



Evaluation écologique des sites de plongée et étude socio-économique du tourisme de la plongée sous- marine en Martinique.

Année 2007

OBSERVATOIRE DU MILIEU MARIN MARTINICAIS
3 avenue Condorcet
97200 Fort-De-France
0596 39 42 16
ommm@ommm.org



SOMMAIRE

I.	INTRODUCTION.....	7
A.	Les écosystèmes marins martiniquais	7
1.	<i>Les récifs coralliens</i>	11
2.	<i>Les sources de stress des récifs</i>	12
a)	Les catastrophes naturelles	13
b)	Les pressions anthropiques	16
c)	Un bilan écologique négatif.....	24
d)	Impact du tourisme en général.....	24
B.	Les acteurs clés.....	25
C.	Campagne de sensibilisation	26
D.	Présentation de l'étude	27
II.	MATERIEL ET METHODE.....	29
A.	Etude socio-économique	29
B.	Evaluation écologique des sites de plongée	30
1.	<i>Choix des sites</i>	30
2.	<i>Protocole d'échantillonnage en plongée</i>	39
a)	Evaluation écologique	39
b)	Evaluation de l'impact de la surfréquentation des sites.....	44
c)	Conditions d'échantillonnage	46
d)	Analyses statistiques.....	46
III.	EVALUATION ECOLOGIQUE DES SITES	47
A.	Secteur A.....	47
1.	<i>La Perle</i>	47
a)	Description du site.....	47
b)	Communautés benthiques	47
c)	Etat de santé.....	49
2.	<i>Le Sous-marin</i>	49
a)	Description du site.....	49
b)	Communautés benthiques	50
c)	Etat de santé.....	51
3.	<i>Les Sources chaudes</i>	51
a)	Description	51
b)	Communautés benthiques	52
c)	Etat de santé.....	53
4.	<i>Bilan de l'évaluation écologique du secteur A</i>	53
B.	Secteur B.....	56
1.	<i>Fond boucher</i>	56
a)	Description	56
b)	Communautés benthiques	57
c)	Etat de santé.....	58
2.	<i>Cap Enragé</i>	58
a)	Description	58
b)	Communautés benthiques	59
c)	Etat de santé.....	60
3.	<i>Trou Rouge</i>	60
a)	Description	60
b)	Communauté benthique.....	61
c)	Etat de santé.....	62
4.	<i>Bilan écologique du secteur B</i>	62
C.	Secteur C.....	65
1.	<i>Le Cap Salomon</i>	65
a)	Description	65
b)	Communautés benthiques	65
c)	Etat de santé.....	67
2.	<i>Site de référence du Cap Salomon</i>	67
a)	Description	67
b)	Communautés benthiques	67
c)	Etat de santé.....	68
3.	<i>La Lézarde</i>	68
a)	Description	69
b)	Communautés benthiques	69

c) Etat de santé	70
4. Le site de référence de La Lézarde	70
a) Description	70
b) Communautés benthiques	70
c) Etat de santé	71
5. Bilan écologique du secteur C	72
D. Secteur D	74
1. Le rocher du Diamant	74
a) Description	74
b) Communautés benthiques	74
c) Etat de santé	76
2. La Grande Caye	77
a) Description	77
b) Communautés benthiques	77
c) Etat de santé	79
3. Jardin Tropical	79
a) Description	79
b) Communautés benthiques	79
c) Etat de santé	81
4. Tombant des Demoiselles	81
a) Description	81
b) Communautés benthiques	81
c) Etat de santé	82
5. Tombant des Barracudas	83
a) Communautés benthiques	83
b) Etat de santé	84
6. Bilan écologique du secteur D	84
7. Conclusion sur l'état de santé de l'ensemble des sites échantillonnés	86
IV. ANALYSE DES EFFETS DE LA SURFREQUENTATION DES SITES PAR LES PLONGEURS EN SCAPHANDRE	89
A. Cap Salomon	89
B. La Lézarde	90
C. Grande Caye	91
D. Tombant des Demoiselles	91
E. Conclusion sur l'effet de la sur-fréquentation	92
V. ORGANISATION DE L'ACTIVITE DE PLONGEE EN MARTINIQUE	94
VI. PROPOSITION D'AMENAGEMENTS ET D'ACTIONS POUR LA PRESERVATION DES SITES NATURELS ET LE DEVELOPPEMENT DU TOURISME DE PLONGEE	106
A. Des problèmes persistants	106
B. Les outils disponibles	109
1. Sensibilisation et formation des plongeurs	109
a) Charte de bon comportement	109
b) Formation	112
c) Evènements et animations ludiques et pédagogiques	114
d) Mise en place d'un réseau Reef Check en Martinique	114
2. Aménagements pour la protection et la gestion de la fréquentation des sites	116
a) Prospection de nouveaux sites	116
b) Les sentiers sous-marins	117
c) Les récifs artificiels (RA)	119
d) Les mouillages	129
e) Aires marines protégées (AMP)	135
BIBLIOGRAPHIE	140
INDEX DES ABREVIATIONS	144
ANNEXES	145

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "La Perle", secteur A, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	48
Figure 2. Diversité des espèces de coraux du site "La Perle" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.....	49
Figure 3. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Sous-marin", secteur A, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	50
Figure 4. Diversité des espèces de coraux du site "le Sous-marin" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.....	51
Figure 5. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Sources Chaudes", secteur A, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	52
Figure 6. Diversité des espèces de coraux du site ""Sources Chaudes" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.....	53
Figure 7. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique des sites "La Perle", "Sous-marin" (SM) et "Sources chaudes" (SC), Nord Caraïbe, secteur A. Les valeurs sont exprimées en % de points observés d'une catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	54
Figure 8. Comparaison de la composition des peuplements coralliens du secteur A, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre total d'espèces de corail comptabilisées pour chaque site.....	55
Figure 9. Vue aérienne du site de Fond Boucher (©Orthophoto IGN-2004).....	56
Figure 10. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Fond Boucher", secteur B, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	57
Figure 11. Diversité des espèces de coraux du site "Fond Boucher" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.....	58
Figure 12. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Cap Enragé", secteur B, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	59
Figure 13. Diversité des espèces de coraux du site "Cap Enragé" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.....	60
Figure 14. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Trou Rouge", secteur B, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	61
Figure 15. Diversité des espèces de coraux du site "Trou Rouge" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.....	62
Figure 16. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique des sites "Fond Boucher", "Cap Enragé" et "Trou Rouge", Nord Caraïbe, secteur B. Les valeurs sont exprimées en % de points observés d'une catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	63
Figure 17. Comparaison de la composition des peuplements coralliens du secteur B, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre total d'espèces de corail comptabilisées pour chaque site.....	64
Figure 18. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site " Cap Salomon (La Piscine)", secteur C, centre Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	66
Figure 19. Diversité des espèces de coraux du site "Cap Salomon (La Piscine)" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.....	66
Figure 20. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site de référence de "Cap Salomon", secteur C, centre Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	67
Figure 21. Diversité des espèces de coraux du site de référence de "Cap Salomon" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.....	68
Figure 22. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "La Lézarde", secteur C, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	69
Figure 23. Diversité des espèces de coraux du site "La Lézarde" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.....	70
Figure 24. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site de référence "La Lézarde ", secteur C, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).....	71

Figure 25. Diversité des espèces de coraux du site de référence "La Lézarde" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.	71
Figure 26. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique des sites "du secteur C, centre Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % de points observés d'une catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).	72
Figure 27. Comparaison de la composition des peuplements coralliens du secteur C, centre Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre total d'espèces de corail comptabilisées pour chaque site.	73
Figure 28. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Rocher du Diamant", secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).	75
Figure 29. Diversité des espèces de coraux du site "Rocher du Diamant" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.	76
Figure 30. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Grande Caye", secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).	78
Figure 31. Diversité des espèces de coraux du site "Grande Caye" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.	78
Figure 32. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Jardin Tropical", secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).	80
Figure 33. Diversité des espèces de coraux du site "Jardin Tropical" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.	80
Figure 34. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Tombant des Demoiselles", secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).	82
Figure 35. Diversité des espèces de coraux du site "Tombant des Demoiselles" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.	82
Figure 36. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Tombant des Barracudas", secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).	83
Figure 37. Diversité des espèces de coraux du site "Tombant des Barracudas" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.	84
Figure 38. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique des sites du secteur D, centre Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % de points observés d'une catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).	85
Figure 39. Comparaison de la composition des peuplements coralliens du secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre total d'espèces de corail comptabilisées pour chaque site.	86
Figure 40. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique et état de santé (de ES= 1 / très bon état à ES=4 / très dégradé) pour l'ensemble des sites échantillonnés (secteurs A, B, C, D).	87
Figure 41. Diversité en corail et état de santé (de ES= 1 / très bon état à ES=4 / très dégradé) des sites échantillonnés (secteurs A, B, C, D). Le taux de recouvrement de chaque espèce est exprimé en pourcentage du recouvrement total en corail.	88
Figure 42. % de recouvrement pour chaque indicateur de l'effet de la surfréquentation des plongeurs en scaphandre sur le site "Cap Salomon".	90
Figure 43. % de recouvrement pour chaque indicateur de l'effet de la surfréquentation des plongeurs en scaphandre sur le site "La Lézarde".	90
Figure 44. % de recouvrement pour chaque indicateur de l'effet de la surfréquentation des plongeurs en scaphandre sur le site "Grande Caye".	91
Figure 45. % de recouvrement pour chaque indicateur de l'effet de la surfréquentation des plongeurs en scaphandre sur le site "Tombant des Demoiselles".	92
Figure 46. Classement des facteurs pouvant avoir un impact négatif sur l'activité de plongée en Martinique, selon les responsables des clubs de plongée (conflits avec les autres plongeurs, pêcheurs et plaisanciers, etc.).	99
Figure 47. Classement des facteurs pouvant freiner la fréquentation des sites, selon les clubs de plongée en Martinique.	99
Figure 48. Critères écologiques recherchés, par ordre de préférence, chez les plongeurs en Martinique.	102
Figure 49. Classement des types de sites de plongée par ordre de préférence des plongeurs en Martinique.	116
Figure 50. Exemple d'aménagement de la Pointe Borgnesse avec la mise en place d'un sentier sous-marin.	119
Figure 51. Périmètres pressentis des zones de réserves marines régionales du nord (A – La Perle/Sous-marin et B - Citadelle) et du sud (C – Sainte Luce) de la Martinique. Le projet sud ne fait apparaître que la zone intégrale. Le périmètre de la réserve suivrait l'isobathe 50m au large.	137

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Enrichissement des eaux littorales.	17
Tableau 2. Hypersédimentation.	18

Tableau 3. Surpêche et collecte d'organismes marins.....	19
Tableau 4. Activités nautiques.....	20
Tableau 5. Plongée sous-marine.....	21
Tableau 6. Ancres et mouillages non conventionnels.....	22
Tableau 7. Activités ayant un impact direct sur les récifs coralliens.....	24
Tableau 8. Activités ayant un impact indirect sur les récifs coralliens.....	25
Tableau 9. Récapitulatif des sites sélectionnés dans le secteur A - Nord Caraïbe.....	31
Tableau 10. Récapitulatif des sites sélectionnés du secteur B Nord Caraïbe.....	33
Tableau 11. Caractéristiques des sites sélectionnés dans le secteur C Sud Caraïbe.....	35
Tableau 12. Caractéristiques des sites sélectionnés dans le secteur D Sud Martinique.....	37
Tableau 13 : descripteurs et codes utilisés lors de l'évaluation écologique en plongée.....	40
Tableau 14 : Classification de l'état de santé des récifs coralliens selon Bouchon <i>et al.</i> 2003.....	44
Tableau 15. Associations et fédérations de plongée sous-marine les plus importantes présentes en Martinique.....	95
Tableau 16. Diversité des offres tarifaires des clubs de plongée sous-marine en Martinique.....	96
Tableau 17. Répartition des plongeurs par tranche d'âge.....	101
Tableau 18. Ancienneté des plongeurs (nombre de plongées effectuées).....	101
Tableau 19. Répartition des plongeurs en fonction du nombre de plongées effectuées au cours de leur séjour en Martinique (à partir des réponses des plongeurs en visite dans l'île).....	101
Tableau 20. Critères recherchés par les plongeurs.....	102
Tableau 21. Importance de la signature d'une charte de respect de l'environnement marin et de bon comportement des plongeurs en Martinique. Enquête réalisée par l'OMMM en 2007 auprès de 101 plongeurs visiteurs et résidents.....	111
Tableau 22. Perception de l'implication environnementale des clubs de plongée selon les plongeurs (n=101).....	113
Tableau 23. Choix préférentiel par les plongeurs d'un club impliqué en environnement en fonction de leur point de vue sur l'impact de la plongée (enquête Martinique 2007, n=101 plongeurs).....	113
Tableau 24. Nombre de clubs favorables à la mise en place de structures artificielles permettant.....	123
Tableau 25. Les épaves coulées sur les côtes de Guadeloupe.....	126
Tableau 26. Coût financier (à titre indicatif au 01/04/08) pour le réaménagement des lignes de mouillages sur les anciens dispositifs d'amarrage DIREN/CELRL – hors coût d'installation (Source : SARL EquipBoat).....	131
Tableau 27. Coûts financiers (à titre indicatif au 01/04/08) pour l'installation de mouillages écologiques (type ancre "VLM" ou corps-mort en béton) sur la base de 40 unités – hors coût de marquage (signalisation du propriétaire et autres indications) des bouées (Source : SARL EquipBoat).....	131
Tableau 28. Evaluation du prix de la plongée par les plongeurs.....	136
Tableau 29. Consentement de la valeur maximale acceptable de la taxe pour les plongeurs.....	136
Tableau 30 : coût financier (à titre indicatif au 01/04/08) pour le réaménagement des lignes de mouillages sur les anciens dispositifs d'amarrage DIREN/CELRL – hors coût d'installation (Source : SARL EquipBoat).....	162
Tableau 31 : coûts financiers (à titre indicatif au 01/04/08) pour l'installation de mouillages écologiques (type ancre "VLM" ou corps-mort en béton) sur la base de 40 unités – hors coût de marquage (signalisation du propriétaire et autres indications) des bouées (Source : SARL EquipBoat).....	162

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1. Photo satellite de l'ouragan Dean le 17 août 2007 (source : http://www.nrlmry.navy.mil/tc-bin/tc_home2.cgi - fichier : 20070817.1157.f15.x.geovis.04LDEAN.90kts-970mb-144N-617W.78pc.jpg).....	14
Photo 2. Colonie corallienne – <i>Montastraea faveolata</i> - nécrosée suite au développement de maladie (© OMMM/JP Maréchal).....	15
Photo 3. Blanchissement de colonies coralliennes (© OMMM/L Juhel).....	16
Photo 4. Développement d'algues sur un ancien plateau corallien (Sargasses) (© OMMM/JP Maréchal).....	17
Photo 5 : exemple d'envasement du corail (© OMMM/J Mahieu).....	18
Photo 6. Colonie corallienne cassée par la pose d'un casier de pêche dans une zone récifale (© OMMM/L Juhel).....	19
Photo 7. Exemple de mouillage utilisé par les clubs de plongée, montrant une chaîne entourant une patate corallienne de <i>Montastraea annularis</i> reliée à un pneu jouant le rôle d'amortisseur sur lequel est attaché un bout d'amarrage pour le bateau en surface (©OMMM/L Juhel).....	21
Photo 8. Matériel d'échantillonnage nécessaire aux transects (© OMMM).....	39
Photo 9 . Transect de 10m matérialisé par une corde marquée au feutre tous les 20 cm et tendue sur le fond (© OMMM).....	40
Photo 10. Corail <i>Agaricia</i> sp. (© OMMM).....	41
Photo 11. Corail <i>Millepora alcornis</i> (© OMMM).....	41
Photo 12. Macroalgues <i>Sargassum</i> sp. sur une zone récifale (© OMMM).....	41
Photo 13. Macroalgue <i>Dictyota</i> sp. dans un herbier à <i>Thalassia</i> (© OMMM).....	41
Photo 14. Eponge <i>Cliona delitrix</i> (©OMMM/L. Juhel).....	42
Photo 15. Mesure de la longueur totale en corail vivant et en corail mort selon la méthode "ligne intercept" par un deuxième plongeur, le long du transect de 10m (© OMMM).....	43
Photo 16. Utilisation d'un quadrat en PVC de 1m ² placé le long d'une corde matérialisant le transect de 10m (© OMMM/Le Bihan).....	45

Photo 17. Terminaisons d'éponge <i>Xestospongia muta</i> cassées par des coups de palme (©OMMM/Le Bihan).....	46
Photo 18. Vue du rocher La Perle dans le secteur A, Prêcheur. (©OMMM/JP Maréchal)	47
Photo 19. Vue du Cap Salomon depuis la plage de Grande Anse d'Arlet. (©OMMM/JP Maréchal).....	65
Photo 20. Vue de la Pointe de la Lézarde depuis la plage de Grande Anse d'Arlet. (©OMMM/JP Maréchal).....	68
Photo 21. Vue du Rocher du Diamant. (©OMMM/JP Maréchal).....	74
Photo 22. Vue de la Grande Caye en face du bourg de Sainte Luce. (© DIREN)	77
Photo 23. Vue du site Jardin Tropical en face du bourg de Sainte Luce. (© DIREN)	79
Photo 24. Vue de la Pointe Borgnesse à la sortie de la baie du Marin. (© DIREN)	81
Photo 25. Cours de biologie donné par le président de l'OMMM.	113
Photo 26. Navire Nahoon prenant la mer (source : http://pagesperso-orange.fr/autrebord/nahoon/pgenahoon.html#pens%E9e)	120
Photo 27. L'épave du Nahoon en Martinique (source : www.dreamwrecks.com/gallery.php?gid=29)	121
Photo 28. Double page d'un article sur l'épave du Nahoon (magazine AquaMonde, fév.-mars 2007, N°13)	121
Photo 29. L'épave du Caoyla à Case Pilote.....	124
Photo 30. Le Master Endeavour dans la baie de Fort de France.....	124
Photo 31. Exemple d'un corps morts matérialisé par une chaîne entourant une colonie corallienne. La zone de dégradation est visible autour du point d'attache où toute forme de vie est détruite sur une surface de plusieurs m ²	129

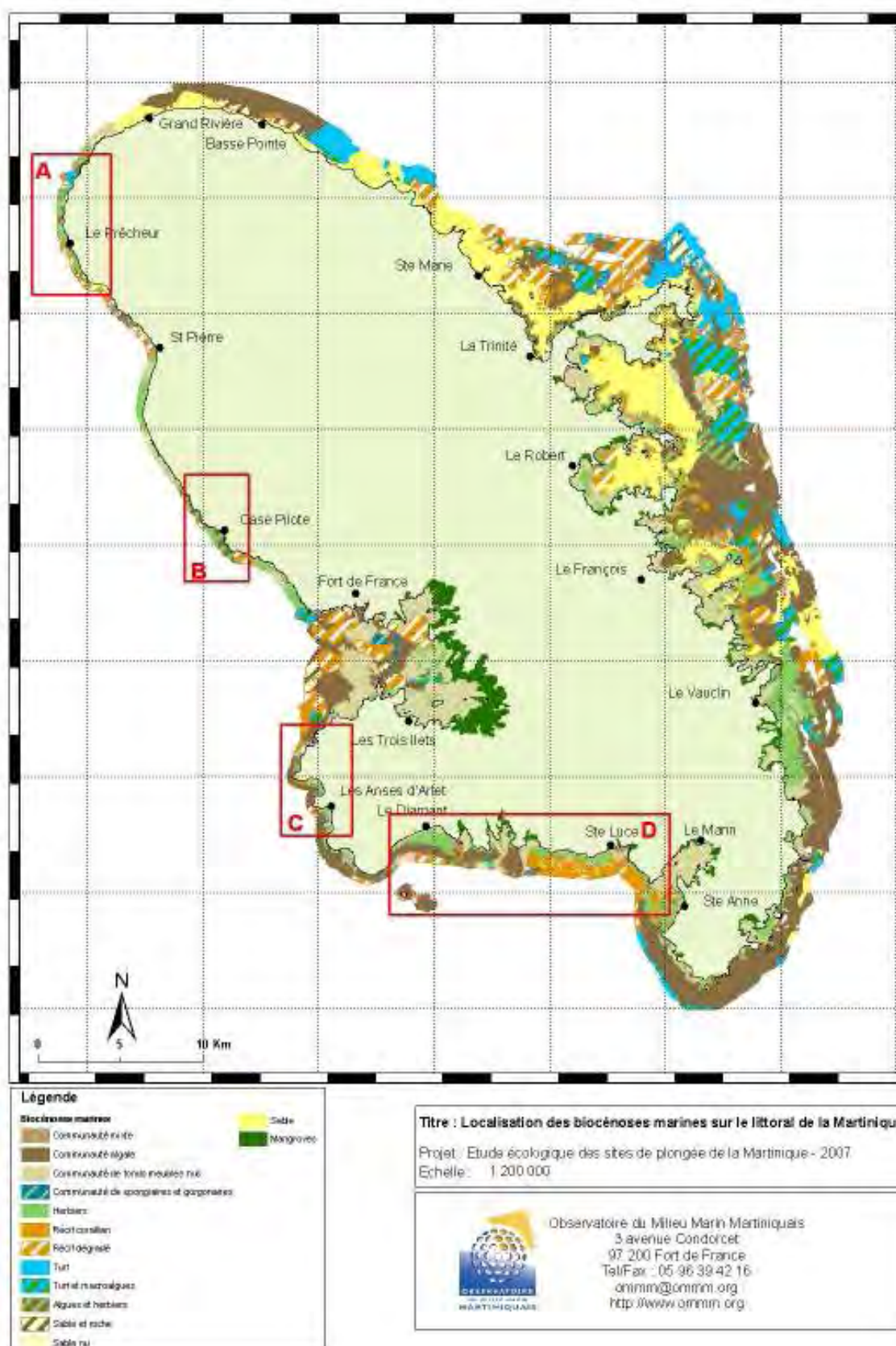
LISTE DES CARTES

Carte 1. Biocénoses marines de la Martinique (secteurs A, B, C, D).....	8
Carte 2. Habitats marins de la Martinique (secteurs A, B, C, D).	9
Carte 3. Carte géologique simplifiée de la Martinique modifiée d'après Westercamp <i>et al.</i> , 1989 (source : www.mount-pelee.com)	10
Carte 4. Cartographie des habitats et des biocénoses marines du secteur A - Nord Caraïbe - Martinique, et fréquentation annuelle des trois sites de plongée sélectionnés (données 2004).	32
Carte 5. Cartographie des habitats et des biocénoses marines associées du secteur B, nord Caraïbe, Martinique, et présentation de la fréquentation annuelle en 2004 des trois sites de plongée sélectionnés.....	34
Carte 6. Cartographie des habitats et des biocénoses marines associées du secteur C, sud Caraïbe, Martinique, et présentation de la fréquentation annuelle en 2004 des trois sites de plongée sélectionnés.....	36
Carte 7. Cartographie des habitats et des biocénoses marines associées du secteur D, sud Martinique, et présentation de la fréquentation annuelle en 2004 des trois sites de plongée sélectionnés.....	38
Carte 8. Répartition des clubs de plongée sous-marine sur le littoral Caraïbe de la Martinique (données 2007).104	
Carte 9. Localisation des sites de plongée de la côte Caraïbe de la Martinique.....	105
Carte 10. Exemple d'utilisation d'une zone marine en Martinique illustrant la multiplicité des usages et les conflits potentiels entre activités nautiques.	108
Carte 11. Zones potentielles pour l'immersion d'épaves en fonction de la fréquentation et de la nature des fonds, exemple du secteur sud ouest Caraïbe, Martinique.....	127
Carte 12. Zones potentielles pour l'immersion d'épaves en fonction de la fréquentation et de la nature des fonds, exemple du secteur sud Caraïbe, Martinique.	128

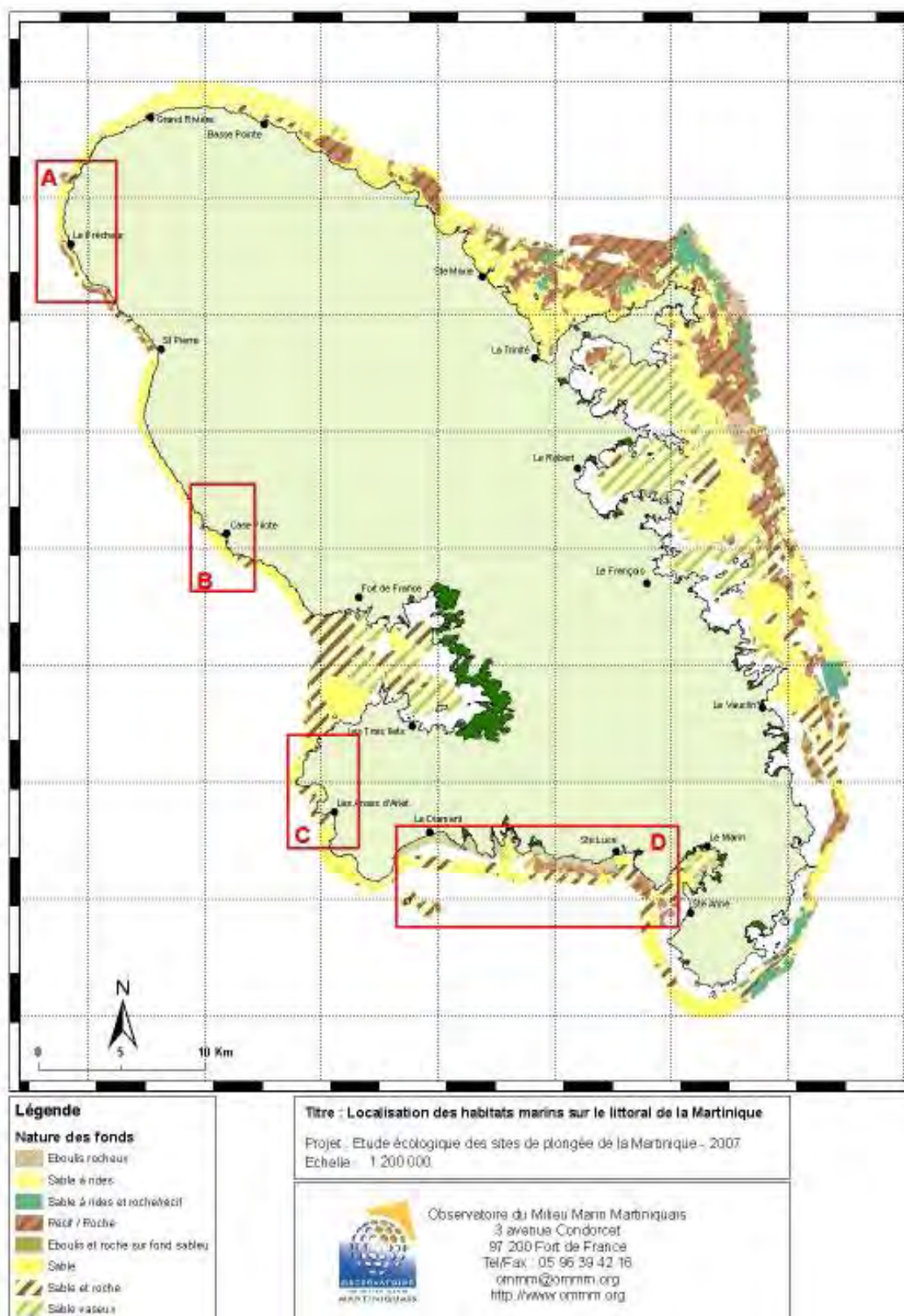
I. Introduction

A. Les écosystèmes marins martiniquais

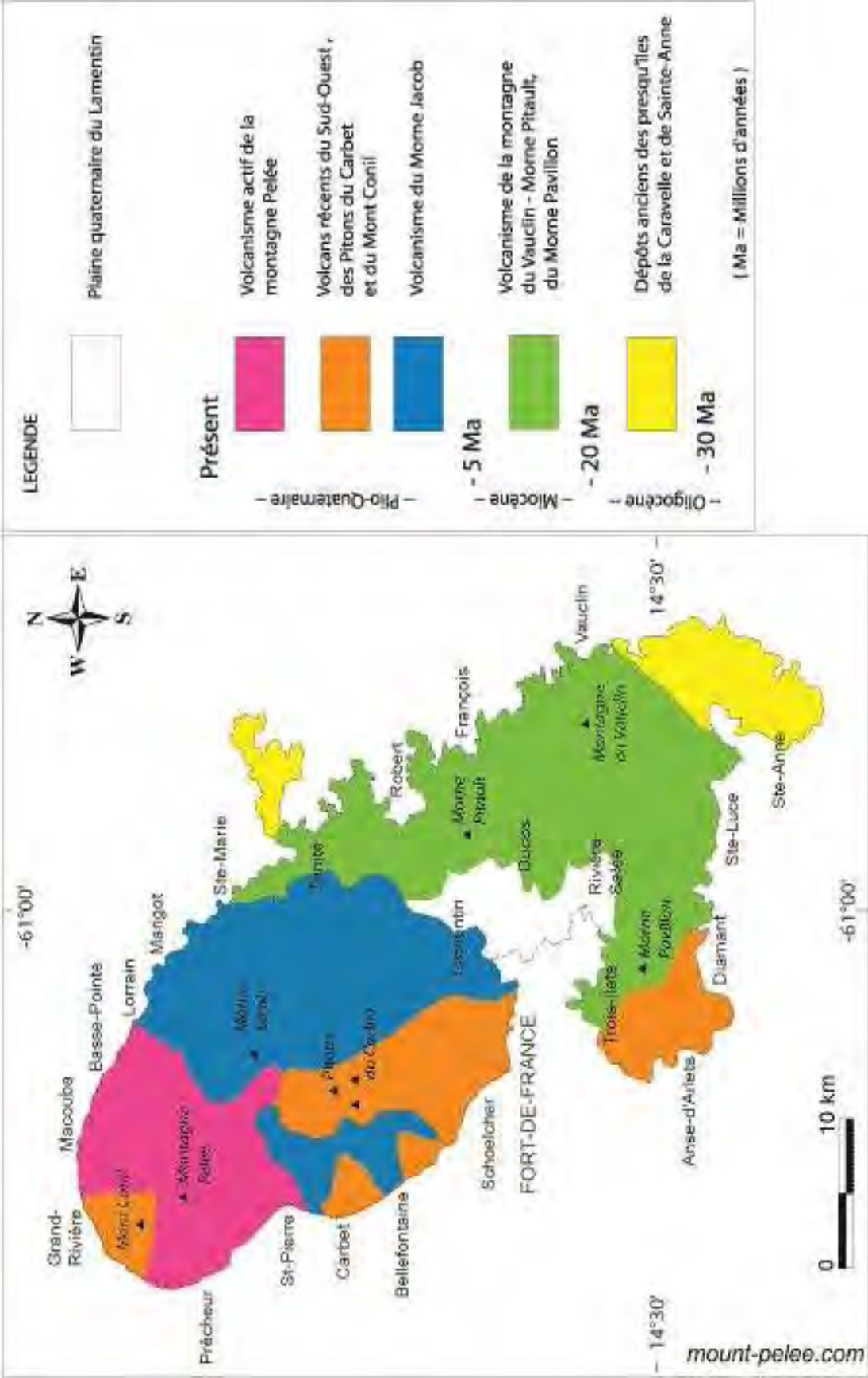
Trois écosystèmes remarquables sont présents sur les cotes martiniquaises : les mangroves, les herbiers de phanérogames et les récifs coralliens (Carte 1). La mangrove est un écosystème riche, situé à l'interface terre-mer dans des eaux calmes. Elle protège le littoral contre l'érosion et filtre les eaux terrestres chargées en sédiments, en matières organiques et minérales. La superficie des mangroves en Martinique atteint environ 1800 hectares. Celle de Génipa, dans la baie de Fort-de-France, occupe la plus grande surface, avec une superficie de 1000 ha (rapport ORGFH-DIREN, Etat des lieux de la Martinique). Les herbiers de phanérogames se développent dans des zones de turbidité intermédiaire, entre la mangrove et les récifs. La surface totale des herbiers est estimée à 4 636 ha. sept espèces de phanérogames marines sont présentes en Martinique (Laborel-Deguen 1984), dont deux espèces dominantes : *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*. Les herbiers majoritaires sont essentiellement localisés entre les Anses d'Arlet et la Baie du Robert, et couvrent environ 3.900 ha (rapport ORGFH-DIREN, Etat des lieux de la Martinique). L'appareil racinaire des plantes marines stabilise les fonds sédimentaires en piégeant le sable. Les récifs coralliens sont des édifices calcaires bio-construits et localisés dans des eaux claires en aval des deux autres écosystèmes. La surface des récifs en Martinique est d'environ 150 km². Ils sont localisés le long de la côte sud Caraïbe et sur la côte Atlantique. Ces trois écosystèmes sont étroitement liés. La mangrove et l'herbier épurent les eaux permettant le développement des formations coralliennes. Les récifs protègent le littoral de la houle, surtout en période cyclonique. Les eaux calmes des lagons et baies favorisent le développement des mangroves et herbiers.



Carte 1. Biocénoses marines de la Martinique (secteurs A, B, C, D).



Carte 2. Habitats marins de la Martinique (secteurs A, B, C, D).



Carte 3. Carte géologique simplifiée de la Martinique modifiée d'après Westercamp et al., 1989 (source : www.mount-pelee.com)

1. Les récifs coralliens

Les récifs coralliens comptent parmi les écosystèmes les plus riches et les plus productifs au monde (Alevizon and Brooks 1975). Ils sont formés principalement de coraux scléractiniaires. Ces organismes forment des colonies benthiques, composées de polypes sécrétant un exosquelette calcaire. Chaque polype vit en symbiose avec des microalgues (zooxanthelles) optimisant le processus de calcification. La symbiose et le processus de calcification rendent ces organismes sensibles aux variations du milieu, et limitent leur répartition aux eaux chaudes ($18^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 28^{\circ}\text{C}$), peu profondes (zone euphotique $< 70\text{m}$), oligotrophes ($\text{NO}_3 < 2 \text{ mmole.l}^{-1}$, $\text{PO}_4 < 0,20 \text{ mmole.l}^{-1}$), claires, bien oxygénées et à une salinité optimale de 34‰. Ces spécificités font du corail un bon indicateur de l'état de santé des récifs, notamment leur taux de recouvrement et leur taux de mortalité (Edinger *et al.* 2000).

La géomorphologie des récifs coralliens est très différente selon leur âge de formation (Carte 3). En Martinique, trois grands types de formations coralliennes sont présents : des récifs frangeants, un récif barrière et des colonies coralliennes sur fonds rocheux.

Un récif frangeant est présent sur les côtes Sud et Sud-Est, du rocher du Diamant à la plage des Salines. Séparé de la côte par un chenal de faible profondeur, ces édifices naturels forment des plateaux de largeurs différentes dominés par des colonies du genre *Montastraea* entre 0,5 et 8 m. Le récif se poursuit par une pente externe abrupte jusqu'à 70 m de profondeur dans certains secteurs. Les formations coralliennes les plus étendues et les plus riches sont les cayes de Sainte Luce.

Sur la côte Atlantique, un récif barrière s'est développé sur 25 km de long et 1 à 2 km de large, entre la presqu'île de la Caravelle et le Vauclin. Un lagon de 3 à 8 km de large avec des profondeurs maximale de 30 m environ sépare la barrière de la côte. Sa morphologie est très hétérogène, avec un secteur caractérisé par une crête algale émergente formée d'encroûtements calcaires (Battistini 1978), et une autre partie formée de peuplements coralliens, anciennement dominés par l'espèce *Acropora palmata* (Corne d'élan, Lamarck, 1816).

Sur la côte Ouest et Nord Caraïbe, des colonies coralliennes se sont développées sur des fonds rocheux, d'origine volcanique. L'absence de récif corallien est due à plusieurs facteurs. D'une part, la formation géologique récente de la côte ouest et Nord a retardé la colonisation corallienne sur ces fonds. D'autre part, le volcanisme actif de la montagne Pelée a été un facteur inhibiteur pour les peuplements coralliens (émission de cendres, réchauffement des eaux pendant les éruptions...). Les derniers épisodes volcaniques datent de 1902 et 1929-1932. L'importante pluviométrie et le réseau hydrographique dans le secteur Nord, la

topographie abrupte des fonds et les éboulis rocheux sont défavorables à l'établissement d'un récif. Toutefois, les fonds à substrat rocheux présentent une biodiversité importante (éponges, algues, gorgones et coraux). Dans des conditions favorables, le recouvrement du substrat est proche de 100% et la compétition inter et intra-spécifique pour l'espace est importante.

Les récifs coralliens sont confrontés à des pressions anthropiques diverses (aménagement du littoral, activités nautiques, surexploitation des ressources) peu favorables à leur préservation.

2. Les sources de stress des récifs

Les récifs les plus dégradés sont proches des côtes et des zones urbaines. Rogers (1985) a constaté que, dans l'ensemble des Antilles, la détérioration des écosystèmes coralliens était due en grande partie à l'expansion démographique et économique des îles. A l'échelle de la Martinique, cette dégradation a été constatée dès les années 80 (Bouchon et Laborel 1986 ; rapport ORGFH/DIREN, Etat des lieux de la Martinique) suite à une succession de catastrophes naturelles (tempêtes, maladies), mais surtout à l'intensification de problèmes d'origine anthropique comme l'eutrophisation (Davies, 1990), la surpêche (Burridge *et al.* 2003 ; Chiappone *et al.* 2005 ; Mangi and Roberts 2006 ; Dameron *et al.* 2007) et les activités nautiques (Davis 1977 ; OMMM 2006b). La combinaison de ces facteurs a eu, et a, des conséquences sur les capacités de restauration naturelle des récifs, et la qualité et la richesse spécifique du milieu (prédominance des macroalgues, diminution et/ou disparition d'espèces sensibles, diminution de la taille moyenne de certaines espèces, dégradation physique des fonds).

Le tourisme est un secteur majeur de l'économie dans la région caraïbe, à la fois en terme d'échanges et d'emplois. Ce tourisme est fortement associé à la mer et aux plages, ce qui a eu et a toujours un impact sur l'environnement côtier, notamment les récifs coralliens.

L'impact sur ces écosystèmes inclut des effets directs et indirects. Les activités avec un impact direct rassemblent : la plongée, le snorkelling (PMT), la plaisance, qui peuvent entraîner des dégradations physiques directement sur les récifs et la pêche ou la collecte, qui peuvent contribuer à la surexploitation des espèces récifales et mettre en danger des espèces locales menacées. Les effets indirects sont associés au développement, aux constructions diverses et les aménagements touristiques dans leur ensemble (hotels, marinas, ports, aéroports, etc.).

Les dégradations physiques directes des activités PMT et de plongée ont fait l'objet de nombreuses études et sont très documentés. Les dommages pouvant émaner des plongeurs

et nageurs sont principalement la casse de coraux fragiles, comme les espèces branchues, et des lésions majeures sur les coraux massifs. La plupart des plongeurs et nageurs ont toutefois un impact réduit et seulement une minorité ont un impact significatif. Cependant, la multiplication des impacts mineurs peut entraîner des dommages à long terme. Les résultats de la recherche indiquent que la dégradation des récifs et les changements dans la structure des communautés n'est significative qu'à partir d'un seuil de fréquentation au delà duquel l'impact est mesurable. Il a été retenu comme règle générale que le nombre de plongeurs par site et par an ne devrait pas excéder 5000 à 6000. L'information systématique des plongeurs et nageurs avant chaque plongée devrait participer à une réduction des impacts négatifs.

a) Les catastrophes naturelles

(1) Les tempêtes, cyclones, houles cycloniques

La fréquence des épisodes cycloniques est faible en Martinique (1 épisode tous les 4 ans – Météo France). Les dégâts sont plus ou moins importants selon leur intensité et leur fréquence. En 1979 et 1980, les ouragans David et Allen ont entraîné une destruction massive des récifs, notamment les espèces du genre *Acroporidae*, avec 50% de mortalité de l'espèce *A. palmata*, et 90% du corail corne de cerf (*Acropora cervicornis*, Lamarck, 1816) dans la Caraïbe. Des colonies d'*A. cervicornis* et d'*A. palmata* vivantes sont observées occasionnellement en Martinique, dans des secteurs protégés. Pour l'ensemble des communautés coralliennes, les dégâts occasionnés par les fortes houles sont localisés en zones peu profondes, sur les plateaux et les crêtes des récifs. Les espèces principalement touchées appartiennent aux genres *Madracis* (ex : *Madracis mirabilis*, madrace jaune, Duchassaing and Michelotti 1861) et *Porites* (ex : *Porites porites*, porite digité, Pallas, 1766). D'après le témoignage de plusieurs clubs de plongée (UCPA, Surcoufdive, Alizé plongée, Norcasub), les dégâts provoqués par l'ouragan Lenny en 1999 ont été très importants, notamment sur les sites du Nord. Récemment, l'ouragan DEAN a ravagé certains secteurs du récif frangeant Sud dans la région de Sainte Luce, notamment vers 6/8 m de profondeur à la jonction entre la zone du plateau récifal et la pente récifale.

