



MASTER SML

SCIENCES DE LA MER ET DU LITTORAL

MENTION

EXPERTISE ET GESTION DE
L'ENVIRONNEMENT LITTORAL

Schmitt Aurélien

Cartographie des habitats épibenthiques de l'îlet Pinel et de leurs états de santé



Réserve Naturelle Nationale
de Saint-Martin

Mémoire de stage de Master 2

Année Universitaire 2012-2013

Structure d'accueil : [Réserve Naturelle Nationale de Saint Martin](#)

Tuteur universitaire : Christian Hily & Iwan Le berre

Maître de stage : Julien Chalifour

Homme, nul n'a sondé le fond de tes abîmes;
O mer, nul ne connaît tes richesses intimes,
Tant vous êtes jaloux de garder vos secrets!

Charles Baudelaire

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Julien Chalifour, chargé de mission scientifique, et Nicolas Maslach, conservateur de la réserve, pour m'avoir permis de réaliser ce stage et les suivis scientifiques de la réserve, ainsi que pour leurs conseils et leur encadrement tout au long de ce stage.

Je remercie également Iwan Le Berre et Christian Hily, tuteurs universitaires de ce stage, pour leur aide et précieux conseils.

Je remercie également toute l'équipe de la réserve pour leur confiance et l'aide apportée lors de la préparation des sorties de terrain. Je remercie Steeve Ruillet et Christophe Joe pour m'avoir permis d'approfondir ma découverte de la réserve et ses mystères lors de leurs sorties terrain, Franck Roncuzzi pour m'avoir laissé utiliser le matériel de la réserve ainsi que Romain Renoux pour son accueil et son aide au début du stage. Je remercie aussi Béatrice Galdi, chargée de mission au Conservatoire du Littoral à Saint Martin et Saint Barthélemy, pour m'avoir fait découvrir la noblesse de tous ces métiers ainsi que les joies de l'administration.

Je remercie toute l'équipe d'enseignants de ma formation, pour leur dévouement et leur partage d'expériences, qui m'ont permis d'évoluer au cours de ces deux années de Master.

Je remercie enfin l'équipe stagiaire de la réserve naturelle (Tommy, Blanche, Margot et Tom) pour leur soutien, leur aide dans la découverte de l'île et pour m'avoir fait prendre conscience que soulagé, Antoine Chapon l'est.

Sommaire

Introduction	7
1. Matériels et méthodes	9
1.1 Relevés terrain	10
1.1.1 Radiales et procédure d'observation	10
1.1.2 Indices pris en compte	11
1.2 Données du SIG et créations cartographiques	12
1.2.1 Logiciel utilisé et données disponibles	12
1.2.2 Cartographie bathymétrique	12
1.2.3 Couches des radiales	12
1.2.4 Carte des habitats épibenthiques	13
1.2.4 Carte de l'état de santé	16
1.2.4.1 Etat de référence	16
1.2.4.2 Notation	17
1.2.4 Carte de l'intérêt écologique des fonds marins de l'îlet Pinel	17
2. Résultats	19
2.1 Relevés de terrain	20
2.2 Description des habitats des communautés épibenthiques	20
2.3 Carte des habitats des communautés épibenthiques	28
2.3.1 Surfaces et part des habitats des communautés épibenthiques	28
2.4 Estimation de l'état de santé des habitats des communautés épibenthiques	32

2.5 Intérêt écologique des fonds marins de l'îlet Pinel.....	34
3. Discussions	36
3.1 Comparaison avec la cartographie des biocénoses marines de la réserve naturelle de Saint-Martin.....	37
3.2 Facteurs pouvant être à l'origine de l'état de santé des habitats.	39
3.2.1 Facteurs à l'échelle globale.....	39
3.2.2 Facteurs à l'échelle locale	40
3.3 Perspectives et propositions de gestion	42
3.3.1 Propositions d'actions.....	42
3.3.2 Propositions de suivis.....	43
Conclusion.....	44
Bibliographie.....	45

Liste de cartes

carte 1 : Localisation de l'île de Saint Martin (source : DIREN Guadeloupe ; conception : Cuzange).....	8
carte 2 : Espaces naturels protégés à Saint Martin	8
carte 3 : Localisation des radiales autour de l'îlet Pinel	10
carte 4 : Habitats des communautés épibenthiques de l'îlet Pinel	30
carte 5 : Etat de santé des habitats des communautés benthiques	33
carte 6 : carte de l'intérêt écologique des fonds marins de l'îlet Pinel	35
carte 7 : Circulation générale des courants en	39
carte 8 : zone draguée près de l'îlet Pinel	42

Liste des figures

Figure 1 : Matériel utilisé pour les relevés de terrain	11
Figure 2: Roche.....	20
Figure 3 : Communauté corallienne mixte sur roche.....	20
Figure 4 : Communauté corallienne mixte	21
Figure 5 : Communauté corallienne mixte	21
Figure 6 : Faciès d' <i>Acropora palmata</i> sur dalle corallienne	21
Figure 7 : Faciès de <i>Montasrea sp.</i> sur dalle corallienne	22
Figure 8 : Faciès de <i>Montasrea sp.</i> sur dalle corallienne	22
Figure 9 : Faciès de <i>Millepora sp.</i> sur dalle corallienne.....	22
Figure 10 : Faciès de <i>Millepora sp.</i> sur dalle corallienne	22
Figure 11 : Gorgones éventails sur dalle corallienne.....	23
Figure 12 : Gorgones cierges sur dalle corallienne.....	23
Figure 13 : Macroalgues molles sur roche	23
Figure 14 : Macroalgues molles sur dalle corallienne	24
Figure 15 : Macroalgues molles sur dalle corallienne,	24
Figure 16 : Faciès de cyanobactéries	24
Figure 17 : Faciès de cyanobactéries	24

Figure 18 : Faciès de cyanobactéries sur sédiments	25
Figure 19 : Faciès de cyanobactéries sur sédiments	25
Figure 20 : Macroalgues calcaires sur sédiments	25
Figure 21 : Macroalgues calcaires sur dalle corallienne.....	25
Figure 22 : herbier mixte de phanérogames marines	26
Figure 23 : herbier mixte de phanérogames marines	26
Figure 24 : herbier monospécifique	26
Figure 25 : herbier monospécifique	26
Figure 26 : herbier monospécifique de <i>Syringodium filiforme</i>	27
Figure 27 : herbier monospécifique de <i>Syringodium filiforme</i>	27
Figure 28 : Répartition des habitats épibenthiques sur substrats meubles	29
Figure 29 : Répartition des habitats épibenthiques sur substrats durs	29
Figure 30 : Répartition de l'estimation l'état de santé des habitats des communautés épibenthiques	32
Figure 31 : Comparaison entre 2007 et 2013 de la part des habitats épibenthiques cartographié par télédétection	37
Figure 32 : Orthophoto de l'îlet Pinel	40
Figure 33 : Photo aérienne de l'îlet Pinel et ses environs en 1947	40
Figure 34 : Modèle de dominance relative des principaux producteurs primaires	41
Liste des tableaux	
Tableau 1 : Typologie des habitats épibenthiques infralittorales sur substrats meubles	14
Tableau 2 : Typologie des habitats épibenthiques infralittorales sur substrats durs	15
Tableau 3 : échelles et descripteurs traduisant l'intérêt écologique	18
Tableau 4 : surfaces des habitats des communautés épibenthiques	28
Tableau 5 : Répartition de l'intérêt écologique des fonds marins de l'îlet Pinel.....	34

Introduction

L'île de Saint Martin se situe au nord de l'arc Antillais et est intercalée entre l'île d'Anguilla au nord et Saint Barthélémy au sud. D'une superficie de 93 km², sa gestion administrative divise le territoire en deux parties, une hollandaise au sud (Sint Maarten), et une autre française au nord, qui représente les 3/5^{ème} de l'île. La réserve naturelle nationale de Saint Martin quant à elle occupe la partie exposée aux houles allant de Oyster pond au sud à la pointe de Red Rock au nord, jusqu'à l'îlet de Tintamarre au large. D'une superficie de 3054 hectares elle est principalement marine (92% de sa surface), tandis que les parties lacustres et terrestres représentent respectivement 3% et 5%.

Elle fait donc partie des 3.89% des espaces protégés de la mer des Caraïbes et est considérée comme un « *large marine ecosystem* » (Heileman, 2006). En tant que hot spot de la biodiversité (Myers, 2000), celui-ci abrite des écosystèmes marins et une diversité spécifique parmi les plus riches au niveau mondial, grâce à son isolement géographique avec la formation de l'isthme de Panama il y a 3 millions d'années durant le Pliocène. Ses patrimoines écologiques tels que les herbiers de phanérogames marines ou les récifs coralliens restent protégés à l'échelle de la Caraïbe par la convention de Carthagène de 1983.

Cependant le développement économique et démographique engendre des pressions anthropiques de plus en plus fortes sur ces milieux naturels. L'île de Saint Martin en est un bon exemple. Constitués essentiellement d'herbiers en bon état alors que les formations coralliennes sont peu développées et de type frangeant (Bouchon, 2002), ces riches écosystèmes (Diaz, 2009) abritant plus de 800 espèces (Maréchal, 2012) restent cependant exposés à de fortes et permanentes pressions anthropiques. En effet, selon l'INSEE, la partie française de l'île a vu sa population officielle multipliée par 4.5 entre 1982 et 2009. De plus, avec 677.8 habitants/km² Saint Martin reste l'île la plus densément peuplée des Antilles françaises. Parallèlement, le tourisme en tant que première activité économique de l'île, est à l'origine d'une forte urbanisation légale et illégale des littoraux, s'accompagnant bien souvent d'une gestion inefficace des problématique de traitement des eaux (Diaz, 2009). Ainsi, l'îlet de Pinel, classé réserve naturelle nationale selon l'article 1^{er} du décret 98-802 du 3 septembre 1998, est évidemment concerné par ces problématiques de par sa proximité avec la côte et la fréquentation touristique quotidienne estimée à 200 à 300 personnes en basse saison, et de 400 à 500 personnes en haute saison (Bressaud, 2004).

