouvrant les débris. Sous le mouillage 2 (« Frantz 3 »), l'épaisseur du film de cyanophycées brunes est plus faible (indice moyen : 1,3) et le film recouvre les macroalgues et les débris de manière assez localisée. Sous le mouillage 3 (« Paradoxe »), les cyanophycées sont peu présentes et d'une très faible épaisseur (indice moyen : 1). Elles forment un film fin recouvrant le sable et certaines parties des débris. Enfin, sous le mouillage 4 (« Awak »), le film de cyanophycées est beaucoup plus épais (indice moyen : 2,5) et recouvre une part importante des macroalgues et des débris.

Tableau 11 : Couverture en cyanophycée sous les 4 mouillages suivis (% et épaisseur)

	Couverture (%)	Code épaisseur (moyenne des quadrats)	Observations
Mouillage 1 (Ti Manganao)	19%	1,8	Film (cyano vertes et brunes) épais sur les débris
Mouillage 2 (Frantz 3)	11%	1,3	Film (cyano brunes) moyen à épais sur les débris
Mouillage 3 (Paradoxe)	12%	1,0	Film (cyano brunes) moyen à épais sur le sable et les débris
Mouillage 4 (Awak)	24%	2,5	Film (cyano brunes) épais sur le sable et les débris

Les photos-quadrats réalisés hors des zones de mouillage (Tableau 12) montrent des recouvrements plus élevés, allant jusqu'à 41% sous le quadrat 6. En revanche, le recouvrement est très fin (inférieur à 1 mm), excepté sous le quadrat 5 (1 à 5 mm), et homogène sur le sable.

Tableau 12 : Couverture en cyanophycée sur les quadrats hors mouillage (% et épaisseur)

	Quadrat Hors mouillage							
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
Aire moyenne (cm ²)	2981	1361	96	2210	3768	4114	1799	1496
Couverture (%)	27%	14%	1%	22%	38%	41%	18%	15%
Code épaisseur	1	1	1	1	2	1	1	1
Observations	Film (cyano brune) très fin, homogène sur le sable et le turf							

Evolution de la couverture en cyanophycées sous les mouillages : (Figure 58)

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 ont diminué en 2013 et cette diminution s'est poursuivie en 2014. Sous le mouillage n°1 (« Ti Manganao »), le recouvrement a augmenté en 2014 (19%) mais reste inférieur à la valeur maximale de 2011 (29%).

Sous le mouillage n°3 (« Paradoxe »), la couverture en cyanophycées a augmenté faiblement mais régulièrement depuis 2012, passant de 0% en 2012 à 12% en 2014.

La couverture en cyanobactéries s'est ainsi homogénéisée en 2014, avec des valeurs du même ordre de grandeur sous les quatre mouillages. L'épaisseur des couches est proche des valeurs observées en 2013. Le suivi de l'évolution est donc à poursuivre afin de s'assurer que la diminution du recouvrement au niveau des mouillages proches de la côte (n°2 « Frantz 3 » et n°4 « Awak ») se maintient.

Evolution de la couverture en cyanophycées sous les mouillages

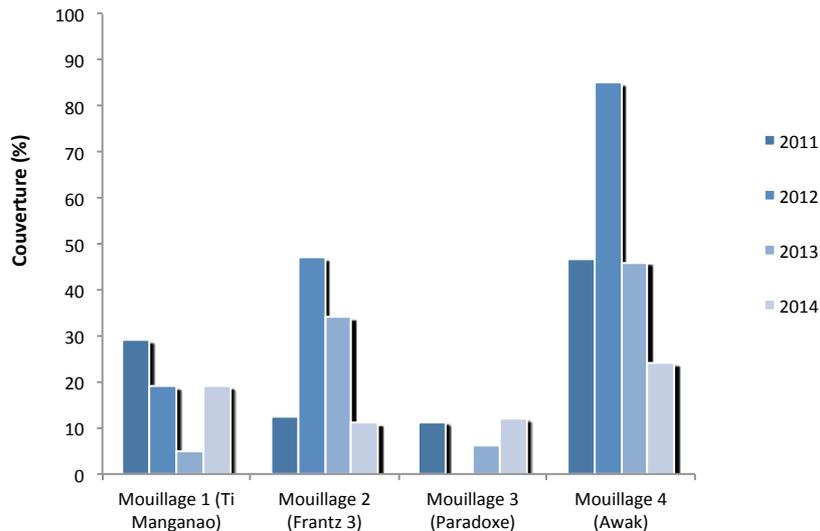


Figure 58 : Evolution de la couverture en Cyanophycées sous les mouillages de Petite Terre

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

Bien que les recouvrements en cyanophycées soient globalement supérieurs sous les quadrats hors mouillage en 2014, **la couverture est beaucoup plus dense et épaisse sous les mouillages**, et ce depuis 2011. La Figure 59 illustre les épaisseurs typiques des films de cyanobactéries dans chaque zone.