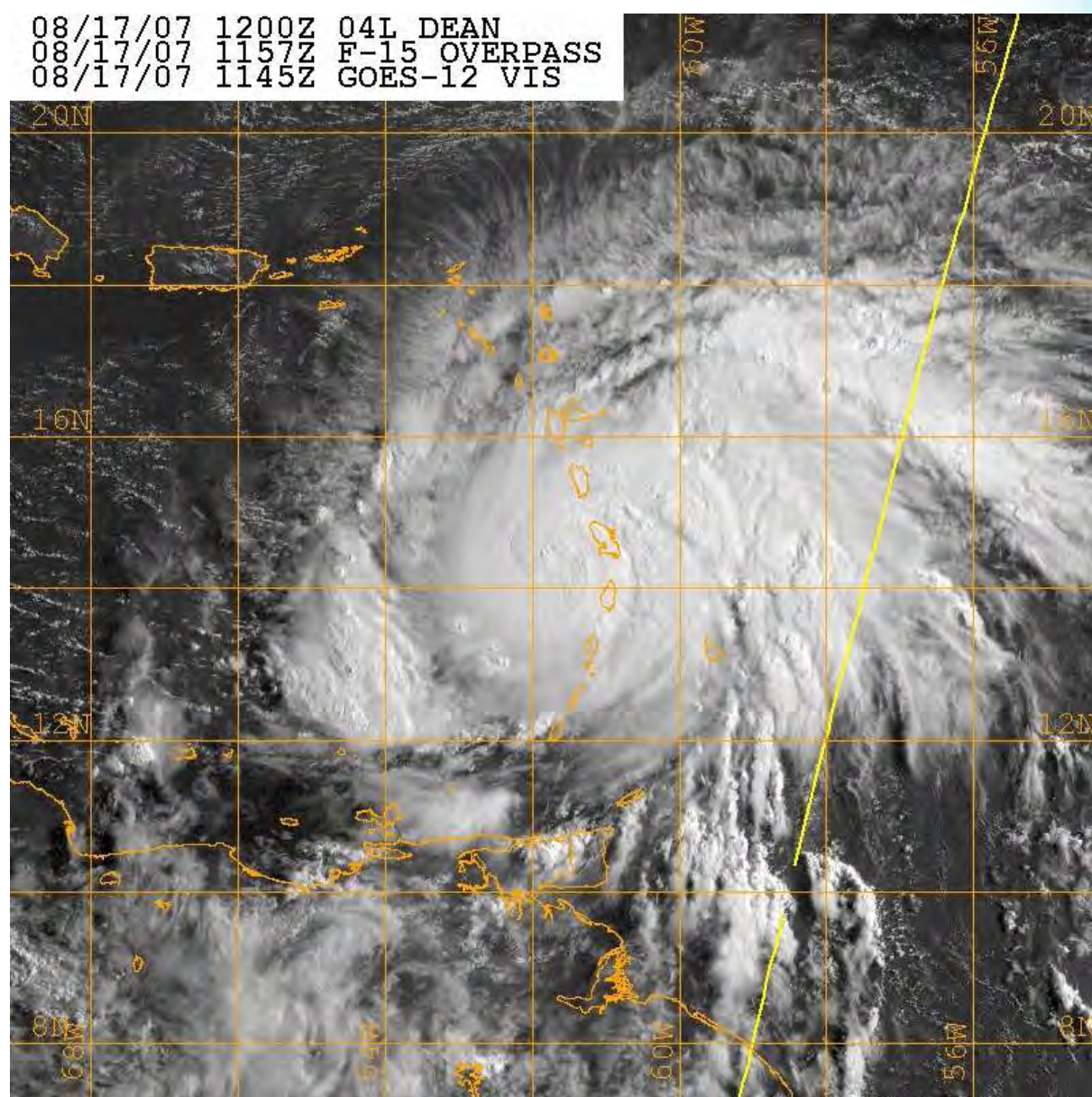


Photo 1. Photo satellite de l'ouragan Dean le 17 août 2007 (source : http://www.nrlmry.navy.mil/tc-bin/tc_home2.cgi - fichier : 20070817.1157.f15.x.geovis.04LDEAN.90kts-970mb-144N-617W.78pc.jpg).

(2) Les maladies virales et bactériennes

En 1983, l'épizootie de l'oursin diadème *Diadema antillarum* (Philippi 1845) a entraîné la disparition de populations entières en quelques semaines, dans toute la région Caraïbe. Depuis cet épisode de mortalité massive, les populations se reconstituent progressivement (Hughes *et al.* 1987). Les oursins participent à l'équilibre écologique des récifs de la Caraïbe, notamment en régulant les populations d'algues (Mumby *et al.* 2006), dont la prolifération inhibe le recrutement et la croissance des coraux (Sammarco 1980).

Les effets secondaires du blanchissement (Williams *et al.* 1987) ont un impact non négligeable sur les coraux. Le développement des maladies (Lafferty *et al.* 2004 ; Rosenberg

and Ben-Haim 2002) chez les colonies affaiblies par le blanchissement, et plus globalement par les effets du réchauffement climatique (Harvell et al. 2002), peut toucher des colonies spécifiques ou des zones de récifs entières. La plupart des maladies ont une origine bactérienne, souvent des bactéries d'origine humaine. Les zones dégradées sont rapidement colonisées par un gazon algal fin (turf).



Photo 2. Colonie corallienne – *Montastraea faveolata* - nécrosée suite au développement de maladie (© OMMM/JP Maréchal).

(3) Le blanchissement du corail

Le blanchissement du corail provient de la perte de coloration des colonies due à l'expulsion des zooxanthelles (microalgues symbiotiques) des tissus coralliens. Ce phénomène naturel réversible se produit pendant une longue période de réchauffement des eaux ou lors d'un stress. Quand la température de l'eau dépasse certains seuils, différents selon les régions (au delà de 29°C dans la Caraïbe), l'activité des microalgues devient trop intense et toxique pour les polypes. Les zooxanthelles sont alors expulsées, diminuant de 90% les sources de carbone (Sebens et al. 1997) nécessaires aux fonctions "vitales" des coraux (métabolisme, croissance, reproduction).



Photo 3. Blanchissement de colonies coralliennes (© OMMM/L Juhel).

La persistance du blanchissement affaiblit le corail et peut entraîner une mortalité partielle ou totale des colonies. Le dernier épisode de blanchissement massif dans la Caraïbe s'est produit au second semestre 2005. Une campagne de suivi du blanchissement fin 2005 (OMMM 2005) a estimé un taux de corail blanchis de 70% sur certains sites (ex : Pointe Borgnesse). La campagne de suivi de l'état de santé des récifs 2006 (OMMM 2006) a révélé une diminution moyenne de la couverture corallienne de 30% en Martinique.

b) Les pressions anthropiques

Les principales causes de dégradations des écosystèmes marins en Martinique sont l'eutrophisation des zones côtières (enrichissement en nutriments - agriculture, eaux usées), l'envasement, la pêche et les activités nautiques.

L'enrichissement des eaux littorales est la conséquence d'une part, d'un système d'assainissement collectif peu fonctionnel et individuel peu adapté (fosses sceptiques), et d'autre part, d'une activité agricole intense (Anonyme 1998 ; OMMM 2004). L'enrichissement en nitrates et phosphore favorise le développement des macroalgues (Sargasse, Dictyota) et diminue le taux de croissance de certaines espèces de coraux comme *M. annularis* (Davies 1990). A la Martinique, l'eutrophisation des zones côtières est un problème majeur, notamment dans les baies (Fort de France, Marin, Robert).



Photo 4. Développement d'algues sur un ancien plateau corallien (Sargasses) (© OMMM/JP Maréchal).

Les eaux usées des hôtels, et à plus petite échelle, des bateaux de plaisance sont pour la plupart rejetées dans les eaux côtières sans traitements adéquats. La plupart des études montrent que l'impact des pollutions organiques dépendent du niveau de traitement avant rejet et des flux de rejet des émissaires (Tableau1).

Tableau 1. Enrichissement des eaux littorales.

L'impact le plus grave des pollutions des stations d'épuration est l'enrichissement en nutriments qui accélère la croissance de certaines espèces (notamment les algues) au détriment des coraux.

Les sources de pollution par les eaux usées et associées au développement touristique concerne les hôtels, et dans une moindre mesure, les bateaux de plaisance.

Une grande part des eaux usées générées par les touristes sont déversées directement dans les eaux côtières sans traitement approprié.

L'impact de l'enrichissement des eaux côtières en nutriments par pollutions des eaux usées a été largement étudié

L'impact des pollutions par les eaux usées dépend largement du niveau de traitement appliqué et des flux des rejets des émissaires.

L'hypersédimentation peut avoir une origine naturelle (topographie, pédologie, hydrologie) ou anthropique liée d'une part, à la dégradation progressive des herbiers et de la mangrove et d'autre part, à la déforestation et l'augmentation progressive de la surface des zones agricoles. La turbidité de l'eau limite la pénétration de la lumière nécessaire à l'activité photosynthétique des zooxanthelles, réduisant fortement la croissance du corail. D'autres études montrent une diminution de la productivité et des taux de recrutement du corail. Les dépôts sédimentaires de vase fine sur les organismes marins sessiles sont très néfastes à leur survie (Tableau 2).



Photo 5 : exemple d'envasement du corail (© OMMM/J Mahieu).

Tableau 2. Hypersédimentation.

-
- L'hypersédimentation est une des causes majeures de dégradation des récifs
 - L'hypersédimentation est directement associée à l'urbanisation côtière en général
 - L'hypersédimentation est le résultat du dragage et ruissellement associé aux chantiers/agriculture/désensablement
 - Les effets principaux de l'hypersédimentation sont l'augmentation de la turbidité et le dépôt des sédiments sur les récifs coralliens
 - Les dépôts de sédiments sur les coraux créent un stress conduisant au blanchissement et à la mort chez certaines espèces
 - L'augmentation de la turbidité a plusieurs impacts négatifs sur : la croissance corallienne, la productivité, la reproduction, le recrutement ...
 - L'hypersédimentation peut entraîner des changements dans la structure des récifs avec des répercussions sur les peuplements de poissons
 - Les développeurs, investisseurs et managers doivent être convaincus du compromis entre directives de développement rigoureux et codes d'urbanisme comme moyen de réduire significativement l'impact du développement urbain côtier
-

La surpêche, notamment par l'utilisation de techniques peu sélectives (casiers, sennes, filets), a un impact direct sur les ressources marines (Russ and Alcala 1989 ; Mangi and Roberts 2006). Certaines techniques ont, par ailleurs, un impact physique sur les communautés benthiques (casier cassant des colonies coralliennes, sennes arrachant éponges et gorgones ...).



Photo 6. Colonie corallienne cassée par la pose d'un casier de pêche dans une zone récifale (© OMMM/L.Juhel).

Bien que la pêche soit une des cause majeure du déclin des stocks de poissons récifaux dans la caraïbe, l'impact direct du tourisme sur ce déclin est quasiment insignifiant. Cependant, le développement touristique a des effets indirects, notamment au travers de la demande accrue en produits de la mer, ce qui a à terme un impact sur les ressources naturelles.

La collecte de souvenirs "marins" par les touristes est probablement très faible, mais il existe toujours un marché pour satisfaire cette demande. Cette demande peut être fortement réduite en augmentant la prévention et l'information du public (Tableau 3).

Tableau 3. Surpêche et collecte d'organismes marins.

-
- La pêche est à l'origine du déclin des populations de poissons récifaux dans toute la région Caraïbe
 - L'impact direct du développement touristique dans ce déclin est insignifiant
 - Les activités touristiques participent indirectement à la surpêche en créant une demande croissante en produits de la mer
 - La collecte d'organisme par les non-résidents est sans doute très faible
 - Le développement touristique crée une demande en organismes marins de collection mais cette demande semble décroître
 - Une plus grande sensibilisation des la population touristique est nécessaire concernant les normes CITES et les protocoles SPAW afin de diminuer efficacement cette demande
-

Les activités nautiques ont également un impact sur l'environnement marin : pollution aux hydrocarbures (navigation), jet d'ancre et dégradation physique des communautés coralliennes (mouillages, plongeurs) (Tableau 4).

Tableau 4. Activités nautiques.

-
- La pêche est à l'origine du déclin des populations de poissons récifaux dans toute la région Caraïbe
 - L'impact direct du développement touristique dans ce déclin est insignifiant
 - Les activités touristiques participent indirectement à la surpêche en créant une demande croissante en produits de la mer
 - La collecte d'organisme par les non-résidents est sans doute très faible
 - Le développement touristique crée une demande en organismes marins de collection mais cette demande semble décroître
 - Une plus grande sensibilisation des la population touristique est nécessaire concernant les normes CITES et les protocoles SPAW afin de diminuer efficacement cette demande
-

L'activité de plongée sous-marine est impliquée à différents niveaux (Tableau 5). Les plongeurs peuvent déranger les espèces ou toucher les organismes. Les bulles d'air piégées dans les anfractuosités peuvent tuer les organismes fixés (notamment dans les grottes). Parmi les causes majeures de dégradation des récifs par les activités nautique, les impacts physiques sont en tête de liste (Saphier and Hoffman 2005). Trois types de dommages sont différenciés : la mortalité des tissus (par contact, envasement), la perte partielle des tissus ou la perte de tissus et de portions de squelette (éraflure), et la perte du squelette par fragmentation (Hall 1997). La fragmentation des colonies est principalement due aux coups de palmes (Rouphael and Inglis 1997 ; Zakai and Chadwick-Furman 2002). Toutefois, moins de 5% des contacts entraînent des dommages importants (débris, fragments vivants) alors que 80% des contacts engendrent des dégâts mineurs (mortalité partielle ou totale des tissus), dont la moitié est due à la remise en suspension des sédiments (Barker and Roberts 2004).

Tableau 5. Plongée sous-marine.

- De nombreuses études sur l'impact de la plongée et de la randonnée palmée sur les récifs coralliens ont été menées.
- Les résultats de ces études ne sont pas explicites, principalement à cause des différences de méthodologie et de sites étudiés.
- La majorité des plongeurs et randonneurs palmés semble avoir un impact limité et occasionner une faible dégradation, une minorité causant d'importants dommages.
- La plupart des dommages sont des cassures de coraux branchus fragiles ou des lésions de coraux massifs moins fragiles.
- Des études ont montré qu'une fois qu'un nouveau site est ouvert à la plongée et la randonnée palmée, la dégradation physique initiale est élevée mais se stabilise après quelque temps.
- Dès qu'un certain seuil de fréquentation est dépassé (le seuil peut changer d'un site à un autre et dépend du type de communauté corallienne), la dégradation du récif et l'altération de la structure communautaire deviennent évidentes. En règle général, le seuil de 5000 à 6000 plongées/site/an ne devrait pas être dépassé.
- L'acquisition adéquate des compétences en plongée et une sensibilisation à la fragilité de l'écosystème récifal donnent un comportement responsable aux randonneurs et plongeurs et maintiennent une dégradation minimale.



Photo 7. Exemple de mouillage utilisé par les clubs de plongée, montrant une chaîne entourant une patate corallienne de *Montastraea annularis* reliée à un pneu jouant le rôle d'amortisseur sur lequel est attaché un bout d'amarrage pour le bateau en surface (©OMMM/L.Juhel).

La sensibilité d'une colonie face à une perturbation dépend de sa morphologie (Linddle and Kay 1987) et de son taux de croissance. Par exemple, les espèces branchues sont plus sensibles aux impacts physiques que les espèces massives (Woodley *et al.* 1981 ; Hall 2001). Chaque perturbation entraîne une réponse spécifique pour restituer le squelette et ou

les tissus endommagés. Cette capacité régénératrice est complexe et dépend de l'espèce (Meesters *et al.* 1997), du type et de la taille des blessures (Hall 1997 ; Meesters *et al.* 1997), de la fréquence et de l'intensité des épisodes catastrophiques (cyclone, pollution...) que l'espèce a subi (Meesters and Bak 1993), de la quantité de tissus disponibles pour la régénération, et la surface colonisée par les algues (Hall 2001).

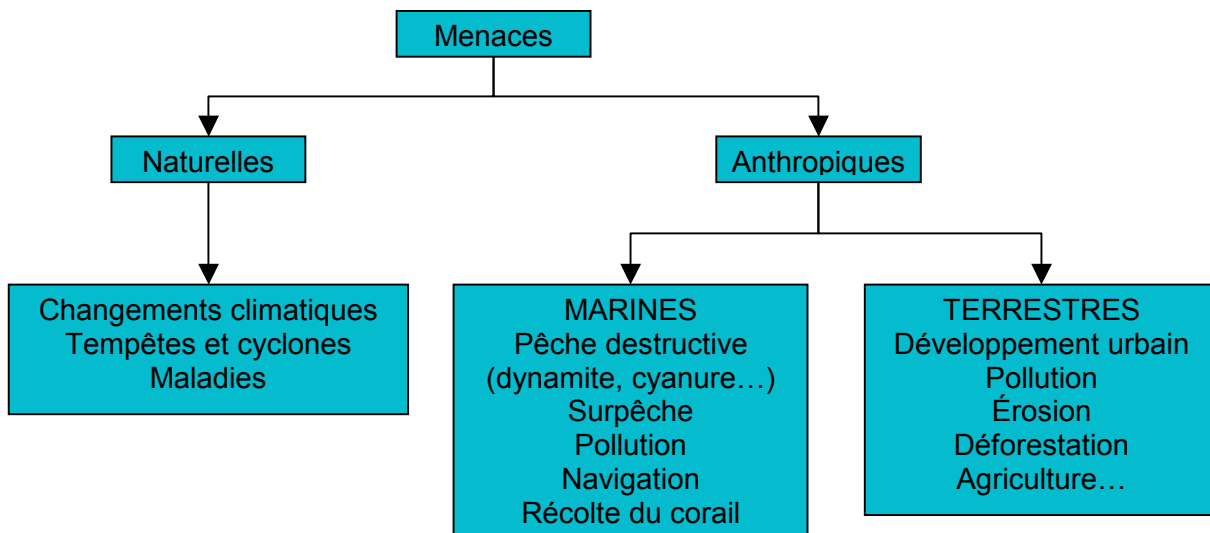
L'ensemble des pressions naturelles et anthropiques altèrent l'état de santé des fonds marins.

Les dégradations occasionnées par les ancrs peuvent être très sévères (Tableau 6). Elles sont proportionnelles à la taille des bateaux (taille de l'ancre et longueur de chaîne) et dépendent du type de communautés coralliennes. La restauration de l'écosystème après des dégâts occasionnés par les jets d'ancres est lente. Ces dégâts peuvent être stoppés en installant des mouillages permanents, en identifiant des zones de mouillage appropriées et en utilisant des systèmes éprouvés et n'ayant pas d'impact sur l'environnement. L'utilisation de ces mouillages doit aussi faire l'objet d'une information auprès des usagers professionnels et de loisir.

Tableau 6. Ancres et mouillages non conventionnels

-
- Les dommages occasionnés par les ancrs dépend de la taille du bateau, déterminant le poids de l'ancre et le type de mouillage (chaîne et/ou cordage). Ils dépendent en outre du type de communauté corallienne : les coraux branchus et foliacés seront atteints plus facilement et par des ancrs plus petites que les coraux massifs.
 - L'impact de l'ancrage sauvage peut être sévère et la destruction ne se limite pas à presque tous les organismes vivants aux alentours, mais fracture le socle récifal.
 - Le retour à l'état initial est lent et incertain quant à la structure communautaire.
 - La plupart des destructions causées par les ancrs peuvent être évité par l'installation de mouillages écologiques permanents, tout en favorisant l'information des usagers
 - L'ancrage sauvage peut être évité grâce aux bouées de navigation et de chenaux, mais perdurera certainement comme une conséquence d'erreurs humaines.
-

Les sources de pollution aux hydrocarbures sont peu associées au développement du tourisme, mis à part les rejets des bateaux de plaisance et ceux des embarcations utilisées dans les secteurs de la plongée, des sorties en mer et de la pêche. Les effets des pollutions aux hydrocarbures sur les coraux ont été largement étudiés. Il a été montré que des pollutions chroniques étaient beaucoup plus dangereuses qu'une exposition aléatoire, et que les émulsifiants et dispersants utilisés pour combattre ce type de pollutions sont beaucoup plus toxique que le pétrole lui-même.



Les menaces qui pèsent sur les récifs coralliens (d'après Ahmed et al. 2004)

c) Un bilan écologique négatif

La situation est « alarmante » pour les récifs coralliens des Caraïbes, selon un rapport de l'Unesco (Wilkinson 2008) réalisé par 80 scientifiques et gestionnaires de récifs coralliens. Ce rapport « évalue les dommages causés aux récifs par les températures élevées et les nombreuses tempêtes qui ont eu lieu en 2005 dans la grande Caraïbe qui compte 10,3 % des récifs de la planète ». Présenté par le directeur du réseau mondial de surveillance des récifs coralliens (GCRMN¹) à l'Unesco, ce rapport marque le début de l'Année internationale des récifs 2008 de l'Initiative Internationale des Récifs Coralliens (ICRI), dont l'objectif est de sensibiliser le plus grand nombre sur l'importance des récifs coralliens mais également d'inciter la population à agir pour les protéger. De nombreuses organisations, telles que la Banque mondiale et le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), soutiennent la préservation et l'exploitation viable des récifs coralliens.

Les impacts du tourisme sur les récifs coralliens sont significatifs, mais sont aussi relayés par d'autres facteurs peu discernables de ceux du tourisme. Il ne faut cependant pas négliger ces différents impacts. Le secteur du tourisme et les collectivités locales impliquées dans le développement touristique doivent travailler dans le sens d'une élimination ou d'une réduction de ces impacts qui peuvent être contrôlés, même si aujourd'hui aucune étude ne démontre à 100% qu'un impact en particulier est directement associé à une activité touristique en particulier.

d) Impact du tourisme en général

Le développement touristique en général a des répercussions directes (Tableau 7) et indirectes (Tableau 8) sur les récifs coralliens. Un certain nombre d'activités de loisir et d'orientations de développement local peuvent avoir des conséquences significatives sur la dégradation des récifs coralliens si elles ne sont pas encadrées par des règles précises et faciles à mettre en oeuvre.

Tableau 7. Activités ayant un impact direct sur les récifs coralliens

Activités à impact direct	Impact réel / ou potentiel
PMT	Dommmages physiques (cassures, lésions) Remise en suspension des sédiments
Plongée sous-marine	Dommmages physiques (cassures, lésions)
Bateau à moteur et plaisance	Dommmages physiques par les ancres Echouages
Pêche	Surexploitation des stocks
Collection	Mise en danger d'espèces menacées (ex : certains mollusques)

¹ Global Coral Reef Monitoring Network

Tableau 8. Activités ayant un impact indirect sur les récifs coralliens

Activités à impact indirect		Impact réel / ou potentiel
Développement hôtelier et aménagement côtier		Augmentation de la sédimentation
Hôtels	Système d'épuration des eaux usées Utilisation d'engrais Irrigation	Enrichissement en nutriments
Consommation de produits de la mer		Surexploitation des espèces à haute valeur commerciales (mérus, langoustes, lambis)
Souvenirs		Exploitation d'espèces rares/vulnérables/menacées
Construction/extension d'aéroport		Augmentation de la sédimentation
Construction de marinas		Augmentation de la sédimentation (dragage)
Marinas		Pollutions hydrocarbures/peintures antifouling – systèmes de collecte non appropriés
Bateaux à moteurs et plaisances		Pollution par les rejets des eaux usées Pollution aux hydrocarbures
Bateaux de croisière		Enrichissement en nutriments/systèmes illégaux de traitements des eaux usées Déballastage Rejet de macrodéchets

B. Les acteurs clés

Les acteurs clés dans le secteur du tourisme sont les touristes et les personnes et organismes qui s'occupent des touristes, de façon directe ou indirecte. Les touristes de la région Caraïbe peuvent être classés grossièrement en deux grands groupes :

- Ceux venant choisissant d'abord le soleil, la plage et les activités ludiques comme critères de choix de leur destination,
- Et ceux plus motivés par des critères de qualité naturelle et culturelle.

Le niveau de conscience relatif à la préservation des récifs coralliens entre ces deux groupes est évidemment très différent.

Parmi les organismes prenant en charge ces visiteurs, trois catégories se distinguent :

- Agences de voyage, tour opérateurs et compagnies de transport,
- Hôtels et restaurants,
- Centres de loisirs nautiques.

L'information relative à la protection des récifs est généralement faible chez les premiers et dans les restaurants. En revanche, le discours tenu par certains hôtels et centres de loisirs nautiques est plus développé. Cet aspect mériterait toutefois d'être davantage pris en compte par les structures de plongée qui reçoivent un public de plongeurs particulièrement ciblé.

La sensibilisation varie énormément d'un secteur à un autre, mais peut devenir un outil essentiel. Dans les marinas et le secteur de la plaisance (voile), les efforts sont très variables du gestionnaire de port au plaisancier propriétaire de son bateau. Il est nécessaire de toucher le maximum d'acteurs gravitant autour des milieux marins, toutes catégories socioprofessionnelles confondues.

Les décideurs, les investisseurs et autres financeurs, qui participent au développement touristique, ont également certaines conceptions de développement durable, qui reposent cependant moins sur les aspects écologiques que leurs intérêts politiques, économiques et financiers.

C. Campagne de sensibilisation

Sur la base de l'analyse des impacts et des acteurs, il semble nécessaire d'élaborer une campagne de sensibilisation orientée sur la protection du littoral et des milieux marins. La ligne directrice de cette campagne serait de cibler les groupes chez qui les notions de comportement responsable sont peu développées et chez lesquels les bénéfices de la sensibilisation pourraient être élevés.

Trois groupes principaux sont concernés :

- Le touriste individuel,
- Les centres de loisirs nautiques et leur clientèle,
- Les décideurs locaux, les investisseurs et les financeurs.

Le message à destination des touristes et des centres de loisirs viserait la réduction des impacts physiques directs sur les récifs coralliens, tandis que les messages pour la dernière catégorie d'acteurs seraient axés sur les motivations pour un changement obligé de comportement politique et économique.

D. Présentation de l'étude

Contexte :

Les écosystèmes marins, et en particulier les formations coralliennes, sont un atout économique important pour la Martinique. La pêche et l'aquaculture représentent environ 1%² du PIB (14.283 euros/hab, INSEE 2000) et le tourisme, secteur clé de l'économie martiniquaise, contribue à plus de 7% du PIB et emploie plus de 6% de la population active. Ces deux secteurs d'activités sont principalement liés au milieu marin, notamment l'existence des récifs coralliens.

La dégradation continue et croissante des récifs depuis 50 ans pourrait, à terme, freiner le développement touristique basé sur la qualité, la beauté et la richesse du milieu marin et réduire significativement les bénéfices tirés de leur exploitation.

L'évaluation de l'impact économique du tourisme est une préoccupation constante des décideurs nationaux et régionaux. En 2000, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) a estimé les bénéfices annuels nets du tourisme de la plongée dans les Caraïbes à environ 2 milliards de dollars US, dont 625 millions (30%) provenant directement des activités de plongée dans les récifs.

Le chiffre d'affaires généré par la plongée sous-marine en Martinique était estimé à 2,3 millions d'euros en 1998 (IFRECOR 1998). Les activités subaquatiques se sont fortement démocratisées dans les années 1990 et se sont rapidement développées (Davis and Tisdell 1995 ; Davenport and Davenport 2006), notamment avec la création de clubs commerciaux et le développement de la Fédération Française d'Etude des Sports Sous-Marins (FFESSM). L'intérêt pour ce sport est certainement lié à la performance et la fiabilité des équipements, au développement des appareils photos sous-marins, à la prise de conscience environnementale (Davis and Tisdell 1995) ainsi qu'à l'accessibilité tout public. L'Observatoire du Milieu Marin Martiniquais a réalisé une étude sur la fréquentation des sites de plongées en Martinique en 2004 (OMMM 2004) et estimé le nombre de plongeurs à environ 160.000.

Certains sites de plongée de Martinique sont très populaires : le Rocher du Diamant, les épaves historiques de Saint-Pierre, les Canyons de Babodi, La Perle. La qualité et la richesse écologique des fonds (éponges-baril géantes, tortues, barracudas, gorgones, poissons-ange, langoustes, coraux) sont des atouts pour la plongée.

² Source : http://ec.europa.eu/fisheries/publications/outermost_regions_martinique_fr.htm (consulté le 28-06-2007, site mis à jour le 22-11-2006).

Des enquêtes menées sur les critères recherchés par les plongeurs montrent que la majorité est attirée par la taille et l'abondance des poissons (William and Polunin 2000) et par les eaux chaudes (Hawkins and Roberts 1994 ; Davenport and Davenport 2006). Dans une étude de Medio *et al.* (1997), 75 % des plongeurs répondent que la beauté paysagère est le facteur le plus important pour le choix d'un site.

Trente deux clubs de plongée en Martinique exploitent 90 sites identifiés, de manière très hétérogène. Les Anses d'Arlet, le Cap Salomon, la pointe La Lézarde, la pointe La Baleine, les Jorasses et la pointe Burgos ont des fréquentations annuelles supérieures à 6.000 plongeurs. Les sites du Sud les plus fréquentés sont le Rocher du Diamant, la Pointe Borgnesse et la Grande Caye, avec plus de 4.500 plongeurs par an et par site. Ces huit sites représentent 40 % de la fréquentation annuelle totale (OMMM 2004). Plusieurs études effectuées en mer Rouge et en Australie ont montré que la plongée sous-marine pouvait dégrader les écosystèmes récifaux (Hawkins and Roberts 1997 ; Zakai and Chadwick-Furman 2002 ; Saphier and Hoffman 2005). Les dommages occasionnés sont directement associés au taux de fréquentation des sites (Hawkins and Roberts 1992 ; Tratalos and Austin 2001), à la topographie des récifs (Rouphael and Inglis 1997), au comportement des plongeurs (Rouphael and Inglis, 2001 ; Barker and Roberts 2004), à la composition des communautés coralliennes (Rouphael and Inglis 1997), à la fréquence des dégradations (Meesters *et al.* 1997), à la capacité régénératrice des colonies (Loya 1996) et à la capacité de charge du milieu (Hawkins and Roberts 1992 ; Zakai and Chadwick-Furman 2002). La dégradation des récifs due à l'activité de plongée est quantifiée par la diminution du taux de recouvrement en corail "dur" (Tratalos et Austin 2001) et par l'augmentation de la quantité de débris coralliens (Schleyer and Tomalin 2000 ; Tratalos and Austin 2001 ; Zakai and Chadwick-Furman 2002). Les colonies les plus touchées sont surtout des espèces branchues et digitées (Rouphael et Inglis 1997). Hawkins et Roberts (1992) ont démontré que les coraux branchus et les gorgones érigées étaient plus sensibles aux impacts physiques.

La capacité de charge du milieu est influencée par la géomorphologie du récif, la composition des communautés coralliennes, le type d'activité sur le site ainsi que l'expérience des usagers (Medio *et al.* 1997). L'état de santé du récif est un paramètre essentiel permettant de déterminer l'impact potentiel des activités sur les communautés biologiques. Les bénéfices nets tirés de l'exploitation des récifs (tourisme, pêche, protection du littoral) à l'échelle mondiale sont estimés à environ 30 milliards de dollars (Cesar *et al.* 2003). D'autres études montrent qu'environ un million de personnes dépendent de la pêche en zone côtière en milieux récifaux (Ahmed *et al.* 2004) et que ces ressources sont surexploitées (pêche intensive) ou détruites (extraction corallienne, techniques de pêche destructives).

Objectifs :

Le Comité Martiniquais du Tourisme (CMT) souhaite promouvoir et améliorer l'offre de plongée sous-marine en Martinique en développant un programme de gestion adapté à un développement durable de l'activité dans l'île. L'objectif principal est d'analyser le contexte écologique et l'offre de plongée pour pouvoir proposer des outils de gestion compatibles avec l'augmentation de la fréquentation des sites, notamment dans le contexte actuel de création de réserves marines.

Cette étude a été réalisée par l'OMMM. Le contexte socio-économique a été analysé par le biais d'enquêtes auprès des clubs et des plongeurs. Le volet écologique a fait l'objet d'une expertise des sites en plongée sous-marine.

Les informations collectées ont permis d'élaborer des propositions concernant la production d'outils pédagogiques, de livrets, de cartes des sites de plongée, des propositions d'aménagement des sites avec des corps-morts, les possibilités d'immersion d'épaves et de récifs artificiels, et des propositions de développement.

II. Matériel et méthode

A. Etude socio-économique

Les données nécessaires au bilan socio-économique ont été collectées auprès des clubs de plongée et des plongeurs via deux questionnaires distincts.

Le "questionnaire club" (Annexe 1) a été élaboré à partir de questionnaires préexistants (OMMM 2004) et en fonction des objectifs spécifiques de l'étude. L'enquête a été divisée en quatre parties : généralités, implication environnementale, état actuel de l'activité et perspectives d'évolution. Les questions générales visent l'identification des structures existantes, leur plan de communication et leur organisation, notamment dans le choix et l'exploitation des sites. Les questions environnementales évaluent l'implication des structures dans la préservation de l'environnement marin. Les deux dernières parties du questionnaire sont relatives aux difficultés de l'activité et aux attentes des professionnels concernant le développement de la plongée sous-marine.

Le "questionnaire plongeurs" (Annexe 2) a été établi à partir de recherches bibliographiques (Medio *et al.* 1997 ; Barker and Roberts 2004 ; enquête en ligne³). Ses objectifs sont d'une part, d'évaluer la qualité de service du tourisme de la plongée (degré de satisfaction, réponse aux attentes des plongeurs, communication, tarif) et d'autre part, de déterminer des

³ Source : http://scaphinfo.free.fr/enquetes/enq_ecologie.html.

centres d'intérêt des plongeurs afin de proposer des aménagements respectueux de l'environnement tout en restant cohérent avec la demande des clients.

B. Evaluation écologique des sites de plongée

Les bilans de l'état écologique des sites de plongée de la côte caribéenne et de l'influence de la surfréquentation sur les communautés benthiques des sites de plongée les plus pratiqués par les plongeurs débutants et les baptêmes ont été établis à partir des données acquises en plongée sous-marine. Quinze sites ont été sélectionnés pour réaliser l'évaluation écologique.

1. Choix des sites

Les sites d'études ont été sélectionnés sur la côte Caraïbe. Aucun site atlantique n'a été retenu en raison de la fréquentation peu importante (160 plongeurs/an sur les 7 sites existants) et des conditions de plongée difficiles (houle et courant fréquents). Ces sites sont pratiqués par des plongeurs expérimentés et ne présentent pas un risque majeur en terme de dégradation. Toutefois, le développement de la plongée sur la côte Atlantique pourrait être amené à se développer en raison de l'existence de certains sites d'intérêt écologique important (ZNIEFF).

La côte caraïbe a été découpée en quatre secteurs géographiques : A (Nord) à D (Sud) (carte 1). Dans chaque secteur, la sélection des sites d'échantillonnage s'est faite en fonction :

- de la profondeur,
- de l'homogénéité des communautés,
- de la surface d'échantillonnage disponible,
- de la fréquentation annuelle
- et des possibilités de plongées baptêmes.

Certains sites ont été sélectionnés en fonction de leur importance écologique et/ou de leur caractère emblématique (La Perle, Le Sous-marin et Le Rocher du Diamant).

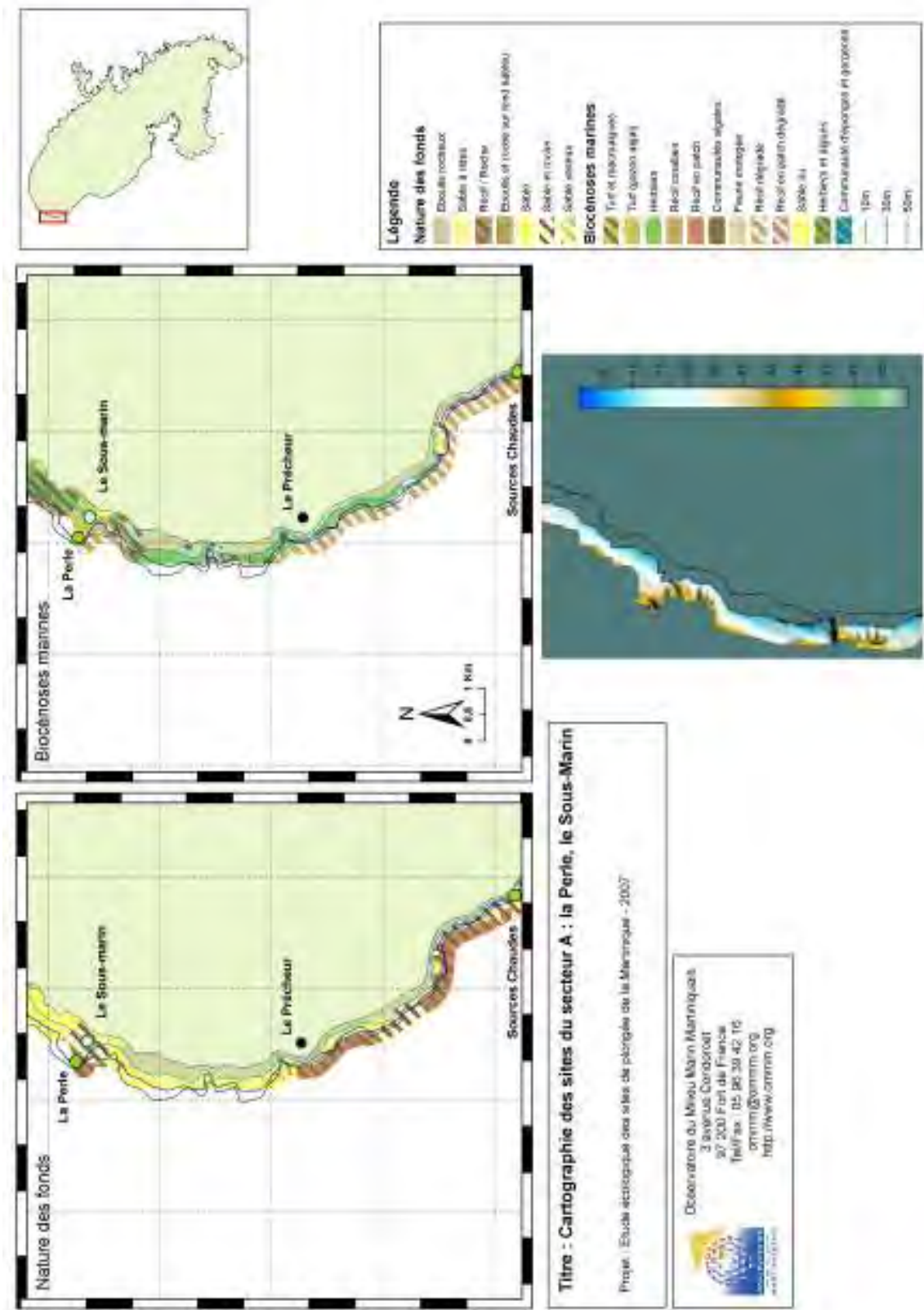
Pour évaluer l'impact éventuel de l'activité de plongée sous-marine, l'état écologique des fonds sur les sites très fréquentés a été comparé à celui de sites adjacents, peu ou pas fréquentés.