Face à ces enjeux, la réserve naturelle nationale de Saint Martin a pour principal objectif de « maintenir la biodiversité et la préservation des différents écosystèmes marins et terrestres ». C'est pour cela qu'il a été décidé de réaliser une cartographie des écosystèmes des communautés épibenthiques (ensemble des organismes marins vivant à la surface du substrat), autour de l'îlet Pinel. Cette étude répond également à l'un des sept objectifs de la réserve qui est « l'amélioration des connaissances sur les espaces et espèces protégées (descriptif et dynamique) » (Diaz, 2009). Ce diagnostic apportera une aide à la prise de décisions pour l'élaboration et la mise en œuvre de différentes mesures de gestion dédiées à la conservation de ces milieux naturels. Ainsi, après avoir expliqué la méthodologie de cartographies mise en œuvre, ce rapport abordera les principales pressions globales et locales identifiées comme pouvant être à l'origine de dégradations et présentera des propositions de gestion pour y remédier.

1. Matériels et méthodes

1.1 Relevés terrain

1.1.1 Radiales et procédure d'observation

Les relevés de terrain s'effectuent le long d'une des 53 radiales positionnées aléatoirement et espacées d'environ 50m. Les points préenregistrés dans un GPS semi étanche permettent de matérialiser ces radiales sur le terrain en positionnant deux bouées à chaque extrémité.



carte 3 : Localisation des radiales autour de l'Îlet Pinel

Chaque radiale est divisée en plusieurs tronçons. Un tronçon marque, selon les cas, la limite entre un changement d'habitats benthiques, ou d'espèces dominantes, ou encore d'un autre indice prédéterminé. Un point GPS est enregistré à ce niveau, ainsi que la profondeur. La force de la houle, du courant et la turbidité ainsi que la présence des espèces indicatrices sont également estimées sur une échelle de 0 à 3. Ces données serviront par la suite à définir l'état de santé. Enfin, lorsque cela est possible, plusieurs prises de vues du paysage sous-marin et des espèces indicatrices sont réalisées.

- Palmes, masque, tuba
- Plaquettes immergeables et crayons
- 1 appareil photo étanche
- 1 GPS Garmin Oregon 200 (précision 3 à 5m)
- 1 sonde à main
- 2 bouées lestées
- 1 canoë



Source : Schmitt Aurélien

Figure 1 : Matériel utilisé pour les relevés de terrain

1.1.2 Indices pris en compte

Afin d'estimer l'état de santé, plusieurs indices spécifiques aux communautés épibenthiques de substrat meuble (herbier) ou dur (communauté corallienne) sont employés.

Pour les herbiers de phanérogames marines, trois indices sont utilisés :

- La fragmentation de l'herbier
- La présence de macros algues molles indicatrices d'un trop grand enrichissement des eaux en matières organiques.
- La présence de méga faune synthétisant les espèces indicatrices de pression de pêche (lambi et oursin)

Pour les communautés coralliennes, cinq indices sont utilisés :

- La couverture corallienne
- L'estimation de la biodiversité corallienne (regroupe les Scléactiniaires et les Hydrocoralliaires).
- La couverture en macros algues molles indicatrices d'un trop grand enrichissement des eaux en matières organiques.

- La proportion en colonies coralliennes nécrosées.
- La présence de méga faune indicatrices de l'état de santé du récif (poisson papillon, mérou, perroquet, pagre, gorette, oursin, monnaie caraïbe et langouste)

Ces indicateurs provenant de divers protocoles compilés (GCRMN, Suivi des réserve de Guadeloupe, Reef Check Caraïbes...) ont été estimés sur le terrain sur une échelle allant de 0 (très faible quantité) à 3 (très forte quantité).

1.2 Données du SIG et créations cartographiques.

1.2.1 Logiciel utilisé et données disponibles

Le SIG destiné à cette étude a été créé grâce au logiciel Quantum GIS 1.8.0 – Lisboa. Il s'appuie sur les orthophotographies locales datant de 2010 et 2004, projetées en UTM Nord fuseau 20 et d'une résolution spatiale de 50cm. L'emprise de ces produits correspond à toute la partie française de l'île de Saint Martin.

L'orthophoto de 2010 bénéficiant de conditions de mer plus clémentes, dispose d'une meilleure qualité d'image. Ceci contribue à améliorer la visibilité des fonds marins de l'ilet Pinel, fournissant une aide indispensable à la cartographie de ces habitats épibenthiques.

1.2.2 Cartographie bathymétrique

La couche de points intitulée « profondeur » contient 4 champs dont l'identifiant, la profondeur et les coordonnées X et Y.

Le champ profondeur utilisé comme attribut d'interpolation permet la création un TIN (Interpolation par triangulation irrégulière). L'outil de contour rend également possible par la suite, avec un intervalle de 1 entre les lignes contour, de tracer les isobathes.

1.2.3 Couches des radiales

Cette cartographie positionne précisément les radiales effectuées sur le terrain et leurs tronçons définis grâce aux points GPS où la profondeur a également été relevée.

Chaque tronçon comporte 36 champs d'informations :

- Un identifiant numérique de la radiale sur laquelle il se situe,
- Le type d'habitat épibenthique,
- Les deux principales espèces constituantes,

- 17 champs indiquant si oui (1) ou non (0) le genre de corail est présent dans le tronçon (*Acropora*, *Millepora*, *Diploria*, *Cholpophyllia*, *Porites*, *Dendrogyra*, *Cladocora*, *Oculina*, *Madracis*, *Stephanocoenia*, *Montastrea*, *Solenastrea*, *Dichocoenia*, *Siderastrea*, *Meandrina*, *Palythoa*, *Agaricia*),
- Un champ destiné à l'estimation surfacique en pourcentage de la couverture du vivant sur le tronçon.
- Un champ destiné à l'estimation de la couverture en algues molles allant de 0 quand elles ne sont pas présentes à 3 lorsque plus de 75 % du tronçon est colonisé,
- 5 champs correspondant aux genres ichtyologiques indicateurs de la pression de pêche ou de l'état de santé du récif (*Chaetodontidés*, *scaridés*, *lutjanidés*, *serranidés* et *hémulidés*). Ces champs n'ont pas été répertoriés lorsque l'habitat était sur substrat meuble,
- 1 champ intitulé « autre » précisant les principaux genres ichtyologiques présents,
- 4 champs correspondant aux espèces d'invertébrés indicatrices de la pression de pêche ou de l'état de santé du récif (oursin, lambi, monnaie caraïbe, langouste),
- Un champ destiné à l'estimation de l'occurrence de la présence de nécroses ou de blanchissement du corail allant de 0 (pas de nécrose) à 3 lorsque les colonies sont toutes nécrosées et/ou blanchies,
- Un champ destiné à l'estimation en pourcentage de la couverture corallienne.

1.2.4 Carte des habitats épibenthiques

Chaque polygone renvoi à une table attributaire comportant 6 champs d'informations :

- Un identifiant numérique de la radiale sur laquelle il se situe
- Le type d'habitat épibenthique
- Les deux principales espèces le constituant
- L'état de santé (1 : bon ; 2 : moyen ; 3 : mauvais ; 9 : non estimé)
- La surface en mètre carrée du polygone.

La juxtaposition des radiales permet d'en extrapoler les différents polygones qui localisent chaque habitat épibenthique définis préalablement.

Actuellement deux principales typologies font référence aux habitats récifaux des caraïbes (GUILLAUME, 1997 ; ANDREFOUËT & *Al.*, 2008). Cependant elles ne se focalisent pas uniquement sur l'étage infralittoral. Elles se limitent donc aux formes les plus spectaculaires sans pour autant montrer la diversité réelle des biocénoses. Enfin elles ne prennent en compte que les habitats oligotrophes non perturbés par les activités humaines. Par exemple les faciès de macroalgues molles, cause d'un fort enrichissement des eaux en matières organiques, ne sont pas mentionnés. C'est pour cela qu'une typologie a été créée pour cette étude prenant en compte les habitats ZNIEFF et ceux qui sont fortement anthropisés. De plus, étant donné qu'un écosystème rassemble les éléments biotiques et abiotiques, il a été décidé pour chaque communauté épibenthique de préciser le substrat sur lequel elle réside. Ainsi 19 habitats épibenthiques ont été recensés.

Tableau 1 : Typologie des habitats épibenthiques infralittorales sur substrats meubles

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4 : habitats cartographiés	Compartment s récifaux	Correspondance ZNIEFF
substrats meubles					
Habitats sans communautés épibenthiques	Vase				
			sable	postrécifal	B II 1.1.1 sables sans végétation dressée ;
				frontorécifal	B.IV.1.3.1 Plaine sableuse externe
	Sable			discontinuité	B V 1.2 Passes du récif barrière, horizon inférieur et fond
	Sablo-vaseux				
	Débris coralliens				
Débris grossiers					
Habitats avec communautés épibenthiques	Herbiers d'angiospermes marines	<i>Thalassia testudinum</i>	Thalassia testudinum sur sédiments sableux	postrécifal	B II 3.2.2.5 Herbier à <i>Thalassia testudinum</i> (< 5m)
			Thalassia testudinum sur débris grossiers	postrécifal	B II 3.2.2.5 Herbier à <i>Thalassia testudinum</i> (< 5m)
		<i>Syringodium filiforme</i>	Syringodium filiforme sur sédiments sableux	postrécifal	B II 3.2.2.2. Herbier à <i>Syringodium filiforme</i> (< 10m)
		herbier mixte	herbier mixte sur sédiments sableux	postrécifal	B II 3.2.2.5 Herbier à <i>Thalassia testudinum</i> (< 5m)
		<i>Halophila stipulacea</i>			
	Algueraies	Macro algues calcaires	Macro algues calcaires sur sédiments sableux	postrécifal	B II 3.2.2.4 Pelouse à <i>Penicillia</i> sp. et à <i>Udotea</i> sp. (< 5m) ; B II 3.2.3.1 Pelouse à <i>Halimeda</i> sp.
		Macro algues molles	Macro algues molles sur sédiments sableux		non répertorié
		Cyanobactérie	Faciès à cyanobactérie sur sédiments sableux		non répertorié

Tableau 2 : Typologie des habitats épibenthiques infralittoraux sur substrats durs