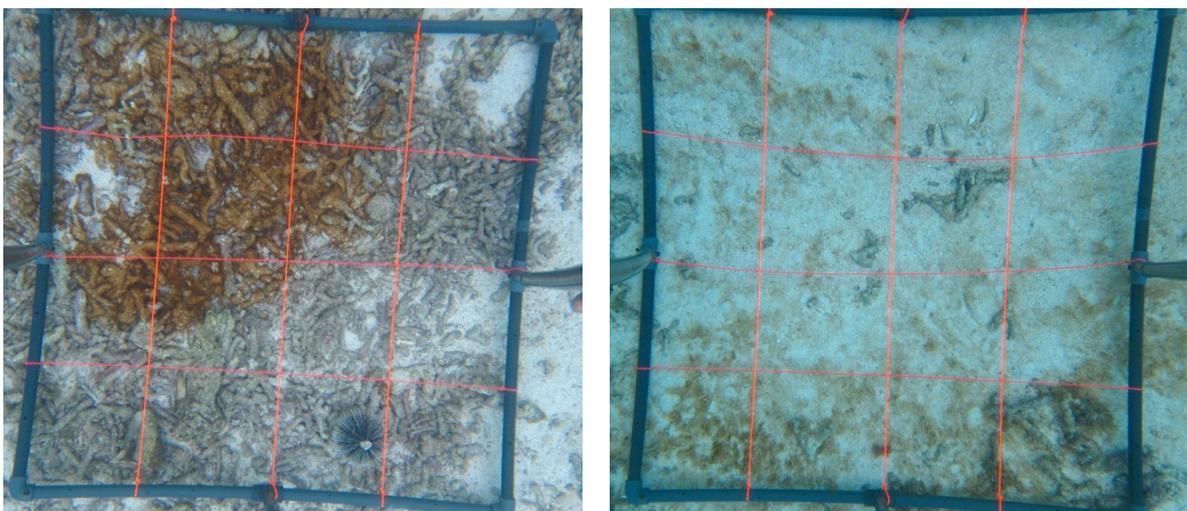


Figure 59 : Photoquadrats sous mouillage n°3 « Paradoxe » (à gauche) et hors mouillage (quadrat 9, à droite)

L'impact des mouillages sur les populations de cyanophycées semble donc se confirmer ; il conviendra de continuer à le surveiller.

6 SUIVI DE LA TEMPERATURE

6.1 LE PHENOMENE DE BLANCHISSEMENT CORALLIEN ET LA METHODE UTILISEE POUR EVALUER SON RISQUE

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

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

2/ Calcul du DHW (Degree Heating Weeks) : Le DHW est la moyenne bihebdomadaire des HotSpots. Le DHW s'additionne d'une semaine à l'autre, il est initialisé lorsque le HotSpot est supérieur ou égal à 1 °C. Au bout de 3 mois (12 semaines), on retranche ce HotSpot au DHW actuel. En effet, quand un blanchissement apparaît, les premiers DHW positifs (HotSpots supérieurs à 1 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 13).

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

Tableau 13 : 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.

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 rapidement. Ils sont alors rapidement recouverts par des algues et/ou deviennent des débris coralliens (selon la présence de courant et/ou de déferlement des vagues) plus ou moins rapidement.

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 2013 / 2014 : DONNEES NOAA

En 2013, fin septembre et fin octobre, la température a dépassé la valeur limite à partir de laquelle le risque de blanchissement apparaît tout en ne dépassant pas le niveau d'alerte « Bleaching Warning » (Figure 60 et Figure 61). Le niveau d'alerte blanchissement n'a pas été atteint. Par ailleurs, aucun blanchissement significatif n'a été observé lors des suivis en 2012.

En 2014, 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 2014.

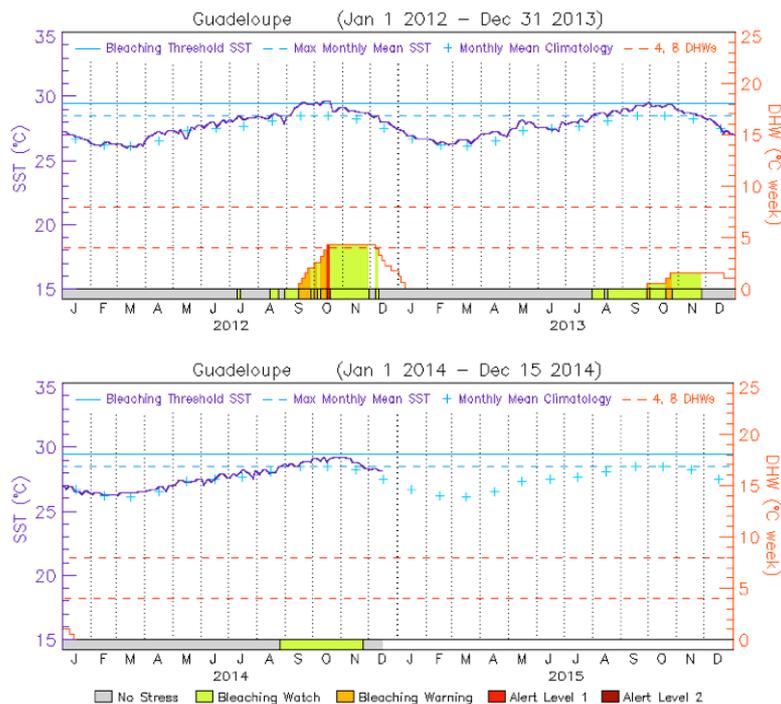


Figure 60 : Niveau d'alerte au blanchissement entre le 1^{er} janvier 2013 et le 15 décembre 2014 pour la Guadeloupe