Secteur A

Le secteur Nord Caraïbe comprend le site de la Perle, au Nord de la commune du Prêcheur et s'étend jusqu'à la Caye de Pothiau au Carbet (carte 4). Deux sites ont une fréquentation comprise entre 3.000 et 5.000 plongeurs par an : les Canyons de Babodi et la Pointe Lamare. Ces deux sites n'entrent pas dans les critères de sélection (profondeur trop importante). Trois autres sites ont été choisis pour l'étude : La Perle, Le Sous-marin et les Sources Chaudes (Tableau 9).

Tableau 9. Récapitulatif des sites sélectionnés dans le secteur A - Nord Caraïbe

	La Perle	Le Sous-marin	Sources chaudes
Profil du site	Tombant	Tombant+plateau	tombant
Type de formation	Colonies coralliennes non bioconstructrices	Colonies coralliennes non bioconstructrices	Colonies coralliennes non bioconstructrices
Profondeur min/max	12/15	12/15	9/14
Fréquentation annuelle (données 2004)	2533 plongeurs	2164 plongeurs	1984 plongeurs
Particularité	Importance écologique, site emblématique	Importance écologique, site emblématique	Site de baptêmes



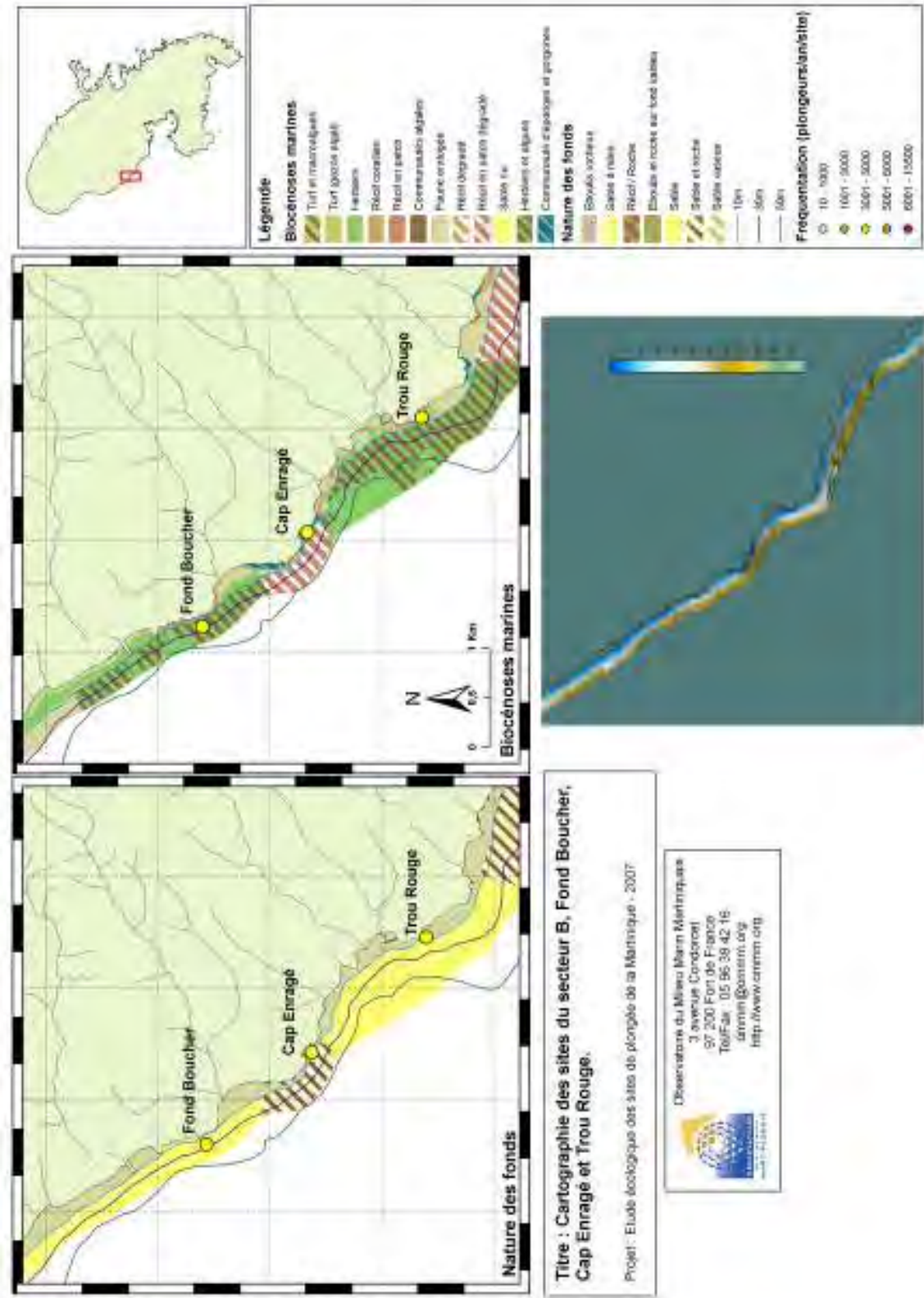
Carte 4. Cartographie des habitats et des biocénoses marines du secteur A - Nord Caraïbe - Martinique, et fréquentation annuelle des trois sites de plongée sélectionnés (données 2004).

Secteur B

Le secteur B est localisé autour de la commune de Case pilote. Environ un tiers des sites de cette zone ont une fréquentation annuelle de 3.000 à 5.000 plongeurs. Fond Boucher, Cap Enragé et Trou Rouge présentent les critères retenus pour mettre en œuvre l'évaluation écologique (carte 5) (Tableau 10).

Tableau 10. Récapitulatif des sites sélectionnés du secteur B Nord Caraïbe.

	Cap enragé	Trou rouge	Fond Boucher
Profil du site	Tombant+plateau	Tombant+plateau	tombant
Type de formation	Colonies coralliennes non bioconstructrices	Colonies coralliennes non bioconstructrices	Colonies coralliennes non bioconstructrices
Profondeur min/max (m)	6 / 12	8 / 12	7 / 11
Fréquentation annuelle (données 2004)	4395 plongeurs	3358 plongeurs	3048 plongeurs
Particularité	Site de baptêmes	Site de baptêmes	Site de suivi (OMMM)



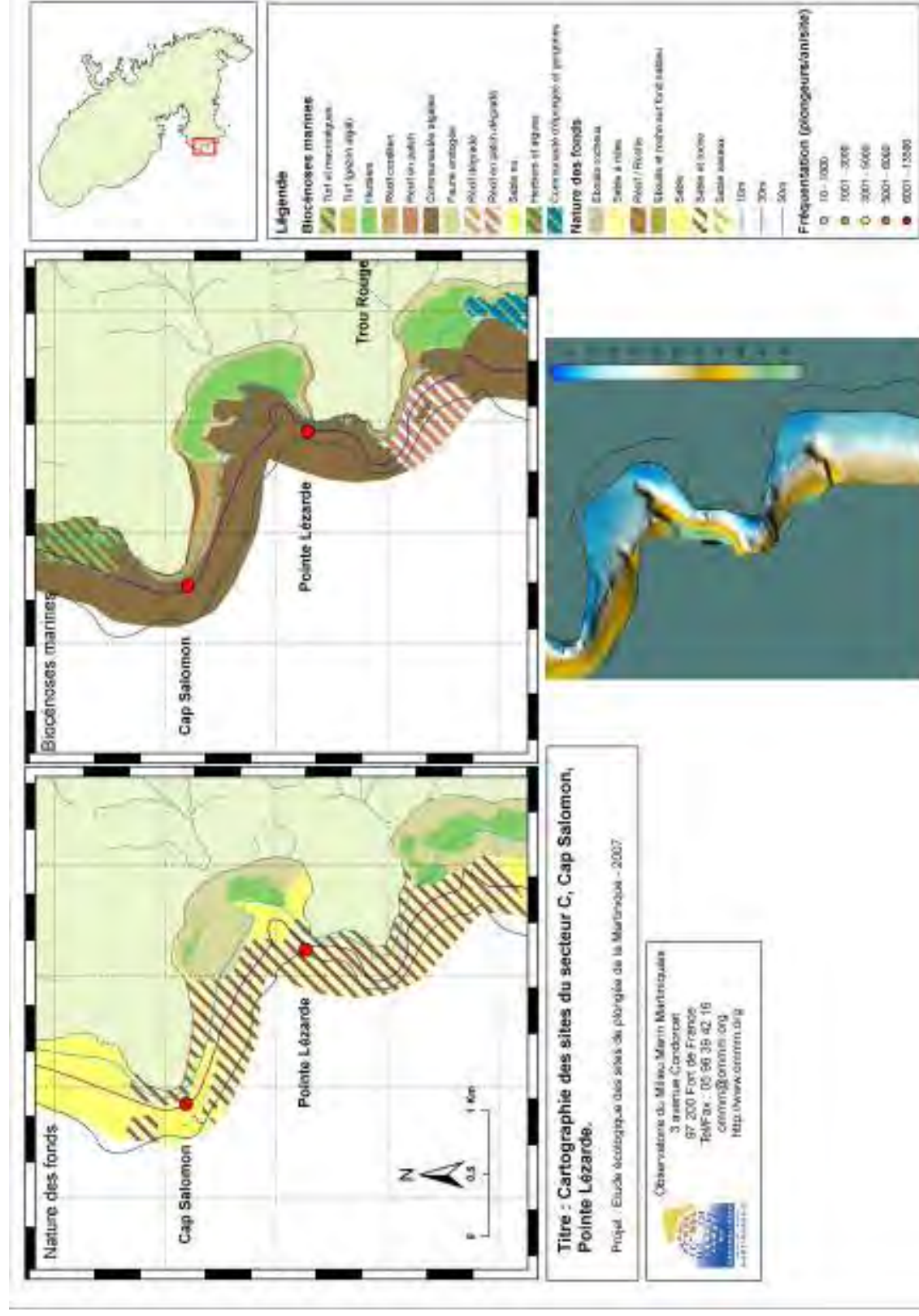
Carte 5. Cartographie des habitats et des biocénoses marines associées du secteur B, nord Caraïbe, Martinique, et présentation de la fréquentation annuelle en 2004 des trois sites de plongée sélectionnés

Secteur C

Les sites les plus fréquentés sont localisés aux Anses d'Arlets (fréquentation > 5.000 plongeurs/site/an pour un tiers des sites). Les fonds marins sont formés d'éboulis rocheux proches de la côte, prolongés par des pentes plus ou moins douces de fonds sableux colonisés par des algues et des éponges. Les sites sélectionnés sont le Cap Salomon (le plus fréquenté) et la Pointe de La Lézarde (carte 6) (Tableau 11).

Tableau 11. Caractéristiques des sites sélectionnés dans le secteur C Sud Caraïbe.

	Cap Salomon	Site de référence	La Lézarde	Site de référence
Profil du site	Tombant pente douce	Tombant pente douce	Tombant forte pente	Tombant forte pente
Type de formation	Colonies coralliennes non bioconstructrices	Colonies coralliennes non bioconstructrices	Colonies coralliennes non bioconstructrices	Colonies coralliennes non bioconstructrices
Profondeur min/max (m)	5 / 8	5 / 7	5 / 8	5 / 7
Fréquentation annuelle (données 2004)	13 223 plongeurs	Inférieure en baptême	7393 plongeurs	Inférieur en baptême
Particularité	Site le plus fréquenté + site de baptêmes	environ 200m au sud du site de baptêmes	Site de baptêmes	environ 200m au nord du site de baptêmes



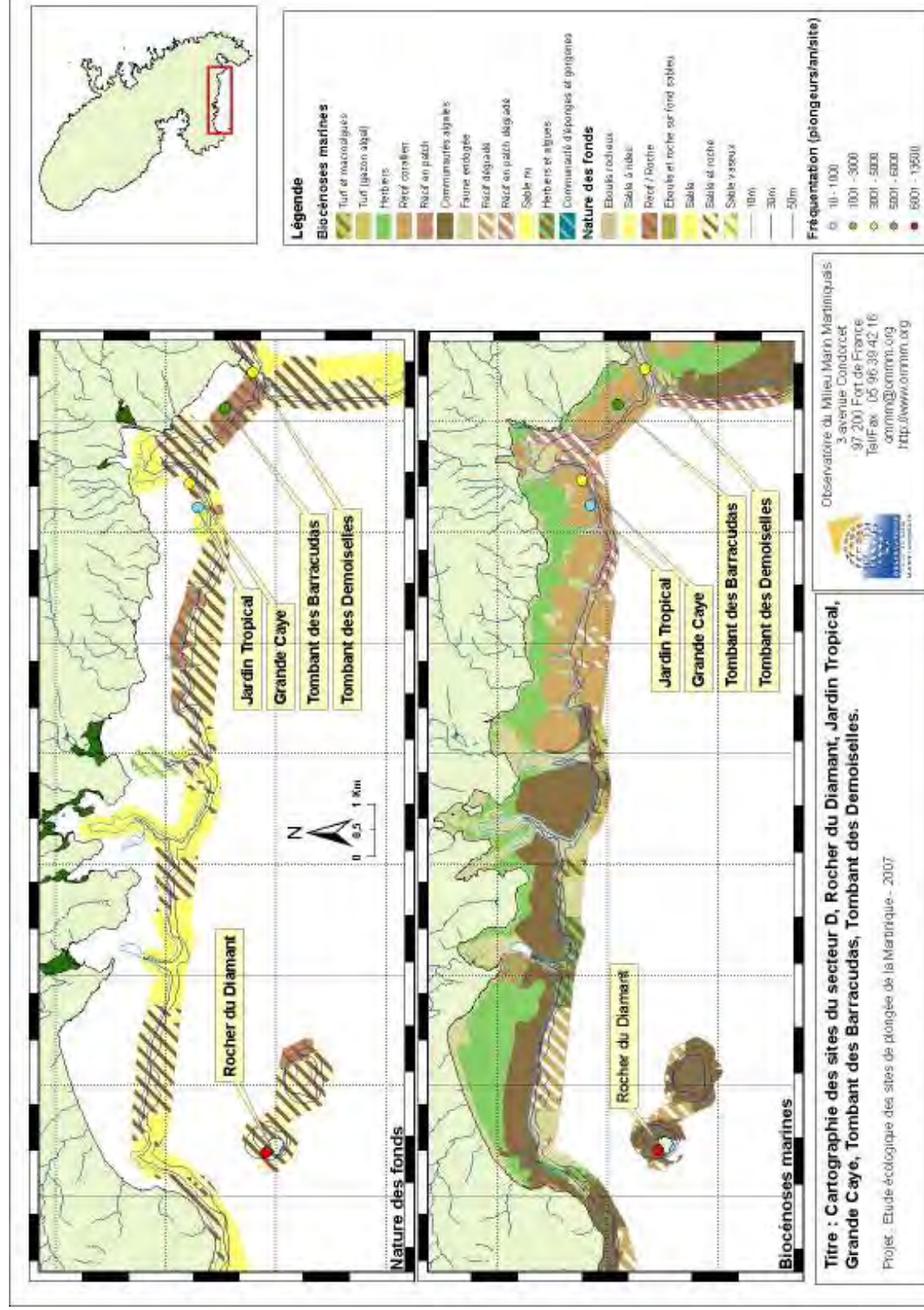
Carte 6. Cartographie des habitats et des biocénoses marines associées du secteur C, sud Caraïbe, Martinique, et présentation de la fréquentation annuelle en 2004 des trois sites de plongée sélectionnés

Secteur D

Le secteur le plus sud s'étend du rocher du Diamant à la baie du Marin (carte 7). L'activité de plongée est concentrée sur quatre sites : Rocher du Diamant, Grande Caye, Jardin Tropical et Tombant des Demoiselles. Le récif frangeant est continu et présente une diversité biologique importante. (Tableau 12).

Tableau 12. Caractéristiques des sites sélectionnés dans le secteur D Sud Martinique.

	Diamant	Grande caye	Jardin tropical	Tombant des demoiselles	Tombant des barracudas
Profil du site	Plateau	Plateau + tombant	Plateau + tombant	Plateau + tombant	Plateau + tombant
Type de formation	Colonies coralliennes bioconstruites	Récif frangeant	Récif frangeant	Récif frangeant	Récif frangeant
Profondeur min/max (m)	12 / 15	4 / 6	7 / 12	5 / 6	6 / 10
Fréquentation annuelle (données 2004)	8582 plongeurs	4863 plongeurs	912 plongeurs	4285 plongeurs	1985 plongeurs
Particularité	Site emblématique + importance écologique	Site de baptêmes	Site de comparaison (GC) suivi annuel (OMMM)	Site de baptêmes	Site de comparaison (demoiselles)



Carte 7. Cartographie des habitats et des biocénoses marines associées du secteur D, sud Martinique, et présentation de la fréquentation annuelle en 2004 des trois sites de plongée sélectionnés

2. Protocole d'échantillonnage en plongée

La méthode d'échantillonnage a été élaborée à partir de protocoles préexistants : AGRRA 2005 (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment) ; REEFCHECK 2003 ; CARICOMP 2001 (Caribbean Coastal Marine Productivity) ; manuel technique d'études des récifs coralliens de la région caraïbe (Bouchon *et al.* 2003) et à partir de travaux similaires (Rogers *et al.* 1983 ; Schleyer and Tomalin 2000 ; Tratalos and Austin 2001 ; Zakai and Chadwick-Furman 2002).

a) Evaluation écologique

L'échantillonnage est réalisé le long de 6 transects de 10m de long répartis de façon aléatoire sur un secteur écologique homogène. Les transects sont matérialisés par une corde marquée tous les 20 cm.



Photo 8. Matériel d'échantillonnage nécessaire aux transects (© OMMM).

(1) Protocole "point intercept"

Le taux de recouvrement des communautés benthiques est estimé par la méthode du "point intercept" (Photo 1). C'est une méthode simple et rapide procurant des données semi-quantitatives. Chaque organisme, ainsi que la nature du substrat, situés à la verticale des marques du transect sont identifiés. Cinquante points sont collectés par transect, soit 300

points pour chaque site. Les différentes catégories benthiques sont identifiées par des codes du tableau 13.



Photo 9 . Transect de 10m matérialisé par une corde marquée au feutre tous les 20 cm et tendue sur le fond (© OMMM).

Tableau 13 : descripteurs et codes utilisés lors de l'évaluation écologique en plongée.

Descripteurs	Codes
Corail vivant	CV
Corail mort	CM
Débris coralliens	DC
Corail blanchi	CB
Eponge	EP
Autres invertébrés	INV
Macroalgues (+ nature du substrat)	MA
Mélobésiées ou Algues rouges calcaires (+ nature du substrat)	ARC
Turf (+ nature du substrat)	TU
Sable	S
Roche	R
Cyanophycées	CY

Espèces et groupes retenus

Les coraux et les espèces indicatrices (espèces sensibles, invasives) ont été classées jusqu'à l'espèce (ou au genre) selon Humann (1993). Pour les autres organismes observés, les observateurs ont utilisé les codes du tableau 13.

Certaines espèces sensibles sont caractéristiques des eaux claires comme *Solenastrea cylindrus* (corail cierge – Ehrenberg 1834), *Dichocoenia stokesii* (corail-étoile - Li Milne-Edwards and Haime 1848) ou *Meandrina meandrites* (corail méandreux - Li

Les espèces du genre *Agaricia* (Lamarck 1801) sont en général opportunistes et moins fragiles que les espèces branchues (toutefois, l'espèce *Agaricia agaricites* a été décimée lors du dernier épisode de blanchissement au second semestre 2005). Les hydrocoralliaires ont été inclus dans la catégorie "corail vivant". Ils participent activement à la formation et à la consolidation des récifs, notamment les espèces de corail de feu *Millepora alcicornis* (Linné 1758) et *Millepora complanata* (Linné 1758), en produisant un squelette calcaire.



Photo 10. Corail *Agaricia* sp. (© OMMM).



Photo 11. Corail *Millepora alcicornis* (© OMMM).

Les macroalgues des genres *Lobophora*, *Dictyota* et *Sargassum* (Sakai 1976) sont indicatrices de milieux perturbés (Bouchon *et al.* 2003).



Photo 12. Macroalgues *Sargassum* sp. sur une zone récifale (© OMMM).

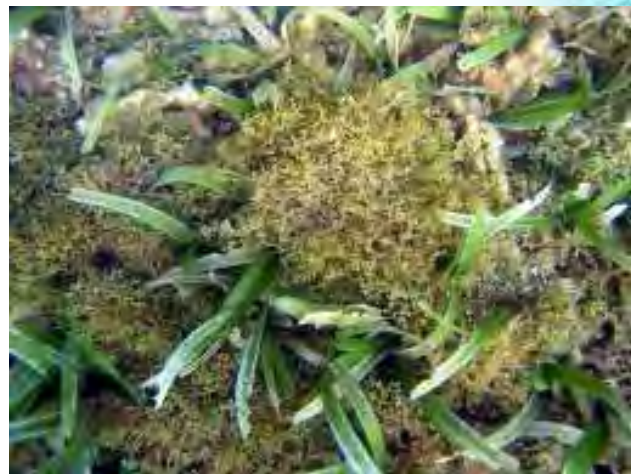


Photo 13. Macroalgue *Dictyota* sp. dans un herbier à *Thalassia* (© OMMM).

Les éponges forment des peuplements remarquables dans les eaux caribéennes (640 espèces inventoriées dans la Caraïbe, dont 70 en Martinique). La plupart des espèces recensées lors de la mission Corantille II (1983-1984) ont montré une large répartition écologique et ne peuvent être utilisées dès lors comme bio-indicateurs. Seule l'espèce *Geodia neptuni* (éponge de Neptune) peut être considérée comme une espèce inféodée aux eaux de bonne qualité. L'éponge perforante rouge, *Cliona delitrix* (Pang 1973) s'attaque aux

coraux vivants et prolifère dans des eaux enrichies en matière organique (Rose and Risk 1985).



Photo 14. Eponge *Cliona delitrix* (©OMMM/L. Juhel).

(2) Protocole "ligne intercept"

la méthode du « ligne intercept » (Photo 2) permet d'obtenir une estimation plus précise du taux de recouvrement corallien. La longueur linéaire totale de corail vivant et de corail mort est mesurée sur le transect à l'aide d'une pige graduée. Cette information est acquise par le binôme du premier observateur. Deux valeurs de recouvrement corallien sont obtenues :

- taux de recouvrement en corail vivant / mort par rapport au taux de recouvrement du fond, toutes catégories benthiques confondues (TR1) :

$$\frac{\text{Longueur en corail vivant (ou mort)}}{\text{longueur totale du transect}}$$

- taux de recouvrement en corail vivant / mort par rapport au taux de recouvrement total des communautés coralliennes (TR2) :

$$\frac{\text{Corail vivant ou mort}}{\text{Total corail = corail vivant + corail mort}}$$

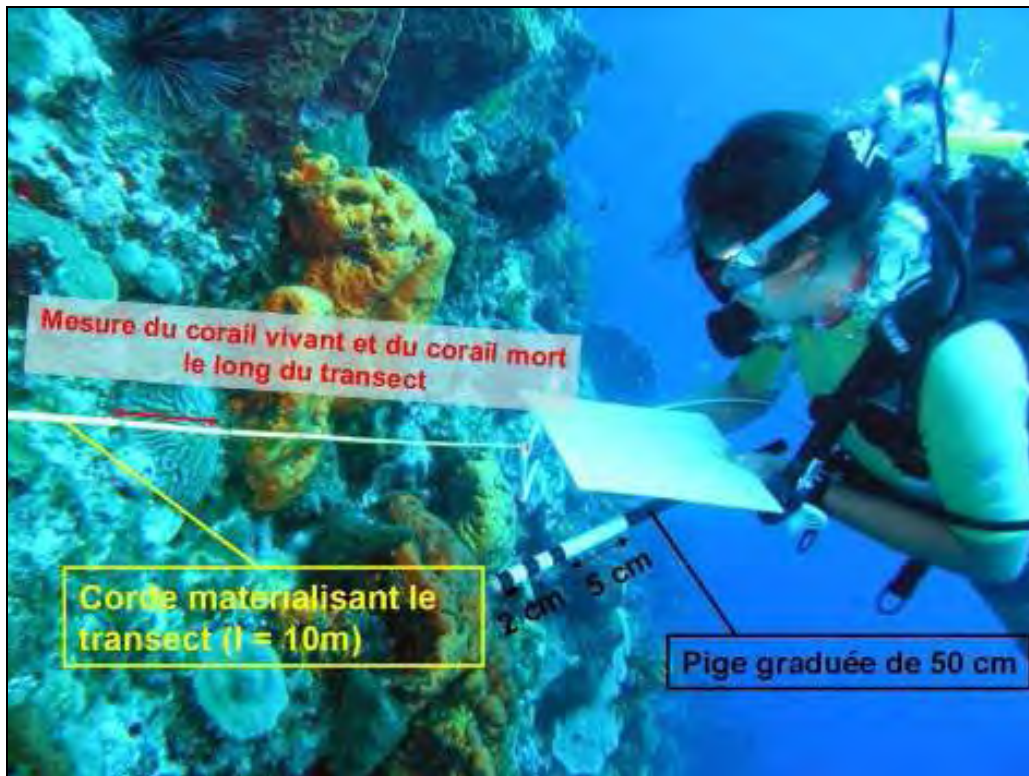






Photo 15. Mesure de la longueur totale en corail vivant et en corail mort selon la méthode "ligne intercept" par un deuxième plongeur, le long du transect de 10m (© OMMM).

(3) Estimation de l'état de santé

L'état de santé d'un récif corallien peut être estimé visuellement selon une échelle de 1 à 4 (Bouchon *et al.* 2003). Le classement repose sur l'état des tissus des coraux (nécroses), l'abondance en macroalgues et l'envasement (Tableau 14).

Tableau 14 : Classification de l'état de santé des récifs coralliens selon Bouchon *et al.* 2003.

Indice de l'état de santé	Peuplement corallien	Illustration
Classe 1 : très bon état	Coraux non nécrosés et absence de macroalgues	 © OMMM
Classe 2 : bon état	Coraux peu nécrosés, apparition de macroalgues ou envasement discret	 © OMMM
Classe 3 : milieu dégradé	Coraux nécrosés, peuplement dominé par macroalgues et/ou envasement important	 © OMMM
Classe 4 : milieu très dégradé	Majorité de coraux morts, fonds envasés et envahis par des macroalgues.	 © OMMM

b) Evaluation de l'impact de la surfréquentation des sites.

Seuls les sites dont la fréquentation est proche de la capacité d'accueil limite décrite dans la littérature (5.000 à 6.000 plongeurs/site/an) ont été retenus pour cette phase.

Dans la zone Sud, les deux sites sélectionnés (Grande Caye et Tombant des Demoiselles) ont une fréquentation légèrement inférieure à 5.000 plongeurs/an (respectivement 4.864 et

4.287 plongeurs en 2004) mais sont les deux sites les plus fréquentés après la Pointe Borgnesse et le Rocher du Diamant.

Méthode

Des quadrats de 1m^2 ($1\text{m} \times 1\text{m}$) ont été utilisés en plongée pour évaluer visuellement le pourcentage de débris coralliens vivants ou morts (Photo 17). Les gorgones et les éponges érigées montrant des signes de dégradations (épiphytes, nécroses, cassures) ont également été dénombrées (Photo 18). Le plongeur positionne un quadrat en PVC tous les mètres le long du transect. La surface d'échantillonnage est de 10m^2 par transect, soit 60m^2 par site.

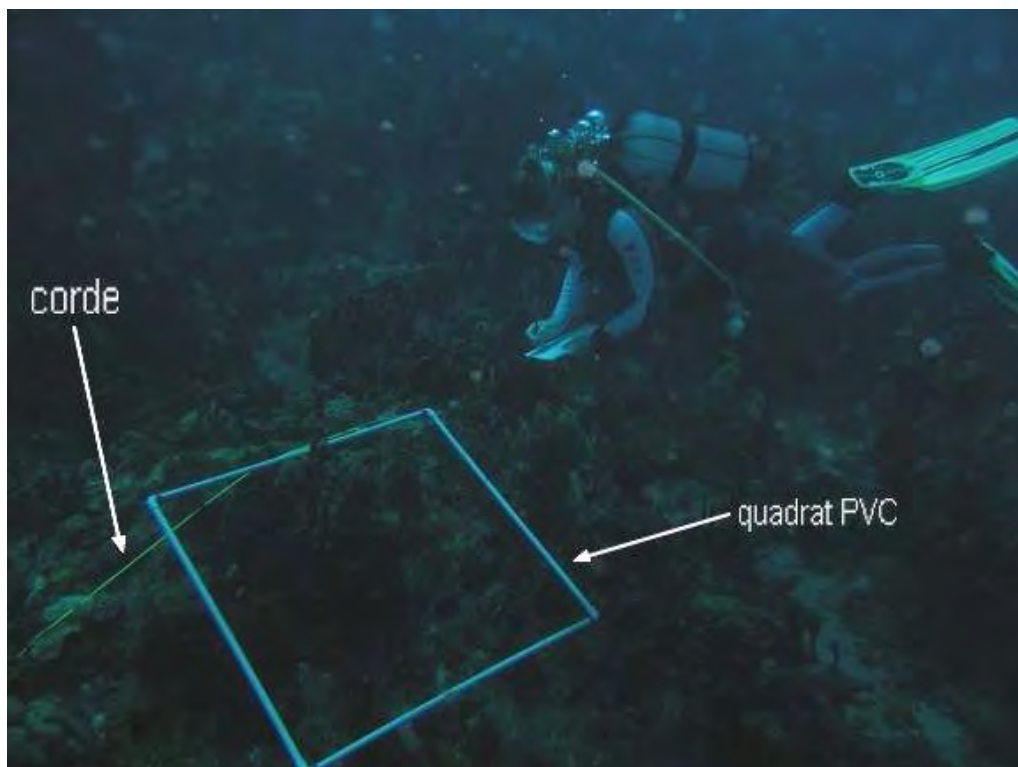


Photo 16. Utilisation d'un quadrat en PVC de 1m^2 placé le long d'une corde matérialisant le transect de 10m (© OMMM/Le Bihan)

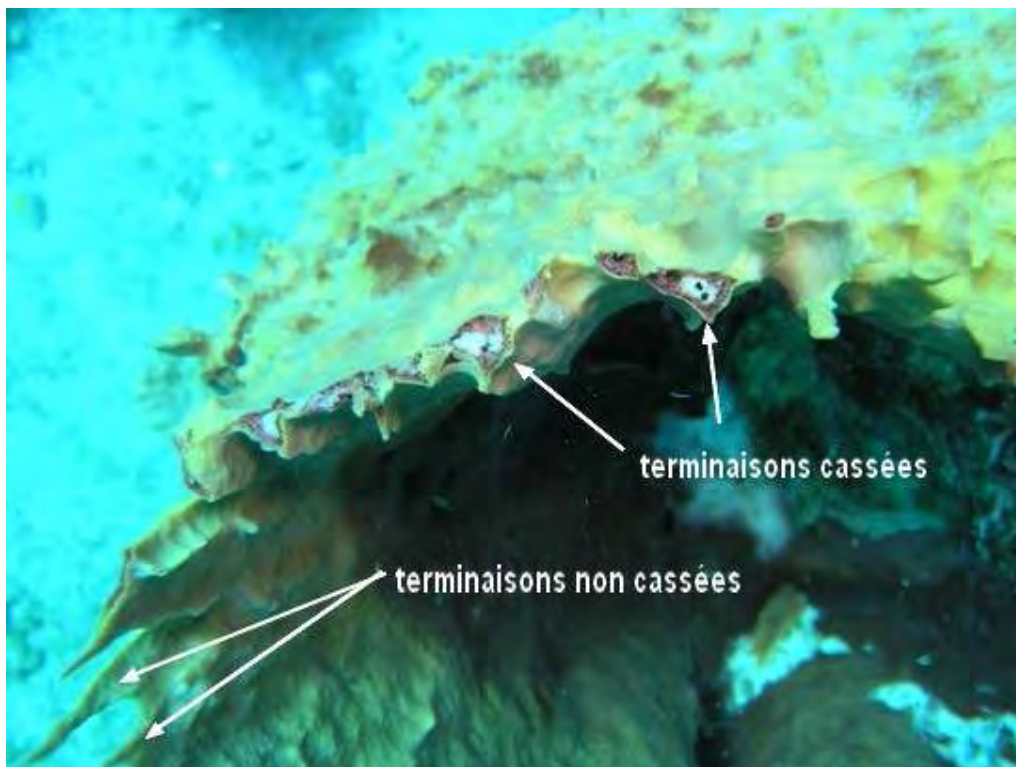


Photo 17. Terminaisons d'éponge *Xestospongia muta* cassées par des coups de palme (©OMMM/Le Bihan).

Les sites fréquentés sont comparés à des sites peu ou pas fréquentés, ayant une topographie, des communautés benthiques, des sources de pression anthropique et des conditions climatiques similaires. La seule différence entre les deux types de site est l'activité de plongée.

c) Conditions d'échantillonnage

La profondeur d'échantillonnage a été déterminée en fonction des paramètres biologiques des sites et de la zone d'évolution des plongeurs. La profondeur optimale où le taux de recouvrement corallien et la biodiversité sont importants se situe autour de 10m. La zone sous marine la plus fréquentée est la colonne d'eau 0-20m (tous niveaux confondus). La limite réglementaire imposée pour les baptêmes est de 6m.

La zone d'échantillonnage retenue est comprise entre 5 et 8m pour l'étude d'impact de la fréquentation, et entre 5 et 15m pour l'évaluation écologique des autres sites.

d) Analyses statistiques

Le test non-paramétrique de Mann-Whitney a été utilisé pour comparer le taux de recouvrement en macroalgues et en corail vivant ainsi que le taux de débris coralliens entre les sites très fréquentés et les sites de référence.

III. Evaluation écologique des sites

A. Secteur A



Photo 18. Vue du rocher La Perle dans le secteur A, Prêcheur. (©OMMM/JP Maréchal)

1. La Perle

a) Description du site

Localisation :

La Perle : Anse Couleuvre, Commune du Prêcheur, Nord Caraïbe, Martinique.

Coordonnées : X = 0690318 ; Y= 1641431

Site d'échantillonnage : tombant du secteur Est de l'îlet.

Condition météorologique :

Courants : dominance Ouest-Est

Intensité du courant : parfois très forte.

Houle : exposition moyenne.

Turbidité : souvent faible.

Profil bathymétrique :

Tombant abrupte de 0 à 15m, suivi d'une pente douce jusqu'à 30m.

Profondeur d'échantillonnage

-10 et -15m.

Type géomorphologique

Colonies coralliennes non bioconstructrices sur substrat rocheux.

b) Communautés benthiques

Le recouvrement corallien est dominant (35,3% - valeurs du "point intercept" - Figure 1). Les algues rouges calcaires sont en deuxième position (16,7%) suivies par les éponges (15,7%). La proportion en macroalgues est comparable à celle du turf (13%). Le peuplement est

majoritairement composé du genre *Dictyota* (70%). Des cyanophycées (algues filamenteuses indicatrices d'une pollution organique) ont été observées en faible pourcentage de la communauté (1%).

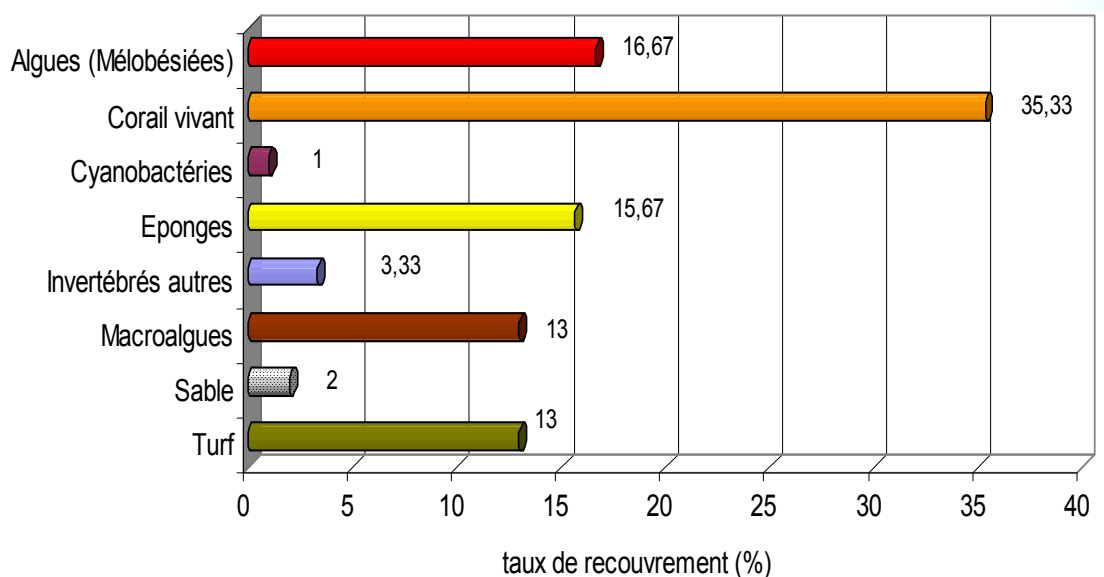


Figure 1. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "La Perle", secteur A, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Peuplement corallien

La diversité corallienne (Figure 2) est faible (9 espèces) par rapport au nombre total d'espèces recensées en Martinique (48 espèces - Laborel, mission corantille 2, 1983-1984). L'espèce *Porites astreoides* (Porite étoile – Lamarck, 1816) domine le peuplement (30%). Vingt pour cent du recouvrement corallien est composé de *M. alcicornis*. Trois espèces oscillent entre 10 et 15% de recouvrement : *M. meandrites* (14,61%), *M. decactis* (11,22%) et *P. porites* (10,4%). Une importante colonie de *D. cylindrus* a été observée (7,64% des espèces coralliennes). Trois espèces ont un pourcentage inférieur à 5% (*S. siderea*, *Agaricia* sp. et *Colpophyllia natans*).

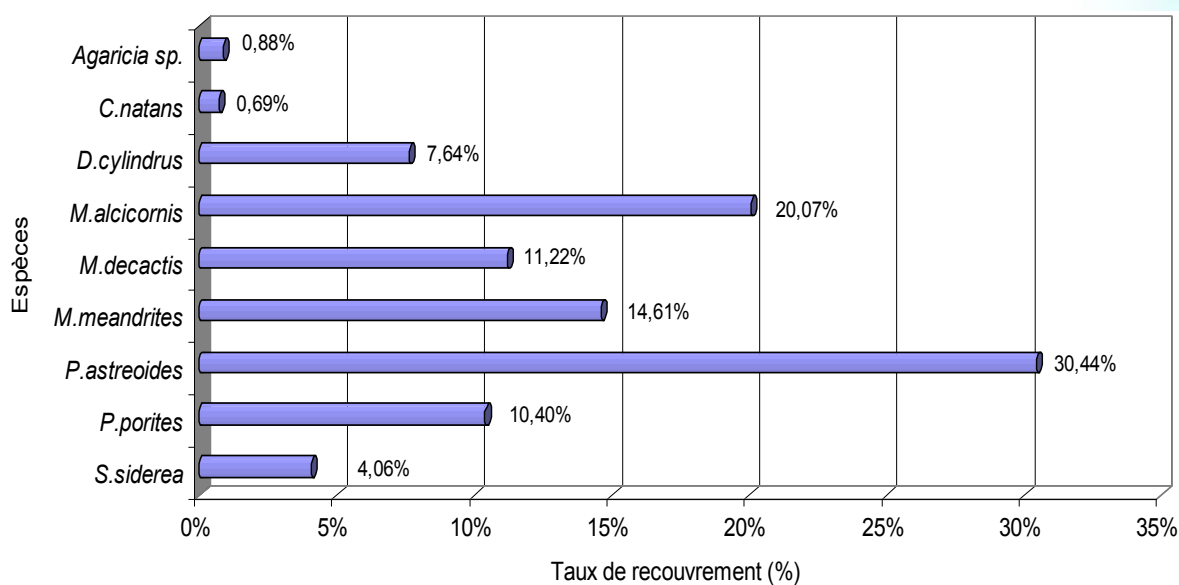


Figure 2. Diversité des espèces de coraux du site "La Perle" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

Le taux de corail mort est de 16% (TR2). L'état de santé du site a été estimé visuellement à un état 2 selon les classes de Bouchon *et al.* (2003).