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4 : habitats cartographiés	Compartiments récifaux	Correspondance ZNIEFF	
substrats durs						
Habitats sans communautés épibenthiques	Roches	Rochers	Rochers		B I 4.1 récif fossile et grès de plage ; B I 4.3 affleurement volcanique	
		dalles				
		squelettes coralliens				
Habitats avec communautés épibenthiques	Gorgones	Gorgones sur dalle corallienne	Gorgones sur dalle corallienne	postrécifal	B.II.3.4.1 Pente des hauts-fonds (cayes), horizon supérieur	
				frontorécifal	B.IV.1.2.1 Faciès non construits à Gorgonaires (5 à 15m) ; B.IV.4.1.6 Horizon intermédiaire, mode battu	
	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes mixtes	Colonies coralliennes mixte sur rocher		A III 5 Coraux épars	
			Colonies coralliennes mixte sur dalle corallienne	postrécifal	B II 3.4.2 Pente des hauts-fonds (cayes), horizon intermédiaire	
		Communautés coralliennes monospécifiques		Faciès de <i>Monstarea</i> sp. sur dalle corallienne	épirécifal	B.III.2.3.1 Dalle fossile ; B.III.2.6.3.1 Front récifal
				Faciès d'<i>Acropora palmata</i>. sur dalle corallienne	frontorécifal	B.IV.4.1.6 Horizon intermédiaire, mode battu
				Faciès de <i>Millepora</i> sp. sur dalle corallienne	postrécifal	B II 3.4.2 Pente des hauts-fonds (cayes), horizon intermédiaire
				Faciès de <i>Millepora</i> sp. sur dalle corallienne	épirécifal	B II 1.5.1 Vasques d'arrière-récif B III 2.6.3.1 Front récifal, partie externe ; B III 2.6..1 Crête algale à Gastéropodes Vermédités
	Macroalgues	Macroalgues calcaires	Macroalgues calcaires sur dalle corallienne		non répertorié	
		Macroalgues molles mixte.	Macroalgues molles sur rocher		non répertorié	
			Macroalgues molles sur dalle corallienne		non répertorié	
		Macroalgues molles monospécifiques	Faciès à Cyanobactéries sur dalle corallienne		non répertorié	

1.2.4 Carte de l'état de santé

Les macroalgues molles - bon indicateur spécifique à la hausse de nutriments et/ou à la baisse d'herbivores (Littler et al, 2007)-, ainsi que la couverture corallienne et sa biodiversité - bon indicateur de l'état de santé sur le long terme sans pour autant décrire précisément le type de pression (Cooper et al, 2009)-, sont les principaux indices retenus afin d'estimer l'état de santé des communautés épibenthiques sur les substrats durs.

Pour les habitats sur substrats meubles (herbiers), les macroalgues molles sont également retenus comme indice pour les mêmes raisons qu'évoquées précédemment. La fragmentation des herbiers exprimant le niveau d'érosion de ceux-ci est aussi compris dans les indices d'état de santé.

Parallèlement pour les deux types de milieux les espèces indicatrices de pression de pêche ou de bon état de santé sont également incluses.

Chaque polygone renvoi à une table attributaire comportant 6 champs d'informations :

- Un identifiant numérique de la radiale sur laquelle il se situe
- Le type d'habitat épibenthique
- Les deux principales espèces le constituant
- L'état de santé codé (1 : = bon état ; 2 = état moyen ; 3 = mauvais état ; 9 = non estimé)
- La surface en mètre carré du polygone.

La détermination de l'état de santé est essentiellement basée sur le volet biologie des suivis de stations des réseaux de référence et de surveillance des masses d'eau côtières de la DCE (Impact-Mar, & Al., 2010). Elle préconise de déterminer un état de référence, c'est-à-dire non ou faiblement anthropisé, afin de le comparer avec les valeurs observées.

1.2.4.1 Etat de référence

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) préconise de définir un état de référence. Il est décrit de la façon suivante : " une condition de référence est une description des éléments de qualité biologique présents ou devant être présents en condition de « très bon état », c'est-à-dire avec aucune influence humaine ou une influence mineure ". Cela permet de baser chaque type de masse d'eau sur la définition au préalable de conditions non perturbées.

Cependant aucune station DCE servant d'état de référence n'étant implantée à Saint Martin, un état de référence théorique est ici proposé en se basant sur les meilleures notations de chaque indicateur.

Etat de référence théorique pour les herbiers marins :
Méga faune - fragmentation - Macroalgues molles = 3

Etat de référence théorique pour les communautés récifales :
couverture corallienne + diversité biologique + Méga faune - nécrose - Macroalgues molles = 9

1.2.4.2 Notation

La notation de l'état de santé se base donc sur les Ratios de Qualité Biologique (EQR) proposés par la DCE. Ainsi les résultats observés sont comparés aux valeurs de référence. L'écart entre cette valeur observée et la valeur de référence permet d'évaluer la qualité écologique de l'habitat.

Etat observé des paramètres biologiques = EQR

Etat de référence théorique

Par la suite la classification par seuil naturel (méthode de Jenks) a été utilisée pour déterminer les trois catégories de l'état de santé (bon, moyen et mauvais).

1.2.4 Carte de l'intérêt écologique des fonds marins de l'îlet Pinel

Selon le CNRTL (Centre National de Ressources Textuelles et Linguistiques), un intérêt peut se définir comme tout « ce qui convient à une personne, une collectivité, une institution, ce qui est avantageux, bénéfique dans un domaine moral, social et parfois matériel ». L'intérêt écologique des fonds marins peut donc englober les bénéfiques et leurs avantages en termes d'écologie (biodiversité, zone de reproduction, nurseries, abris ou alimentation...).

Dans la base de donnée SIG, les polygones de la couche « intérêt écologique » renvoient à une table attributaire comportant 4 champs d'informations :

- Un identifiant numérique de la radiale sur laquelle il se situe
- Le type d'habitat épibenthique
- La sensibilité écologique codée (1= élevée ; 2 = moyenne ; 3 = faible ; 5 = non estimée ; 8 = *Acropora cervicornis* ; 9= *Acropora palmata*)
- La surface en mètre carré du polygone

Ces polygones sont les mêmes que ceux de la couche « communauté benthique » à l'exception de trois qui localisent précisément les fortes densités d'espèces coralliennes emblématiques (*Acropora palmata* et *Acropora cervicornis*).

L'intérêt écologique des fonds marins se base essentiellement sur les biocénoses normalement présentes sur substrat meuble et dur (herbiers mixtes ou monospécifiques de phanérogames marines ; les communautés coralliennes ou gorgonaires). Les milieux indicateurs d'une forte anthropisation tels que les macroalgues molles ou les macroalgues calcaires en mauvais état de santé, ont au contraire un faible intérêt écologique. Enfin les milieux qui ont un intérêt écologique moyen regroupent les herbiers mixtes ou monospécifiques de phanérogames marines et les communautés gorgonaires en mauvais état de santé.

Tableau 3 : échelles et descripteurs traduisant l'intérêt écologique

Intérêt écologique	habitats	Code couleur
élevé	<ul style="list-style-type: none"> herbiers mixtes ou monospécifiques de phanérogames marines qui ont un état de santé bon ou moyen les communautés coralliennes ou gorgonaires qui ont un état de santé bon ou moyen 	Bleu foncé
moyen	<ul style="list-style-type: none"> herbiers mixtes ou monospécifiques de phanérogames marines qui ont un mauvais état de santé les communautés coralliennes ou gorgonaires qui ont un mauvais état de santé 	bleu
faible	<ul style="list-style-type: none"> macroalgues molles macroalgues calcaires en mauvais état de santé 	Bleu clair
Espèces coralliennes emblématiques	Forte densité d' <i>Acropora palmata</i>	vert
	Forte densité d' <i>Acropora cervicornis</i>	jaune

2. Résultats

2.1 Relevés de terrain

30 jours de terrains répartis sur 4 mois, du fait des conditions météo, ont été nécessaires pour effectuer les 53 radiales qui étaient initialement prévues. Trois autres ont été ajoutées dans les zones plus complexes afin d'apporter plus de précisions. Ainsi 522 points GPS et relevés bathymétriques ont été effectués.

2.2 Description des habitats des communautés épibenthiques.

Sable :

Même si aucune espèce épibenthique n'est signalée dans ces zones, elles ne sont pas pour autant abiotiques. En effet, des organismes fousseurs composant l'endofaune peuvent y résider. Le secteur sous le vent de l'îlet Pinel abrite la principale zone sableuse, là où les trains de houle contournant l'îlet se croisent, formant une « queue de comète ». Les autres secteurs se situent au niveau des passes.



Figure 2: Roche



Figure 3 : Communauté corallienne mixte sur roche

Les surfaces en substrat rocheux se trouvent essentiellement sur la face est de Pinel, c'est-à-dire sur la côte au vent. En effet les fréquents déplacements de blocs reposant sur la roche mère par de fortes houles peuvent empêcher la colonisation de ces derniers par des organismes épibenthiques.

Au nord, à l'abri de la pointe septentrionale de l'îlet, des colonies coralliennes s'établissent sur ces blocs. Leur faible couverture indique néanmoins une colonisation récente.



Figure 4 : Communauté corallienne mixte sur dalle corallienne



Figure 5 : Communauté corallienne mixte sur dalle corallienne en zone très battue



Figure 6 : Faciès d'*Acropora palmata* sur dalle corallienne



Ce milieu peut se subdiviser en d'autres habitats en fonction des compartiments récifaux.

En effet le front récifal contient majoritairement des espèces telle que *Millepora complanata*, *Palythoa caribaeorum* et *Porites porites*. Sur les zones constamment agitées du platier (compartiment épirécifal), les colonies sphériques telles que *Diploria sp.*, *Colpophyllia natans* ou *Porites astreoides* semblent plus fréquentes. C'est également là que l'on peut observer des squelettes d'*Acropora palmata* morts.

Localisés uniquement à l'est de la plage nord de Pinel, ces *Acropora palmata* peuvent être à l'origine de bouturage de branches d'autres colonies, arrachées par la houle, disposées plus au large sur le front récifal.

Installées de préférence dans la zone de déferlement des vagues à faible profondeur (entre 50cm et 1m de profondeur), leurs extrémités blanches sont le signe d'une forte croissance de ces colonies.



Figure 7 : Faciès de *Montasrea sp.* sur dalle corallienne à moins de 2m de profondeur



Figure 8 : Faciès de *Montasrea sp.* sur dalle corallienne à plus de 5m de profondeur



Figure 9 : Faciès de *Millepora sp.* sur dalle corallienne



Figure 10 : Faciès de *Millepora sp.* sur dalle corallienne en zone très battue

Cet habitat n'est observé que dans deux zones à Pinel.