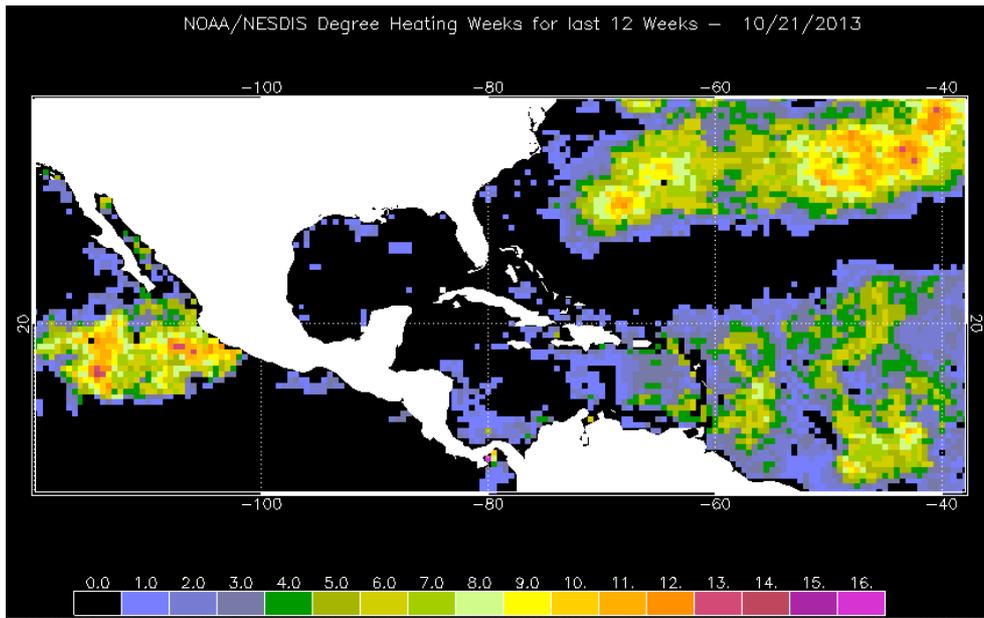


Figure 61 : Degree Heating Weeks pour la région Caraïbes au 21 octobre 2013 (Guadeloupe : DHW=1,55)

6.3 EVALUATION DU RISQUE DE BLANCHISSEMENT A PARTIR DES DONNEES DE TEMPERATURE COLLECTEES DANS LE CADRE DU SUIVI RESERVES NATURELLES

Les données enregistrées en continu entre 2013 et 2014 sur les 2 Réserves Naturelles de Saint-Martin et de Petite Terre ont été collectées durant la campagne de terrain d'août-septembre 2014. Le traitement de ces données, cumulées à celles collectées entre 2008 et 2013, 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).

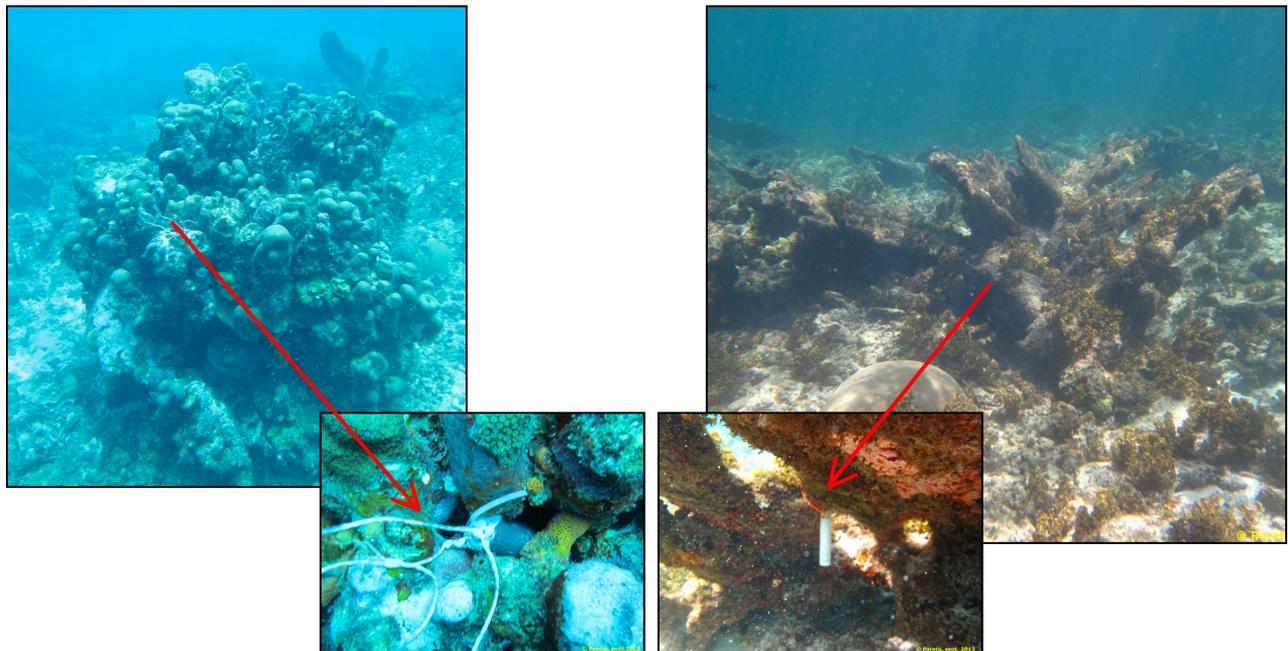


Figure 62 : Illustration des différentes implantations des enregistreurs de température (à gauche : Saint-Martin sur Chicot, à droite : Petite Terre)

Conformément à la méthode employée par la NOASS/NESDIS, l'année type est calculée pour avoir la température mensuelle la plus chaude et ainsi la température critique. Le calcul de l'année type pour les 2 réserves permet de mettre en évidence la similarité des variations saisonnières et de la valeur absolue de la température. La température moyenne est apparue légèrement plus élevée pour la station de Petite Terre, puisque la sonde se trouve à une profondeur assez faible (3 m contre environ 10 m pour l'autre sonde). Le mois le plus chaud est septembre, avec une température moyenne (température critique) de 29,0°C pour Saint-Martin et 29,1°C pour Petite-Terre (Figure 63).