2. Le Sous-marin

a) Description du site

Localisation :

Le Sous-marin : Anse Couleuvre.

Commune du pêcheur, Nord Caraïbe, Martinique.

Coordonnées : X = 0690706 ; Y= 1641215

Site d'échantillonnage : plateau du secteur Ouest de l'îlet.

Condition météorologique :

Courants : dominance Ouest-Est,

Intensité du courant : parfois très forte.

Houle : exposition moyenne.

Turbidité souvent faible.

Profil bathymétrique :

Plateau rocheux à -10m descendant en pente douce vers le rocher La Perle.

Zone d'échantillonnage

-12 à -15m.

Type géomorphologique

Colonies coralliennes non bioconstructrices sur substrat rocheux.

b) Communautés benthiques

Les fonds sont essentiellement colonisés par des coraux (44%) (Figure 3). Les éponges sont la deuxième catégorie la plus représentée (14%). Le turf, le sable et les algues rouges calcaires ont un taux de recouvrement d'environ 10%. Les indicateurs de milieux perturbés (macroalgues et cyanophycées) sont peu présents (respectivement 11% et 0,3%).

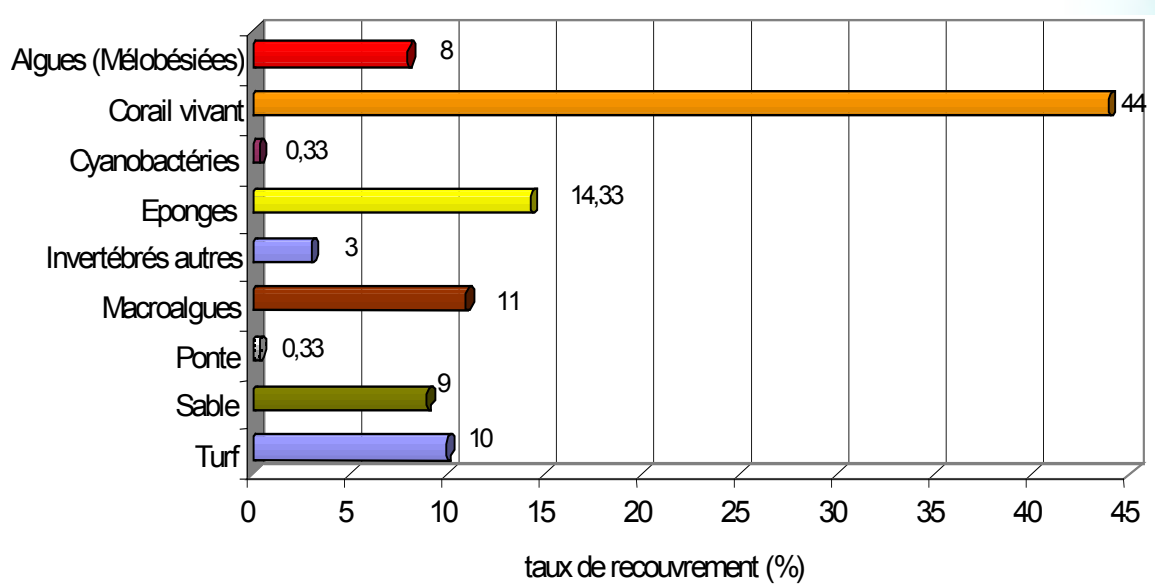


Figure 3. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Sous-marin", secteur A, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Peuplement corallien

Douze espèces de coraux ont été identifiées (Figure 4). L'octocoralliaire *M. alcornis* est dominant (33%). Les hexacoralliaires *M. mirabilis* (25%) et *P. astreoides* (17%) sont caractéristiques du peuplement corallien. Les autres espèces *M. meandrites*, *P. porites*, *M. decactis*, *C. natans*, *S. siderea*, *M. faveolata*, *E. fastigiata*, *Stylaster roseus* et *M. cavernosa* sont très peu représentées (<10%).

D'après les mesures du "ligne intercept" le corail vivant représente 37% des fonds contre 7,7% de corail mort (TR1).

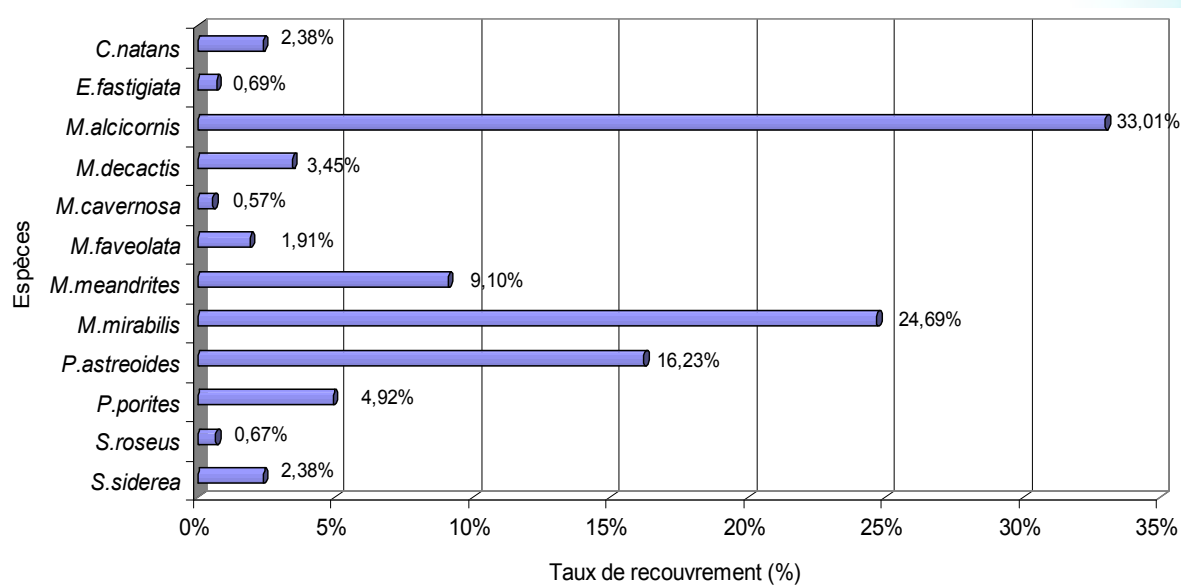


Figure 4. Diversité des espèces de coraux du site "le Sous-marin" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

La proportion en corail mort (TR2) est de 17% et le recouvrement en macroalgue de 11%. Les données et l'estimation visuelle selon les critères de Bouchon *et al.* (2003) permettent d'attribuer un état de santé 2 au site " Sous-marin".

3. Les Sources chaudes

a) Description

Localisation

Les Sources chaudes : au pied de la Montagne Pelée,
Commune de Saint Pierre, Nord Caraïbe, Martinique.

Coordonnées : X = 0693468 ; Y = 1633087

Site d'échantillonnage : tombants le long de la pointe

Accès par bateau ou par la côte.

Condition météorologique

Intensité du courant : moyenne à forte.

Houle : moyenne à forte.

Profil bathymétrique

Mouillage situé sur un plateau à 6m prolongé par une pointe d'axe Sud-Est Nord-Ouest.

Tombants verticaux de part et d'autre de la pointe.

Profondeur d'échantillonnage

-9 à -14m.

Type géomorphologique

Colonies coralliennes non bioconstructrices sur substrat volcanique.

b) Communautés benthiques

Le substrat est couvert à 36% par du corail vivant. Le turf est la deuxième catégorie la plus abondante du site (21%). Les éponges sont peu représentées (12%). Les algues rouges calcaires, les macroalgues et les invertébrés ont un taux de recouvrement faible, chacun inférieur à 10%. Quelques tapis de cyanophycées ont été relevés et estimés à 2% (Figure 5).

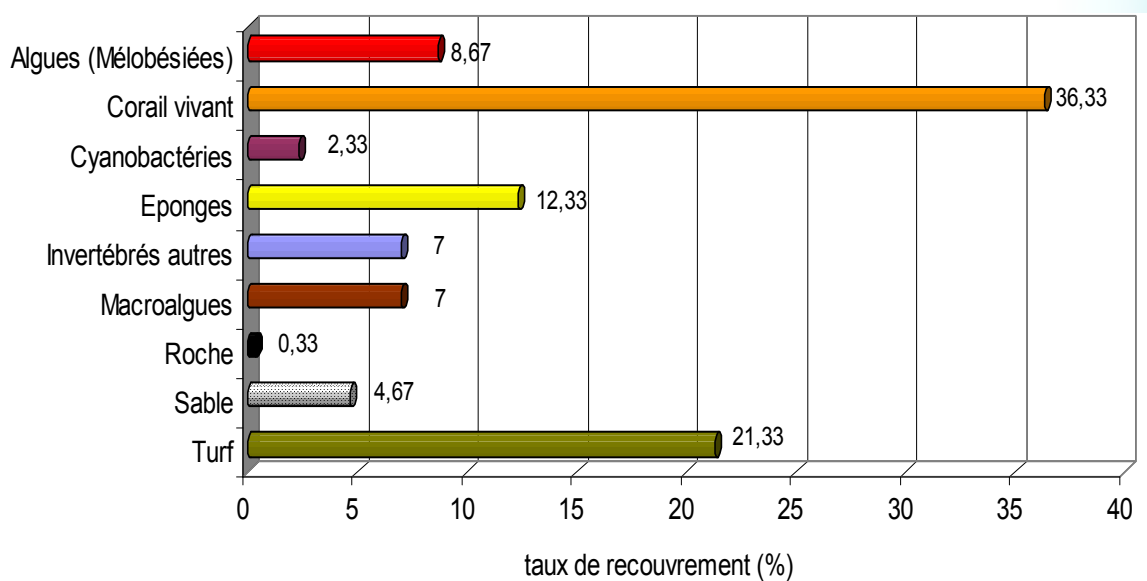


Figure 5. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Sources Chaudes", secteur A, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Peuplement corallien

Onze espèces de coraux ont été recensées lors de l'échantillonnage, dont deux majoritaires : *M. mirabilis* (48,75%) et *P. astreoides* (22,72%). Les autres espèces (*P. porites*, *M. meandrites*, *C. natans*, *E. fastigiata*, *S. siderea*, *M. alcicornis*, *M. faveolata*, *F. fragum* et *Agaricia sp.*) représentent moins de 5% des espèces (Figure 6).

Les fonds du site "Sources Chaudes" sont constitués à 10% de corail mort et 35% de corail vivant (indice TR1 calculé à partir des valeurs du "ligne intercept").

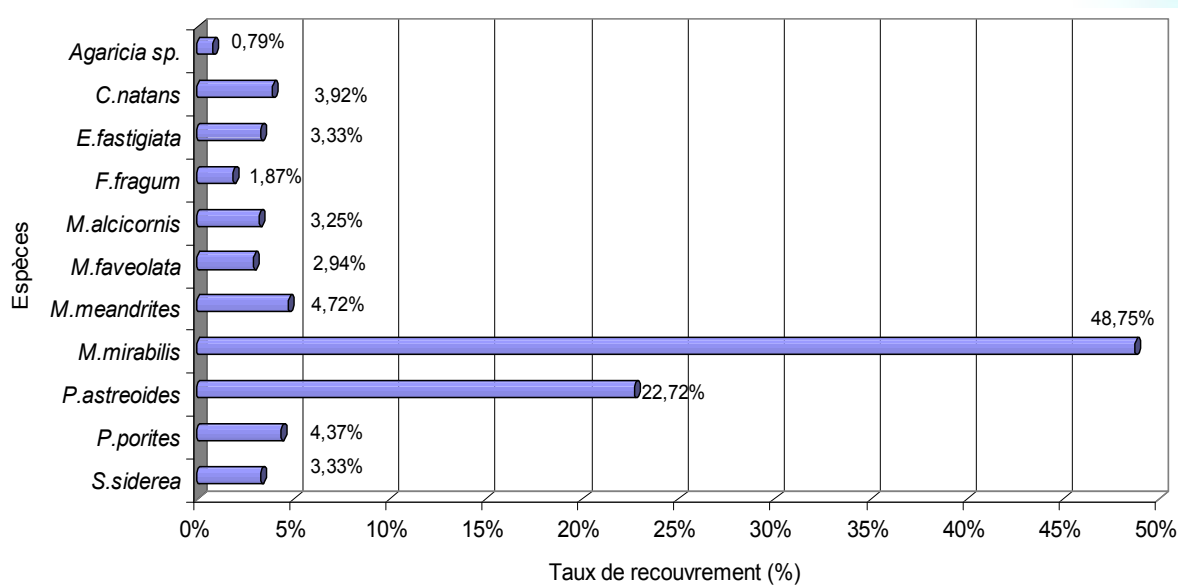


Figure 6. Diversité des espèces de coraux du site "Sources Chaudes" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

Le corail vivant est dominant. Le corail mort représente 22% de la couverture totale en corail (TR2) et les macroalgues sont peu abondantes (<10%). Ces valeurs et l'estimation visuelle lors de l'échantillonnage classent le site en état 1/2 selon les critères de Bouchon *et al.*, 2003.

4. Bilan de l'évaluation écologique du secteur A.

Les communautés benthiques sont homogènes sur l'ensemble du secteur échantillonné. Le recouvrement en corail est majoritaire (>25%) et l'abondance en macroalgues est faible (<15%) (Figure 7). La deuxième catégorie benthique caractérisant les sites est celle des éponges. Leur abondance peut être mise en relation avec l'intensité du courant dans cette zone. Le turf est plus abondant sur le site "Sources chaudes" (environ deux fois plus). Le sable est quatre fois plus important sur le site "Sous-marin" qu'à "La Perle" et deux fois plus qu'à "Sources chaudes". La différence peut être expliquée par la localisation des transects par rapport à l'exposition au courant. En effet, les transects de la Perle ont été réalisés sur un tombant exposé au courant, alors que les transects du Sous-marin étaient pour la majorité d'entre eux à l'abri du courant. Les relevés des Sources chaudes ont été effectués de part et d'autre de la pointe, à des niveaux différents d'exposition.

Les pentes abruptes entre 0 et 15m de "la Perle" et du "Sous-marin", associées à l'intensité du courant, expliqueraient l'abondance en algues rouges calcaires ainsi que la dominance des espèces *M. alcornis* et *P. astreoides* sous leurs formes encroûtantes.

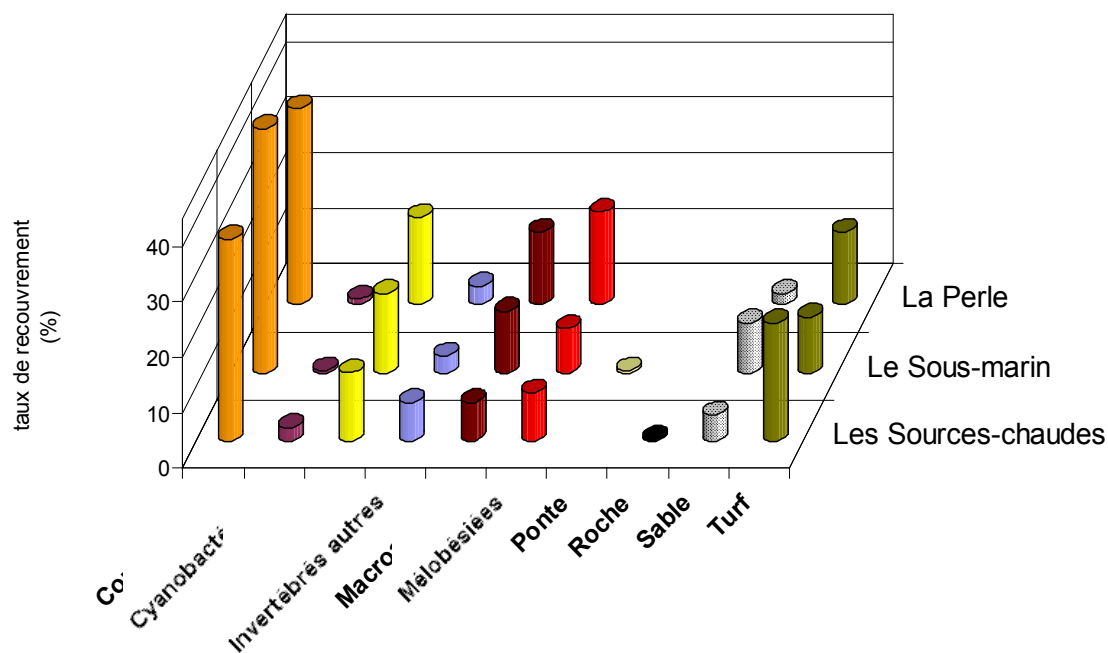


Figure 7. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique des sites "La Perle", "Sous-marin" (SM) et "Sources chaudes" (SC), Nord Caraïbe, secteur A. Les valeurs sont exprimées en % de points observés d'une catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Les espèces coralliennes présentes (Figure 8) sur ces trois sites sont caractéristiques des eaux moyennement agitées et lumineuses (*P. porites*) à des eaux agitées et très éclairées (*M. mirabilis*, les genres *Meandrina*, *Colpophyllia*, *Dendrogyra*, *Montastraea*). La fréquence élevée de l'éponge *Xestospongia muta* et la présence d'espèces coralliennes sciaphiles (*Stylaster roseus*, *M. decactis*, *Agaricia sp.*) est caractéristique de la géomorphologie du relief sous-marin sur le secteur.

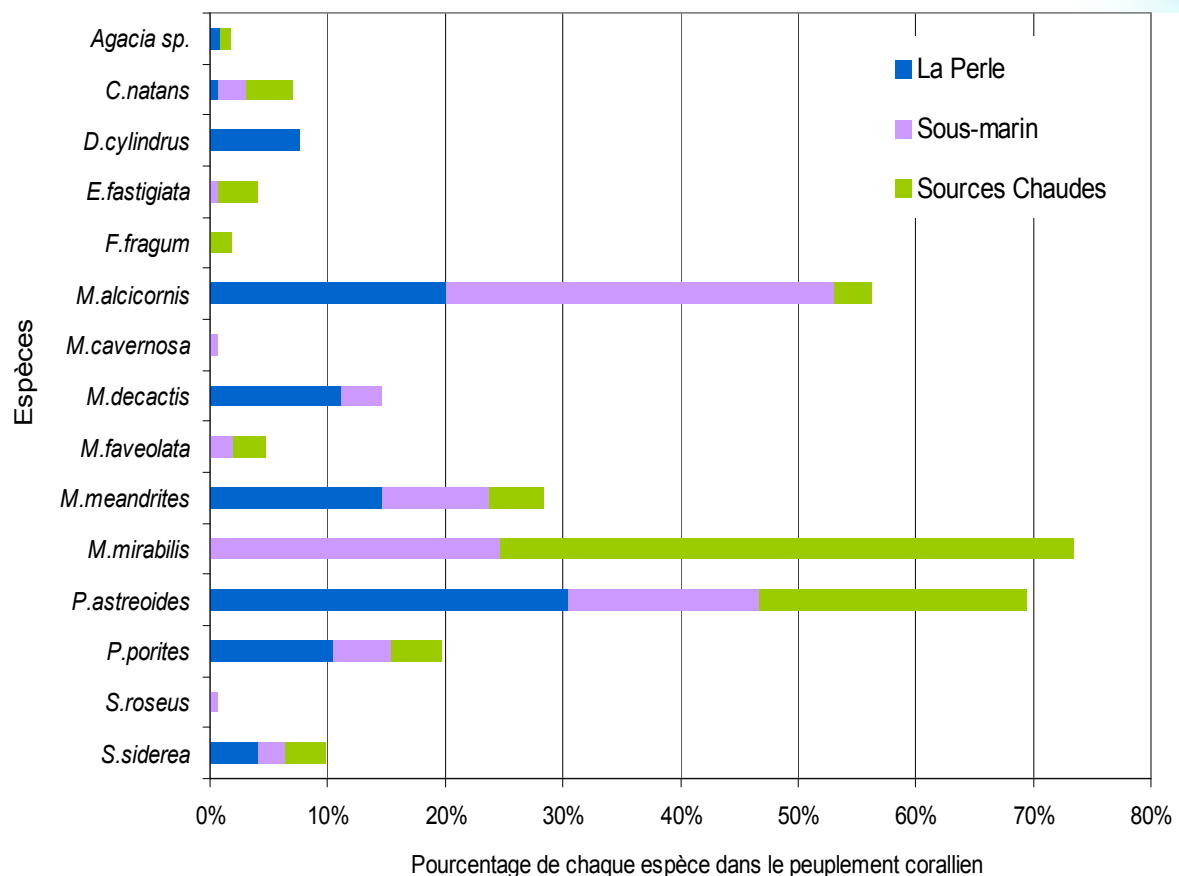


Figure 8. Comparaison de la composition des peuplements coralliens du secteur A, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre total d'espèces de corail comptabilisées pour chaque site.

Les sites du Nord sont peu dégradés. La catégorie "corail vivant" est dominante et les états de santé sont relativement bons (taux de recouvrement moyen de 1,22% en cyanobactérie (valeur maximale de 8% sur le transect 4 des Sources Chaudes) et proche de 10% en macroalgues).

B. Secteur B



Figure 9. Vue aérienne du site de Fond Boucher (©Orthophoto IGN-2004).

1. Fond boucher

a) Description

Localisation

Fond Boucher (FB) : commune de Case pilote, Nord Caraïbe, Martinique.

Coordonnées : X = 0697903 ; Y = 1621233

Site d'échantillonnage : pente rocheuse de faible inclinaison, à proximité du site de suivi annuel IFRECOR.

Condition météorologique

Courants : courant dominant de secteur Sud-Ouest

Intensité du courant : moyenne à forte.

Houle : moyenne à forte.

Profil bathymétrique

Tombant rocheux d'une inclinaison de 20 à 30°, partant du pied d'une falaise jusqu'à 10m de profondeur, se poursuivant par un tombant abrupt jusque dans la zone des 20m.

Interruption du tombant par des failles de 10m de large.

Profondeur d'échantillonnage

-7 à -11m.

Type géomorphologique

Colonies coralliennes non bioconstructrices sur substrat rocheux volcanique.

b) Communautés benthiques

Les fonds marins sont dominés par le peuplement algal, avec 24% de turf, 22% de macroalgues et 11% d'algues rouges calcaires (Figure 9). Parmi les macroalgues, le genre *Dictyota* est prédominant (57%). Les autres catégories benthiques sont les coraux (16%), les éponges (10,7%). Les fonds sableux représentent un peu moins de 10% (9,33%). Les catégories « autres invertébrés » et « cyanophycées » ont un taux de recouvrement faible, respectivement 5,67% et 1,33%.

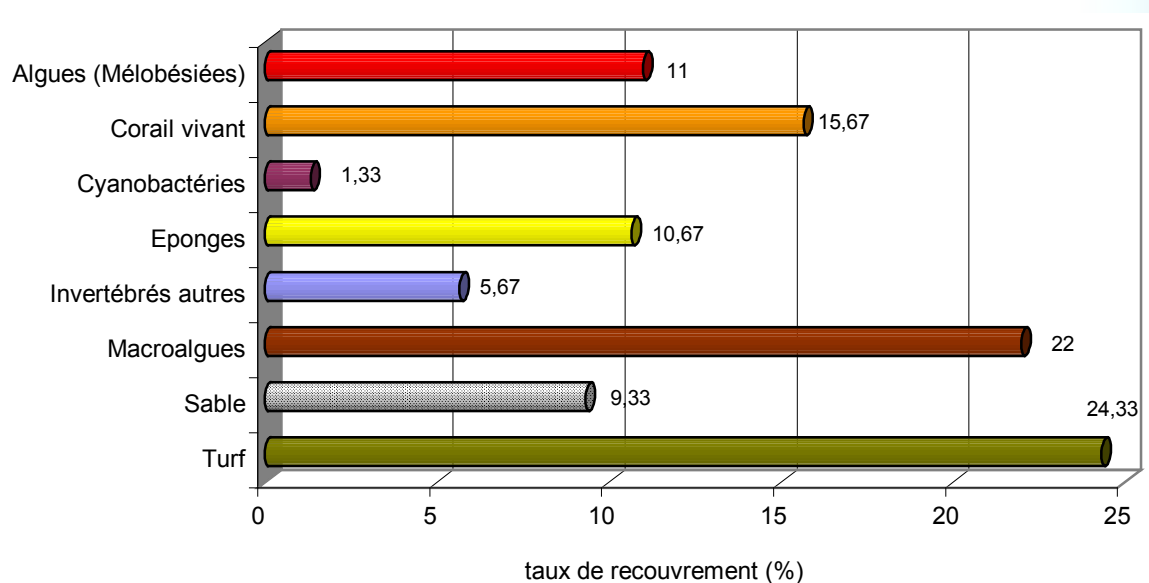


Figure 10. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Fond Boucher", secteur B, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Peuplement corallien

Le site est composé de 22% de corail dont 14% de corail vivant (TR1 "ligne intercept" - Figure 10). Cinq espèces de corail sur les 10 recensées ont une abondance supérieure à 10% ; *S. siderea* (21%), *M. meandrites* (18%), et *M. mirabilis* (14%), *Agaricia sp.* (13%) et *P. astreoides* (12%). Les autres espèces sont plus rares (< ou = à 10%).

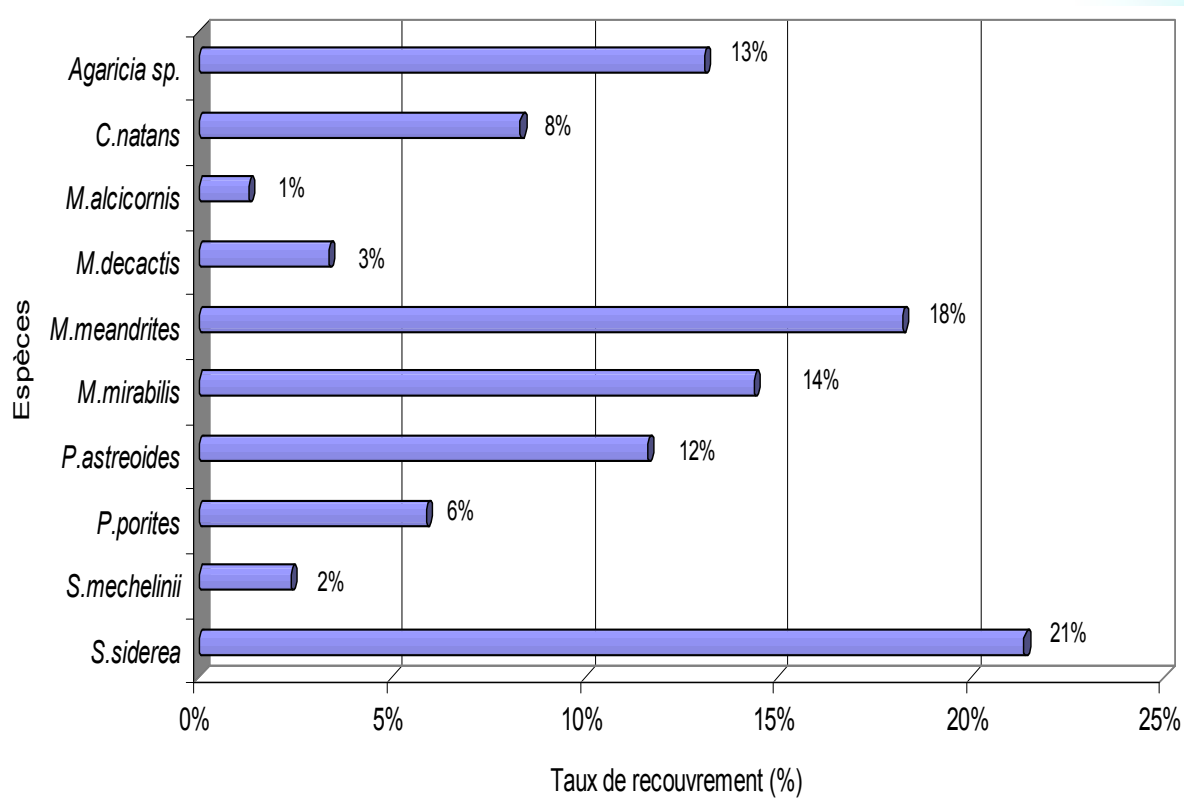


Figure 11. Diversité des espèces de coraux du site "Fond Boucher" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

L'estimation visuelle a classé le site en état de santé 2. La valeur calculée (TR2), à savoir le taux de mortalité en corail (35%), et les valeurs observées dont l'abondance en macroalgues (22%) dominées par le genre *Dictyota* (57%) permettent d'approfondir cette évaluation écologique. L'ensemble des données permet de classer le site en état 2 à 3.

2. Cap Enragé

a) Description

Localisation :

Cap Enragé (CE) : Commune de Case Pilote, Nord Caraïbe, Martinique.

Coordonnées : X = 0698894 ; Y = 1619982

Site d'échantillonnage : plateau

Condition météorologique :

Courants : courant dominant de secteur Sud.

Intensité courant : forte.

Houle : moyenne à forte.

Profil bathymétrique :

Tombant rocheux entrecoupé par des sillons recouverts par des zones sableuses.

Profondeur d'échantillonnage (Z) :

Z : -9 à -14m.

Type géomorphologique

Eboulis rocheux sur fond sableux

Colonies coralliennes non bioconstructrices sur substrat rocheux volcanique.

b) Communautés benthiques

Le recouvrement corallien est très faible sur le secteur (11,6%). Le peuplement est caractérisé par les éponges (22,33%), le turf (21,67%) et les macroalgues (17,33%), alors que les algues rouges calcaires tapissent près de 10% des fonds (Figure 11). Les invertébrés colonisent une faible partie du substrat (7,33%). Le genre *Dictyota* représente 93% du recouvrement en macroalgues, et indiquent une perturbation du milieu. La dominance des éponges et la présence d'invertébrés tels que les gorgones, les hydraires et les sabelles sont caractéristiques des eaux soumises fréquemment à de forts courants.

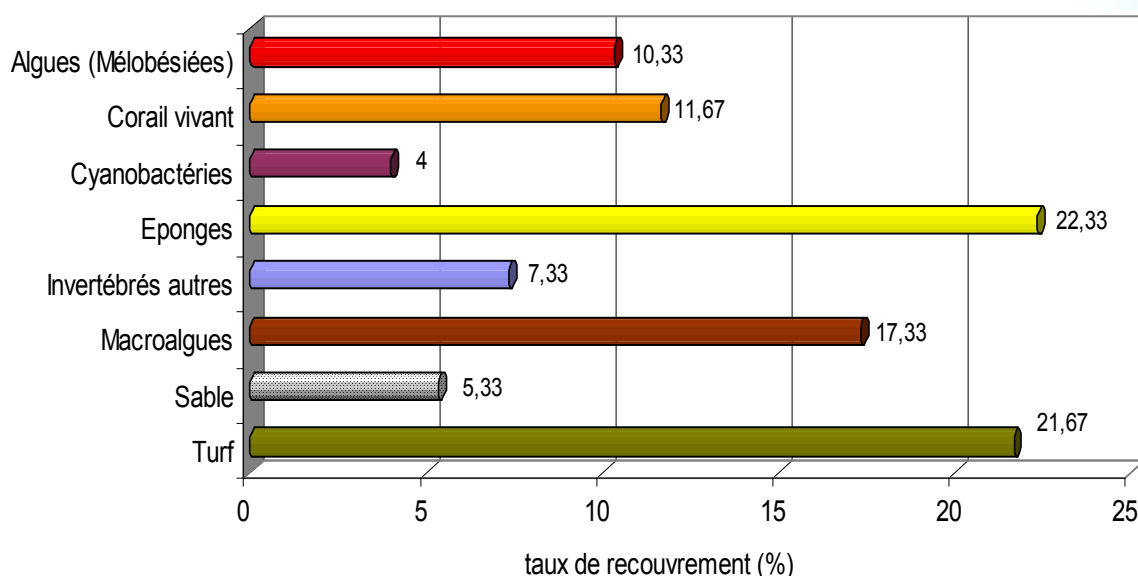


Figure 12. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Cap Enragé", secteur B, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Sur 11 espèces identifiées (Figure 12), seules trois d'entre elles présentent un taux de recouvrement supérieur à 10% (*M. meandrites* – 30,57% ; *P. astreoides* – 29,48% et *M. alcornis* - 13,89%). Les autres espèces ont une abondance relative inférieure à 5% et sont représentées par des espèces sciaphiles (*Agaricia* sp. - 4,17% ; *S. roseus* - 2,78% ; *M. decactis* - 4,17%) et par des espèces préférant les eaux claires et plutôt agitées (*F. fragum* – 2,38% ; *M. mirabilis* – 2,78%).

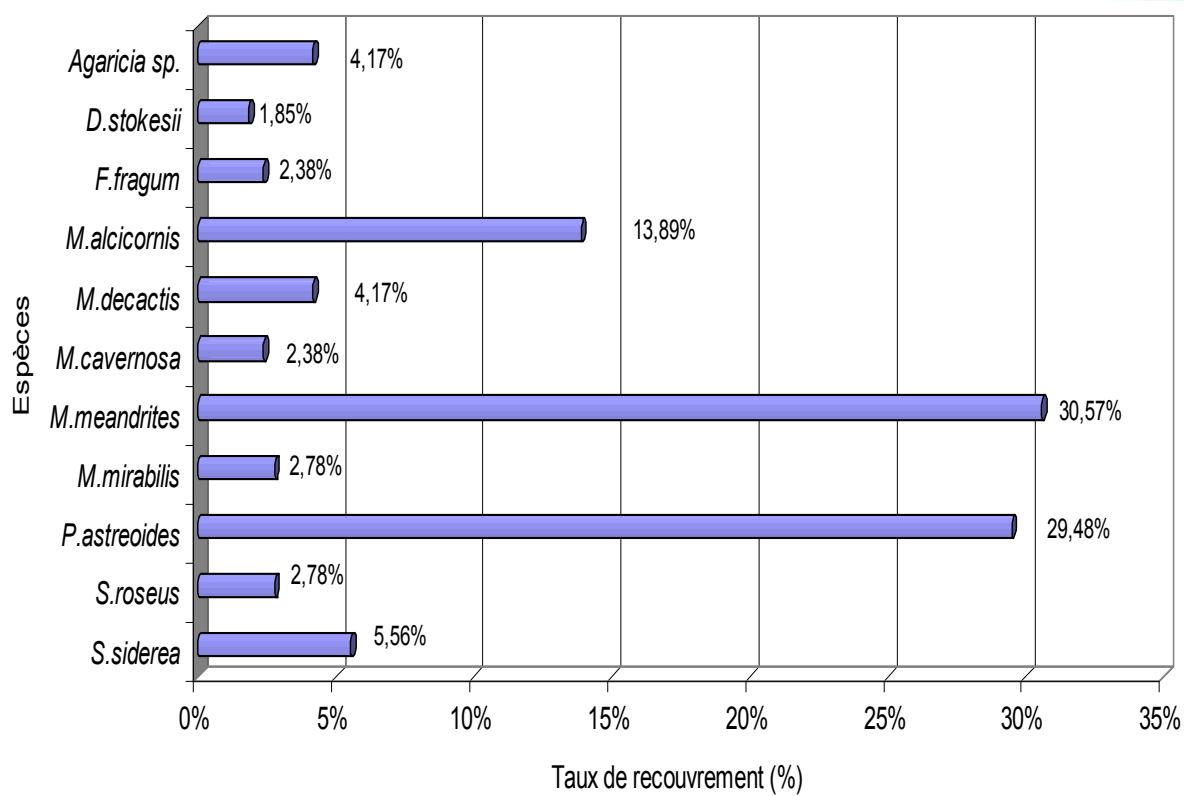


Figure 13. Diversité des espèces de coraux du site "Cap Enragé" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

Le taux de recouvrement en corail mort (TR2) est de 51%, les macroalgues sont présentes mais ne sont pas majoritaires dans la constitution des fonds. A partir de ces résultats, le site est classé en état 2/3.

3. Trou Rouge

a) Description

Localisation :

Trou Rouge (TR) : Commune de case pilote, Nord Caraïbe, Martinique.

Coordonnées : X = 0700063 ; Y = 1618823.

Site d'échantillonnage : plateau

Condition météorologique :

Intensité courant : moyennement forte.

Houle : moyenne à forte.

Profil bathymétrique :

Continuité de la falaise en pente raide jusqu'à 5m de profondeur, suivi d'un plateau.

Pente douce à partir de 8m jusqu'à 15m de fond.

Tombant au-delà de 15m.

Zone d'échantillonnage

Profondeur : -8 à -12,3m.

Type géomorphologique

Colonies coralliennes non bioconstructrices sur substrat rocheux volcanique.

b) Communauté benthique

Le peuplement de Trou Rouge est caractérisé par l'abondance relative en macroalgues (28%) dont 39,7% de *Dictyota sp.* et 6,7% de *Sargassum sp.* (Figure 13). Le recouvrement en gazon algal (16%) et en éponges (14,33%) sont les deux autres catégories importantes. Les cyanophycées (7,33%) sont bien représentées en comparaison avec les autres valeurs obtenues jusqu'ici (CE : 4% et FB : 1,33%).

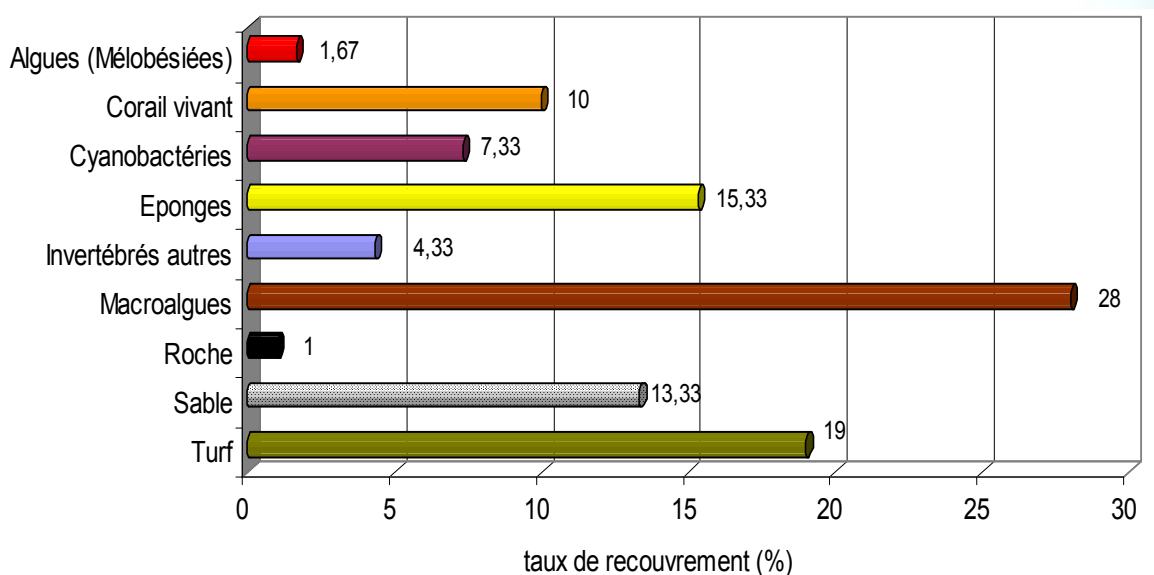


Figure 14. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Trou Rouge", secteur B, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Dix espèces de corail sont présentes sur le site (Figure 14) et colonisent moins de 10% du substrat (TR1). Les espèces dominantes sont *P. astreoides* (25%) et *M. mirabilis* (20%). Les autres espèces représentent moins de 10% de la couverture corallienne : *M. alcicornis*, *S. mechelini*, *Agaricia sp.*, *M. decactis*, *M. meandrites*, *M. cavernosa*, *P. porites* et *E. fastigiata*. Le rapport (r) corail mort sur corail vivant est inférieur à 1 ($r = 0,62$), indiquant un taux de mortalité assez important (38%).