L'une se situe dans la passe au nord de Pinel à 7m de profondeur. Tandis que l'autre au sud est localisée dans la partie postrécifale du récif à 3m de profondeur. Elles se trouvent dans des zones généralement peu battues.

Leur forte couverture corallienne allant jusqu'à 50% indique que ce sont de vieilles colonies appartenant à un ancien récif en bon état de santé autour de l'îlet Pinel.

Les couvertures de *Millepora sp.* se situent dans les zones très exposées aux houles et constamment agitées sur l'horizon supérieur de la pente externe du platier. Elles évoluent dans une profondeur allant de 1m à moins de 50cm.

Dans les zones les plus exposées, le taux de couverture est moindre, ce qui laisse plus de surface où la roche est mise à nue.

Dans la plupart des cas, c'est l'espèce *Millepora complanata* qui est majoritaire, même s'il est possible d'observer occasionnellement *Millepora alicornis*.



Figure 11 : Gorgones éventails sur dalle corallienne



Figure 12 : Gorgones cierge sur dalle corallienne

Limitées aux pentes externes et internes du platier au sud de l'îlet, les gorgones peuvent abriter une diversité de coraux tout en restant majoritaires.

Généralement constitué d'espèces gorgonaires mixtes, cet habitat peut être rarement formé uniquement de gorgones éventails lorsque l'on se situe sur le platier. Ces espèces semblent donc mieux adaptées quand le déferlement des vagues reste fréquent.



Figure 13 : Macroalgues molles sur roche

Les dalles rocheuses abritant des macroalgues molles se trouvent très près des côtes ou au bord de plages abritées. La faible profondeur peut ainsi accumuler la matière organique propice au développement de ces algues.

Les genres *Turbinaria*, *Dictyota* et *Sargassum* sont majoritaires dans ces milieux.



Figure 14 : Macroalgues molles sur dalle corallienne dominée par des Rhodophycées (*Asparagopsis* sp.)



Figure 15 : Macroalgues molles sur dalle corallienne, dominées par des Phaeophycées (*Sargassum* sp., *Dictyota* sp., *Turbinaria* sp.)



Figure 16 : Faciès de cyanobactéries sur dalle corallienne



Figure 17 : Faciès de cyanobactéries sur dalle corallienne en parti ensablée

La présence de ces macroalgues molles sur un squelette corallien est un bon indicateur d'un milieu fortement enrichi en matières organiques et nutriments.

Sur les fronts récifaux, le genre *Asparagopsis* est dominant.

Cependant, sur les platiers ou la partie post récifale, ce sont les genres *Turbinaria*, *Dictyota* et *Sargassum* qui sont les principaux résidents de ce milieu.

Ce milieu s'est établi au vent des pointes Nord ouest et sud ouest en aval des courants créés par la houle d'est.

Cet indice de stress du milieu pourrait être la conséquence d'apports de matière organique par les courants côtiers.

Là aussi leur développement sur une dalle corallienne indique que cette zone a subi de profonds changements en terme de communautés épibenthiques et de qualité physicochimique de l'eau.



Figure 18 : Faciès de cyanobactéries sur sédiments



Figure 19 : Faciès de cyanobactéries sur sédiments au niveau du sentier sous marin

Egalement situé en aval des courants marins allant d'est en ouest, ce faciès est d'autant plus inquiétant qu'il est localisé juste à l'est du sentier sous-marin.

Une importante présence de *haemulidés* a été observée à proximité de ce site.



Figure 20 : Macroalgues calcaires sur sédiments



Figure 21 : Macroalgues calcaires sur dalle corallienne

Principalement établi dans le compartiment post-récifal et de manière plus anecdotique sur le front récifal, cet habitat est majoritairement constitué des genres *Halimeda*, *Halimena* et *Udotea*.

Le genre *Galaxaura*, même s'il est souvent observé dans les autres habitats, est pourtant rarement majoritaire.



Figure 22 : Herbier mixte de phanérogames marines vu de dessus



Figure 23 : Herbier mixte de phanérogames marines vu de profil

Constitué majoritairement de *Thalassia testudinium* puis de *Syringodium filiforme* dans les zones abritées et inversement dans les zones exposées à la houle, cet herbier se développe sur la matière organique créée par *Syringodium filiforme*.

Sa présence permet de stabiliser les sédiments, d'oxygéner l'eau et est nécessaire pour certaines espèces récifales (zone de reproduction, de nurserie, d'abri ou d'alimentation). Cet habitat ainsi que les deux suivants sont donc nécessaires au développement du corail.



Figure 24 : Herbier monospécifique de *Thalassia testudinium* sur sédiments



Figure 25 : Herbier monospécifique de *Thalassia testudinium* sur débris grossiers

Considéré comme l'état climacique du précédent milieu (Hily, 2011) cet herbier semble donc indiquer une relative stabilité de la zone.



Figure 26 : Herhier monospécifique de *Syringodium filiforme* sur sédiments, à moins de 2m de profondeur



Figure 27 : Herhier monospécifique de *Syringodium filiforme* sur sédiments à plus de 6m de profondeur

Installé sur les sables pauvres en matières organiques (Hily, 2011), *Syringodium filiforme* est considéré comme une espèce pionnière, avant de laisser place soit à des herbiers mixtes, soit à des herbiers monospécifiques de *Thalassia testudinum*.

Cet habitat se trouve ainsi principalement dans les secteurs sableux très exposés aux houles, comme dans la passe du nord.

Parallèlement, la queue de comète à l'est de l'îlet est bordée de petites tâches de *Syringodium filiforme* indiquant alors l'instabilité de cette zone en constante évolution, favorisant l'installation de fronts pionniers de colonisation par les phanérogames.

2.3 Carte des habitats des communautés épibenthiques.

2.3.1 Surfaces et part des habitats des communautés épibenthiques

Tableau 4 : surfaces des habitats des communautés épibenthiques

Habitats épibenthiques	Surface des habitats (m ²)	Part des habitats (%)
communauté corallienne mixte sur dalle corallienne	38858,887	7,27
communauté corallienne mixte sur roche	4767,113	0,89
faciès d' <i>Acropora palmata</i> sur dalle corallienne	2200,797	0,41
faciès de cyanobactéries sur dalle corallienne	2079,56	0,39
faciès de cyanobactéries sur sédiments	783,406	0,15
faciès de <i>Millepora</i> sp. sur dalle corallienne	10453,233	1,96
faciès de <i>Montasrea</i> sp. sur dalle corallienne	827,165	0,15
gorgones sur dalle corallienne	35269,179	6,60
herbier mixte	165736,398	31,01
macroalgues calcaires sur dalle corallienne	19081,342	3,57
macroalgues calcaires sur sédiments	19602,408	3,67
macroalgues molles sur dalle corallienne	116055,78	21,71
macroalgues molles sur débris grossiers	801,585	0,15
macroalgues molles sur roche	10863,591	2,03
roche	3456,592	0,65
sable	62071,405	11,61
herbier monospécifique de <i>Syringodium filiforme</i> sur sédiments	34955,115	6,54
herbier monospécifique de <i>Thalassia testudinum</i> sur sédiments	6409,797	1,20
herbier monospécifique de <i>Thalassia testudinum</i> sur débris grossiers	194,104	0,04
Total général	534467,457	100

Les principaux habitats rencontrés sont les dalles coralliennes colonisées par des macroalgues molles et les herbiers mixtes de phanérogames marines. Recouvrant chacune respectivement environ 1/3 et 1/5 de la surface totale.

Etant donné que la surface précise de chaque habitat ne peut être calculée qu'en 3 dimensions, il a donc été décidé de comparer uniquement la part en pourcentage de chaque écosystème.

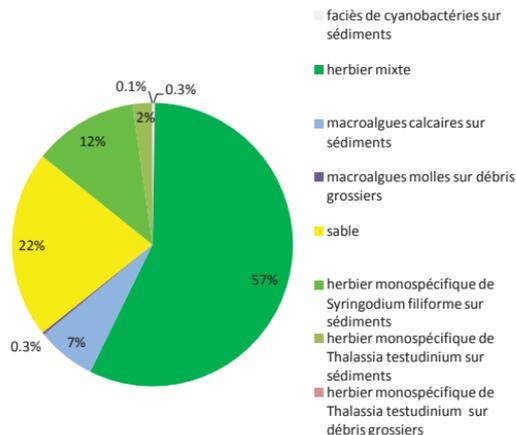


Figure 28 : Répartition des habitats épibenthiques sur substrats meubles

Plus de la moitié des substrats meubles sont des herbiers mixtes de phanérogames marines, essentiellement localisés sur la façade abritée de l'îlet Pinel et de Petite clef. Parallèlement, environ ¼ de la surface correspond à la zone sableuse en forme de queue de comète.

Les substrats durs sont principalement constitués de macroalgues molles (48%). Cependant, les communautés gorgonaires et coralliennes mixtes et monospécifiques regroupent 31% de cette superficie.