Il convient, par la suite de prendre en considération le faible nombre d'années disponibles (6) pour construire l'année type. **L'année type ainsi obtenue n'est donc pas aussi robuste que nécessaire** (acquisition optimale d'à peu près 10 ans de données), notamment pour calculer la température critique. Le calcul des DHW en découlant est donc à prendre avec précaution.

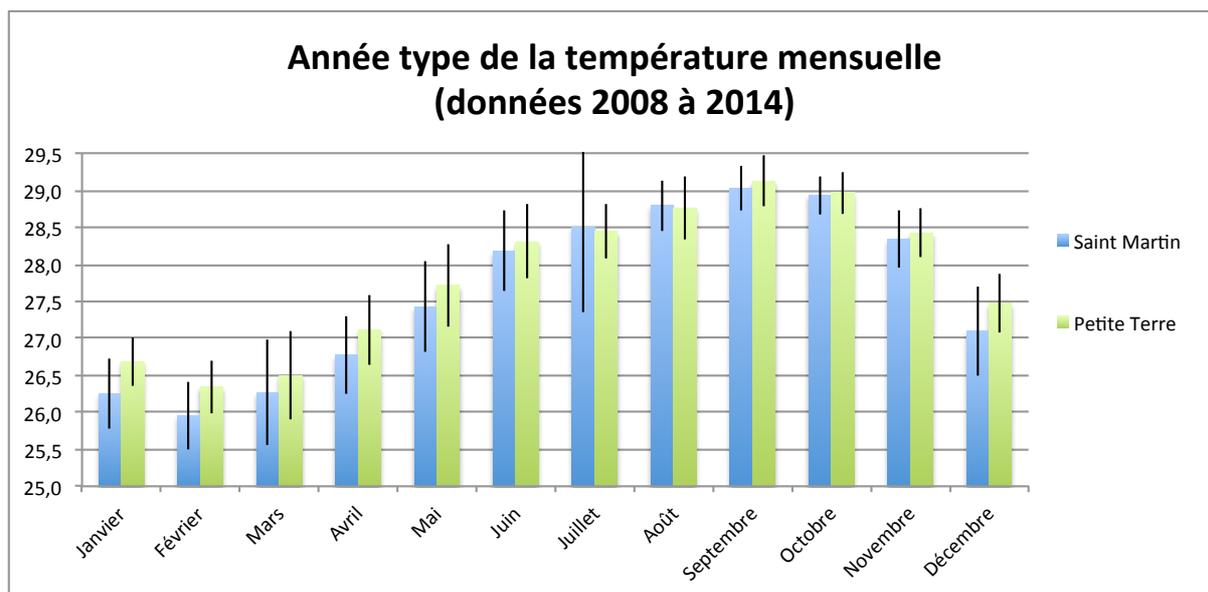


Figure 63 : Année type de la température mensuelle pour les 2 réserves, calculée entre 2008 et 2014 (température en °C)

Les DHW calculés pour l'année 2013 et 2014 n'ont jamais atteint 1 (Tableau 14 et Figure 64). Il n'y a donc pas de risque de blanchissement mis en évidence par les températures de surface de la mer mesurées entre septembre 2013 et 2014. 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, et ce dans les 2 réserves suivies.

Ainsi, depuis l'épisode de forte hausse de la température de la mer en octobre 2010 (données des sondes et données satellitaires de la NOAA), il n'y a pas eu d'anomalie de température pouvant laisser présager un blanchissement corallien dans la zone. Il est toutefois important de rester vigilant.

Tableau 14 : DHW et niveau d'alerte calculé de août-septembre 2013 à septembre 2014 à partir des sondes de température des 2 réserves

	Niveau d'alerte : année 2013	Niveau d'alerte: année 2014 (jusqu'en août-sept 2014)
Saint-Martin	Bleaching watch (0<HotSpot<1)	Bleaching watch (0<HotSpot<1)
Petite Terre	Bleaching watch (0<HotSpot<1)	Bleaching watch (0<HotSpot<1)

DEAL Guadeloupe

Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe et Saint-Martin
Année 2014 : état des lieux 2014 et évolution 2007-2014



Figure 64 : Courbe des températures issues des sondes des réserves de Saint-Martin et de Petite Terre depuis 2008 (entouré en rouge, anomalie de température 2010 déclenchant le « bleaching warning »)

7 COMPAGNONNAGE ET FORMATION

7.1 PRINCIPES ET RESULTATS DU COMPAGNONNAGE

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

Au cours des interventions, les personnels de chaque réserve ont ainsi pu se déplacer et réaliser des relevés au sein d'une ou plusieurs autres réserves. Les constitutions des équipes de terrain en 2014 et depuis 2007 sont présentées ci-dessous.