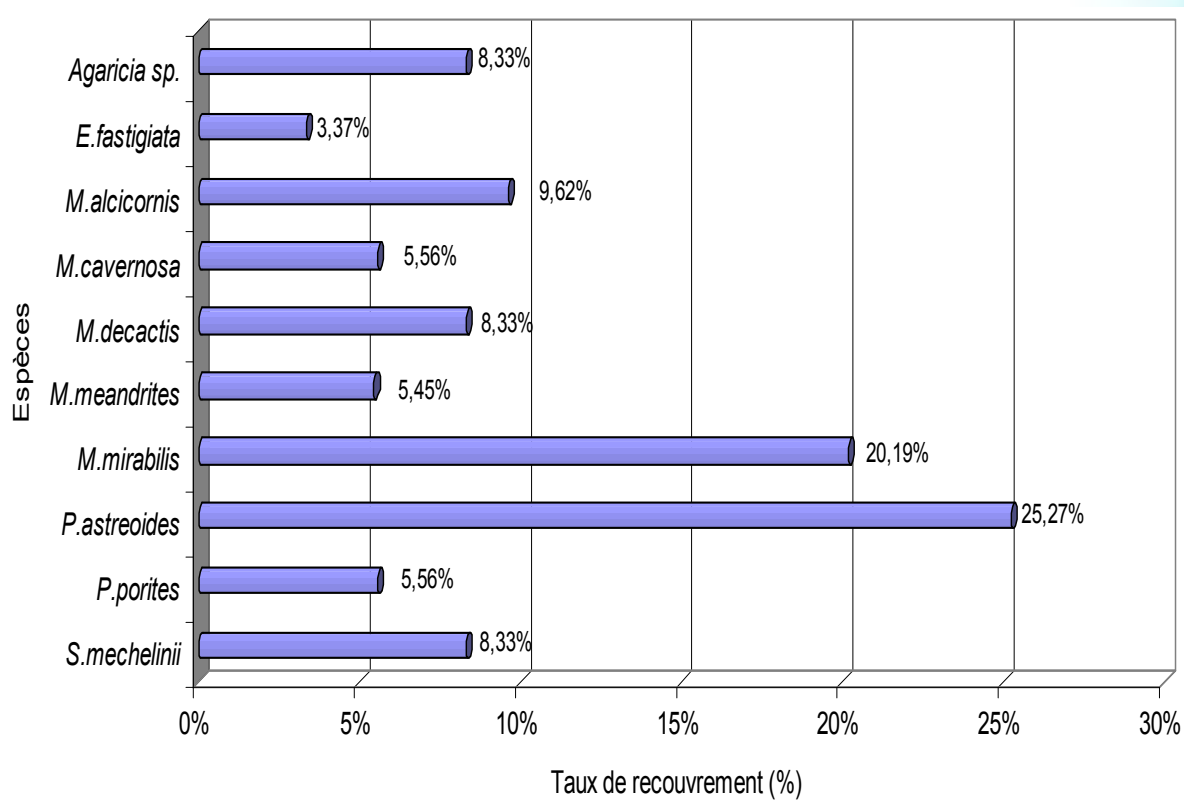


Figure 15. Diversité des espèces de coraux du site "Trou Rouge" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

L'abondance en macroalgues (28%), la présence de sargasses (7%), la proportion en Dictyota (40%) et l'importance du taux de mortalité (TR2 = 38%) permettent de classer le site en état 3.

Les cyanophycées, les sargasses et Dictyota sont des indicateurs de mauvaise qualité des eaux

4. Bilan écologique du secteur B.

Le peuplement algal domine sur l'ensemble des sites avec une valeur moyenne de 51%, macroalgues, turf et algues calcaires encroûtantes confondus (Figure 15). Pour le reste des catégories, les trois sites présentent des communautés spécifiques, probablement en relation avec la qualité de l'eau, l'hydrodynamisme et la topographie des sites.

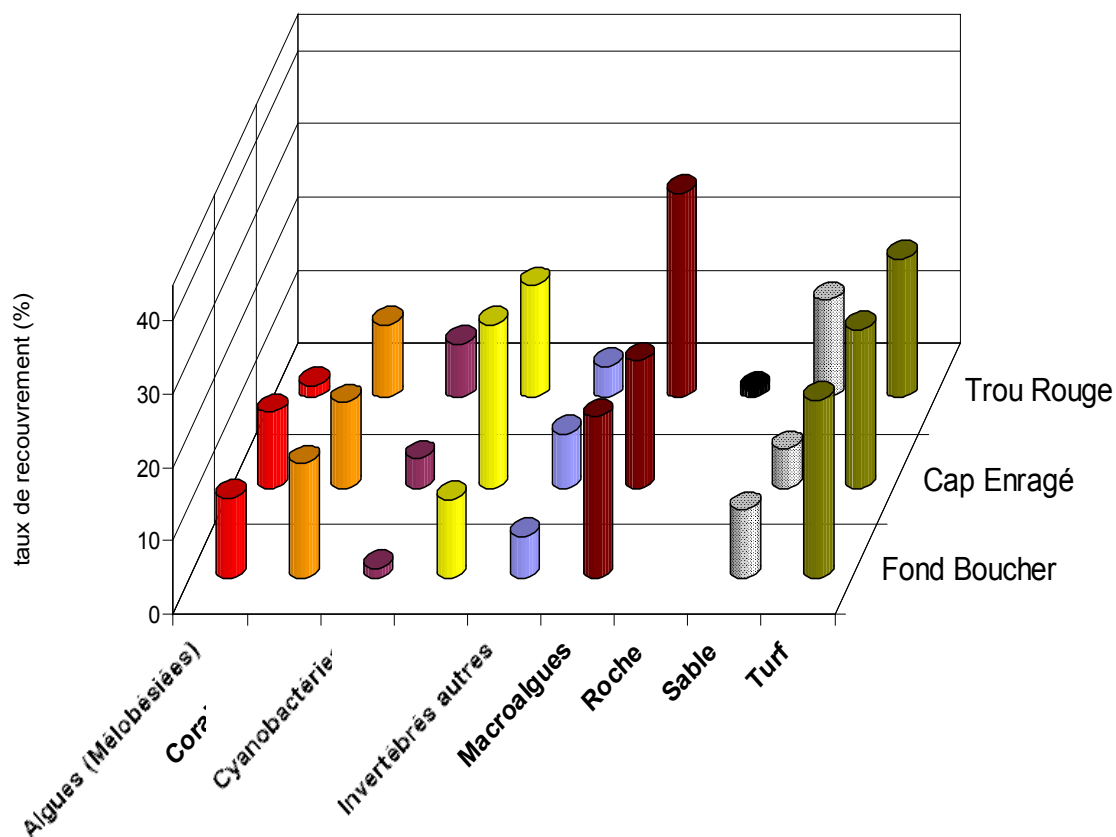


Figure 16. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique des sites "Fond Boucher", "Cap Enragé" et "Trou Rouge", Nord Caraïbe, secteur B. Les valeurs sont exprimées en % de points observés d'une catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Sur FB les espèces coralliennes (Figure 16) appartiennent au groupe 3 de la hiérarchisation bathymétrique (mission Corantilles 2). Ce groupe est caractéristique de la zone des 15 à 30m, Deux hypothèses expliqueraient ces observations. L'une serait liée à la qualité des eaux de FB qui seraient moins éclairées. Les espèces d'eaux profondes auraient tendance à se développer moins en profondeur. L'autre hypothèse pourrait être la complexité du relief offrant des zones plus ombragées.

TR est le site où l'abondance en macroalgues et en cyanophycées est maximale alors que le recouvrement en corail vivant est le plus faible (10%). Les sargasses ont été observées uniquement sur TR avec une proportion de 7% de l'ensemble des macroalgues.

TR est le site le plus dégradé des trois, classé en état 3.

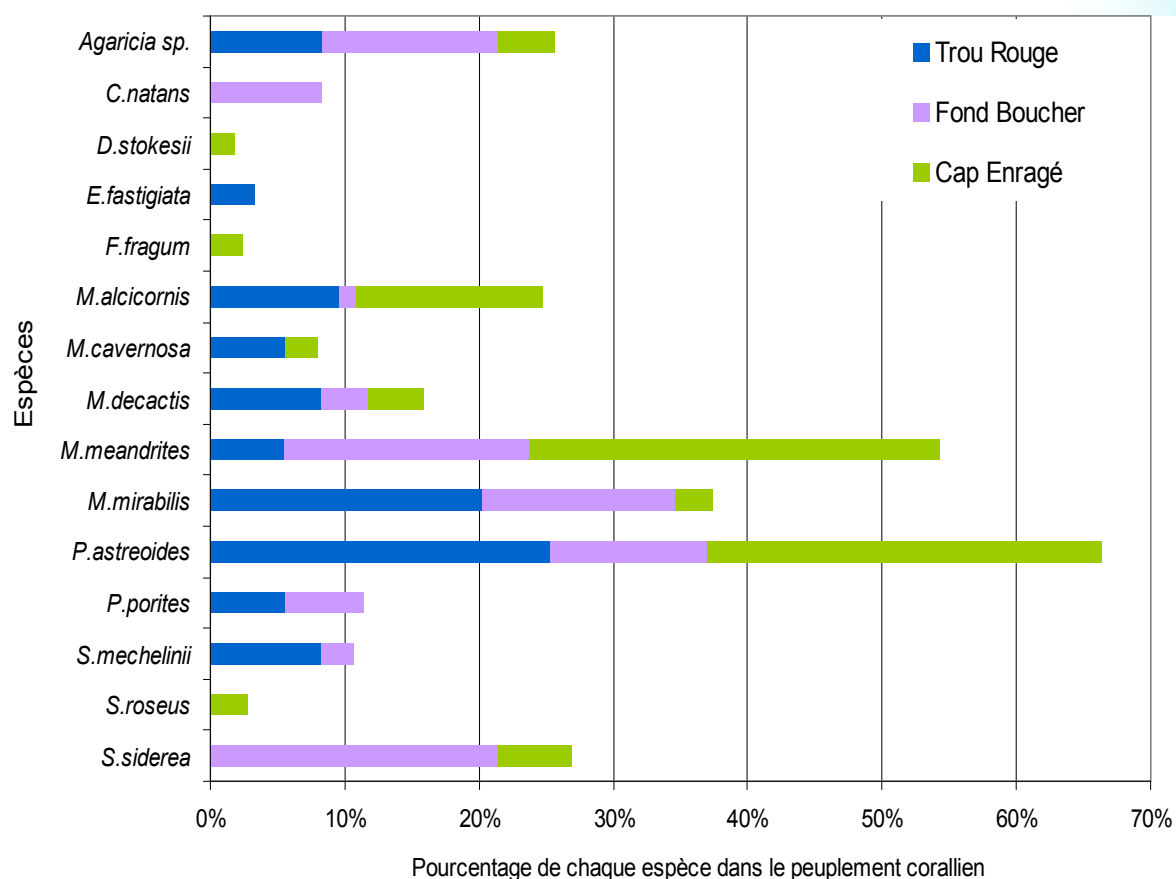


Figure 17. Comparaison de la composition des peuplements coralliens du secteur B, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre total d'espèces de corail comptabilisées pour chaque site.

C. Secteur C

1. Le Cap Salomon



Photo 19. Vue du Cap Salomon depuis la plage de Grande Anse d'Arlet. (©OMMM/JP Maréchal)

a) Description

Localisation :

Cap Salomon CS : Commune des Anses d'Arlet, sud Caraïbe, Martinique.

Coordonnées : X = 0704076 ; Y = 1604650

Site d'échantillonnage : plateau

Profil bathymétrique :

Eboulis rocheux massifs entre 0 et -15m prolongés par une pente inclinée à 35-45° jusqu'à environ 30m, suivi d'un talus sédimentaire vertical.

Zone d'échantillonnage

Profondeur : -5,5 à -8m.

Type géomorphologique

Colonies coralliennes non bioconstructrices sur substrat rocheux.

b) Communautés benthiques

Les recouvrements en corail vivant, en éponges et en macroalgues sont les plus élevés et oscillent entre 16% et 25,8% (Figure 17). Les macroalgues sont composées à 30% d'espèces du genre Dictyota et ont été observées uniquement sur trois transects. Le turf est la quatrième catégorie ayant un recouvrement supérieur à 10%. Les algues rouges calcaires et les invertébrés colonisent un peu moins de 10% du substrat. Les dernières catégories (CY, S, DC et R) sont inférieures ou égales à 5%.

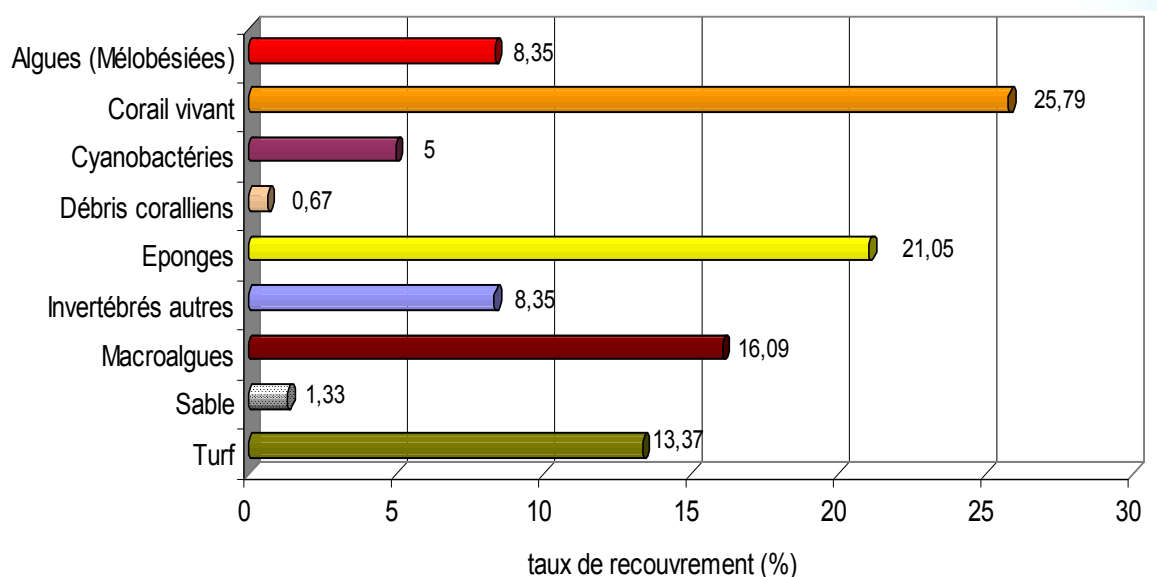


Figure 18. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site " Cap Salomon (La Piscine)", secteur C, centre Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

La richesse spécifique corallienne est faible (Figure 18), avec 8 espèces d'hexacoralliaires et des représentants du genre *Millepora*. Sous sa forme encroûtante, cette dernière compte pour près de 50% de la couverture corallienne. Les scléractiniaires sont dominés par les colonies de *P. astreoides* (52% des hexacoralliaires). *M. meandrites* et *P. porites* sont les deux autres espèces importantes du site (respectivement 22% et 11%). Certaines espèces communes comme *S. siderastrea* ou *A. agaricites* ou sciaphiles comme *E. fastigiata*, *S. roseus*, *D. stokesii* ont un recouvrement très faible (moins de 5%).

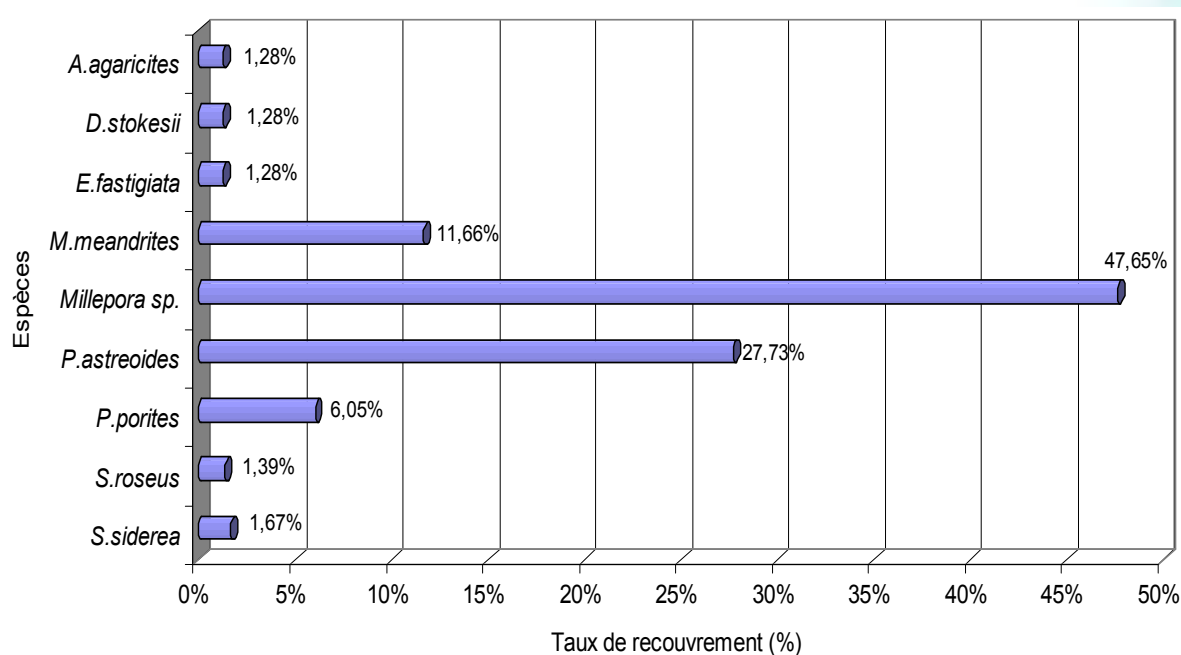


Figure 19. Diversité des espèces de coraux du site "Cap Salomon (La Piscine)" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

L'abondance en macroalgues est assez faible (16%). Le taux moyen de corail mort est de 42%. Les proportions des différentes catégories indicatrices (CV : TR1 = 20%, MA : 16%, CM : TR1 = 14%, CY = 5%) montrent que le milieu est peu dégradé (état 2).

2. Site de référence du Cap Salomon

a) Description

Localisation : Environ 200m au Sud du site de plongée.

Paramètres :

Géomorphologie, météorologie, profondeur d'échantillonnage et topographie identique au site de plongée.

b) Communautés benthiques

Les fonds sont essentiellement composés de colonies coralliennes vivantes représentant 29,7% des relevés (Figure 19). Les éponges recouvrent 15% du substrat. Le peuplement algal a une abondance relative de 37% d'abondance, toutes espèces confondues (ARC, TU et MA). Les catégories "autres invertébrés" et "cyanophycées" sont peu représentées avec respectivement 9% et 2%.

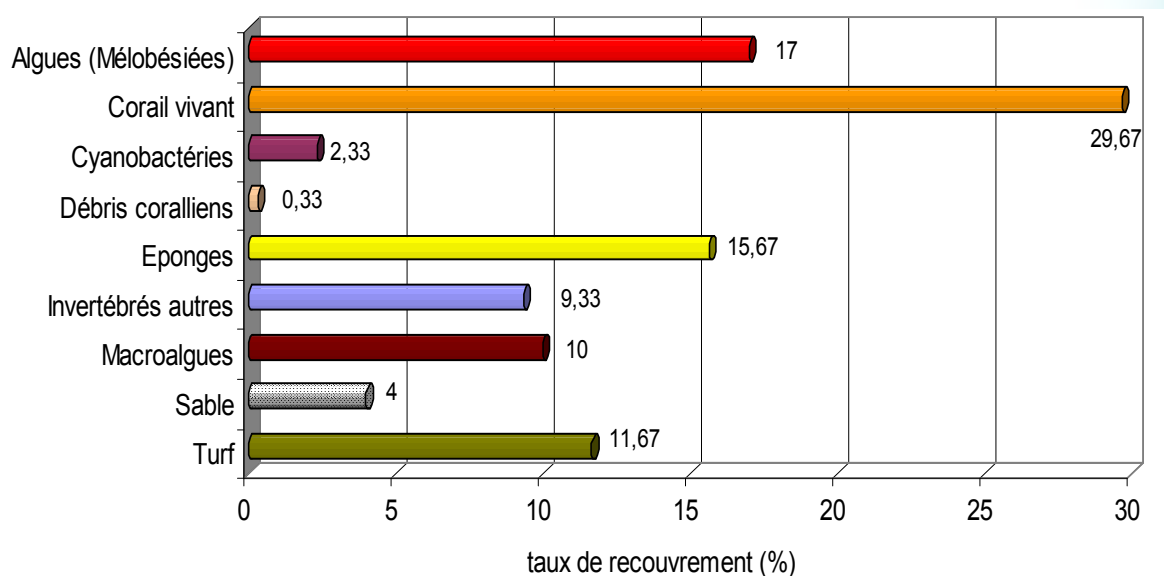


Figure 20. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site de référence de "Cap Salomon", secteur C, centre Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Le peuplement corallien compte 12 espèces de coraux scléractiniaires et du genre *Millepora*. Les octocoralliaires représentent 50% de la couverture corallienne. Les hexacoralliaires sont

dominés par *P. asteoides* (35%) et *M. meandrites* (24%) et sont les seules espèces dont l'abondance est supérieure à 10% (Figure 20).

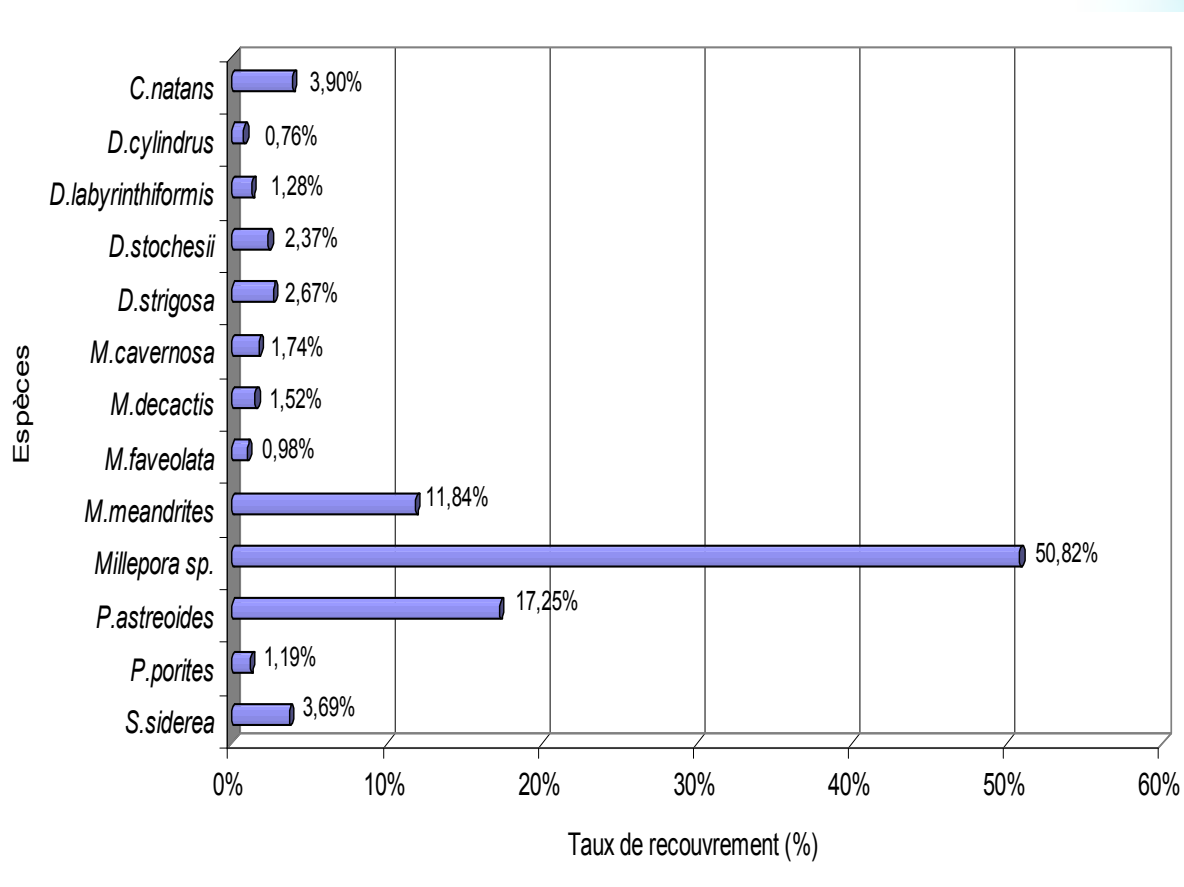


Figure 21. Diversité des espèces de coraux du site de référence de "Cap Salomon" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

Les fonds sont dominés par le corail vivant (TR1 = 29,6%) et l'abondance en macroalgue est de 10%, valeurs qui caractérisent un milieu en bon état (état2).

3. La Lézarde



Photo 20. Vue de la Pointe de la Lézarde depuis la plage de Grande Anse d'Arlet. (©OMMM/JP Maréchal)

a) Description

Localisation :

Pointe La Lézarde LZ : Commune des Anses d'Arlet, sud Caraïbe, Martinique.

Coordonnées : X = 705361; Y = 1603552

Site d'échantillonnage : plateau

Profil bathymétrique :

Entre 0 et 8m, la falaise se poursuit par un tombant vertical suivi d'une pente inclinée entre 25 et 35° qui atteint les 20m. Cette zone est formée de blocs rocheux de grande taille. Vers 20m, la pente s'adoucit avec des fonds sableux colonisés par les algues et les éponges.

Zone d'échantillonnage :

Profondeur : -5 à -8m.

Type géomorphologique :

Colonies coralliennes non bioconstructrices sur substrat rocheux.

b) Communautés benthiques

Les communautés benthiques sur le site sont dominées par les algues brunes qui couvrent environ 50% du substrat (Figure 21), notamment les genres *Sargassum* (29%) et *Dictyota* (31%). La croissance rapide de ces algues limite le développement des autres organismes dont le taux de recouvrement représente seulement 10 à 15% du fond.

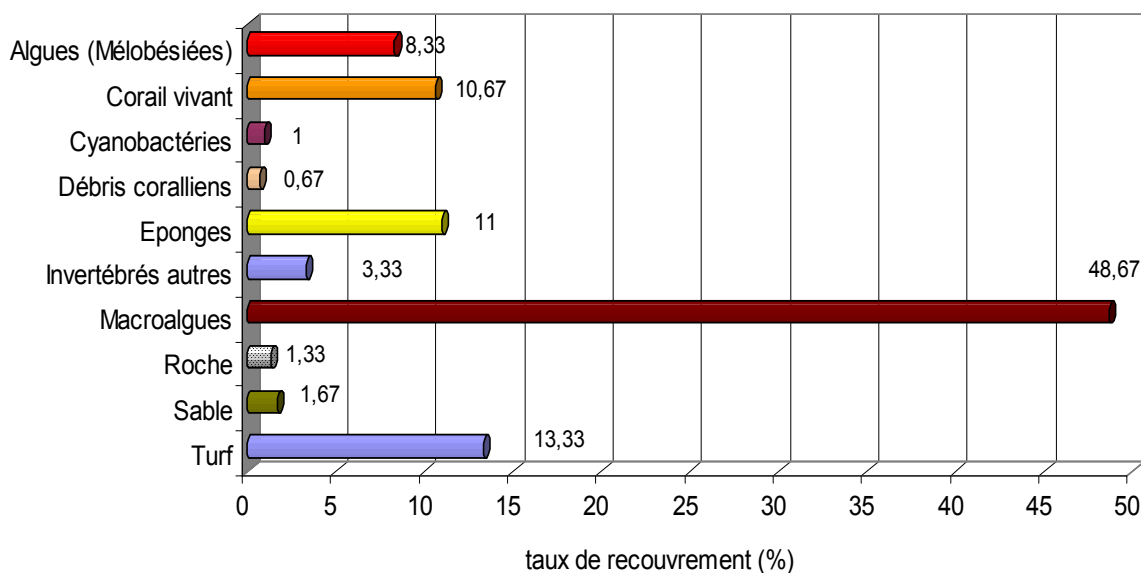


Figure 22. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "La Lézarde", secteur C, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

La richesse spécifique en corail est faible, avec seulement 7 espèces, octocoralliaires incluses (Figure 22). Les deux espèces dominantes sont *Millepora sp.* (59%) et *P.astreoides* (21%). Les autres hexacoralliaires présents *M. meandrites*, *P. porites*, *M. decactis*, *M. mirabilis* et *S. radians* ont chacun un recouvrement inférieur à 10%.

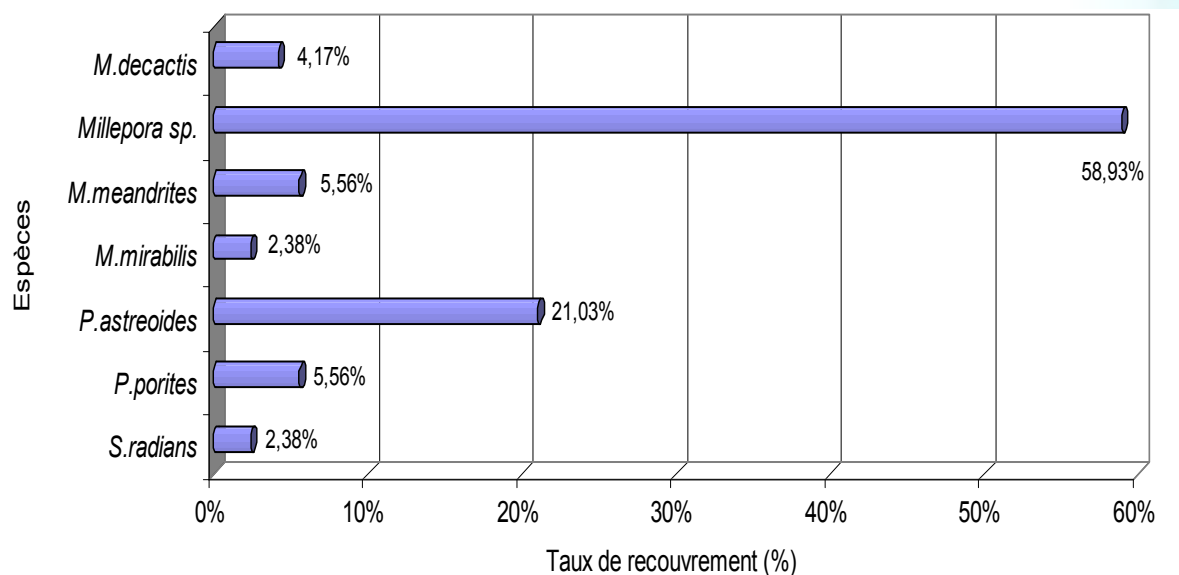


Figure 23. Diversité des espèces de coraux du site "La Lézarde" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

Le recouvrement important en algue est un indicateur de milieu très dégradé (état 3/4).

4. Le site de référence de La Lézarde

a) Description

Localisation : Environ 200m au nord du site de plongée.

Paramètres :

Géomorphologie, météorologie, profondeur d'échantillonnage et topographie identique au site de plongée.

b) Communautés benthiques

Le site de référence est envahi par les algues brunes qui colonisent 60% du substrat, vivant ou mort (Figure 23), avec trois groupes majoritaires : Sargasses (33%), Dictyotales (28%) et Lobophorales (2%). L'importante couverture en macroalgues limite le développement des autres organismes dont le taux de couverture est inférieur à 10%, à l'exception du turf (13%).

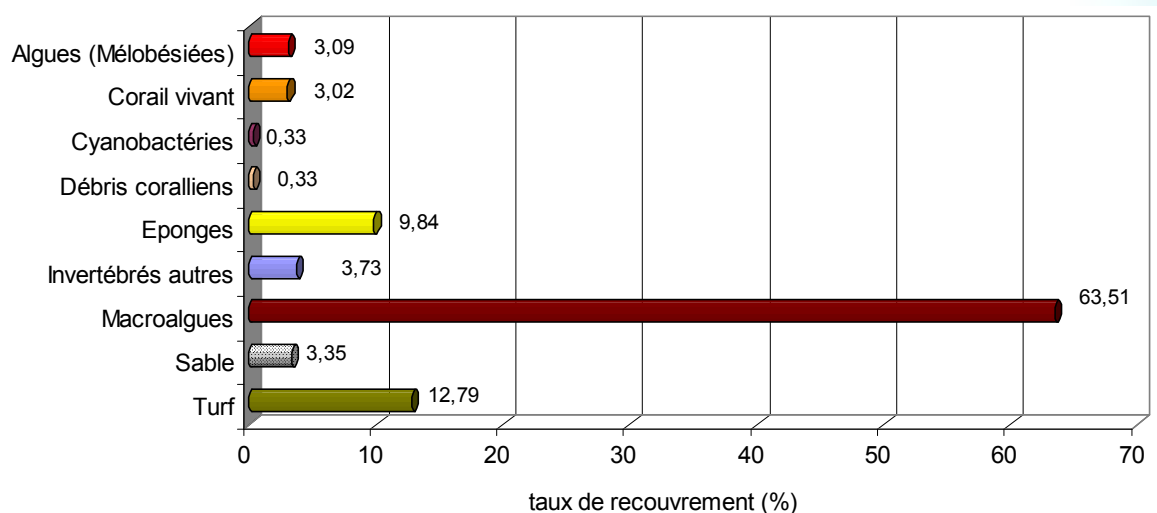


Figure 24. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site de référence "La Lézarde", secteur C, Nord Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

La richesse spécifique en corail est de 4 espèces d'hexacoralliaires et le genre *Millepora* (Figure 24), ce qui est très inférieur aux valeurs observées jusqu'ici, tous secteurs confondus. L'espèce dominante est *P. astreoides* (42% du recouvrement corallien total).

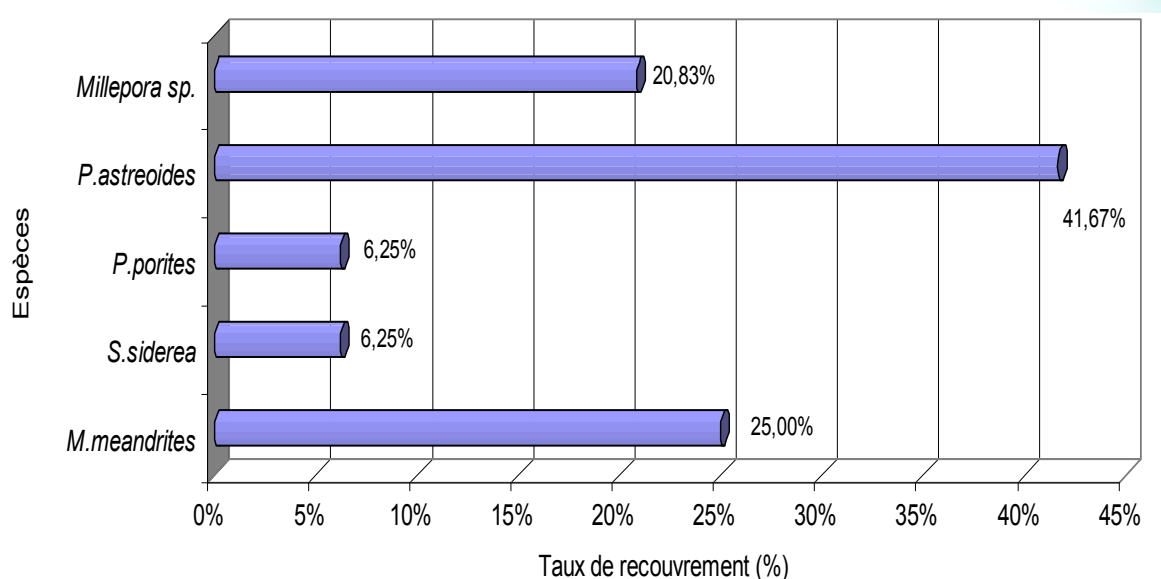


Figure 25. Diversité des espèces de coraux du site de référence "La Lézarde" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

L'abondance en macroalgues (63,5%), le faible recouvrement en corail vivant (TR1 = 3%) caractérisent un milieu très dégradé. La présence de corail vivant ne permet pas de classer le site en état 4. Par conséquent le site est qualifié de milieu dégradé à très dégradé (état 3/4).

5. Bilan écologique du secteur C

Ce secteur est très hétérogène. L'état de santé des sites est très différent en selon leur localisation. Au nord du secteur, le site "Cap Salomon" et son site de référence sont en bon état, avec une richesse spécifique en corail et un taux de recouvrement élevés (Figure 25), alors que les deux sites de "La Lézarde" sont très dégradés avec une abondance en macroalgue élevée, notamment les sargasses.

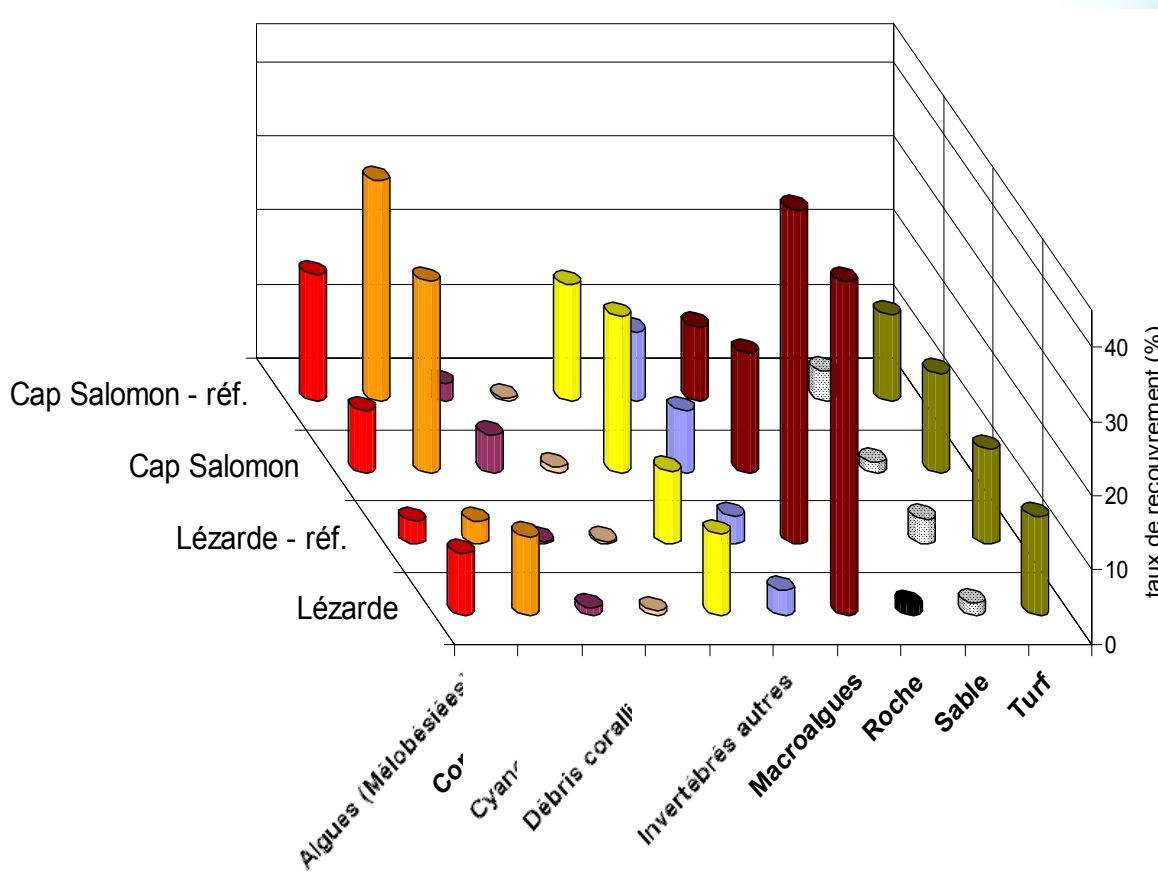


Figure 26. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique des sites "du secteur C, centre Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % de points observés d'une catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Les espèces communes aux quatre sites sont des espèces ubiquistes comme *P. astreoides*, *M. meandrites* et *P. porites* (Figure 26). La plus grande richesse spécifique (12 espèces) a été observée sur le site de référence de Cap Salomon, le site le moins dégradé des quatre. La richesse spécifique la plus faible est observée sur le site le plus dégradé, le site de référence de La Lézarde.