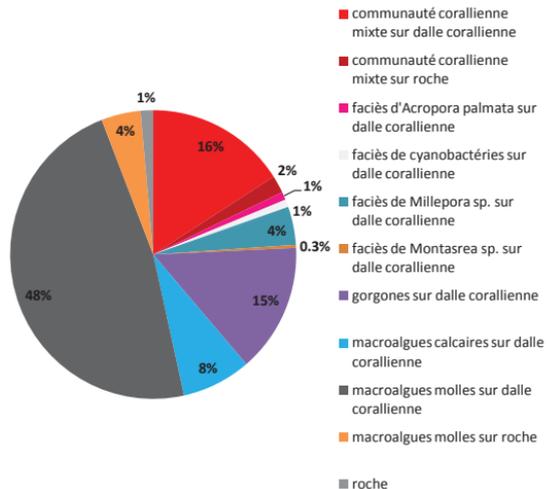
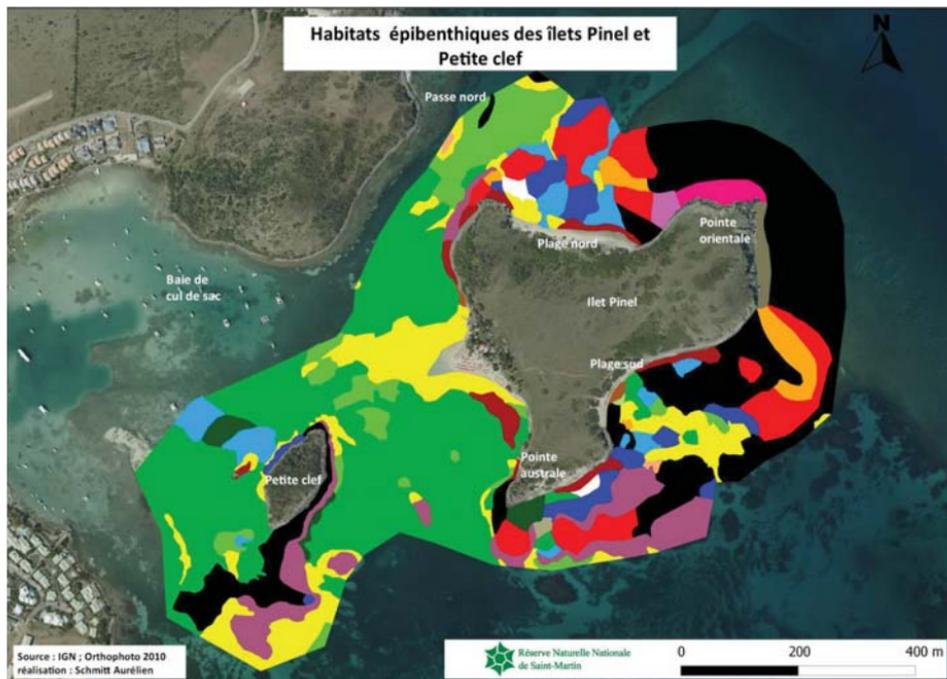


Figure 29 : Répartition des habitats épibenthiques sur substrats durs



carte 4 : Habitats des communautés épibenthiques de l'îlet Pinel

Légende

1 : SUBSTRATS DURS

1.1 Habitats sans communautés épibenthiques

■ roche

1.2 Habitats avec communautés épibenthiques

1.2.1 COMMUNAUTES CORALLIENNES

1.2.1.1 communautés coralliennes mixtes

■ communauté corallienne mixte sur dalle corallienne

■ communauté corallienne mixte sur roche

1.2.1.2 communautés coralliennes monospécifiques

■ facies d'Acropora palmata

■ facies de Millepora sur dalle corallienne

■ facies de Montasrea sur dalle corallienne

1.2.2 GORGONES

■ gorgones sur dalle corallienne

1.2.3 ALGUERIAIES

1.2.3.1 macrolgues calcaires

■ macrolgues calcaires sur dalle corallienne

1.2.3.2 macrolgues molles

■ macrolgues molles sur dalle corallienne

■ macrolgues molles sur roche

■ faciès de cyanobactéries sur dalle corallienne

2 : SUBSTRATS MEUBLES

2.1 Habitats sans communautés épibenthiques

■ sable

2.2 Habitats avec communautés épibenthiques

2.2.1 HERBIERS DE PHANEROGAMES MARINES

2.2.1.1 herbiers d'angiospermes marines mixtes

■ herbier mixte

2.2.1.2 herbiers d'angiospermes marines monospécifiques

■ Syringodiums sur substrat sableux

■ Thalassias sur substrat sableux

■ Thalassias sur débris grossiers

2.2.2 ALGUERIAIES

2.2.2.1 macrolgues calcaires

■ macrolgues calcaires sur sédiments

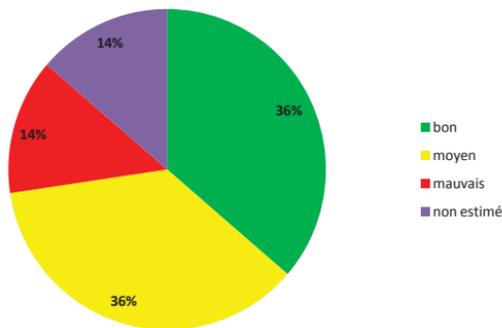
2.2.2.2 macrolgues molles

■ macrolgues molles sur débris grossiers

■ faciès de cyanobactéries sur sédiments

Les fonds marins de l'îlet Pinel sont constitués de deux principales zones homogènes. L'une, située sous le vent, est constituée d'herbiers de phanérogames marines. L'autre, plus exposée, est composée de récifs frangeants principalement recouverts de macroalgues molles (*Turbinaria* et *Padina*). A cela s'ajoutent des secteurs plus hétérogènes où une plus grande diversité des habitats épibenthiques est observée. Ils sont localisés entre la pointe australe et la plage, ainsi que le long de la plage nord. Ceci s'explique par la présence de l'ensemble des compartiments récifaux (frontrécifal, épirécifal, postrécifal) et de passes à l'origine de multiples conditions abiotiques.

2.4 Estimation de l'état de santé des habitats des communautés épibenthiques.

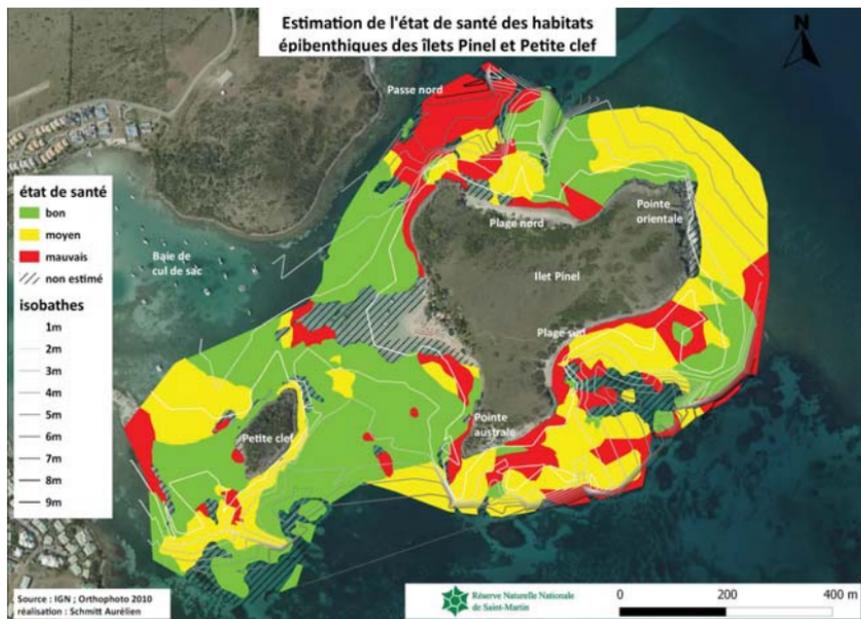


2/5 des habitats épibenthiques sont considérés en moyen et bon état de santé.

Un peu moins d'1/5 de ces mêmes habitats sont estimés en mauvais état de santé.

Les habitats où l'état de santé n'a pas été estimé correspondent aux écosystèmes sans communauté épibenthique.

Figure 30 : Répartition de l'estimation l'état de santé des habitats des communautés épibenthiques



carte 5 : Etat de santé des habitats des communautés benthiques

Les habitats récifaux en bon état de santé correspondent aux deux platiers de faible profondeur (< 3m) sur la partie orientale.

Entre les pointes australes et orientales, les habitats, qui ont un état de santé moyen, sont localisés dans l'arrière récif, là où la houle est moins forte. Les milieux récifaux en mauvais état de santé sont principalement des macroalgues molles sur le bord de la côte ou sur le front récifal. La présence de squelettes d'*Acropora palmata* prouve que ces secteurs sont fortement dégradés.

Les herbiers de phanérogames marines sous le vent de l'îlet sont estimés en majorité en bon état de santé. Seule la passe du nord abrite un herbier monospécifique de *Syringodium filiforme* très clarisé, à cause de son exposition aux houles. Au sud, hormis quelques taches dégradées par les mouillages, un secteur plus ou moins ensablé est estimé en état de santé moyen. Cependant, à l'ouest de Petite Clef, des algues filamenteuses, signe d'un fort enrichissement en nutriments, ainsi qu'une forte fragmentation, ont été observées.

2.5 Intérêt écologique des fonds marins de l'îlet Pinel

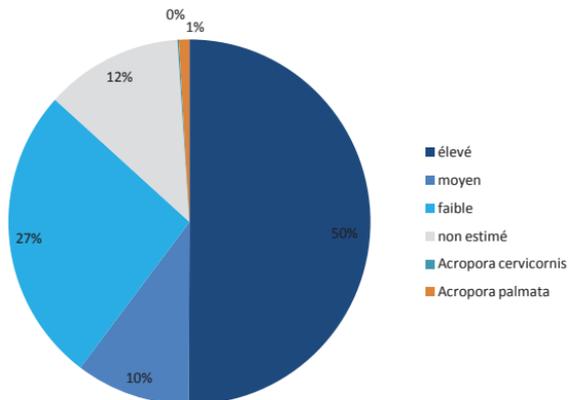
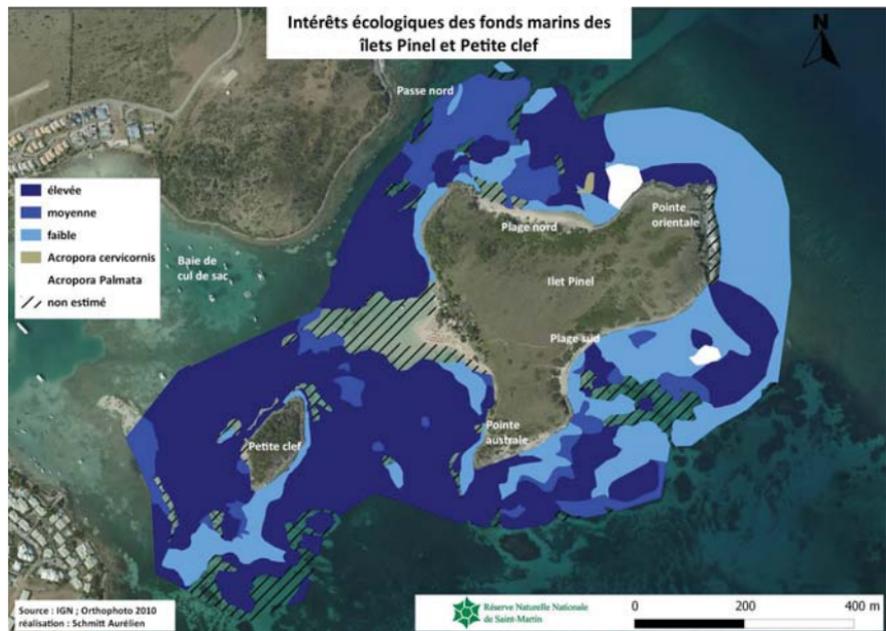


Tableau 5 : Répartition de l'intérêt écologique des fonds marins de l'îlet Pinel

Avec les deux zones fortement colonisées par *Acropora palmata* et *Acropora cervicornis*, plus de la moitié des fonds marins sont considérés comme ayant un intérêt écologique élevé. Ces espèces sont considérées par l'UICN en danger critique d'extinction.