Tableau 15 : Composition des équipes de terrain en 2014

	Réserve de St-Martin	Réserve de Petite Terre
	15 au 18 septembre 2014	21-22 septembre 2014
Franck Roncuzzi (RNSM)	+	
Julien Chalifour (RNSM)	+	
Steeve Ruillet (RNSM)	+	+
Nicolas Maslach (RNSM)	+	
Julien Athanase (RNPT)	+	+
Eric Delcroix (RNPT)		+
Christelle Batailler (Pareto)	+	+

Tableau 16 : 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
Michel Tillmann	Parc National de Guadeloupe
Yannick Limouzin	Parc National de Guadeloupe
Claude Lefebvre	Parc National de Guadeloupe
René Dumont	Réserve de Petite Terre
Julien Athanase	Réserve de Petite Terre
Marion Diard	Réserve de Petite Terre
Fiona Roche	Réserve de Petite Terre
Eric Delcroix	Réserve de Petite Terre
Hervé Vitry	Réserve de Saint-Barthélemy
Franciane Lequellec	Réserve de Saint-Barthélemy
Julien Lequellec	Réserve de Saint-Barthélemy
Karl Questel	Réserve de Saint-Barthélemy
Franck Roncuzzi	Réserve de Saint-Martin
Nicolas Maslach	Réserve de Saint-Martin
Romain Renoux	Réserve de Saint-Martin
Pauline Malterre	Réserve de Saint-Martin
Steeve Ruillet	Réserve de Saint-Martin
Julien Chalifour	Réserve de Saint-Martin
Franck Mazeas	DEAL
Rémi Garnier	Pareto
Jean-Benoit Nicet	Pareto
Christelle Batailler	Pareto

En 2014, des échanges techniques et la formation aux protocoles de suivi des différents types de peuplements ont ainsi pu être réalisés :

- Des personnels de Saint-Martin ont participé au suivi à Petite-Terre ;
- Des personnels de Petite-Terre ont participé au suivi à Saint-Martin.

7.2 BILAN SUR LA FORMATION / ECHANGE DES PERSONNELS IMPLIQUES

Les échanges réalisés, ont permis aux personnels impliqués :

- De se former/se perfectionner aux techniques et protocoles mis en œuvre (nouveaux protocoles de suivi des herbiers et lambis notamment) ;
- 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 (ex : régulation du *Pterois volitans*) ;
- 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 DESTINES AU GRAND PUBLIC/DECIDEURS

À la demande de la DEAL, 2 supports de communication format A3 ont été réalisés. Ils illustrent, pour chaque réserve, les principales évolutions observées sur la période 2007-2014 et mettent en avant les évolutions positives mais également les points à surveiller pour chacune des réserves

Dans la mesure du possible, ces documents volontairement vulgarisés, ont vocation à être présentés aux différents gestionnaires et décideurs des réserves naturelles. Ils devraient constituer un bon outil d'aide à la décision dans la pérennisation et dans le renforcement du réseau.

Ces documents seront remis séparément au MO.

9 PERSPECTIVES

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

La présente étude clôture la 8^{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.

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 2014, ce nouveau protocole a été pérennisé.

Enfin, 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.

Bancarisation et traitement des données produites depuis 2007

Depuis 2007 l'ensemble des données brutes produites dans le cadre du réseau a été saisi et bancarisé par PARETO, pour le compte des membres du réseau. **Depuis 2011, l'ensemble des données a ainsi été bancarisé dans le logiciel CoReMo3** (www.coremo3). Le logiciel et l'extrait de la base de données concernant chaque réserve sont transmis à l'ensemble du réseau. Depuis 2010, ces partenaires 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.

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.**

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 sa 1^{ère} application, dans le cadre du rapport 2013. Certaines sont rappelées ci-dessous, complétées par quelques réflexions suite au suivi 2014.

Mise en œuvre du protocole

La matérialisation des radiales de manière pérenne s'est avérée problématique en 2013. Celles-ci avaient été matérialisées par des fers à béton et bouées (début, milieu et fin de radiale). A Saint-Martin notamment, le substrat sableux particulièrement meuble et la fréquentation des sites rendent incertains la pérennisation de ce type de marquage. En 2014, seuls quelques piquets ont pu être retrouvés aussi bien à Saint-Martin qu'à Petite Terre. Les radiales ont été positionnées dans la mesure du possible au plus proche de celles installées en 2013. A Saint-Martin, des vis à sable, surmontées de flotteur ont été utilisées cette année pour matérialiser les radiales de manière plus « robuste ». Les coordonnées GPS de début et de fin des radiales ont été relevées. A Petite Terre, les coordonnées GPS de début, fin et changement d'orientation des radiales ont été relevées. Un système de matérialisation des radiales plus adapté est en cours de réflexion et devrait être installé par les agents de la RNPT avant le prochain suivi, sur la base des coordonnées indiquées dans le présent rapport.

En ce qui concerne les indices des paramètres globaux, les observateurs ont évalué un degré/niveau (et non une catégorie) et une moyenne des 3 indices a été calculée par station. Or, plusieurs indices peuvent correspondre pour un même paramètre sur une radiale, notamment pour l'épibiose (il peut y avoir sur la même radiale à la fois des algues calcaires, indice 2, et des algues filamenteuses, indice 3). Il s'agirait donc plutôt de prendre en compte la catégorie et non le degré/niveau. Ce point sera à préciser pour les prochains suivis.

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 minima réalisé par 4 plongeurs en simultanément. **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 comme expliqué ci-dessus, 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 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 » en 2013 et 2014

Mise en œuvre du protocole

La mise en œuvre du protocole par vidéo tractée a permis de couvrir des superficies relativement importantes (surface d'échantillonnage finale en 2014 : 4602 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 semble 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.

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 2014, densité de 1 individu vivant/ 100 m² et 1,7 individus mort / 100 m² sur la station herbier ; densité totale de 5,5 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).