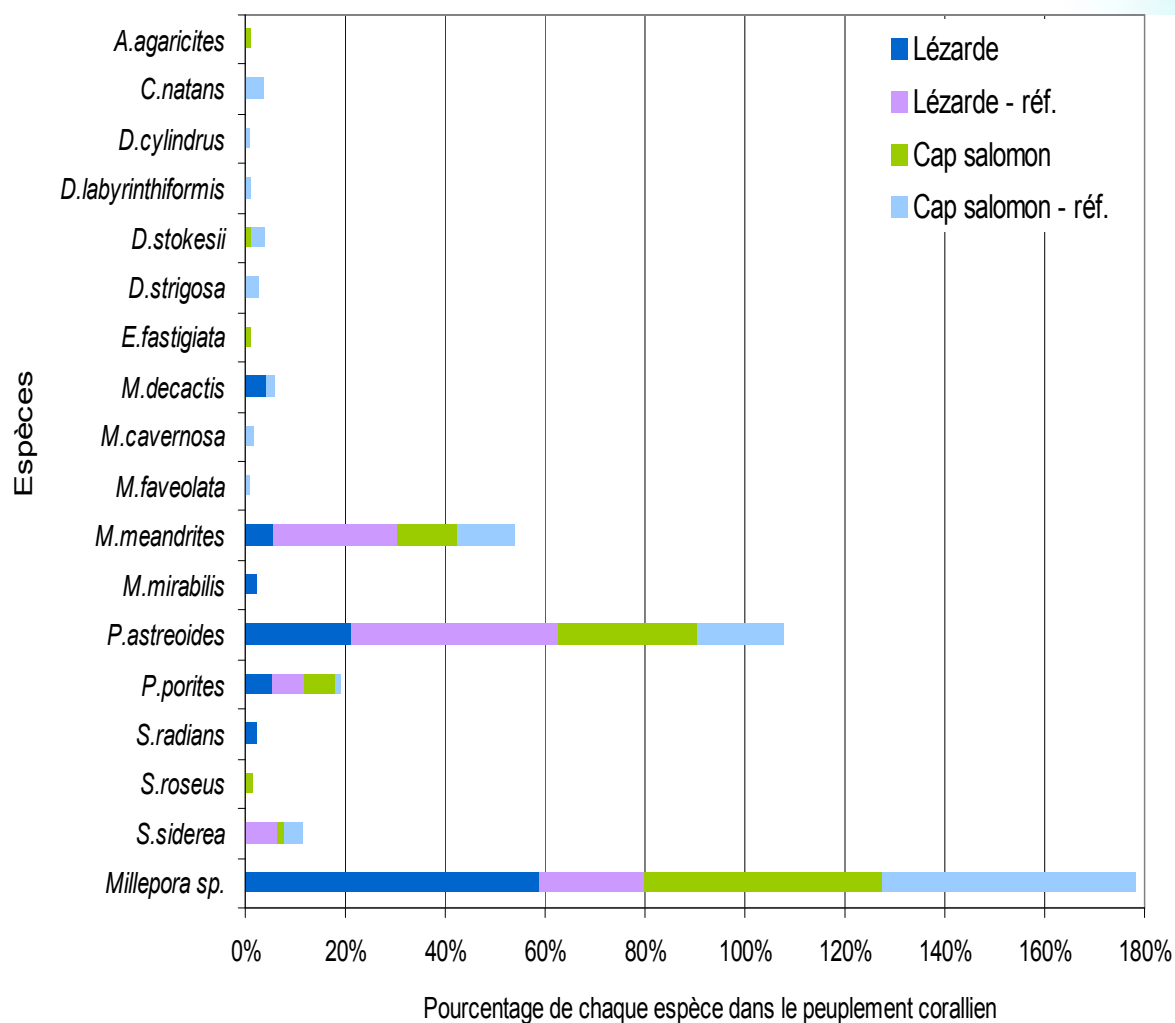


Figure 27. Comparaison de la composition des peuplements coralliens du secteur C, centre Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre total d'espèces de corail comptabilisées pour chaque site.

D. Secteur D

1. Le rocher du Diamant



Photo 21. Vue du Rocher du Diamant. (©OMMM/JP Maréchal)

a) Description

Localisation :

Rocher du Diamant : Commune du Diamant, limite entre côte sous le vent et le sud, Martinique.

Coordonnées : X = 0710922; Y = 1597640

Site d'échantillonnage : secteur est Nord-Est.

Profil bathymétrique :

Les fonds autour du rocher sont particulièrement accores. Au pied de la façade sous le vent, un plateau commence à 6-8m et descend en pente plutôt raide.

Zone d'échantillonnage

Profondeur : -12 à -15m.

Type géomorphologique

Transition entre colonies coralliennes non bioconstructrices et formations récifales.

b) Communautés benthiques

Le site est caractérisé par l'abondance en corail vivant (23%, valeur du « point intercept »). Le turf, les éponges, les macroalgues et les algues rouges calcaires ont un taux de

recouvrement de 15% (Figure 27). Les macroalgues sont composées majoritairement de phéophycées du genre *Dictyota* (55%) et *Sargassum* (8%), indicatrices d'une perturbation.

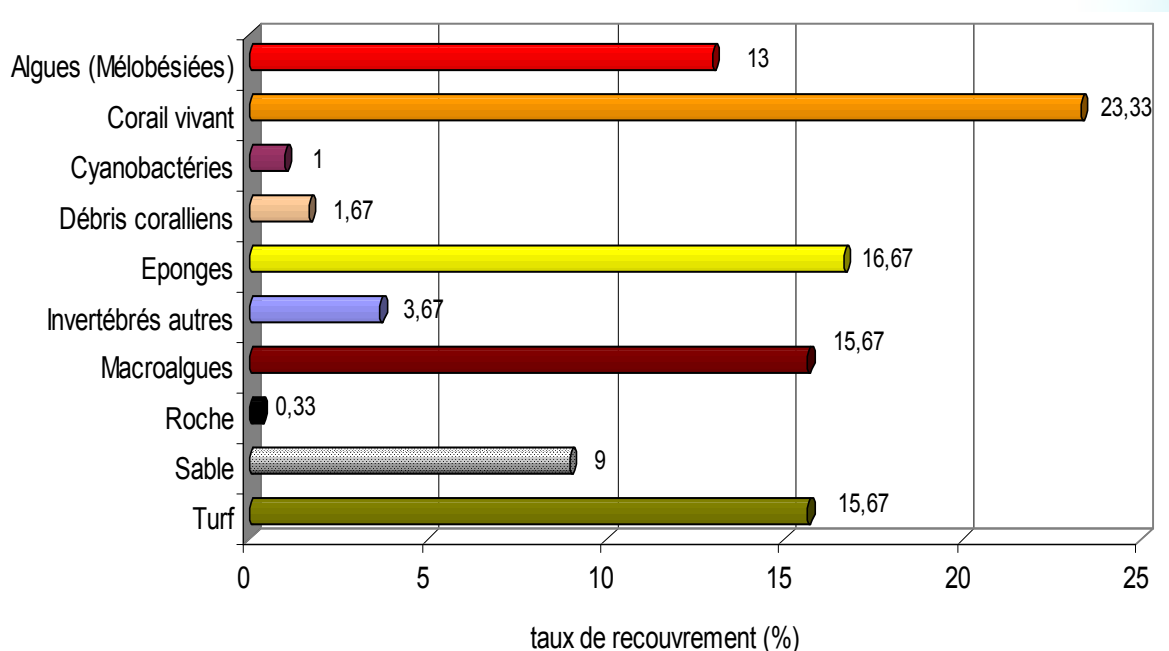


Figure 28. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Rocher du Diamant", secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

La richesse spécifique observée sur l'ensemble des transects est de 11 espèces (Figure 28). Le peuplement coralliens est composé majoritairement par le genre *Millepora* (24%) *Porites* (26%), *Madracis* (15%) ainsi que l'espèce *M. meandrites* (13%). Les autres espèces : *S. siderea*, *M. faveolata*, *M. cavernosa*, *E. fastigiata*, *P. porites*, *Agaricia sp.* et *M. mirabilis* ont un taux de recouvrement inférieur à 10%.

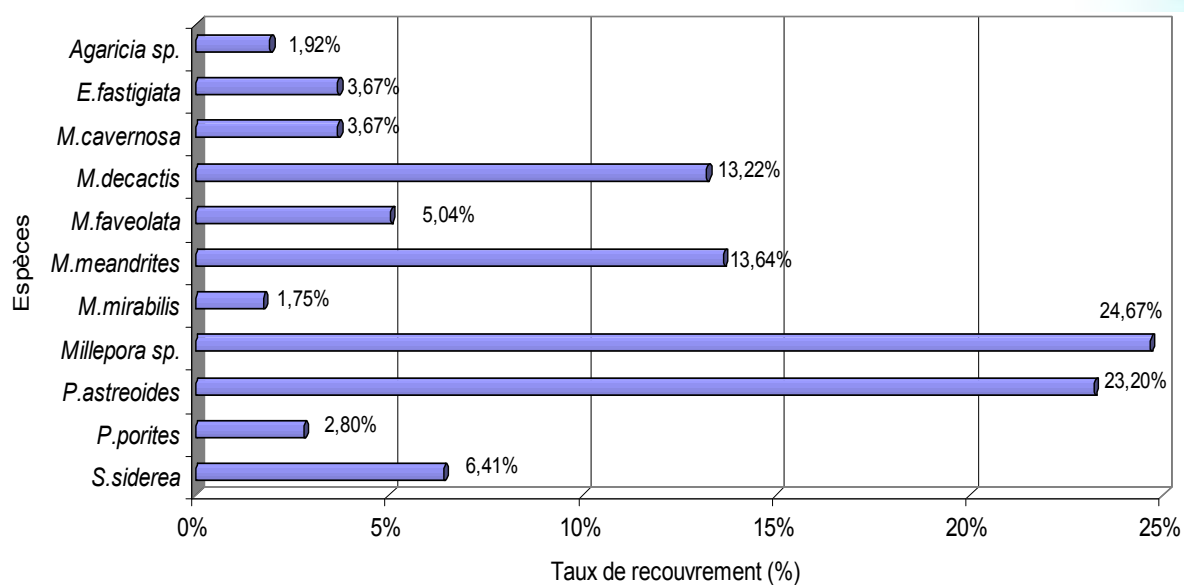


Figure 29. Diversité des espèces de coraux du site "Rocher du Diamant" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

Le taux de mortalité des colonies coralliennes est assez élevé, avec 66% de corail mort sur la totalité du corail présent. Le site est classé en état 2/3.

Remarque :

Les données des transects montrent une grande hétérogénéité dans l'abondance et la composition en macroalgues et en corail. Ces paramètres varient en fonction de la distance par rapport au rocher, de la profondeur et du secteur d'étude. Les algues brunes sont dominantes en profondeur et loin du rocher. Les sargasses couvrent les fonds dans le secteur Sud-Est de la zone échantillonnée. Le Rocher du Diamant a été caractérisé par Littler and Littler (2000) comme un "hot-spot" de la biodiversité en algues dans la région caraïbe. La façade du rocher sous le vent abrite des colonies d'oiseaux denses. Le substrat est couvert de guano qui est lessivé à chaque forte pluie. L'enrichissement naturel de l'eau en nutriments, au pied de la falaise, pourrait expliquer la grande biodiversité en algues observée. La façade au vent contraste totalement avec un peuplement corallien très dense et l'absence quasi-totale d'algues.

2. La Grande Caye



Photo 22. Vue de la Grande Caye en face du bourg de Sainte Luce. (© DIREN)

a) Description

Localisation :

Commune de Sainte Luce, Sud Martinique.

Coordonnées : X = 0710922; Y = 1597640

Site d'échantillonnage : secteur Est / Nord-Est.

Profil bathymétrique :

Plateau situé entre 8 et 10m de profondeur prolongé par une pente externe douce jusqu'à environ 30m de profondeur.

Zone d'échantillonnage

Profondeur : -4 à -6m.

Type géomorphologique

Récif bioconstruit.

b) Communautés benthiques

Le corail vivant (35%) et le turf (32%) sont les deux catégories dominantes du site (Figure 29). L'abondance en macroalgues (14%) est deux fois moins élevée que le turf. Les catégories alguescalcaires, cyanophycées, éponges et autres invertébrés sont très peu représentés (<5%).

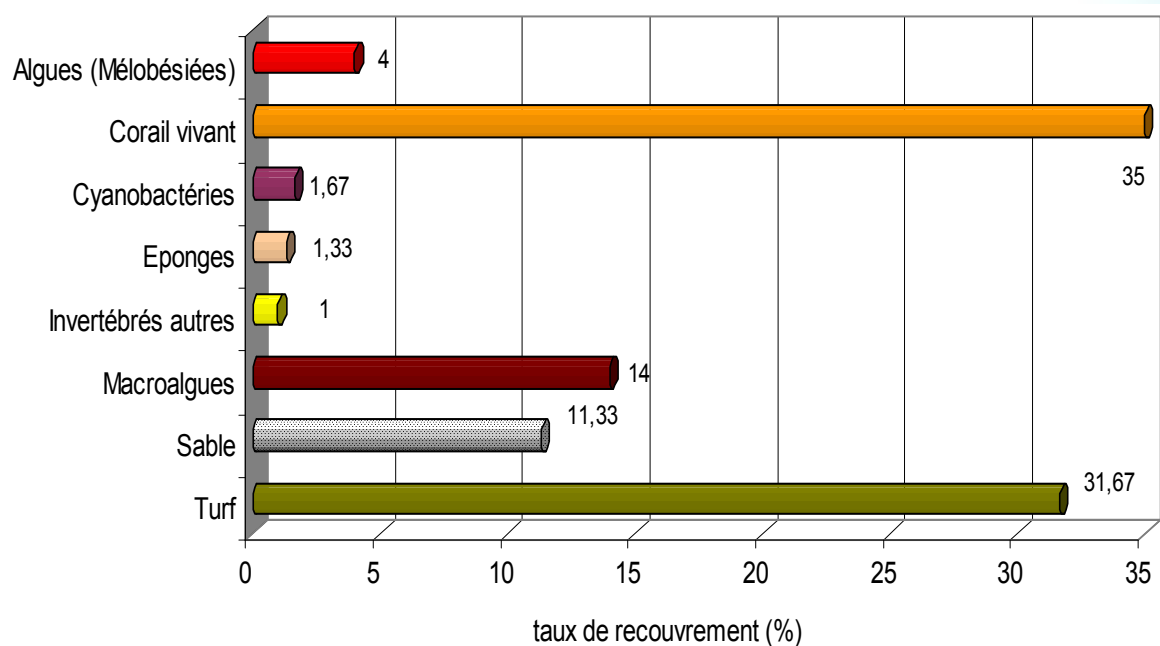


Figure 30. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Grande Caye", secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Douze espèces de corail (hexacoralliaires et octocoralliaires) ont été observées sur le site . Le peuplement est dominé par le genre *Montastraea*, représentant 87% des observations (deux espèces). Parmi les 10 autres espèces, seule *P. porites* a un recouvrement supérieur à 10% (Figure 30).

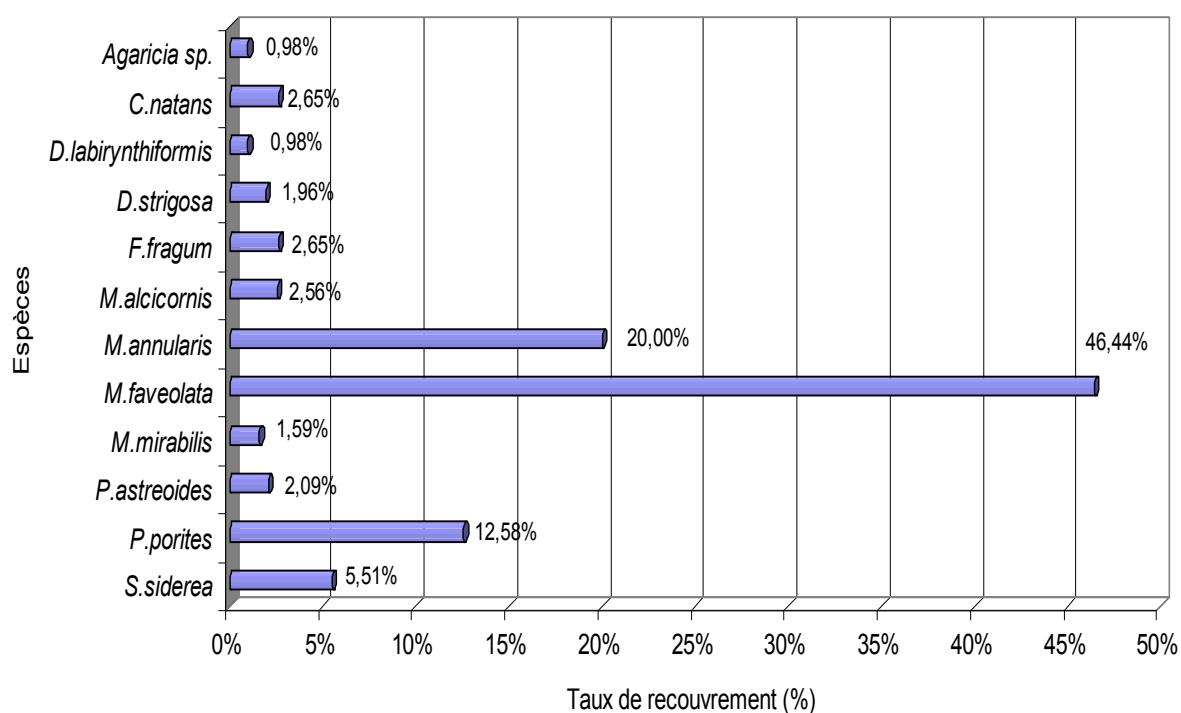


Figure 31. Diversité des espèces de coraux du site "Grande Caye" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

Le corail vivant (TR1 = 34,4%) domine le site. L'abondance en macroalgues (14%) et sa composition en *Dictyota* (17%) malgré le taux de corail mort élevé (57,8%) permet de classer le site "Grande Caye" en état 2.

3. Jardin Tropical



Photo 23. Vue du site Jardin Tropical en face du bourg de Sainte Luce. (© DIREN)

a) Description

Localisation :

Commune de Sainte Luce, Sud Martinique.

Coordonnées : X = 0723338 Y = 1599004

Site d'échantillonnage : plateau récifal et pente externe.

Profil bathymétrique :

Plateau situé entre 8 et 10m de profondeur prolongé par une pente externe douce.

Zone d'échantillonnage

Profondeur : -4 à -6m.

Type géomorphologique

Récif bioconstruit.

b) Communautés benthiques

Les deux catégories dominantes sont le corail vivant (37%) et le turf (27%). L'abondance en macroalgues est faible (11%), le peuplement étant constitué à 40% du genre *Dictyota*. Les catégories "autres invertébrés" et "algues rouges calcaires" représentent chacun plus de 5% du recouvrement benthique (Figure 31).

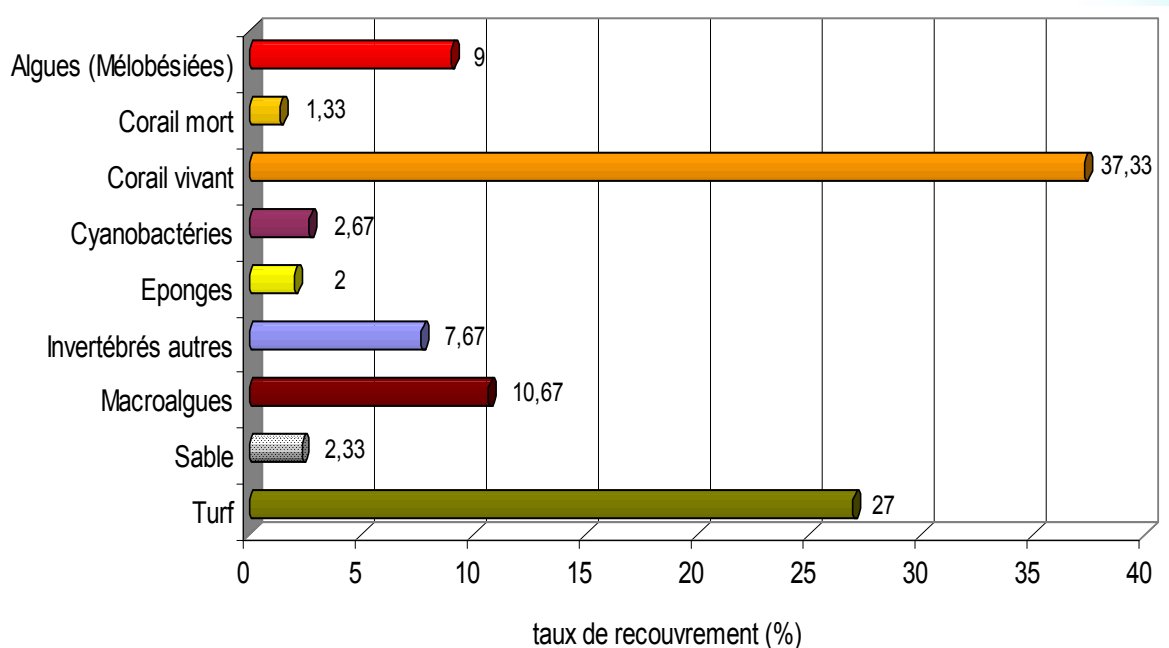


Figure 32. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Jardin Tropical", secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Dix espèces de coraux ont été identifiées sur les transects, parmi lesquelles *M. mirabilis* (30%), *M. annularis* (22%) et *M. faveolata* (16%). *P.astreoides*, *C. natans*, *D. strigosa*, *M.cavernosa*, *M. decactis* et *P.porites* ont une proportion inférieure ou égale à 10% (Figure 32).

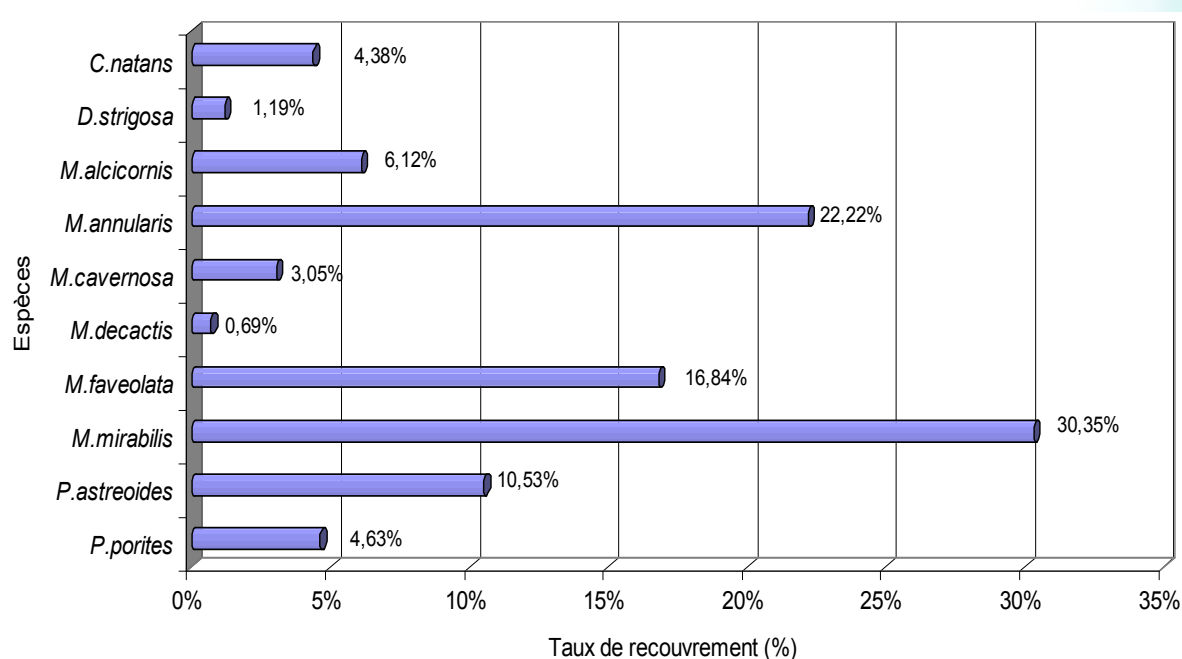


Figure 33. Diversité des espèces de coraux du site "Jardin Tropical" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

L'abondance en macroalgues est faible (11%). Le genre *Dictyota* représente 40% du recouvrement en macroalgues et 4% du recouvrement benthique. Le corail vivant domine les fonds (TR1 = 37%). Le site est classé en bon état (classe 2).

4. Tombant des Demoiselles



Photo 24. Vue de la Pointe Borgnesse à la sortie de la baie du Marin. (© DIREN)

a) Description

Localisation :

Commune de Sainte Luce, Sud Martinique.

Coordonnées : X = 0725811 ; Y = 1598111

Site d'échantillonnage : platier récifal

Profil bathymétrique :

Plateau situé entre 8 et 10m de profondeur prolongée par une pente externe douce jusqu'à environ 30m de profondeur.

Zone d'échantillonnage

Profondeur : -5 à -6m.

Type géomorphologique

Récif bioconstruit.

b) Communautés benthiques

Les macroalgues couvrent 47% des fonds (Figure 33), dont 63% de *Dictyotales*. Les catégories turf et corail vivant couvrent chacune plus de 10%.

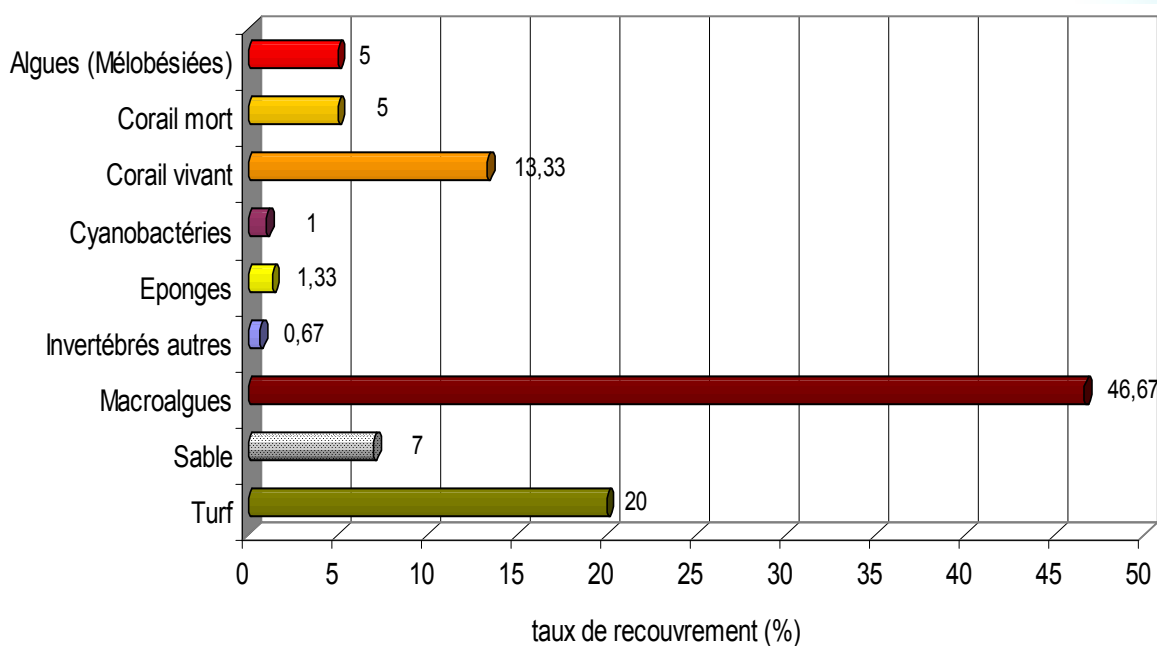


Figure 34. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Tombant des Demoiselles", secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

La richesse spécifique en corail compte 6 espèces, dont deux espèces majoritaires : *M.annularis* (44%) et *M.mirabilis* (40%). (Figure 34).

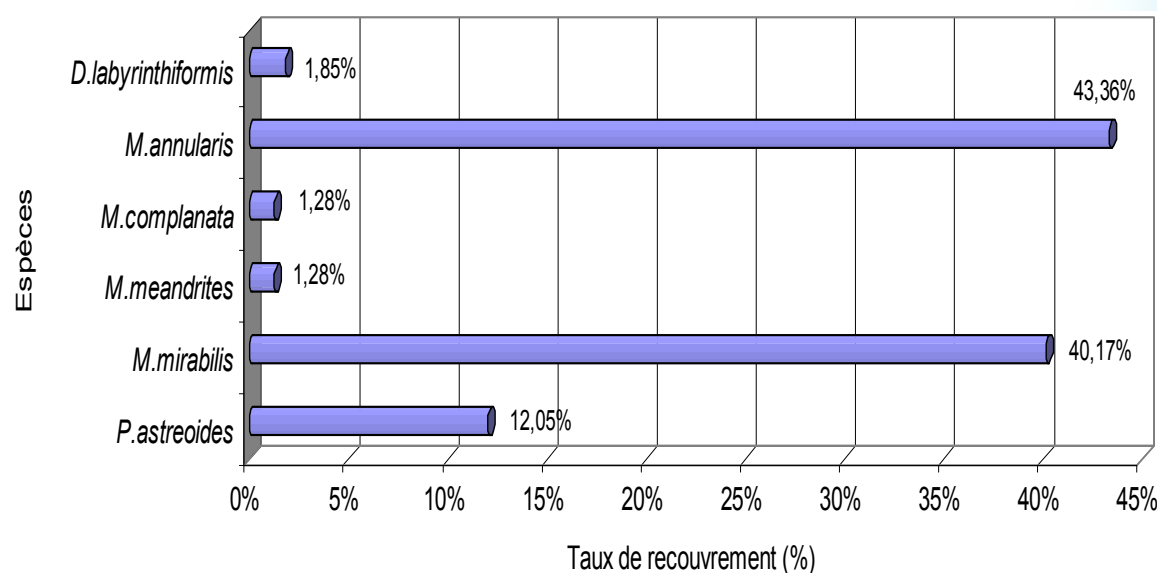


Figure 35. Diversité des espèces de coraux du site "Tombant des Demoiselles" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

c) Etat de santé

Le genre *Dictyota* représente 30% de la couverture benthique. Le taux de corail mort est de

5,8% de la couverture totale en corail (ligne intercept). Le recouvrement corallien est faible (TR1 = 10,71%). Le tombant des Demoiselles est un site dégradé à très dégradé (état 3/4).

5. Tombant des Barracudas

a) Communautés benthiques

Le site est caractérisé (Figure 35) par l'abondance en macroalgues (28%), le turf (24%) et le corail vivant (22%). Les algues rouges calcaires (14%) est la dernière catégorie ayant un recouvrement supérieur à 10%. Les éponges et les invertébrés sont très peu représentés (respectivement 0,67% et 1,67%).

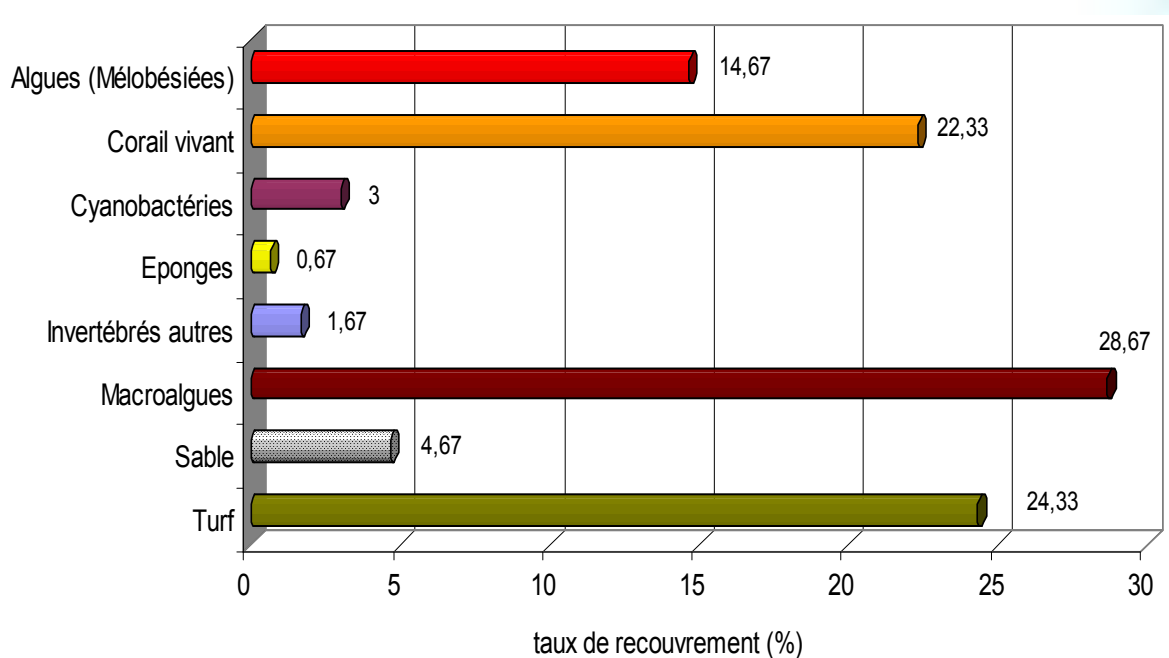


Figure 36. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique du site "Tombant des Barracudas", secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre de points par catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Huit espèces de corail ont été identifiées. Le peuplement est dominé par le genre *Montastraea* avec 3 espèces *M.annularis* (39%), *M.faveolata* (29%) et *M.cavernosa* (1%). Les espèces *M.mirabilis* et *P.astreoides* comptent chacune pour plus de 10% du peuplement corallien. *C. natans*, *P. porites* et *M. alcornis* sont très peu représentées (< 5%) (Figure 36).

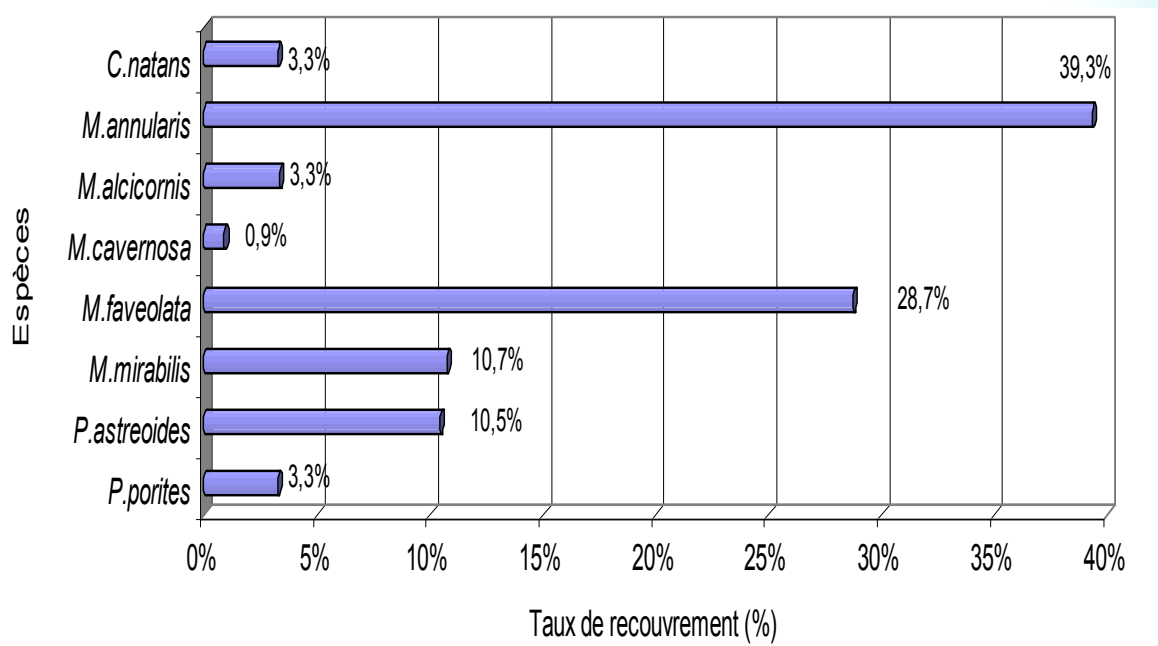


Figure 37. Diversité des espèces de coraux du site "Tombant des Barracudas" et pourcentage de chaque espèce par rapport au nombre total d'espèces de corail comptabilisées.

b) Etat de santé

Les valeurs du "ligne intercept" indique que 67% du corail sur le site est mort et colonisé par les macroalgues, le turf et les algues calcaires. Les algues brunes représentent 17% du peuplement algal. Le site est classé état de santé 2.

6. Bilan écologique du secteur D.

L'état de santé des sites du sud est variable. Toutefois les sites proches de la baie du Marin (Demoiselles et Barracudas) sont plus dégradés que les sites protégés par la pointe Borgnesse (GC et JT). Le Diamant est beaucoup plus riche en éponges avec 15% de recouvrement contre moins de 5% sur les autres sites. La catégorie « autres invertébrés » est significativement supérieure à JT en comparaison de GC, DEM et BAR (Mann-Withney ; $p > 0,05$).

Dans l'ensemble, la composition des communautés benthiques du site "Rocher du Diamant" est différente des quatre autres sites (Figure 37). La composition de la couverture benthique de GC et JT est proche, de même pour BAR et DEM. Le taux de recouvrement en cyanobactéries est proche sur l'ensemble des sites.

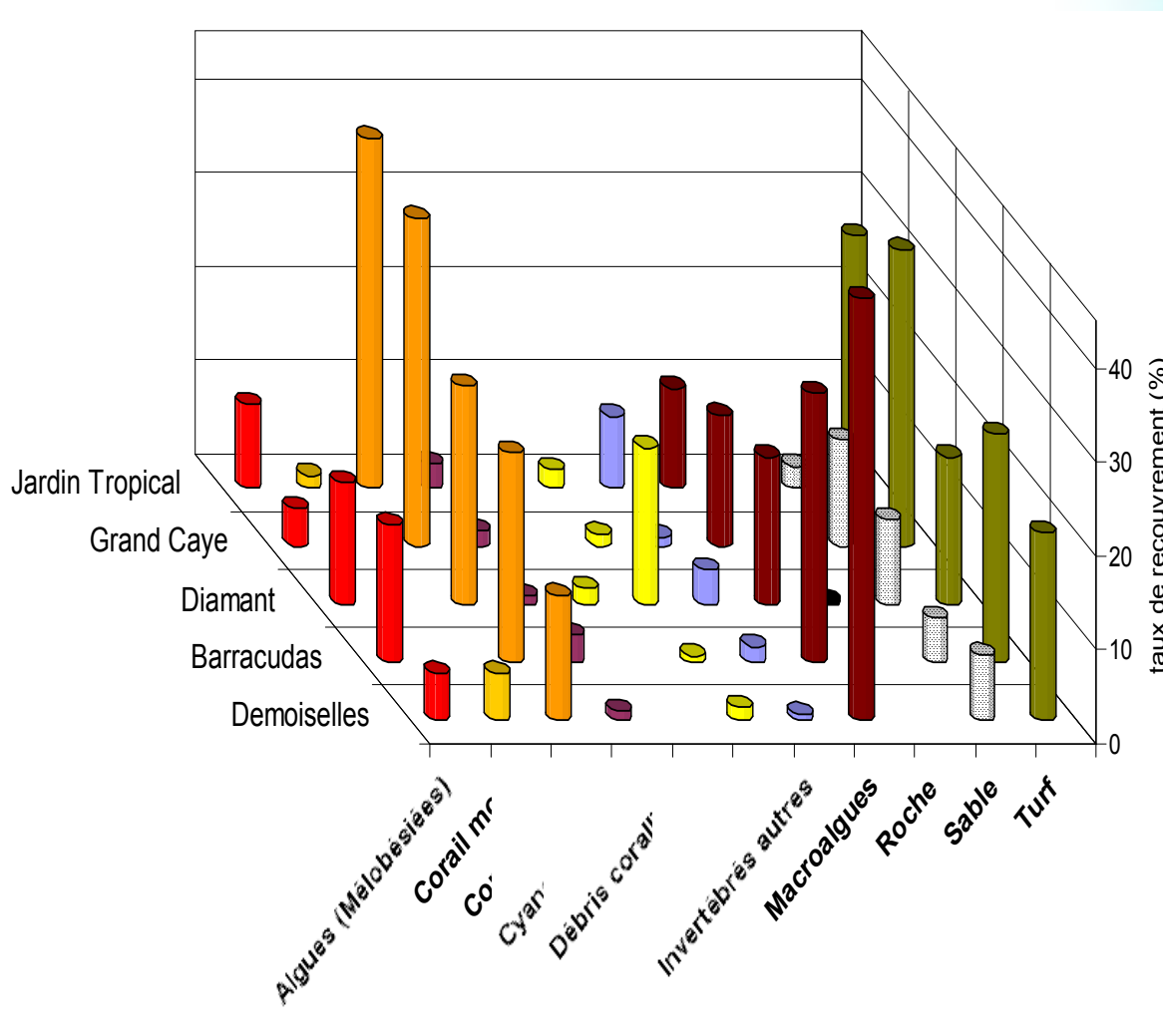


Figure 38. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique des sites du secteur D, centre Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % de points observés d'une catégorie par rapport au total (6 transects de 10m - 300 points).