Quasiment 1/4 des milieux ont un faible intérêt écologique. Cela correspond aux dalles coralliennes posttrécifales majoritairement colonisées par les macroalgues molles.

Là aussi, les habitats non estimés font partie de ceux qui n'ont pas de communauté épibenthique.



carte 6: carte de l'intérêt écologique des fonds marins de l'îlet Pinel

Les zones à fort intérêt écologique regroupent principalement les herbiers de phanérogames marines et les colonies coralliennes ou gorgonaires épirécifales. En effet, ces derniers habitats se situent dans des zones fréquemment agitées limitant alors le développement de marcoalgues molles.

3. Discussions

3.1 Comparaison avec la cartographie des biocénoses marines de la réserve naturelle de Saint-Martin.

Une cartographie par télédétection des biocénoses marines de la réserve naturelle a été réalisée en 2007 par TBM (Chavaud, 2007). Cette technique plus appropriée pour de grandes surfaces peut cependant s'avérer moins précise que les méthodes d'inventaire effectué avec des relevés in situ. Cependant le temps et les moyens humains impartis pour la cartographie de l'état de santé des habitats épibenthiques de l'îlet Pinel ne permettent pas de réaliser un inventaire exhaustif. Les estimations quantitatives des indices empêchent de comparer les résultats d'une année à l'autre si cette méthode est répliquée.

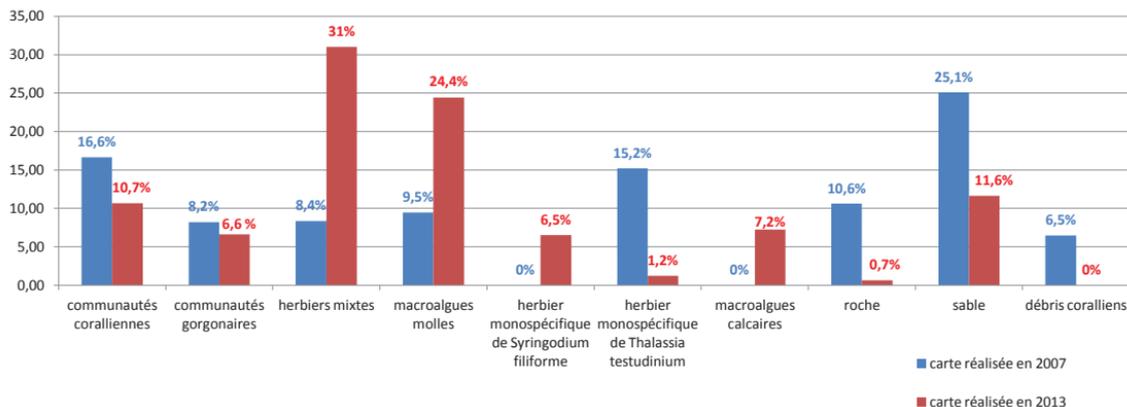


Figure 31 : Comparaison entre 2007 et 2013 de la part des habitats épibenthiques cartographié par télédétection et ceux réalisés avec la méthode des radiales (en%). (source : Chavaud 2007)

La comparaison entre les résultats de deux méthodes montre de fortes divergences (Figure 31). Cela peut s'expliquer par les biais qui existent entre chacune d'elles (choix dans la typologie des habitats, résolution...), mais aussi par l'évolution générale du milieu marin. L'écart entre les 2 cartographies ne peut être précis, seule l'évolution générale peut être prise en compte.

En 2007, les trois principaux habitats sont les communautés coralliennes, les herbiers mixtes et le sable, tandis qu'en 2013 les fonds marins autour de Pinel sont essentiellement composés d'herbiers mixtes et de macroalgues molles. Ce constat semble cohérent au regard des résultats de diverses études scientifiques réalisées ces dernières années à Saint-Martin : l'évolution générale des milieux marins de la réserve naturelle de Saint Martin traduit une amélioration de l'état de santé des herbiers de phanérogames marines, alors que les communautés récifales semblent se dégrader. En 2012, les stations de suivi de l'état de santé des peuplements benthiques en réserve (Chicot) et hors réserve (Fish Point) présentent une faible couverture corallienne (respectivement 13% et 9%), au profit d'une part prépondérante de peuplements algaux (respectivement 67% et 54%) (Pareto, 2012). Depuis 2007, la couverture corallienne diminue, alors que la couverture algale augmente (Pareto, 2012).

Les récifs coralliens, les herbiers de phanérogames marines, auxquels il convient d'ajouter la mangrove sont étroitement interdépendants, et la dégradation de l'un de ces écosystèmes peut avoir des impacts négatifs pour les autres (Diaz, 2009). En effet, l'herbier joue un rôle de zone de reproduction, de nurserie, d'abri ou d'alimentation pour de nombreuses espèces récifales. Il tend également à stabiliser les sédiments et à oxygéner l'eau. Il est donc de fait nécessaire pour le bon développement du corail. A l'inverse les communautés coralliennes protègent les côtes de l'impact de la houle et des courants, favorisant l'implantation des herbiers et des mangroves filtrant et retenant les éléments terrigènes. Ces écosystèmes sont également indispensables à de nombreuses espèces emblématiques comme les brouteurs de phanérogames marines (*Chelonia mydas*, *Trichechus manatus*...) ou les carnivores inféodés aux récifs coralligènes (*Eretmochelys imbricata*). La préservation du bon état de conservation de ces écosystèmes fait donc partie intégrante de la stratégie globale de protection de ces espèces.

3.2 Facteurs pouvant être à l'origine de l'état de santé des habitats.

La complexité des différents écosystèmes et les interactions physiques, chimiques et biologiques qui existent entre eux rendent difficiles toute interprétation des relations de cause à effet. Ainsi cette étude ne permet pas à elle seule d'identifier précisément les facteurs à l'origine des habitats et de leur état de santé. Pour cela, d'autres données autant biotiques (recrutement corallien, suivi ichtyologique..) qu'abiotiques (courantologie, suivi chimique de l'eau...) devraient être relevées. Ainsi plusieurs hypothèses peuvent expliquer l'état de santé des écosystèmes épibenthiques de l'îlet Pinel. Certaines explications se trouvent à une échelle globale (océan Atlantique) et échappent de fait à la gestion de la réserve naturelle de Saint Martin, à l'inverse de celles plus locales (Saint Martin).

Plusieurs études affirment que si les herbiers apparaissent en bon santé, les communautés coralliennes de Saint Martin ont tendance à être colonisées par des macroalgues molles telles que *Sargassum* et *Turbinaria* (Chauvaud 1997, Chauvaud et al 1998, 2000, Bouchon et al 2002, Diaz 2009). Ce phénomène indique que les communautés coralliennes sont en nette dégradation (Mc Field, 2007). L'état général des fonds benthiques de l'îlet Pinel semble refléter cette réalité.

3.2.1 Facteurs à l'échelle globale



carte 7 : Circulation générale des courants en mer des Caraïbes et dans la Golfe du Mexique
(Source : SAFEGE, 2004 ; Conception : Cuzange)

Plusieurs facteurs globaux peuvent être à l'origine des dégradations des habitats récifaux. Le courant de Guyane (branche nord du courant de dérive sud équatorial) est fortement influencé par les apports d'eau douce provenant de l'Amazone et de l'Orénoque. A ce courant s'ajoute la dérive nord-équatoriale de l'océan Atlantique qui commence à la hauteur des îles du Cap-Vert dans le prolongement du courant des Canaries. Ainsi la turbidité et les sels nutritifs emportés peuvent avoir des impacts sur la qualité des eaux de Saint Martin.

Parallèlement, les squelettes d'*Acropora palmata* bordant la pente externe des platiers indiquent qu'une part des colonies coralliennes sont mortes à la suite d'un blanchissement. En effet, le changement climatique provoquant une hausse de température de 0.3°C entre 1950 et 1990. A plus court terme, des événements comme l'année 2005, qui fut la plus chaude de l'hémisphère nord depuis 1980, peuvent aussi être à l'origine d'un blanchissement des colonies coralliennes (Wilkinson et al, 2008). Ces phénomènes sont à l'origine de la perte des zooxanthelles lorsque la température de l'eau de mer va au-delà de 29°C (Bouchon, 2002). En 2005, suite à cette période de forte chaleur, 50 à 95% des colonies coralliennes auraient blanchi à Saint Martin (Wilkinson et al, 2008). D'autres événements de la même ampleur en 1995 et 1998, ainsi que les ouragans Louis et Lenny, marquent encore les esprits par leur intensité. La fréquence des cyclones sur une plateforme peu

profonde est à l'origine de nombreux dommages encore visibles. Les vagues causant des détériorations physiques sur les colonies jusqu'à 15m de profondeur, et les fortes précipitations, lessivant les sols et remettant ainsi en suspension des sédiments fins étouffant les polypes, viennent également participer aux dégradations déjà initiées par ces années anormalement chaudes.

En 1998, la mortalité moyenne des coraux durs était estimée entre 5 et 10%. Il apparaît donc que ces facteurs globaux ne sont pas les principales causes de la dégradation des récifs, contrairement aux facteurs locaux (Wilkinson et al, 2008).