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 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 2015

Les campagnes de 2015 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). La station de Chicot a fait l'objet d'une matérialisation par des piquets implantés tous les 10 m dans le cadre du suivi DCE. Le transect matérialisé est ainsi utilisé dans le cadre du suivi des Réserves.

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 station hors réserve. Pour limiter le coût financier de l'ajout de stations, il peut être envisagé un pas de temps de suivi plus large (2 ou 3 ans) pour ces stations supplémentaires.

Suivi « herbiers » : la faisabilité de la mise en œuvre du nouveau protocole semble validée après 2 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 en 2013 et 2014 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). 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 gestionnaires.

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 règlementaires 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'Ifreco 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).

10 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'Outre-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.

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 (2013) Suivi de l'état de santé des réserve 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 réserve 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 réserve 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, CRPME, 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.

DEAL Guadeloupe

Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe et Saint-Martin
Année 2014 : état des lieux 2014 et évolution 2007-2014

ANNEXES

Annexe 1 : éléments généraux sur les réserves naturelles marines de Petite Terre et Saint-Martin



LOCALISATION

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

Superficie : 990 ha, dont 149 en partie terrestre

REGIME FONCIER ET REGLEMENTAIRE

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

Patrimoine biologique :

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



Posternaque américaine (*Dasyatis americana*)



Iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*)

Patrimoine paysager :

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

Gestion :

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

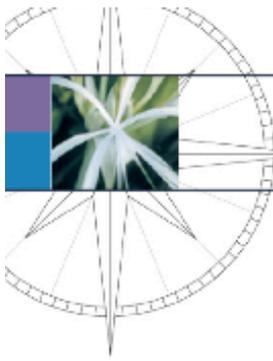
Informations pratiques :

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

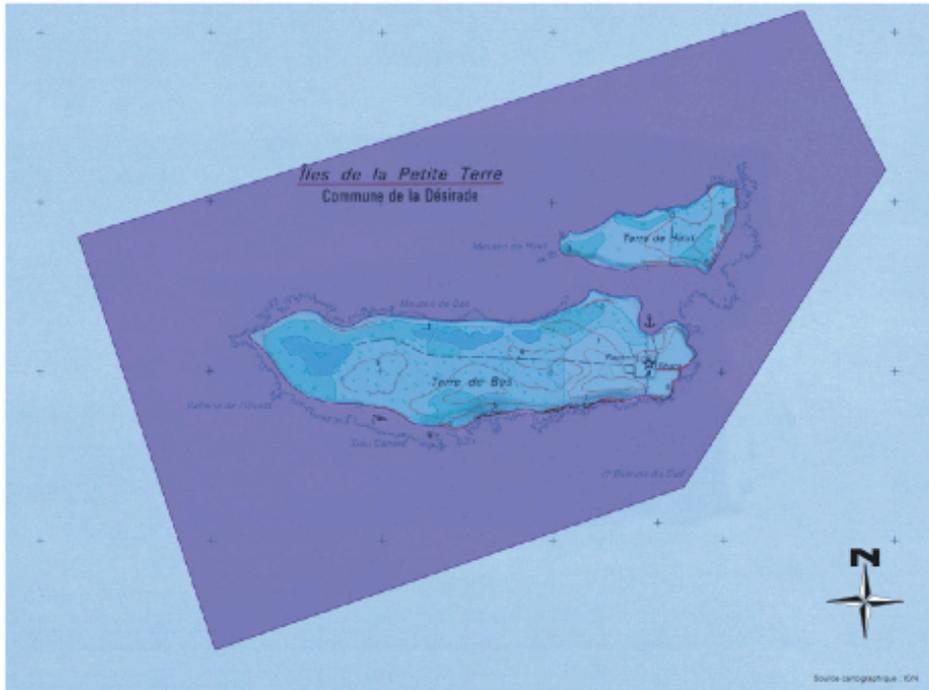


ATLAS DU PATRIMOINE GUADELOUPEEN : ESPACES NATURELS ET PAYSAGES





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



Echelle : 1 / 33 000

 partie marine  partie terrestre



ATLAS DU PATRIMOINE GUADELOUPEEN : ESPACES NATURELS ET PAYSAGES



LOCALISATION

Désignation :
commune de Saint-Martin
terrains formant les 50 géométriques autour des îlets de Tintamarre, Pinel, Caye Verte, Petite Clef, autour des caps d'Eastern-Point, Bell Point, et près de la Baie de l'Embouchure. Secteurs de mer territoriale, étangs communiquant avec l'océan (Salines d'Orient et Etang aux Poissons)



Côte nord de l'île Tintamarre

Superficie : 3 060 ha, dont 153 en partie terrestres

REGIME FONCIER ET REGLEMENTAIRE

Type de protection : **décret ministériel n° 98-802 du 3 septembre 1998**

Propriétaire : Etat (DPM⁽¹⁾, DPL⁽²⁾) et 50 pas géométriques

Gestionnaire : Association de gestion de la Réserve Naturelle de Saint-Martin (AGRNSM)

Autres types de protection ou inventaire : ZNIEFF de type I

Patrimoine biologique :

Cette réserve présente trois écosystèmes marins et côtiers juxtaposés comme cela est assez souvent le cas dans la Caraïbe : mangroves, herbiers de phanérogames marines, récifs coralliens. Les deux derniers, d'une grande qualité, ont été fragilisés par la pression anthropique. Leur protection devrait permettre la restauration des populations de poissons et de lambris.