Le peuplement corallien du site "Rocher du Diamant" est différent des autres sites (Figure 38). Les espèces dominantes sont *Millepora sp.* et *P.astreoides*. Les autres espèces sont sciaphiles appartenant au groupe 3 de la répartition bathymétrique (Mission Corantille 2, 1983-84) comme *M.meandrites*, *S.siderea*, *E.fastigiata* et *M.cavernosa*.

Les communautés benthiques dans les autres sites ont 5 espèces communes *P.porites*, *P.astreoides*, *M.mirabilis*, *M.annularis* et *Millepora sp.*, mais les abondances sont différentes. DEM est caractérisé par des colonies massives de *M.annularis* (44%) et par des espèces pionnières comme *M.mirabilis* (40%) et *P.astreoides* (12%). Les autres espèces présentes sont soit des colonies de petites tailles (*M.meandrites* et *Millepora sp.*), soit des grosses colonies dont une petite portion est encore vivante (*D.labyrinthiformis*) chacune inférieure à 10%.

Les espèces caractéristiques de JT sont les espèces massives *M.mirabilis* (30%), *M.annularis* (22%), *M.faveolata* (17%) et *P.astreoides* (11%), alors que GC est dominé par

M.faveolata (46%) et *M.annularis* (20%). Les espèces principales sur le site "Tombant des barracudas" sont *M.annularis* (39%) et *M.faveolata* (29%).

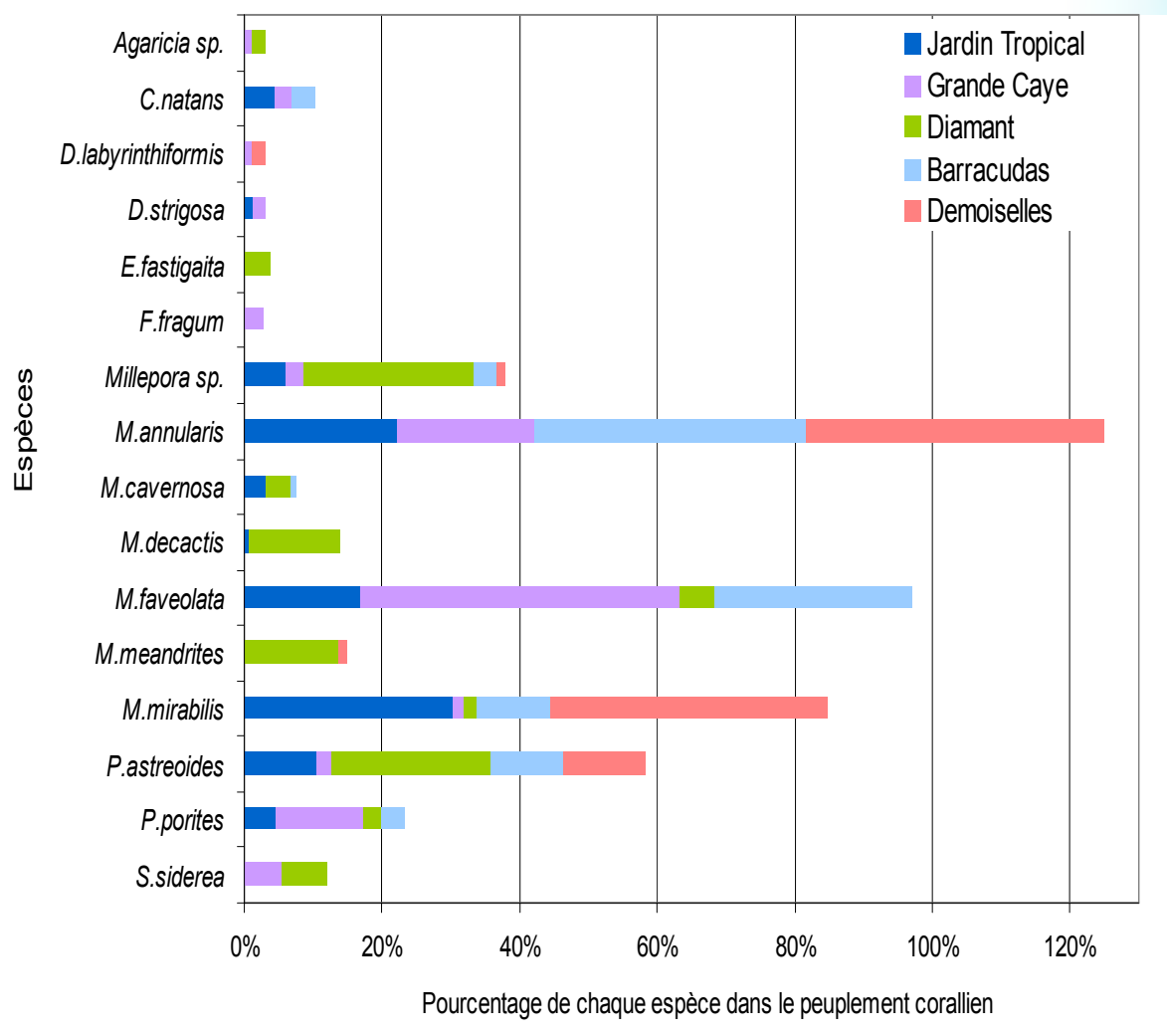


Figure 39. Comparaison de la composition des peuplements coralliens du secteur D, sud Caraïbe. Les valeurs sont exprimées en % du nombre total d'espèces de corail comptabilisées pour chaque site.

7. Conclusion sur l'état de santé de l'ensemble des sites échantillonnés.

Les sites de même état de santé ont un recouvrement benthique similaire. Les différences entre sites portent sur l'abondance de chaque catégorie benthique. Par exemple les sites "La Lézarde", "Tombant des demoiselles" et le "site de référence de la Lézarde" sont un groupe à part. Ce sont les sites les plus dégradés présentant une abondance en macroalgues significativement supérieure aux autres sites (Figure 39).

La diversité corallienne est plus importante sur des sites en bon état écologique. Le taux de recouvrement corallien est également plus élevé sur ces mêmes sites (Figure 40). Toutefois, la diversité biologique n'est pas un critère de bon état écologique d'un site.

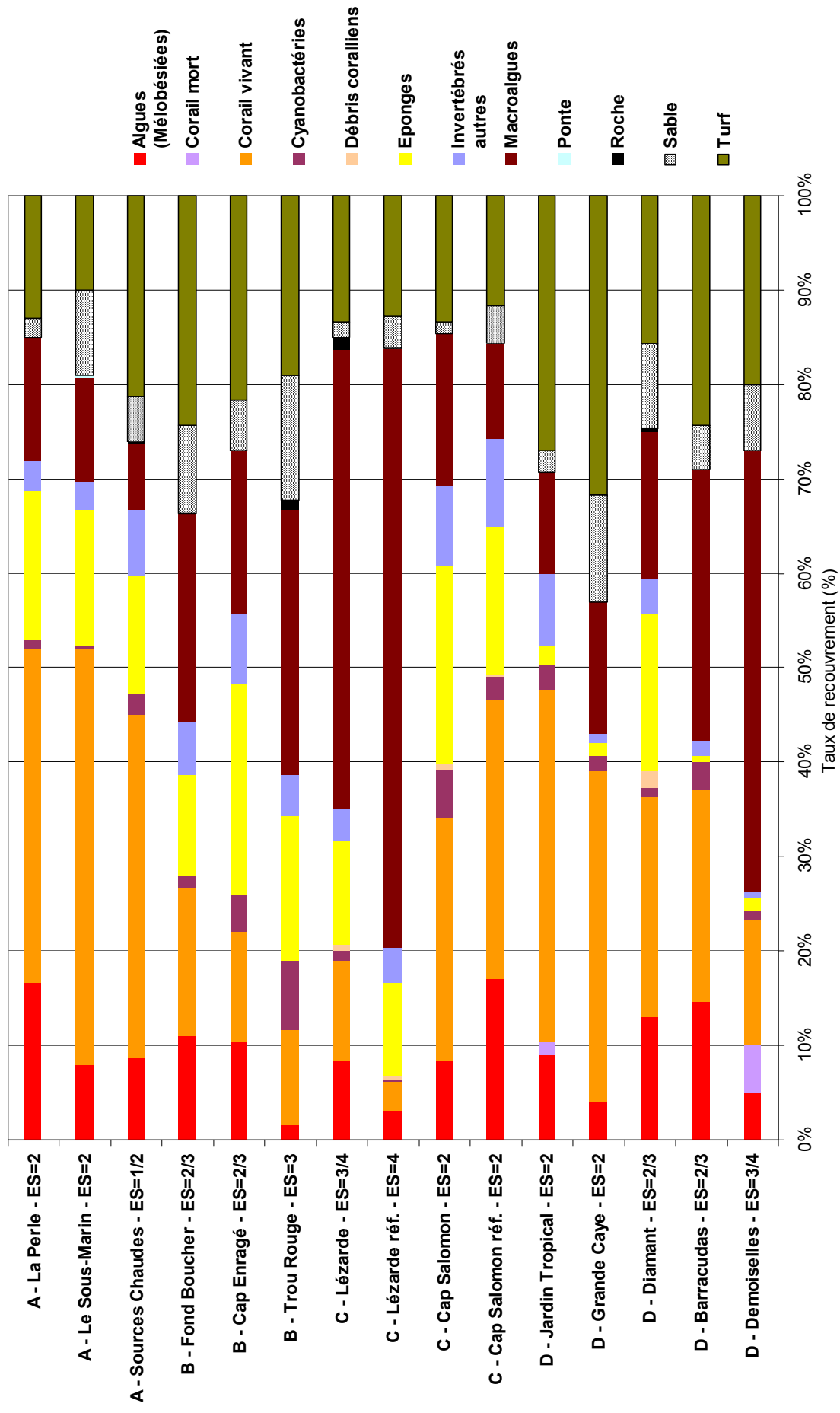


Figure 40. Taux de recouvrement de chaque catégorie benthique et état de santé (de ES= 1 / très bon état à ES=4 / très dégradé) pour l'ensemble des sites échantillonnés (secteurs A, B, C, D).

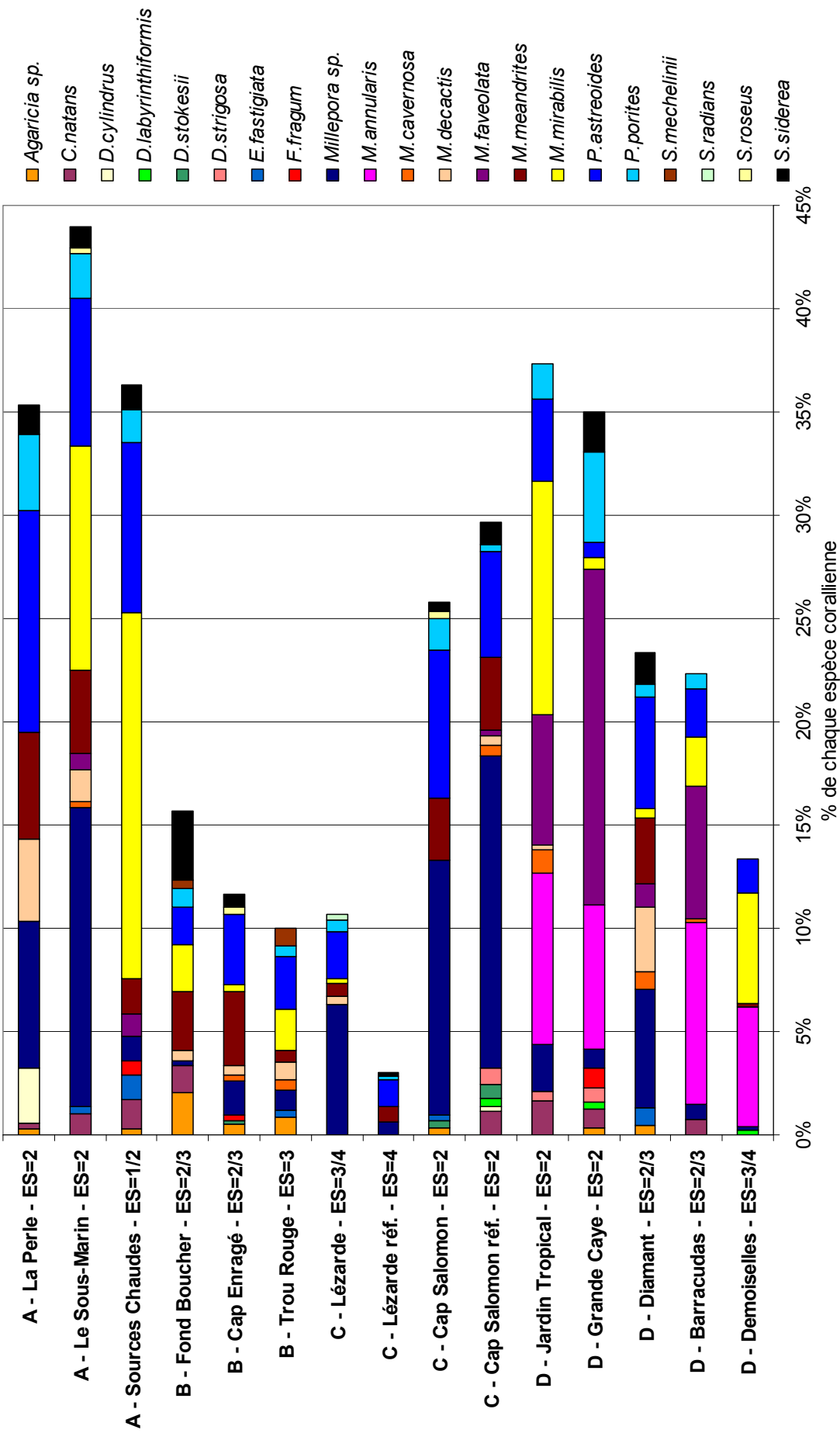


Figure 41. Diversité en corail et état de santé (de ES= 1 / très bon état à ES=4 / très dégradé) des sites échantillonnés (secteurs A, B, C, D). Le taux de recouvrement de chaque espèce est exprimé en pourcentage du recouvrement total en corail.

Sur l'ensemble des sites de plongée échantillonnés, peu sont très dégradés (3 sites sur 15 en Etat 3-4 et 4). Les sites Nord caraïbe sont globalement en meilleur état de santé sans doute en raison de l'urbanisation moins importante, la topographie des fonds et le relief et les courants. L'effort de pêche est aussi moins important. Ces sites sont toutefois exposés à des sources de perturbation importantes (cf § 1.A.2.) qui les fragilisent et sont responsables d'un état écologique dégradé avancé sur certains secteurs (Fond Boucher, Cap Enragé, Trou Rouge ...).

IV. Analyse des effets de la surfréquentation des sites par les plongeurs en scaphandre.

Les données des comptages éponges et gorgones n'ont pas permis un traitement statistique satisfaisant en raison de la faible pertinence des résultats. Ces données n'ont pas été utilisées.

Les indicateurs choisis pour mettre en évidence l'effet de la surfréquentation sont le pourcentage en macroalgues, en corail mort, en corail vivant et en débris corallien. La comparaison est faite entre chaque site de plongée et un site de référence présentant les mêmes caractéristiques, mais où la plongée est très limitée, voire inexistante.

A. Cap Salomon

Seul le taux de recouvrement en corail vivant sur le site de référence est significativement supérieur à celui du Cap Salomon (Mann-Withney, $p < 0,05$ – Figure 41). Aucune autre différence significative n'a été mise en évidence pour le reste des descripteurs.

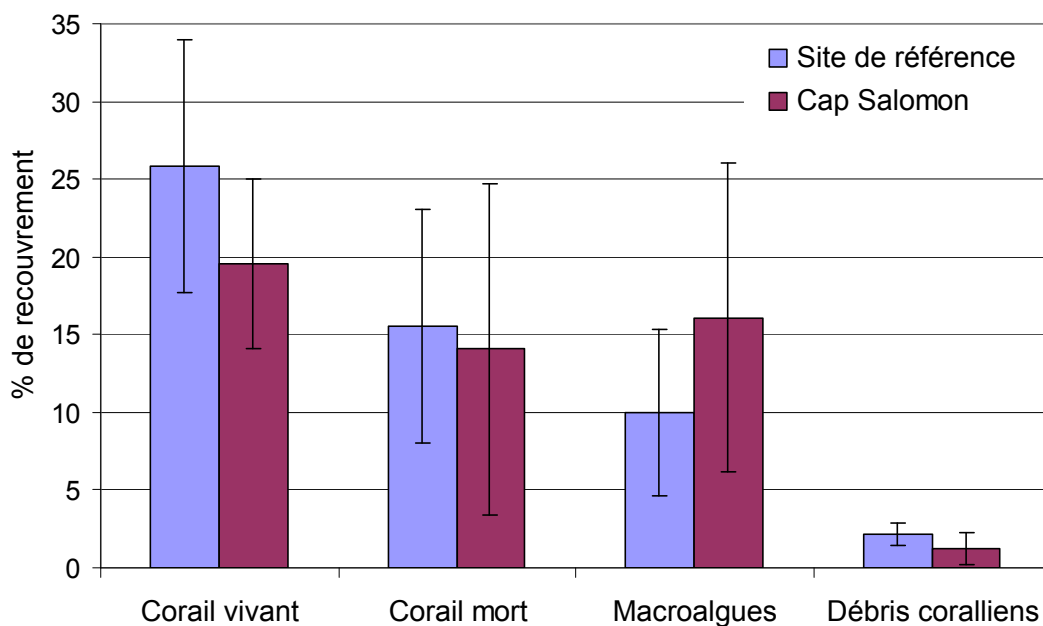


Figure 42. % de recouvrement pour chaque indicateur de l'effet de la surfréquentation des plongeurs en scaphandre sur le site "Cap Salomon".

B. La Lézarde

Le pourcentage de recouvrement en corail est faible (<15%), mais Les taux calculés sur les deux secteurs échantillonnés sont significativement différents (Mann-Withney, $\alpha=0,05$, $p<0,05$ – Figure 42). Pour les deux catégories MA et DC, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les deux sites (Mann-Withney, $\alpha=0,05$, $p>0,05$).

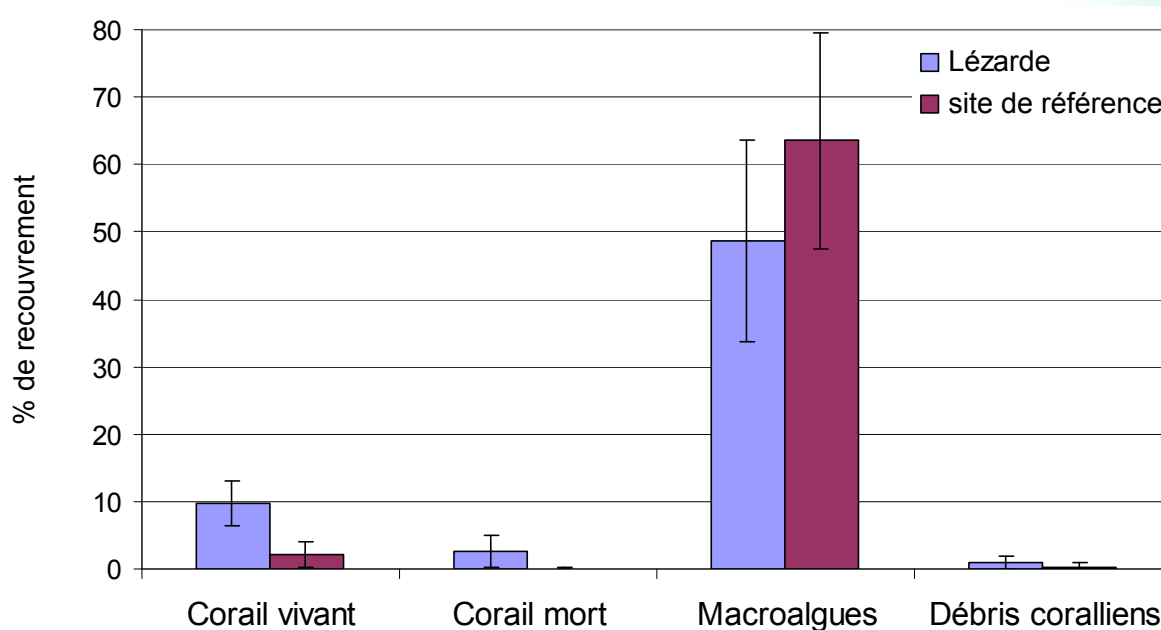


Figure 43. % de recouvrement pour chaque indicateur de l'effet de la surfréquentation des plongeurs en scaphandre sur le site "La Lézarde".

C. Grande Caye

Les analyses statistiques ne mettent en évidence aucune différence significative pour chacun des indicateurs (Mann-Whitney, $p > 0,05$ – Figure 43).

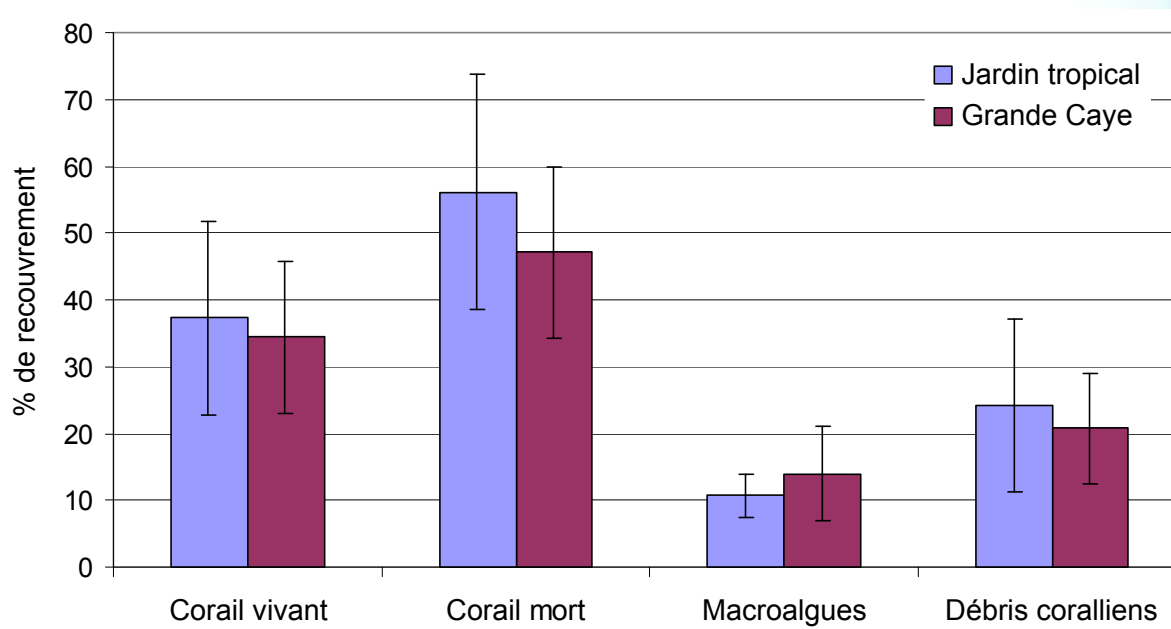


Figure 44. % de recouvrement pour chaque indicateur de l'effet de la surfréquentation des plongeurs en scaphandre sur le site "Grande Caye".

D. Tombant des Demoiselles

Sur le site de référence (Tombant des Barracudas), le taux de recouvrement est significativement plus élevé et l'abondance en macroalgues moins importante (Mann-Whitney, $p < 0,05$ – Figure 44). Les deux autres descripteurs ne présentent aucune différence significative.

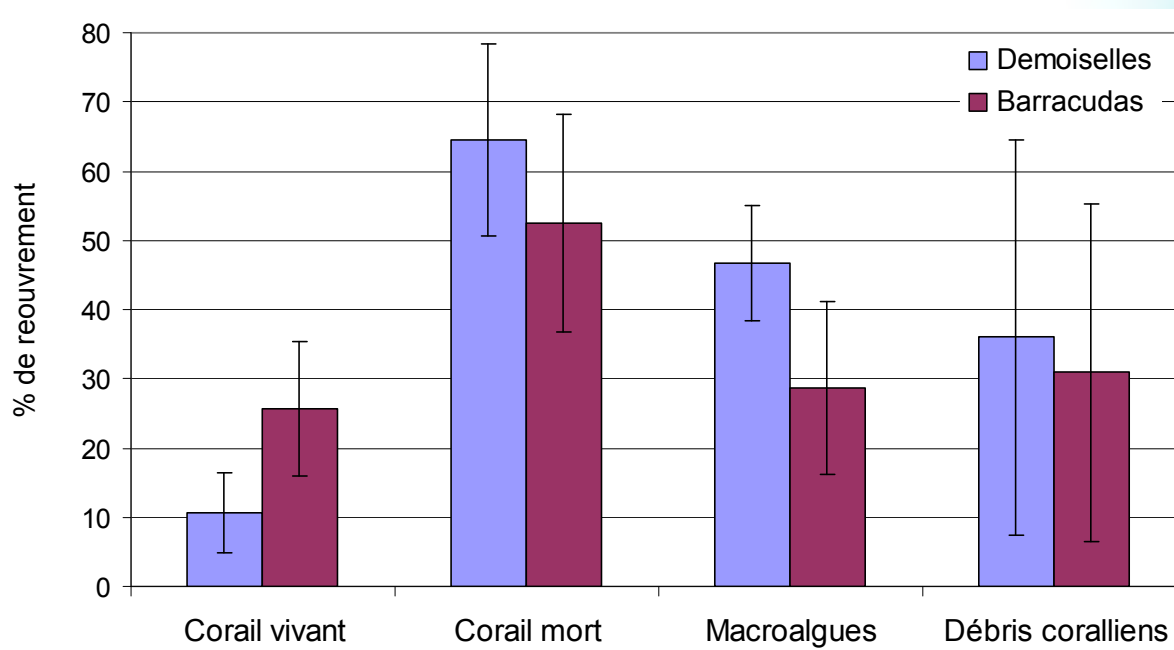


Figure 45. % de recouvrement pour chaque indicateur de l'effet de la surfréquentation des plongeurs en scaphandre sur le site "Tombant des Demoiselles".

E. Conclusion sur l'effet de la sur-fréquentation

L'effet de la sur-fréquentation n'a pas été mis en évidence dans le cadre de cette étude. Un test statistique complémentaire n'a révélé aucune corrélation positive ($\alpha = 0,05$) entre la fréquentation annuelle des sites, leur état de santé et le pourcentage en macroalgues, confirmant ainsi les premiers résultats. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ces observations.

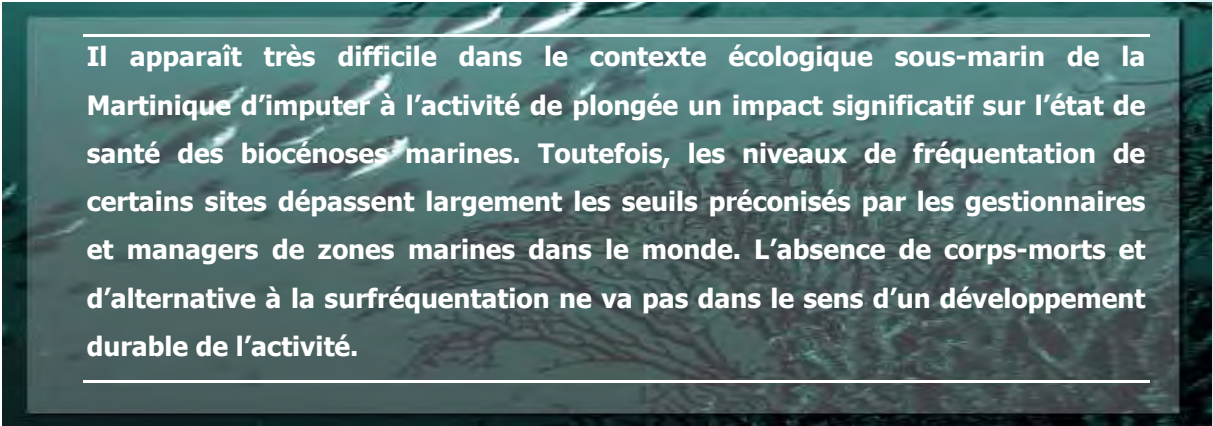
Les sites les plus fréquentés à l'heure actuelle ne sont pas les sites en meilleur état écologique. Partant du principe que ces sites sont soumis à de nombreuses pressions, notamment des pollutions de toutes origines, l'état de dégradation masque les effets potentiel de la plongée sous-marine. Il ne faut cependant pas négliger ce facteur, la littérature étant claire sur les seuils de fréquentation au delà desquels l'impact de la plongée est significatif (5 à 6.000 plongées/site/an).

Les peuplements coralliens dominants dans les récifs sud sont composés d'espèces massives du genre *Montastraea*, et de *M. mirabilis*, espèce branchue formant des massifs denses. Dans les secteurs de communautés coralliennes développées sur substrat rocheux, les colonies sont dispersées. Les plongeurs semblent avoir moins d'impact sur des structures hétérogènes que sur des récifs bio-construits.

La fréquentation actuelle des sites est très inférieure à celle d'autres destinations plongées réputées. La Martinique compte environ 160.000 plongeurs par an pour l'ensemble des sites (données OMMM 2004), alors qu'elle a été estimée à 350.000 plongeurs dans les îles

Caimans en 2001, 600.000 plongées par an en Egypte dans la région de Hurghada (Serour 2004) et 40.000 plongées annuelles sur 6 sites au Parc National de Port-Cros.

Beaucoup de sites dépassent le seuil critique de 6.000 plongées/site/an en Martinique, 16 sur 106 répertoriés, soit 15% des sites de plongées. Soixante sites sont équipés d'au moins un corps-mort. Parmi les sites non équipés, la fréquentation dépasse les 100 plongées par an pour 18 d'entre eux. Il apparaît également que plus la fréquentation augmente et moins le nombre de corps-morts est important sur les sites considérés.



Il apparaît très difficile dans le contexte écologique sous-marin de la Martinique d'imputer à l'activité de plongée un impact significatif sur l'état de santé des biocénoses marines. Toutefois, les niveaux de fréquentation de certains sites dépassent largement les seuils préconisés par les gestionnaires et managers de zones marines dans le monde. L'absence de corps-morts et d'alternative à la surfréquentation ne va pas dans le sens d'un développement durable de l'activité.

V. Organisation de l'activité de plongée en Martinique

UN RESEAU DENSE DE STRUCTURES SPECIALISEES

Trente cinq clubs de plongée sont présents en Martinique (Annexes 7 et 8), situés dans les secteurs A (7), B (5), C (8) et D (13), dont un club itinérant et un situé sur la côte atlantique. Plus de 60% d'entre eux sont localisés dans le sud sur les communes du Diamant, Marin, Sainte-Anne, Anses d'Arlet, et Trois-Ilets. Parmi l'ensemble des structures existantes, 22 ont participé à l'enquête dont 18 professionnelles et 4 associatives (Annexe 7). Les autres clubs n'ont pas participé à l'enquête pour diverses raisons (manque de temps, refus de participation, manque de coordonnées, absence pendant l'enquête). La majorité des clubs sont des structures de moins de 2 personnes (seuls 6 clubs ont plus d'un moniteur salarié - hormis le gérant du club). Cependant, le nombre de moniteurs non salariés, notamment dans les structures associatives, dépasse largement ce nombre.

Les clubs installés dans des hôtels de grande capacité reçoivent principalement les clients de l'hôtel et quelques résidents. Sur le secteur de la Pointe du bout, la clientèle est majoritairement touristique. Ces clubs ont également une fréquentation importante de résidents. Les clubs associatifs fonctionnent principalement avec la population locale.

Les centres de plongée sont répartis sur toute la côte Caraïbe avec cependant une concentration dans le secteur Pointe du bout / Anses d'Arlet, Diamant et Sainte Luce / Marin (Carte 8).

Les clubs sont ouverts quasiment tous les jours, à l'exception des structures associatives, mais tous ne sont pas en mesure d'accueillir du public pendant les heures de plongées. Très peu bénéficient d'une permanence permettant de renseigner un plongeur potentiel en journée. Les informations sur les horaires et les coûts sont affichés à l'entrée du club dans leur majorité ou données directement au plongeur entre les plongées. La plupart des clubs ont un site Internet qui permet également aux visiteurs de planifier leurs plongées avant de venir en Martinique.

Les rendez-vous aux clubs varient selon les structures, de 7h30 à 9h30. L'horaire de départ est sujet à l'éloignement du club des sites principaux que celui-ci fréquente. Pour l'après midi, les horaires varient de 13h30 à 14h30. La plupart des structures proposent également des plongées de nuit. Les horaires varient alors de 18h à 20h.

L'afflux maximum pour l'activité de plongée a lieu à Noël, à la période de Carnaval et de mars à mai. La période de plus faible fréquentation s'étale de septembre à novembre.

Les sites les plus fréquentés sont la "Grande Caye" à Sainte Luce, les épaves de St Pierre, les sites de Case Pilote, et ceux des Anses d'Arlet. L'ensemble de ces sites représente 50% de la fréquentation. Les clubs offrent en moyenne des plongées sur 18 sites différents (min = 6 ; max = 35). Les sites les plus fréquentés pour un club donné sont ceux géographiquement proches. Les sites plus éloignés font l'objet de sorties spécifiques, parfois à la journée, entraînant un léger surcoût du prix de la plongée.

Les baptêmes de plongée, qui représentent une part importante de la plongée en Martinique, utilisent en moyenne 15% des sites fréquentés par les clubs. La carte de répartition des sites de plongée en Martinique est donnée ci-après (Carte 9).

Les clubs de Martinique proposent des activités de plongée en accord avec la plupart des associations et fédérations de plongée (Tableau 15) :

Tableau 15. Associations et fédérations de plongée sous-marine les plus importantes présentes en Martinique



L'offre de formation va du baptême au moniteurat. La plupart des centres offrent des formations allant généralement jusqu'au niveau 3 de plongée (plongeur autonome). Ces formations peuvent durer de quelques jours à plusieurs semaines et ne s'adressent pas aux mêmes personnes, mais concerne à la fois le visiteur et le résident, ce dernier étant plus à même de profiter des formations longues.

Certains clubs ont développé des offres particulières en association avec des tours opérateurs et d'autres proposent des forfaits « croisière – plongées ».

L'OFFRE TARIFAIRE

L'offre tarifaire est homogène (Tableau 16). Le choix des activités est varié. Certains clubs proposent des stages multi-activités (photographie, biologie, apnée), d'autres des sorties PMT⁴/snorkelling ou des formations à la plongée aux mélanges (NITROX, TRIMIX). L'offre se décline essentiellement en plongée unitaire et forfaits de plongées avec tarif dégressif selon le nombre total de plongées effectuées ou le nombre de plongeurs par groupe.

⁴ PMT : Palmes Masque Tuba.

Tableau 16. Diversité des offres tarifaires des clubs de plongée sous-marine en Martinique.

	Tarif groupe	forfait plongée	Package	Sortie à la journée
non	6	1	13	8
oui	16	21	7	12
En cours	0	0	1	0
Pas de réponse	0	0	1	1
Occasionnel	0	0	0	1

Un regroupement de clubs de plongée, "Plongez en Martinique" a été créé par les professionnels de la plongée et du tourisme, dans le but de promouvoir le secteur, en mettant en place des partenariats entre les clubs (Pass Madinina), les hôtels et les agences de locations de voiture (tarifs réduits). Ces centres⁵ (Annexes 7 et 8) proposent le "Pass Madinina" décliné en deux formules de carnet de tickets à tarif réduit.



Association - Sites de plongées - Pass Madinina - Clubs adhérents - Partenaires

Les Clubs adhérents



Acqua Sud
Le Diamant - 0596 76 51 01
contact@acquasud.com



Bleu Outre Mer Plongée Martinique
Ponton du Bakoua Pointe du bout les
Trois îlets - 0696 97 03 62
contact@bleu-outremer-plongee.com



Antilles Sub Diamond Rock
Le Diamant - 0596 76 10 65
kb972@orange.fr



Espace Plongée Martinique
Trois îlets - 0596 66 01 79
E.P.M@wanadoo.fr



Aliotis Plongée
Anse Mitan - 06 96 90 40 25
chauseysoph@hotmail.com



Sainte Luce Plongée
Sainte Luce - 0596 62 40 06
mail@sainteluceplongee.fr



Plongée Caritan
Sainte Anne - 0596 76 81 31
plongee.caritan@wanadoo.fr



Plongée Passion
Anse d'Arlet - 0596 68 71 78
plongee-passion@wanadoo.fr



Alizé Plongée
Le Précheur - 0696 45 16 98



Surcouf Dive
Saint Pierre - 0696 24 39 45
surcouf-dive@wanadoo.fr

⁵ Centres de plongée proposant le Pass Madinina au 01/04/08 : Acqua Sud, Aliotis Plongée, Alizé Plongée FWI, Espace Plongée Martinique, Plongée Caritan, Plongée Passion, Sainte-Luce Plongée et Sub Diamond Rock (Source : www.plongezenmartinique.com).



Association - Sites de plongées - Pass Madinina - Clubs adhérents - Partenaires



Le Pass Madinina

Plongez en Martinique vous propose le Pass Madinina. Avec lui, vous avez la liberté de plonger n'importe où en Martinique.

Quelque soit le centre de plongée adhérent que vous choisissiez, Le Pass Madinina vous offre :

- Les avantages d'un tarif réduit pour des plongées à l'unité ou groupées,
- L'opportunité de réaliser des plongées uniques (plongées de nuits, sur épaves et sur toutes les plongées du Diamant à la Perle) et ce sans aucun supplément.
- La garantie d'être reçu par des centres de plongées professionnels reconnus pour leur qualité. Tous vous proposent un encadrement par des moniteurs diplômés pour une meilleure découverte de nos fonds.
- Des réductions chez nos partenaires* sélectionnés pour la qualité de leurs prestations.