3.2.2 Facteurs à l'échelle locale



Figure 33 : Photo aérienne de l'îlet Pinel et ses environs en 1947

(source : IGN, mission : C92PHQ2501_1947_SAINTE-MARTIN, cliché 19 échelle : 1/26 254)



Figure 32 : Orthophoto de l'îlet Pinel et ses environs en 2010

Le développement de l'urbanisation le long du littoral génère de fortes pressions sur cet espace (Figure 32 et 33), comme l'a affirmé Daniel Imbert de l'UAG, « si l'on a trop construit sur terre on a beaucoup détruit en mer » (Diaz, 2009). En effet, l'imperméabilisation des sols et des pentes renforce le ruissellement emportant ainsi que les polluants vers la mer. De plus, la mauvaise gestion des eaux usées, quand celle-ci existe, ainsi que les déforestations de mangroves, qui jouent un rôle de filtration et de rétention des éléments terrigènes, occasionnent un apport élevé en sels nutritifs dans un milieu oligotrophe (Wilkinson 2008, Diaz 2009, Impact mer 2012). La prolifération de macroalgues molles et de cyanobactéries n'est donc pas surprenante dans ces conditions. Certaines espèces qui composent la majorité des récifs envahis par les macroalgues sont considérées comme indicatrices. *Codium isthmocladum*, *Caulerpa sp.*, *Dyctyota sp.*, *Sargassum sp.* et *Lobophora sp.* en font partie (Legrand, 2010).

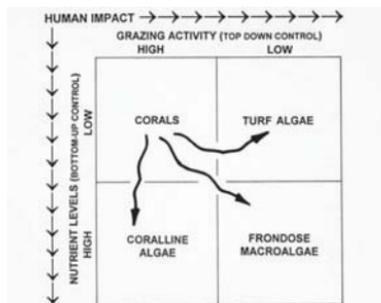


Figure 34 : Modèle de dominance relative des principaux producteurs primaires occupant l'espace dans un récif tropical ou subtropical en fonction des taux de nutriments et de l'activité de broutage exercée par les herbivores. (source Legrand, 2010)

embouchure, les courants peuvent emporter les polluants vers l'îlet de Pinel, expliquant ainsi essentiellement le mauvais état de conservation des récifs de sa partie sud. L'enrichissement en nutriments des eaux côtières peut également fragiliser les colonies coralliennes face aux blanchissements ou aux nécroses (Legrand, 2010). De plus, il a été observé en Martinique qu'après un cyclone, les communautés coralliennes mortes sont plus rapidement colonisées par des macroalgues molles que par des coraux (Legrand, 2010).

Les herbiers semblent moins touchés par ce phénomène puisqu'ils ne sont pas colonisés d'algues filamenteuses. En revanche, lors du terrain, de nombreuses observations de braconnage et de lambis morts avec leurs coquilles percées, afin de retirer l'animal plus aisément, prouvent que la pression de pêche est encore présente dans ce secteur. Néanmoins, le bon état de conservation de l'herbier peut s'expliquer par la mise en place depuis 2010 de 18 bouées de mouillages afin d'interdire les mouillages forains (Comité consultatif de la Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin, 2011). Cette initiative a de toute évidence permis à l'herbier de se régénérer.

Le développement des macroalgues molles s'explique par la disponibilité de nutriments (Bottom up control), mais aussi par le bouturage des herbivores (top down control) (Legrand, 2010). Ces deux facteurs engendrent différentes compositions algales.

L'îlet de Pinel ne fait pas exception à cette règle. En effet, durant l'étude de l'îlet, des braconniers ont été observés. Ainsi, même si la pêche est interdite dans toute la réserve, il existe tout de même un effort de capture sur les herbivores (poissons perroquets, lambis, oursins...). Ceci peut indirectement favoriser le développement de macroalgues quand les eaux usées ne sont pas traitées. C'est le cas pour les restaurants de l'îlet Pinel qui ne sont pas équipés de techniques d'épuration adaptées. Une fois après avoir épandu les boues, celles-ci peuvent directement s'écouler dans la mer. Ceci peut être une des explications des fortes couvertures de cyanobactéries en aval des courants marins locaux.

De plus, l'étang de Chevrise situé au nord de la baie orientale, concentre les eaux usées du secteur. Chaque année lorsqu'il déborde et ouvre son



carte 8 : zone draguée près de l'îlet Pinel

Cependant la baie de cul de sac, située hors réserve, abrite de nombreux mouillages de plaisance et des fonds majoritairement colonisés par une phanérogame invasive (*Halophila stipulacea*). Pour le moment cette espèce n'a été observée qu'une seule fois à l'îlet Pinel : une tache d'environ 1m², donc non cartographiée, aux abords de la plage sud, non loin de l'herbier monospécifique de *Thalassia testudinum*. Une veille attentive devrait donc être mise en place pour suivre l'évolution de cet herbier.

Le développement urbain a également entraîné plusieurs extractions de sable marin, comme c'est le cas dans la Baie de Cul de sac près de l'îlet Pinel. Les prélèvements de ce matériau destiné à la construction hôtelière a pu contribuer à la dispersion de fines (sédiments fins remis en suspension dans l'eau et générant une grande turbidité), étouffant les colonies coralliennes tout en réduisant la luminosité dans l'eau. Ce dragage a donc certainement causé des dégâts sur les peuplements locaux de coraux, ainsi que sur les herbiers de phanérogames marines.

3.3 Perspectives et propositions de gestion

3.3.1 Propositions d'actions

La dégradation des communautés récifales semble donc être très liée à l'augmentation de nutriments d'origines anthropiques dans la colonne d'eau. Leur restauration doit donc dans un premier temps se concentrer sur l'amélioration de la qualité des eaux usées. La réserve naturelle de Saint Martin, dans le cadre de son rôle de police, peut verbaliser toute infraction au code de l'environnement et de la loi sur l'eau. Concernant les restaurants de l'îlet Pinel, la mise en place de toilettes sèches devrait améliorer la qualité de l'eau si ces dernières fonctionnent correctement.

La gestion de la fréquentation par le nombre de transats sur la plage et de mouillages est également un moyen des conserver les fonds marins de l'îlet Pinel. Cependant les zones d'*Acropora sp.* peuvent devenir une zone d'intérêt particulier. Etant donnée la valeur écologique de ces espèces, il serait préférable de limiter la fréquentation de ces sites. Pour l'heure, l'hydrodynamisme régnant sur ces zones limite naturellement leur fréquentation. Il serait donc préférable de ne pas dévoiler la localisation des colonies d'*Acropora sp.* afin de limiter une fréquentation à forts impacts négatifs.

Enfin le faciès d'*Acropora palmata* sur la plage nord de l'îlet Pinel semble être issu de colonies fracturées par la houle plus au large. Les fragments déposés sur le substrat peuvent donc être collectés pour les bouturer.

3.3.2 Propositions de suivis

Cette étude dresse le diagnostic de l'état de santé à un instant donné. Pour l'heure, il ne permet pas d'avoir une idée de l'évolution antérieure ou future de ce dernier. De futures réitérations de ce travail devraient le permettre. Ce type d'étude permettrait d'évaluer l'efficacité de la gestion mise en œuvre par la réserve naturelle de Saint Martin.

Etant donné que la qualité des eaux semble être primordiale pour la conservation des écosystèmes marins tropicaux, un suivi physico-chimique de la masse d'eau autour de l'îlet Pinel devrait être également réalisé. De plus la courantologie dans la réserve naturelle est peu connue alors qu'il serait nécessaire d'avoir ces informations pour gérer au mieux les pollutions terrestres (sels nutritifs, décharge...).

Une attention particulière devrait être portée à l'évolution du couvert en *Halophilastipulacea*, même si encore peu présente sur les fonds marins autour de l'îlet de Pinel. Dans un premier temps, il serait nécessaire de localiser les sites déjà colonisés par l'espèce, afin d'apprécier la dynamique de ce phénomène. Enfin un suivi de l'évolution des zones colonisées dans la Baie de Cul de Sac devrait être réalisé afin d'estimer son potentiel invasif au sein des herbiers de l'îlet Pinel. D'autant plus que les zones d'ancrages favorisent sa fragmentation et sa dispersion (ENGEL, 2013 ; VEDI, 2013).

Conclusion

L'îlet de Pinel et ses fonds marins subissent diverses pressions anthropiques de par leur proximité avec la côte et leur attrait touristique. Ainsi même s'ils sont constitués d'écosystèmes qui ont une forte valeur écologique (herbiers de phanérogames marines et formations coralliennes), ils semblent dégradés. En effet, la forte proportion de dalles coralliennes envahies par des macroalgues molles est le signe d'un enrichissement important de la masse d'eau en sels nutritifs, ce qui favorise ces dernières au détriment des coraux. Les herbiers semblent en bon état de conservation, même si dans la passe nord fortement exposée aux houles, un secteur est fortement fragmenté (nombreux patches). De plus, les liens étroits entre ces deux principaux milieux peuvent engendrer des impacts négatifs sur l'herbier en bonne santé si les communautés coralliennes sont fortement dégradées (Diaz, 2009).

La comparaison avec les précédentes études (Chauvaud, 2007) montre que de 2007 à 2013 les surfaces en herbiers mixtes et récifs envahies par les macroalgues molles ont été multipliées par 3. Malgré ce constat les fonds marins de l'îlet de Pinel conservent encore des écosystèmes à forts enjeux écologiques. En effet, ¼ des substrats durs sont colonisés par des communautés coralliennes principalement situées sur les platiers fréquemment exposés aux houles, limitant alors la progression des macroalgues molles. La découverte de trois zones constituées majoritairement d'*Acropora palmata* ou d'*Acropora cervicornis*, espèces considérées comme en danger critique d'extinction par l'UICN, renforce l'intérêt écologique de l'îlet Pinel.

La gestion des bouées de mouillage sur l'herbier a donc portée ses fruits, même si les restaurants - soumis à une AOT du Conservatoire du littoral - impliquent une forte fréquentation touristique. La qualité de l'eau reste donc le principal enjeu. En effet, l'îlet de Pinel n'étant pas connecté au réseau local, l'épandage reste pour le moment la seule gestion des eaux usées. L'installation de deux toilettes sèches tend à limiter ces pollutions, mais doit encore faire ses preuves. Cependant, ce problème concerne la totalité de l'île de Saint Martin et doit donc être géré à cette échelle. Ainsi les étangs comme Chevrise reçoivent et concentrent les effluents finaux. Leur ouverture vers la mer provoque un fort enrichissement de la masse d'eau en nutriments.