La mangrove (dominée par le palétuvier rouge, *Rhizophora mangle*) et les étangs salés constituent autant de zones de nurserie pour les alevins. Ils fournissent également nourriture et abri pour de nombreux oiseaux (une cinquantaine d'espèces dont, principalement, les limicoles, les parulines, les hérons).

Les tortues marines fréquentent les grandes plages de la côte orientale et les îlets pour la ponte.

Patrimoine paysager :

L'ensemble des parties terrestres retenues dans le périmètre de la réserve figure parmi les derniers sites de Saint-Martin épargnés par la forte pression immobilière.

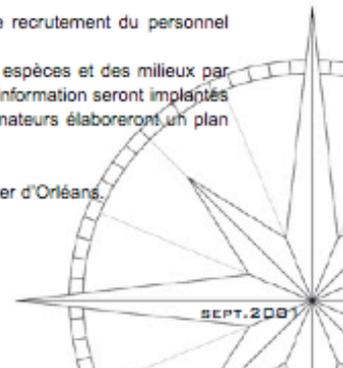
Gestion :

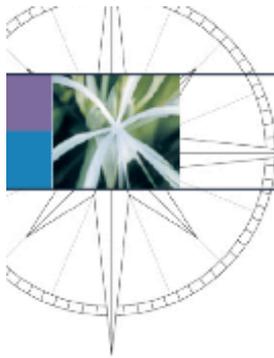
La délimitation des parties marines et terrestres de cette réserve ainsi que le recrutement du personnel constituent

les objectifs principaux du gestionnaire pour l'année 2001. La surveillance des espèces et des milieux par le biais d'études et d'inventaires forme un autre axe prioritaire. Des panneaux d'information seront implantés sur les plages fréquentées par les visiteurs. Le conservateur et les gardes animateurs élaboreront un plan de gestion afin de mener à bien ces différents objectifs.

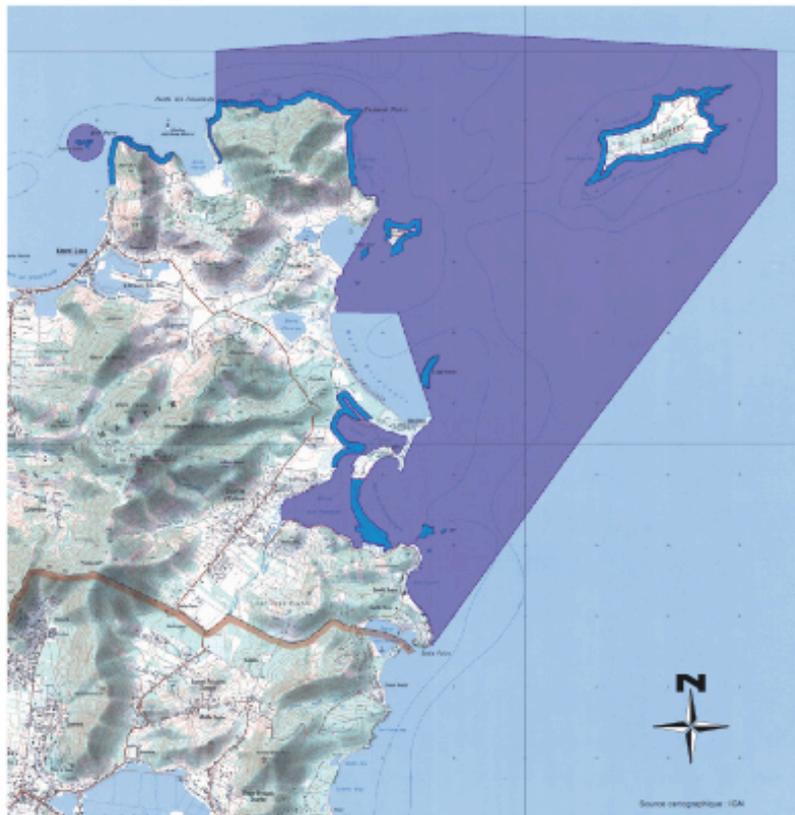
Informations pratiques : Le siège de la Réserve Naturelle est situé au Quartier d'Orléans.

(1) Domaine Public Maritime
(2) Domaine Public Localité





RESERVE NATURELLE DE SAINT-MARTIN (TERRESTRE ET MARINE)



Echelle : 1 / 65 000

partie marine partie terrestre



ATLAS DU PATRIMOINE GUADELOUPEEN : ESPACES NATURELS ET PAYSAGES

Annexe 2 : 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 PEUPEMENT BENTHIQUE

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

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

Descripteur	Code (niveau intermédiaire Reef Check)	Descripteur	Notes
Corail vivant	HC / SC	Hard 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 calcaire encroûtée	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 envasés, aucune espèce sensible.

PARAMETRE N°5 : INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

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

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

Ces informations permettront :

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

PARAMETRE N°6 : BLANCHISSEMENT CORALLIEN

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

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

Effort d'échantillonnage : 300 points au total par station, soit 50 points par transect de 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 diadémés est comptabilisé visuellement par quadrat.

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

DEAL Guadeloupe

Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe et Saint-Martin
Année 2014 : état des lieux 2014 et évolution 2007-2014

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 commercial
Herbivores	Za wag flamand	<i>Scarus guacamaia</i>	Scaridae	A
	Peroquet rayé	<i>Scarus lerti</i>	Scaridae	A
	Peroquet princesse	<i>Scarus taeniopterus</i>	Scaridae	A
	Peroquet royal	<i>Scarus vetula</i>	Scaridae	A
	Peroquet tâche verte	<i>Sparisoma atomarium</i>	Scaridae	A
	Peroquet bandes rouges	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	Scaridae	A
	Peroquet queue rouge	<i>Sparisoma chrysopterygum</i>	Scaridae	A
	Peroquet des herbiers	<i>Sparisoma radians</i>	Scaridae	A
	Peroquet queue jaune	<i>Sparisoma rubripinna</i>	Scaridae	A
	Peroquet feu tricolore	<i>Sparisoma viride</i>	Scaridae	A
	Chirurgien noir	<i>Acanthurus bahianus</i>	Acanthuridae	A
	Chirurgien rayé	<i>Acanthurus chirurgus</i>	Acanthuridae	A
	Chirurgien bleu	<i>Acanthurus coeruleus</i>	Acanthuridae	Q
Planctonophages	Chromis bleu	<i>Chromis cyanea</i>	Pomacentridae	Q
	Chromis blanc	<i>Chromis multilineata</i>	Pomacentridae	Q
	Demoiselle queue jaune	<i>Microspathodon chrysurus</i>	Pomacentridae	Q
	Demoiselle brune	<i>Stegastes dorsopunctatus</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 Pinocchio	<i>Chaetodon aculeatus</i>	Chaetodontidae	Q
	Poisson papillon 4 yeux	<i>Chaetodon capistratus</i>	Chaetodontidae	Q
	Poisson papillon ocellé	<i>Chaetodon ocellatus</i>	Chaetodontidae	Q
	Poisson papillon pyjama	<i>Chaetodon striatus</i>	Chaetodontidae	Q
	Poisson ange royal	<i>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 dorée	<i>Haemulon aurolineatum</i>	Haemulidae	A
	Gorette charbonnée	<i>Haemulon carbonarium</i>	Haemulidae	A
	Gorette or argent	<i>Haemulon chrysargyreum</i>	Haemulidae	A
	Gorette jaune	<i>Haemulon flavolineatum</i>	Haemulidae	A
	Gorette blanche	<i>Haemulon plumieri</i>	Haemulidae	A
	Gorette bleue	<i>Haemulon sciurus</i>	Haemulidae	A
	Poisson trompette	<i>Aulostomus maculatus</i>	Aulostomidae	Q
	Captaine cayenne	<i>Bodianus rufus</i>	Labridae	A
	Captaine	<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 w ayack	<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
	Wallia	<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.

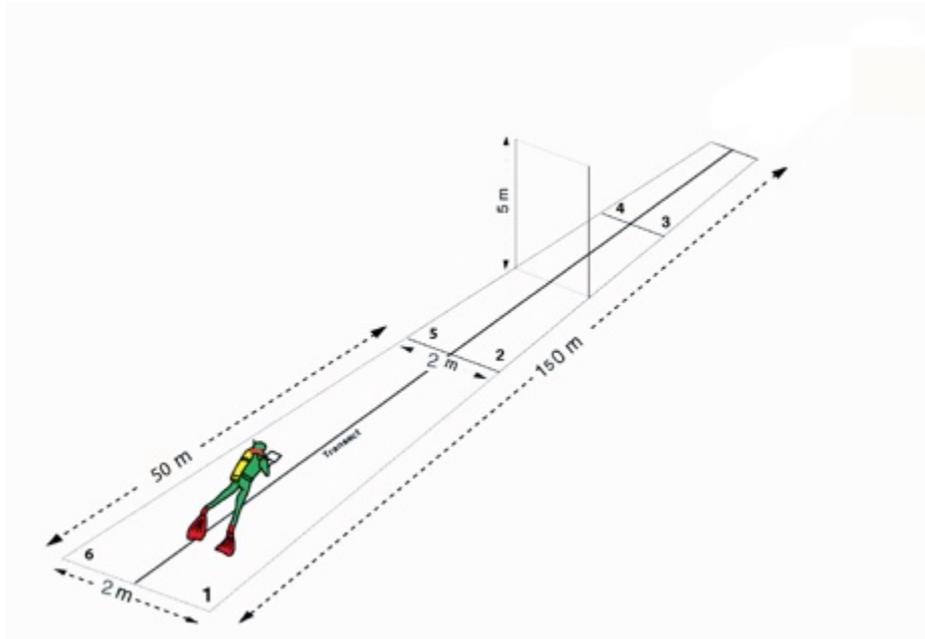


Schéma d'un bande-transect adapté d'après Y. BOUCHON.

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.

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. 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 microfaisce.
- 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 microfaisces 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 patches.

**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'elle 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- RELEVÉS SUR TRANSECT LIT (LINE INTERSECT TRANSECT):

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

PARAMÈTRE 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- RELEVÉS SUR QUADRATS**

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

Le plongeur réalise 10 quadrats par radiale (un par section de 5m). Les quadrats sont effectués au hasard de part et d'autre de la radiale. Les quadrats sont positionnés dans les patches d'herbier par tranche de 5 mètres sur la radiale de manière à disposer d'une description des abondances et répartition des espèces et des longueurs sur l'ensemble de la radiale. Pour éviter le problème d'une pose pseudo-aléatoire, une valeur est tirée au hasard (parmi 0, 1, 2, 3, 4 pour la 1^{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 sont notés. Dans le cas où pratiquement toutes les extrémités des feuilles sont cassées/broutées, la valeur de la longueur du faisceaux 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 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. Le dispositif de vidéo tractée a été mis à la disposition de la RNPT par le CRPME.

La méthodologie est la même que celle utilisée par le CRPME 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 TEMPÉRATURE 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.