De par sa compétence en police de l'environnement, la réserve assure une veille tendant à limiter ces phénomènes. Une étude de la courantologie locale, couplée à un suivi en routine de la qualité physicochimique des étangs et des eaux côtières, pourrait permettre à terme une meilleure identification des sources de pollution et une gestion plus efficace de ces phénomènes d'enrichissement du milieu.

Cette étude participe donc à l'élaboration d'une vision globale de l'état de santé des fonds marins de l'îlet de Pinel, ainsi qu'à l'identification des enjeux locaux. Cependant, ce travail ne permet pas d'identifier précisément les types et les sources de pollutions à l'origine des dégradations constatées sur certaines zones. Ainsi, il serait intéressant de prolonger la réflexion en renforçant cet outil par la réalisation d'une cartographie des sources de pollutions en nutriments et MES afin d'appréhender la vulnérabilité des fonds marins face aux pressions anthropiques et d'identifier les secteurs les plus touchés.

Bibliographie

- ANDREFOUËT S., CHAGNAUD N., CHAUVIN C. & KRANENBURG C.J., 2008. Atlas des récifs coralliens de France Outre-Mer. Centre IRD de Nouméa, 153 p.
- Arvam/ Reef Check Reunion. 2008. Reef check île de la Réunion, Les méthodes reef check. 6p.
- BOUCHON C. BOUCHON-NAVARO Y. LOUIS M. 2003. Les communautés marines des baies de Marigot, la Potence et Grand Case (Saint Martin). Centre d'Etude Appliquées aux Milieux Naturels Antilles-Guyane. 33p.
- BOUCHON C. PORTILLO P. BOUCHON-NAVARO Y. LOUIS M. 2006. Suivi de l'état de santé des communautés benthiques des réserves naturelles marines de Guadeloupe. Université des Antilles et de la Guyane. 42p
- BOUCHON C. ET BOUCHON-NAVARO Y. 2002. L'état des récifs coralliens et de leurs ressources dans les collectivités françaises d'outre-mer en 2002. Rapport IFRECOR 198p.
- BOUTRY, M. 2001. Cartographie des biocénoses marines côtières de la Basse-Terre de la Guadeloupe. Diagnostic écologique et pressions anthropiques. DESS de l'Université des Antilles et de la Guyane. (Encadrement : C. Bouchon)
- BRESSAUDS, H. 2004. Caractérisation écologique de deux zones sensibles dans la Réserve Naturelle de Saint Martin. Etude et propositions de gestion d'activités dégradant leurs milieux naturels. Mémoire de fin d'étude de l' Université des Antilles et de la Guyane. (Encadrement : M. Portecop). 169p.
- CHAUVAUD S., LE BELLOUR A, DIAZ N. 2005 Cartographie des biocénoses marines côtières du lagon du Grand-Cul-de-Sac Marin. Télédétection et Biologie Marine. 24p.
- CHAVAUD S. 2007. Cartographie des biocénoses marines et terrestres de la réserve naturelle de Saint-Martin. Télédétection et Biologie Marine. 22p
- Comité consultatif de la Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin. Février 2011. Rapport d'activités 2010. Préfecture de Saint Martin. 62p.
- Coral Reef Targeted research & Capacity Building for Management 2008. Underwater Cards for Assessing Coral Health on Caribbean Reefs 28 p.
- évolution 2007-2012. Janvier 2013, 59 pages + annexes.
- GUILLAUME M. (coord.), 1997. Typologie des ZNIEFF-Mer, liste des paramètres et des biocénoses des côtes françaises des départements d'Outre-Mer. 2nde éd., Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie/MNHN, Paris, 97 p.

- GUILLAUME M., DAUVIN J.C. DOUMENC D.** 1997. Typologie des ZNIEFF-MER, liste des paramètres et des biocénoses des côtes françaises des départements d'outre-mer. Muséum National d'Histoire Naturelle. Partie 3 liste des milieux marins et des biocénoses marines des côtes françaises dans les D.O.M. 29p
- HEILEMAN, S. & CORBIN, C.** 2006. Caribbean SIDS, p. 213-245 in : UNEP/GPA (2006), The State of the Marine Environment : Regional Assessments. UNEP/GPA, The Hague
- HILL J., WILKINSON C.** 2004. Methods for ecological monitoring of coral reefs Australian Institute of Marine Science. 123p. ISBN 0 642 322 376
- 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., Gabrié C., Duncombe M. coord. IFRECOR, Conservatoire du littoral, 140 pp.
- HUMANN P.** Invertébrés coralliens - identification - floride, caraïbes, bahamas, PLB Ed., 1999. 321 p.
- HUMMANN P. DELOACH N.** Poissons coralliens - identification - floride, caraïbes, bahamas, PLB Ed., 2003. 488 p.
- Impact Mer** 2012. Réalisation du suivi des étangs de Saint Martin en vue des projets de la mise en œuvre de rejet de stations de traitement. Rapport final ; Tome 1 : Synthèse des résultats et propositions globales. 151p.
- Impact-Mer, Pareto Ecoconsult,** 2010. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des stations de Référence et de surveillance des Masses d'Eau côtière et de Transition au titre de l'année 2009. Volet Biologie. Rapport de synthèse : Réseau référence. Rapport pour : DIREN Martinique, 166 p. (annexes incluses)
- JOS HILL, CLIVE R WILKINSON.** Methods for ecological monitoring of coral reefs. Australian Institute of Marine Science, 2004 - 117 p.
- KERNINON F.** 2012. Premières actions de mise en place d'un réseau d'observation des herbiers de l'Outre-mer. Rapport de stage de Master 2 Sciences de la Mer et du Littoral - Mention Expertise et Gestion de l'Environnement Littoral.
- LEGRAND H.** 2010. Cartographie des biocénoses benthiques du littoral martiniquais et eutrophisation en zone récifale en relation avec les sources de pression d'origine anthropique Thèse de Doctorat Mention Systèmes Intégrés, Environnement et Biodiversité. Université de Perpignan, USR 3278 CNRS-EPHE Ecosystèmes Aquatiques Tropicaux et Méditerranéens. 291p.
- Mannoni P-A.** (2003). Recherche sur l'influence possible des eaux en provenance de l'Amazone et de l'Orénoque sur les récifs coralliens des Antilles françaises. Rapport de Master 2, Université Antilles-Guyane, 32p

MARECHAL JP., PAULAY G. 2013. Inventaire des crustacés, échinodermes et mollusques de la réserve naturelle nationale de saint martin. Rapport final. Rapport pour : Réserve Naturelle de Saint Martin. 34p.

Norman M, Russell A. Mittermeier, Christina Goetsch Mittermeier, Gustavo A.B. da Fonseca & Jennifer Kent. Biodiversity hotspots for conservation priorities, *Nature*, Vol.403, February 24, 2000, p.853-858.

Pareto. 2009. Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des réserves naturelles marines de Guadeloupe. Année 2008 : état des lieux 2008 et évolution 2007-2008, mise en place d'un réseau de suivi de la température. Rapport provisoire, Décembre 2009, 74 pages + annexes.

Pareto. 2011. Projet de création d'une marina à vocation touristique à Jarry Sud. Etude d'impact environnemental en mer. 70p.

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 RESEAU REEF CHECK CARAIBE Année 2011 : suivi Guadeloupe, Saint-Martin et Martinique.

UNEP, 2004. Bernal, M.C., Londoño, L.M., Troncoso, W., Sierra-Correa, P.C. and F.A. Arias-Isaza. Caribbean Sea/Small Islands, GIWA Regional assessment 3a. University of Kalmar, Kalmar, Sweden.

VEDI F. 2013. Dynamique de population de l'espèce invasive *Halophila stipulacea* en Martinique. La feuille marine, n°1. P 6 - 7.

WILKINSON C., SOUTER D. 2008. Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, 152p.

Annexes

Annexe 1: fiche terrain	50
Annexe 2 : classification générale de l'état écologique d'après la DCE (extrait de : Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne 2000)	51
Annexe 3 : cartographie des habitats marins et des biocénoses benthiques de la Réserve Naturelle de Saint Martin	52
Annexe 4 : poster du suivi de l'état de santé des peuplements benthiques en 2011 (réserve naturelle de Saint Martin)	53

Annexe 2 : classification générale de l'état écologique d'après la DCE (extrait de : Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne 2000)

Très bon état	Bon état	État moyen	Médiocre	Mauvais
<p>Pas ou très peu d'altérations anthropogéniques des valeurs des éléments de qualité physicochimiques et hydromorphologiques applicables au type de masse d'eau de surface par rapport aux valeurs normalement associées à ce type dans des conditions non perturbées.</p>	<p>Les valeurs des éléments de qualité biologique pour la masse d'eau de surface correspondent à celles normalement associées à ce type dans des conditions non perturbées et n'indiquent pas ou très peu de distorsions. Il s'agit des conditions et communautés caractéristiques. Les valeurs des éléments de qualité biologiques applicables au type de masse d'eau de surface montrent de faibles niveaux de distorsion résultant de l'activité humaine, mais ne s'écartent que légèrement de celles normalement associées à ce type de masse d'eau de surface dans des conditions non perturbées.</p>	<p>Les valeurs des éléments de qualité biologique applicables au type de masse d'eau de surface s'écartent modérément de celles normalement associées à ce type de masse d'eau de surface dans des conditions non perturbées. Les valeurs montrent des signes modérés de distorsion résultant de l'activité humaine et sont sensiblement plus perturbées que dans des conditions de bonne qualité.</p>	<p>Les eaux montrant des signes d'altérations importantes des valeurs des éléments de qualité biologique applicables au type de masse d'eau de surface et dans lesquelles les communautés biologiques pertinentes s'écartent sensiblement de celles normalement associées au type de masse d'eau de surface dans des conditions non perturbées sont classées comme médiocres.</p>	<p>Les eaux montrant des signes d'altérations graves des valeurs des éléments de qualité biologique applicables au type de masse d'eau de surface et dans lesquelles font défaut des parties importantes des communautés biologiques pertinentes normalement associées au type de masse d'eau de surface dans des conditions non perturbées sont classées comme mauvaises.</p>

Annexe 4 : poster du suivi de l'état de santé des peuplements benthiques en 2011 (réserve naturelle de Saint Martin)