Tarifs des Pass Madinina :

- 234 € pour 6 plongées
- 350 € pour 10 plongées

[abonnement Newsletter](#) | [Contactez-nous](#)
contact us

La formule Pass est considérée comme un avantage pour la destination Martinique. Elle est appréciée par la clientèle pour sa simplicité d'usage, son rapport qualité prix et son offre de choix de sites de plongée. Il permet, à ce titre, de plonger presque partout, y compris sur la côte atlantique dans un secteur entourant la presqu'île de la Caravelle. Toutefois, son fonctionnement n'est pas toujours très équitable, les clubs adhérents ayant tendance à offrir le pass sous réserve que le plongeur prenne toutes ses plongées dans ce même club, ce qui ne profite pas évidemment toujours au réseau mis en place. Certains clubs n'ont pas adhéré à la formule Pass pour cette raison principale.

POLITIQUE DE SENSIBILISATION A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT MARIN

Pour 95,5% des clubs, les gérants annoncent avoir une politique de sensibilisation à l'environnement, qui se décline sous de façon homogène en affichage de posters dans l'enceinte du club, de recommandations orales avant la plongée, de mise à disposition de brochures et plaquettes ou encore de briefing spécifique. A l'unanimité, les clubs affichent une réelle politique d'intervention auprès des plongeurs irrespectueux, avec 77% des structures dans lesquelles les moniteurs ont une formation ou une connaissance en matière d'environnement.

Pour la plupart des clubs, la formation des moniteurs semble importante et nécessaire. Toutefois, deux clubs pensent que cette formation n'est pas indispensable. La quasi totalité des clubs interrogés disent connaître l'environnement marin martiniquais.

ETAT ECOLOGIQUE ACTUEL DES SITES DE PLONGEE ET EVOLUTION POSSIBLE DE L'ACTIVITE SELON LES PROFESSIONNELS

La fréquentation régulière des sites de plongée par les clubs est un indice pertinent pour évaluer leur évolution écologique. Ainsi, pour 80% des clubs, l'état des fonds marins a changé autour de la Martinique et pour 72% d'entre eux, l'évolution semble être une dégradation plutôt qu'une amélioration. Certains clubs notent une amélioration sur certains sites. Toutefois, ces données sont purement objectives et ne reposent pas sur des évaluations scientifiques. Lorsque interrogés sur la notion d'évolution dans le temps de ces changements (très rapide à très lent), les réponses sont très variables. 70% des clubs pensent que les plongeurs peuvent avoir un impact sur l'état de santé des communautés récifales des sites de plongée.

L'exploitation des sites par les clubs est importante sur certains secteurs (Grande Caye, Cap Salomon – Carte 9). Ces sites peuvent également être utilisés par d'autres usagers, et les pêcheurs en particulier. Sur les facteurs qui pourraient avoir un impact négatif sur l'activité de plongée, la dégradation et la surfréquentation dépassent 50% des réponses (cumul de facteur "très important" et "facteur important"). Le conflit pêcheurs/plongeurs compte pour 43% des réponses (Figure 45). Dans le même esprit, les facteurs pouvant limiter la fréquentation d'un site sont prioritairement son éloignement (un club donné établit un calendrier hebdomadaire des sorties sur les sites à proximité et propose généralement des sorties exceptionnelles certains jours) et son état écologique (Figure 46).

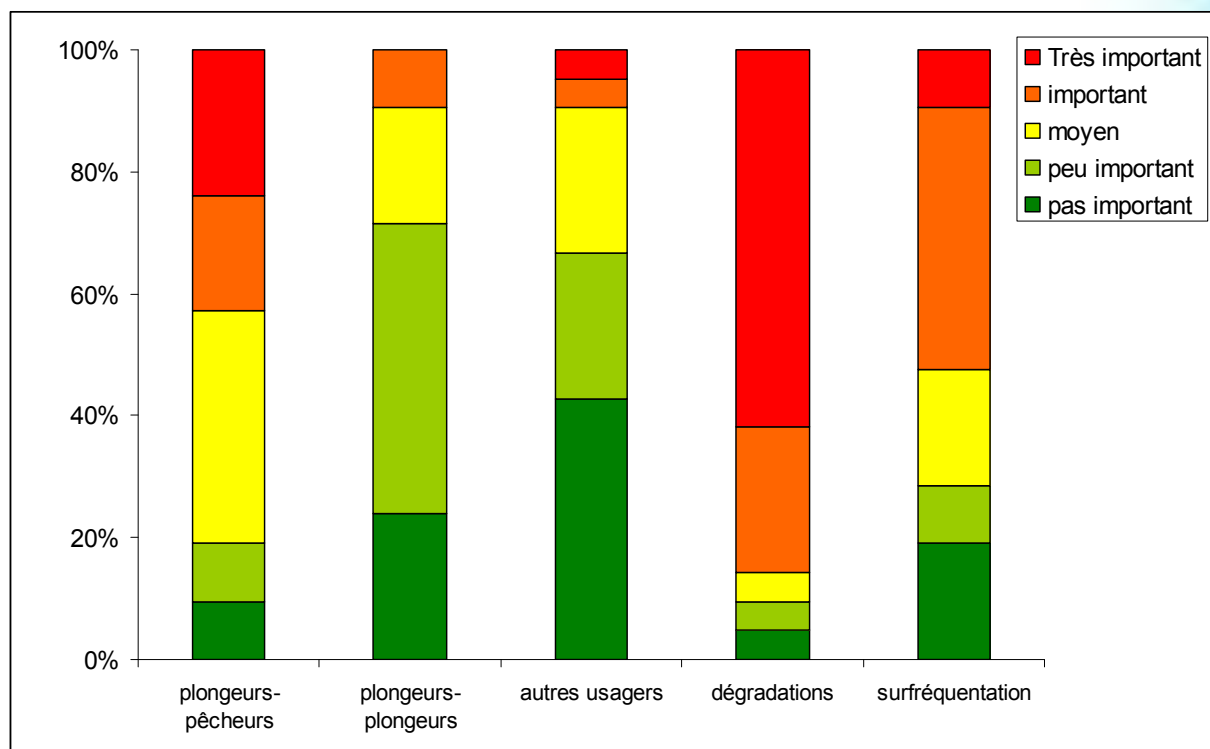


Figure 46. Classement des facteurs pouvant avoir un impact négatif sur l'activité de plongée en Martinique, selon les responsables des clubs de plongée (conflits avec les autres plongeurs, pêcheurs et plaisanciers, etc.).

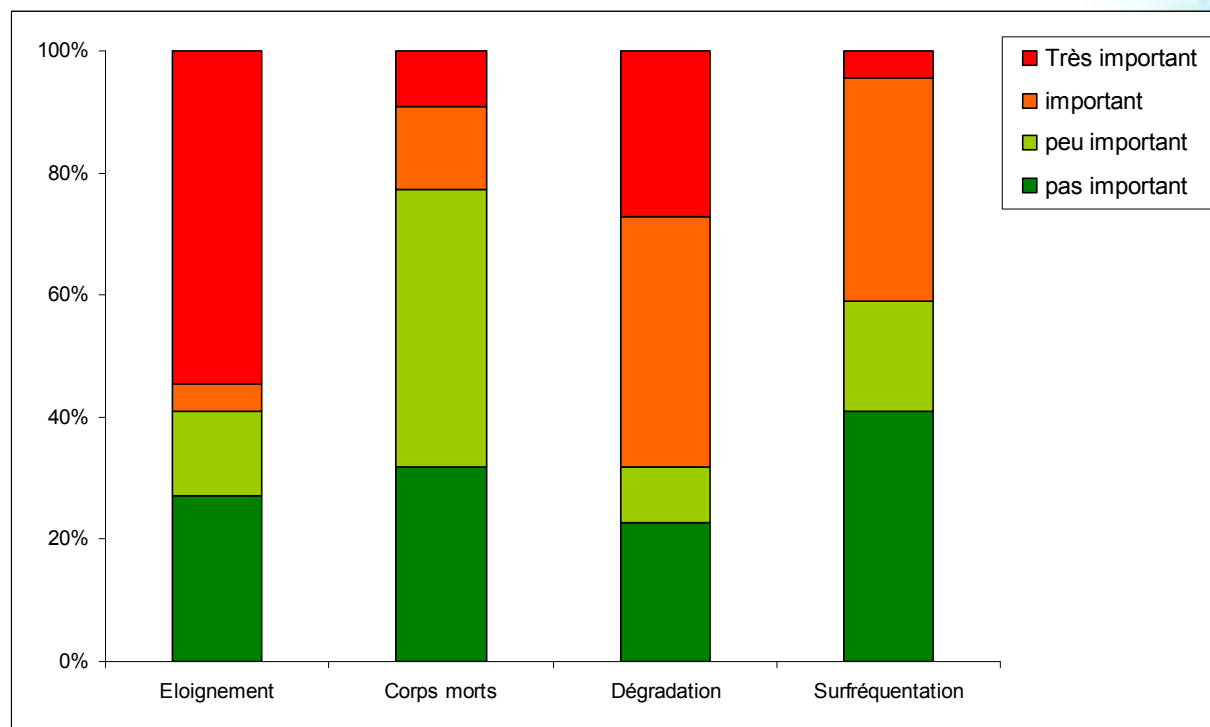


Figure 47. Classement des facteurs pouvant freiner la fréquentation des sites, selon les clubs de plongée en Martinique.

Il apparaît finalement que les enjeux écologiques, la préservation et la protection des milieux subaquatiques apparaissent prioritaires aux yeux des gérants de structures de plongée sous-marine.

ORGANISATION ET AMENAGEMENT DE L'ACTIVITE DE PLONGEE

Les clubs situés dans un même secteur doivent se partager les sites de plongée. Au Marin et aux Anses d'Arlet, certains clubs se concertent pour l'utilisation des sites en décalage. Ils ne représentent que 23% des clubs interrogés. Sur l'ensemble des structures ayant participé à l'enquête, seulement 9% pensent que des plannings mensuels pourraient aider à réguler la fréquentation et mieux gérer l'utilisation de l'espace sous-marin, mais paradoxalement, 24% pensent que ce genre de plannings seraient utiles à l'activité (Annexe 1 Q 33). La proximité des sites les plus fréquentés donne le choix aux clubs de pouvoir changer de site si celui programmé est déjà utilisé en arrivant sur place. Selon les niveaux des plongeurs à bord du bateau, le courant, souvent visible depuis la surface, est un critère important dans le choix du site de plongée.

Le choix d'un site découle de plusieurs appréciations de la part du moniteur de plongée. Par ordre de priorité, les moniteurs discernent : intérêt écologique, niveau des plongeurs, proximité, expérience personnelle, présence de corps-morts, sécurité (Annexe 1 Q 34).

La présence de corps-morts n'est pas une priorité dans le choix des sites de plongée. Cependant, il apparaît que la majorité, voire la totalité des sites du sud de la Martinique sont équipés de corps-morts. C'est également les cas pour le secteurs des Anses d'Arlet. Au fur et à mesure que l'on remonte vers le nord, le nombre de mouillages permanents est réduit pour atteindre zéro sur les sites les plus au nord (La Perle, le Sous-marin, Citadelle ...) (Annexe 1 Q 35). Alors que la présence de corps-morts dans la sélection des sites n'arrive qu'en cinquième position, 64% des clubs interrogés s'accordent pour dire que la présence de mouillages est un critère déterminant dans le choix des sites (Annexe 1 Q 36). En Martinique 88% des mouillages permanents sur les sites de plongées ont été installés par les clubs. Le reste provient d'actions menées par les collectivités.

UNE STRUCTURE FEDERATIVE

Le COMité MARTinique des Sports SUBbaquatiques (COMASSUB), structure fédérative représentant la FFESSM et dirigé par un comité directeur, comprend 7 commissions régionales (apnée, archéologie, audiovisuelle, biologie, jeune, juridique, médicale, nage avec palmes, technique). En collaboration avec les commissions régionales et les structures de plongée affiliées, le COMASSUB assure une mission de formation technique des adhérents, les compétitions sportives et concours audiovisuels (festival de l'image sous-marine,

championnats national et régional de photo en mer, trophée macro, etc.) et également un rôle de relais auprès des clubs. Les centres de plongée commerciaux et associatifs enregistrés auprès du COMASSUB sont au nombre de 33 (listes des adhérents sur le site <http://www.comassub.org> à comparer aux 35 centres de plongée des Annexes 7 et 8).

A terme, et pour une gestion optimale des sites de plongée, une telle structure ou tout autre association de clubs pourrait être amenée à coordonner la fréquentation et les aménagements pour leur protection, par exemple l'entretien des mouillages (cf. § VI. B. 2. d).

LA POPULATION DE PLONGEURS EN MARTINIQUE

Les plongeurs en Martinique sont représentés par une population large allant de 15 à 60 ans (Tableau 17).

Tableau 17. Répartition des plongeurs par tranche d'âge.

< 15 ans	15 à 30 ans	31 à 59 ans	> 60 ans
1,98 %	29,7 %	63,35 %	2,97 %

Environ moitié (47%) des plongeurs sont des visiteurs, dont 4% d'étrangers. Un tiers de ces visiteurs ont moins de 10 plongées et constituent un groupe de débutants non négligeable. Un peu plus de la moitié des visiteurs a moins de 50 plongées, le reste étant des plongeurs confirmés (Tableau 18).

Tableau 18. Ancienneté des plongeurs (nombre de plongées effectuées)

< 10	11-50	51-100	> 100
24 %	34 %	13 %	29 %

Pendant leur séjour, moitié des plongeurs effectuent entre 1 et 5 plongées (56%) (Tableau 19), ce qui représente, sur des séjours de courte durée, une découverte de la plongée (notamment 17% de baptêmes). L'autre moitié comprend des plongeurs passionnés qui vont réaliser plus de 10 plongées (20%) et des plongeurs qui profitent de leur séjour pour plonger et avoir d'autres activités (24%). Cette fourchette de nombre de plongées par séjour illustre le potentiel de développement de l'activité.

Tableau 19. Répartition des plongeurs en fonction du nombre de plongées effectuées au cours de leur séjour en Martinique (à partir des réponses des plongeurs en visite dans l'île).

	1 plongée	2 à 5 plongées	6 à 10 plongées	> 10 plongées
% de plongeurs	15 %	41 %	24 %	20 %

Parmi les plongeurs résidents, 28% fréquentent plusieurs clubs. Cette donnée est intéressante et illustre l'attachement de plus de 70% des plongeurs résidents à un club en particulier.

Enfin, parmi les critères recherchés pour plonger en Martinique, l'observation des organismes vivants et la sensation de liberté sont deux aspects auxquels les plongeurs sont fortement attachés (Tableau 20).

Tableau 20. Critères recherchés par les plongeurs.

Sensation de liberté	Respirer sous l'eau	Observer les organismes	Partager une passion
65 %	18 %	68 %	26 %

Outre les sensations particulières associées à la plongée, les plongeurs sont confrontés à un environnement riche dans lequel plusieurs critères écologiques sont mis en avant (Annexe 2 Q 14). L'abondance et la taille des poissons comptent pour 25% des réponses et biodiversité et paysage rassemblent 28% (Figure 47). La faible part représentée par les éponges et les gorgones illustre la méconnaissance de la biologie et de la fonction de ces organismes dans l'écosystème.

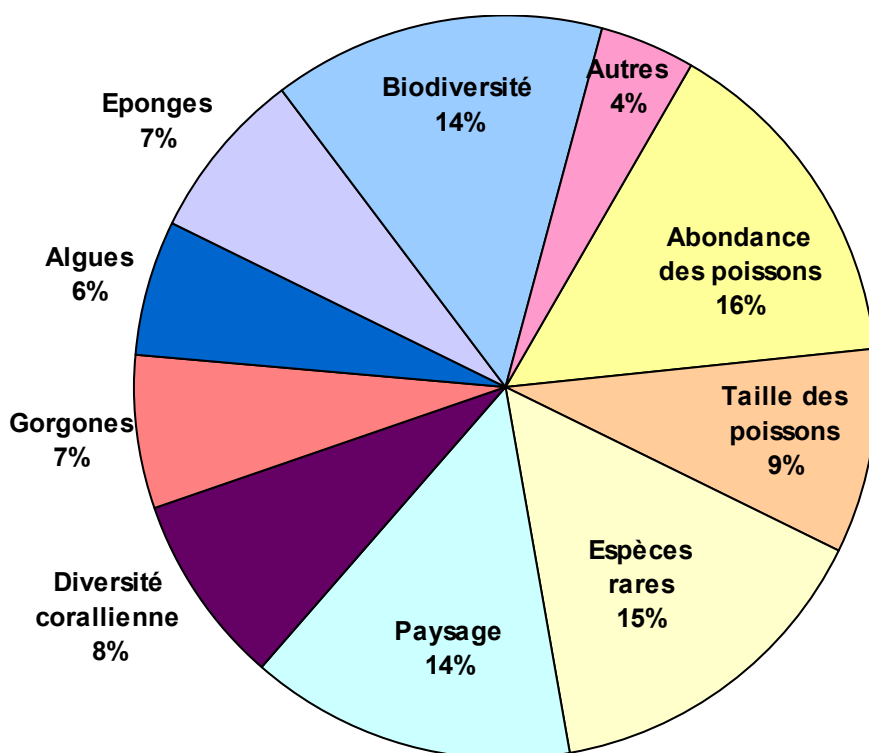
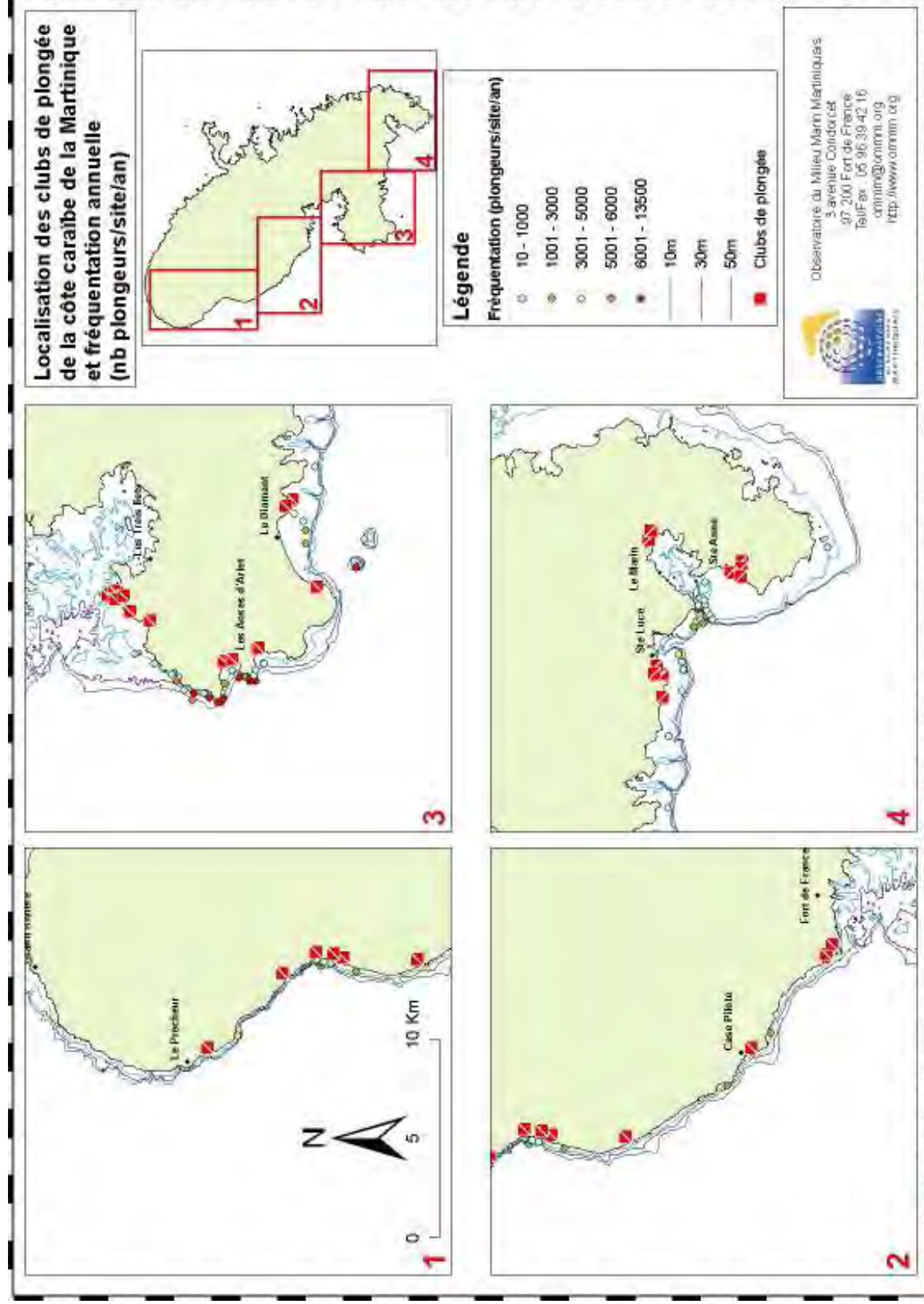


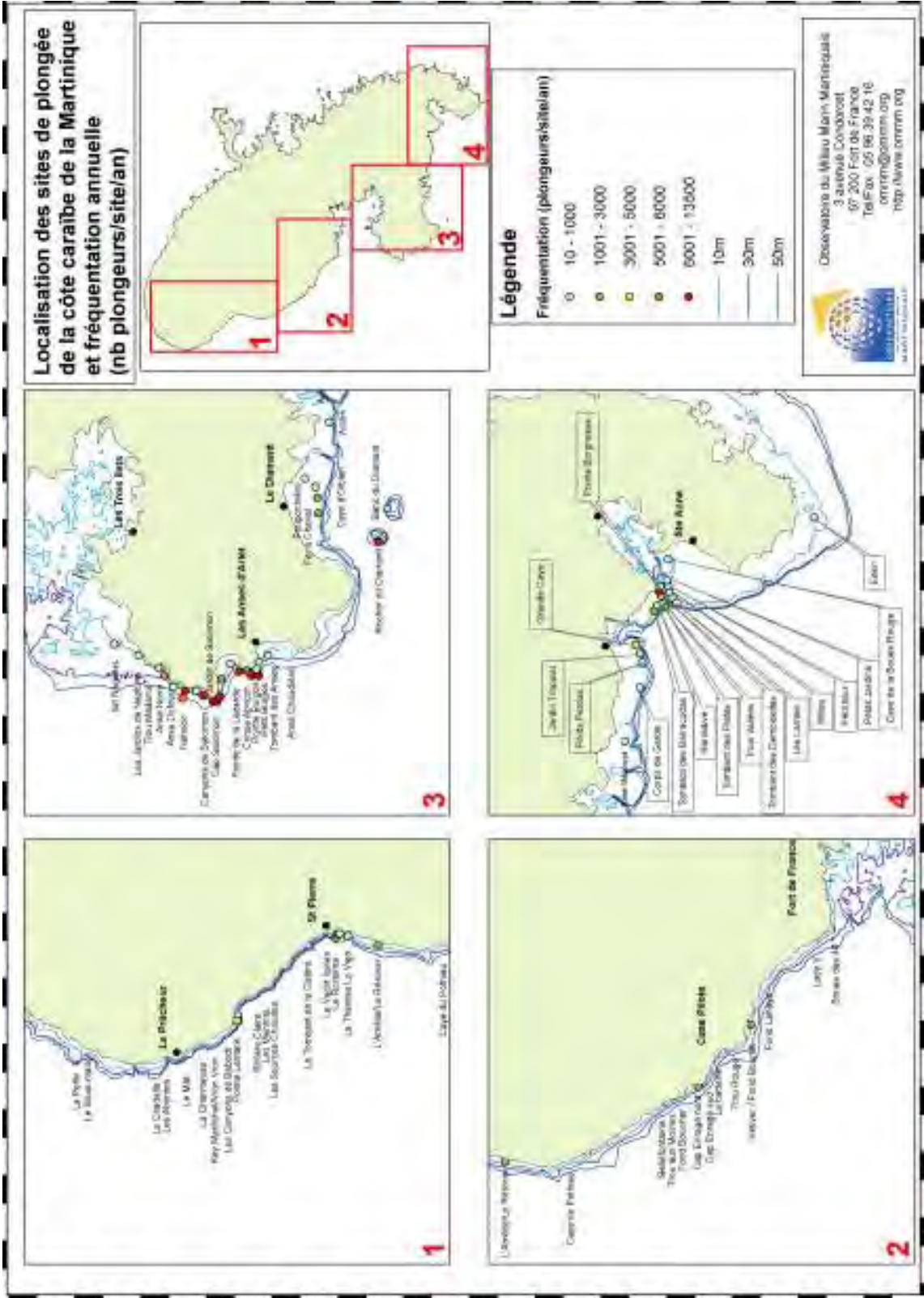
Figure 48. Critères écologiques recherchés, par ordre de préférence, chez les plongeurs en Martinique.

L'activité de plongée sous-marine en Martinique n'est pas répartie de façon homogène sur le littoral. Il en découle une surfréquentation localisée à quelques sites qu'il apparaît nécessaire de désengorger. L'offre tarifaire et les formules proposées aux plongeurs sont à peu près équivalentes dans un secteur économique à forte concurrence. Les essais de rapprochement commercial de plusieurs structures au travers d'offres promotionnelles ne profite pas à toute la profession. Enfin, la structure Comassub, qui représente la FFESSM, n'est pas toujours très bien acceptée par les professionnels, ce qui rend ses actions parfois difficile à mettre en œuvre (les commissions sont animées par des bénévoles).

La plupart des plongeurs découvre la plongée en Martinique et seulement 1/4 profite pleinement de l'offre en effectuant plus de 10 plongées au cours de leur séjour. Il existe un réel potentiel de développement de l'activité dans l'île en diversifiant l'offre et en aménageant les sites pour pouvoir mieux absorber la fréquentation.



Carte 8. Répartition des clubs de plongée sous-marine sur le littoral Caraïbe de la Martinique (données 2007).



Carte 9. Localisation des sites de plongée de la côte Caraïbe de la Martinique

VI. Proposition d'aménagements et d'actions pour la préservation des sites naturels et le développement du tourisme de plongée.

A. Des problèmes persistants

La dégradation des fonds marins découle majoritairement des problèmes de pollutions de toutes natures, des phénomènes météorologiques (rares), mais aussi de l'action de facteurs physiques qui, à long terme, peuvent diminuer l'attractivité d'un site (Davis and Tisdell 1996). Des dispositions peuvent être prises afin d'éviter ces dégradations, la plupart d'origines anthropiques. Les mesures concernent le mouillage des embarcations, la gestion de la fréquentation des sites, la pêche au casier, à la senne et au filet de fond et l'amélioration de l'information auprès des plongeurs (exemple d'utilisation d'une zone marine multi-usages en Martinique – Carte 10).

La restriction des "ancrages forains" est possible si des mouillages écologiques sont mis à la disposition des usagers. En Martinique, la mise en place de ces dispositifs est un problème décisionnel et financier. Malgré la volonté unanime des clubs concernés par ce type d'aménagement, 25% des sites en sont dépourvus (OMMM, 2004).

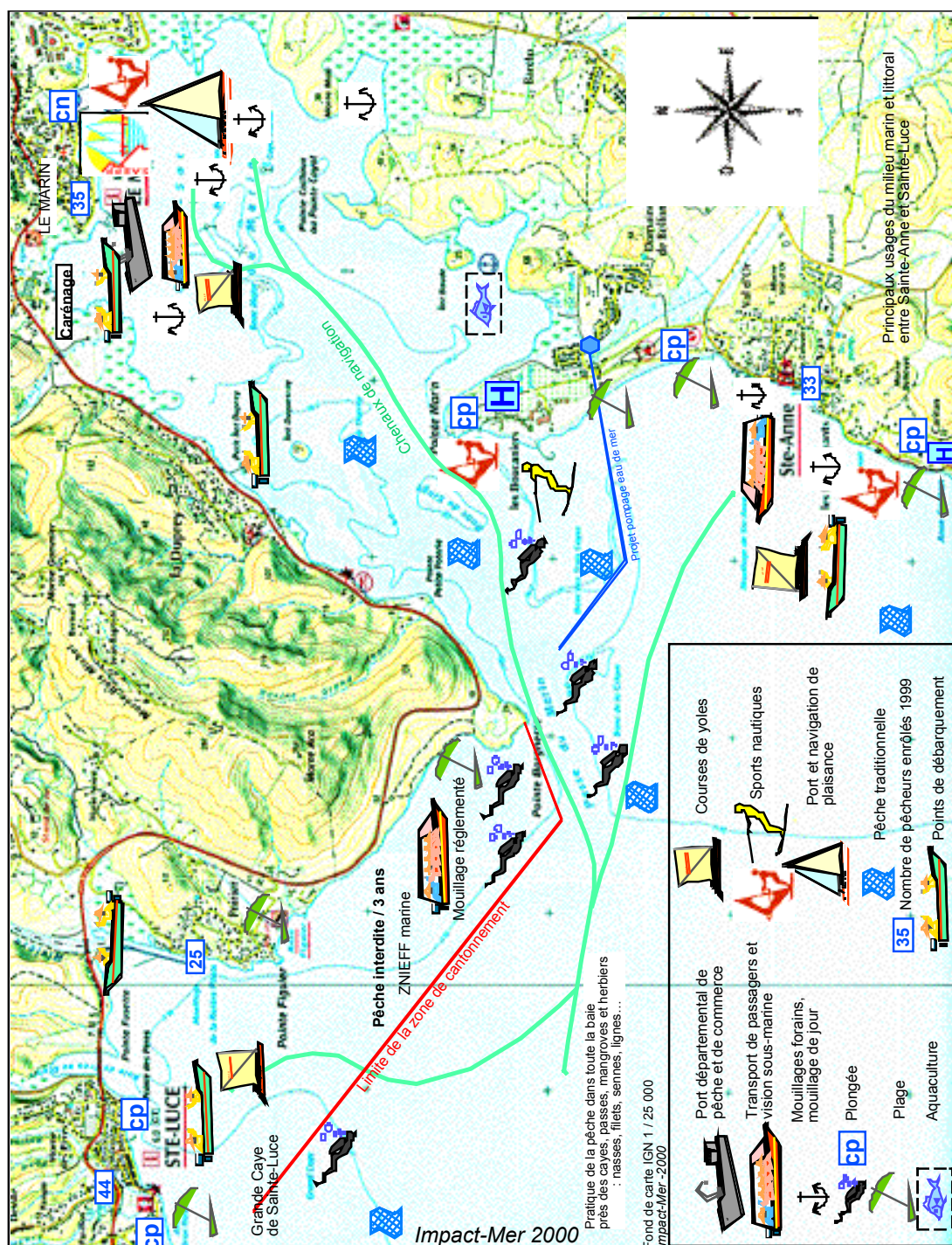
Limiter les contacts involontaires ou intentionnels, ou le ramassage d'organismes, nécessite une sensibilisation préalable des plongeurs. En Australie et en Egypte, des études ont été menées sur l'effet de la sensibilisation sur le comportement des plongeurs. Les résultats ont montré que les dommages volontaires, ou non, sont significativement réduits après avoir informé les plongeurs de leur impact potentiel (Harriott 1997 ; Medio *et al.* 1997). L'enquête réalisée en Martinique en 2007 a révélé que 20% des personnes interrogées pensent que les plongeurs n'ont pas d'impact sur le milieu marin (5% ne se prononcent pas). Ces données montrent un réel besoin d'information des plongeurs avant chaque plongée. La sensibilisation doit être répétitive et systématique. Elle peut se faire au travers de campagnes de communication et par la responsabilisation des plongeurs (signature d'une charte), des événements sportifs et ludiques, des aménagements spécifiques tels que les sentiers sous-marins. La sensibilisation nécessite également une connaissance de l'environnement par les plongeurs. En Martinique, la capacité des plongeurs à reconnaître des espèces communes (corail, éponge algue ou gorgone) a été évaluée à partir de photographies (Annexe 2 question 13). Environ 35% des plongeurs (visiteurs + résidents) ont

commis au moins 6 fautes sur la reconnaissance de 12 photos, essentiellement les gorgones et les éponges. Seulement 5% ont répondu sans faute (résidents et touristes de niveau N2, N3 et MF1).

La commission Biologie du COMASSUB met en place une formation Biologie à destination des plongeurs et des clubs. Leur objectif à terme est d'intégrer un module de connaissances "biologie" dans le cursus de formation des plongeurs. Par le biais d'une telle formation, la sensibilisation des plongeurs "de passage" devient systématique.

La pêche traditionnelle au casier ne peut être remise en cause, et c'est seulement à travers le développement d'une réglementation spécifique des activités dans des zones marines identifiées, qu'il apparaît possible de contenter l'ensemble des usagers.

Cartographie des usages du milieu maritime entre Sainte-Luce et Sainte-Anne incluant le Cul-de-Sac Marin



Carte 10. Exemple d'utilisation d'une zone marine en Martinique illustrant la multiplicité des usages et les conflits potentiels entre activités nautiques.

B. Les outils disponibles

Différents types d'actions permettent d'assurer la préservation de l'environnement et l'essor de l'activité de plongée sous-marine. Chacune des sous-parties suivantes décrit les outils disponibles, leur rôle, leurs avantages et inconvénients et l'avis des plongeurs concernant leur mise en place.

1. Sensibilisation et formation des plongeurs

Plus de 90% des personnes interrogées lors de cette étude pensent que la sensibilisation à la protection du milieu naturel est importante dans le cadre de la pratique de la plongée. Cette acquisition de connaissances peut se faire pendant des cours théoriques, inclus dans les formations (adaptés à la faune et flore locale), pendant des briefings avant et après chaque plongée, ou pendant la plongée sur des sentiers sous-marins, lors de stages "bio", de challenges naturalistes.

a) Charte de bon comportement

(1) Sensibilisation à l'environnement

Une charte est un ensemble de règles et principes fondamentaux d'une institution officielle (pays, ville, université, collectivité ou regroupement de structures). L'usage d'une charte est fréquent en gestion de l'environnement. Il s'agit d'un moyen simple et efficace de responsabiliser les usagers. Par exemple, les gestionnaires du parc national terrestre et marin de Port-Cros, créé en 1965, ont mis en place des outils juridiques et techniques afin de gérer l'utilisation de l'espace maritime. Parmi ces outils, une charte de respect de l'environnement a été rédigée en partenariat avec les clubs de plongée⁶ dans le but d'assurer une fréquentation annuelle conciliant protection de l'environnement, développement économique et sécurité des plongeurs. Sa signature est obligatoire pour que les clubs et plongeurs indépendants puissent exploiter les espaces aménagés.

La charte les engage à

- gérer la fréquentation (nombre de plongeurs simultanés et rotation journalière limités),
- limiter la plongée technique sur les sites sensibles,

⁶ Une charte a été mise en place pour chaque activité terrestre et marine.

- interdire tout contact avec le milieu et les espèces (nourrissage, ramassage de coquillages),
- posséder au minimum le niveau 1 (FFESSM⁷) ou équivalence attestant la gestion de l'équilibrage sous l'eau et
- donner aux gestionnaires des informations sur toute anomalie observée (maladie, espèce invasive).

La charte est basée sur une stratégie participative. Plutôt que d'interdire tout usage, les gestionnaires ont décidé, à travers ce texte, de concerter et de travailler en partenariat avec les clubs de plongées afin d'optimiser l'efficacité de la gestion et de la protection de l'environnement. Dans le but de veiller au respect des engagements de chacun, des gardes-moniteurs patrouillent en permanence et peuvent attribuer des avertissements oraux ou écrits, des timbres-amendes ou des procès-verbaux en cas d'infraction. Un bilan annuel est réalisé afin d'améliorer l'efficacité de la charte.

En Martinique, quatre clubs de plongée⁸ (type structure commerciale) ont signé la Charte internationale du plongeur responsable⁹ (annexes 7 et 8), incluse dans le Guide Vagnon du plongeur en mer tropicale. Cette charte se décompose en deux parties :

- à l'intention des plongeurs : l'utilisateur est invité à choisir une agence de voyage ou tour opérateur qui adhère à une charte éthique et privilégier les centres de Plongée Responsable.
- à l'intention des centres de Plongée Responsable, concernés par la protection des fonds marins.

Les problématiques de la plongée spécifiques à la Martinique pourraient être prises en compte dans une « annexe région Martinique » (Annexe 5). Cette procédure permettrait de conserver la dimension internationale de la charte. Plusieurs clubs dans différentes régions du monde adhèrent à cette charte.

L'incitation de l'ensemble des clubs martiniquais à signer ce document contribuerait à mieux encadrer la fréquentation des sites, limiter les impacts physiques et augmenter la sécurité des plongeurs. Par le respect de certaines contraintes, ce document conférerait un label qualité/respect de l'environnement pour les clubs signataires, au travers du développement durable de la plongée. A défaut d'un cadre juridique institué par une aire marine protégée

⁷ Fédération française d'études et de sports sous-marins.

⁸ Aliotis Plongée, Espace Plongée Martinique, Histoire d'Air et Lychée Plongée Anthinéa.

⁹ Charte établie par l'association longitude 181 nature (www.longitude181.com).

(exemple de la charte du parc national de Port-Cros), la charte et son annexe demeureront incitatives dans un esprit de coopération.

Deux types de documents peuvent être signés : un premier spécifique aux centres de plongée et un second pour les plongeurs.

La « charte centres de plongées » insisterait sur

- la sensibilisation et la responsabilisation du centre et de ses plongeurs (salariés et clients),
- les recommandations à faire avant, pendant et après une plongée,
- la mise en place d'une politique active de l'environnement (économie d'eau, sensibilisation, comportement éco-citoyen).

La « charte plongeurs » mettrait d'avantage l'accent sur

- la responsabilité en tant qu'éco-citoyen et plongeurs,
- leur participation au développement durable de l'île,
- les réglementations locales,
- la richesse biologique martiniquaise et la fragilité des écosystèmes marins.

La signature d'une charte de respect de l'environnement est importante, voir très importante pour près de 80% des personnes consultées (Tableau 21). Ces résultats indiquent une prise de conscience et une responsabilisation réelle des plongeurs. Il n'existe pas de différence entre l'avis des résidents et celui des visiteurs.

Tableau 21. Importance de la signature d'une charte de respect de l'environnement marin et de bon comportement des plongeurs en Martinique. Enquête réalisée par l'OMMM en 2007 auprès de 101 plongeurs visiteurs et résidents.

Importance d'une charte de respect de l'environnement pour les plongeurs	Résidents	Visiteurs
Assez important	7,92%	7,92%
Important	15,84%	17,82%
Peu important	1,98%	0,00%
Sans importance	2,97%	0,00%
Très important	24,75%	20,79%
Total	53,47%	46,53%

La sensibilisation et l'information semblent devoir être systématique dans l'ensemble des clubs de plongée. Aujourd'hui, des brochures sont disponibles dans tous les clubs. Les briefings de sensibilisation devraient être faits systématiquement avant chaque plongée.

La faune et la flore locale sous-marines sont méconnus. Il serait intéressant d'inclure quelques notions écologiques et de reconnaissances des espèces dans la formation des plongeurs. Ces cours peuvent être établis à partir du "Recueil des manuels de biologie du

moniteur", réalisé par l'OMMM en 2006. Cet ouvrage décrit de façon simple et concise chaque grand groupe présent dans le milieu marin martiniquais. L'organisation de stages de biologie pourrait se faire en partenariat entre les clubs et les associations œuvrant pour le milieu marin. Cette démarche est de nouveau mise en œuvre par la Commission Biologie du Comassub, pouvant effectivement assurer un relais auprès des clubs affiliés.

(2) Les relations inter usagers

Des conflits d'usages pour l'utilisation de l'espace existent entre les plongeurs et les pêcheurs et entre les clubs (très limité).

Les conflits plongeurs-pêcheurs sont liés à la présence des mouillages et des plongeurs qui gênent la navigation et l'utilisation de certaines techniques de pêches (filets, sennes de plage). L'ouverture des casiers de pêche est parfois pratiquée. Il a été reconnu plusieurs fois que certains plongeurs étaient responsables de ces dégradations, voulant libérer des poissons sans grande valeur commerciale (poissons anges), en dépit de la communication et de la sensibilisation faite par les clubs.

La présence de récifs artificiels, comme les épaves, attirent les chasseurs sous-marins, créant des problèmes de sécurité pour les plongeurs.

Dans le sud, la présence de mouillages "forains" est à l'origine de mauvaise entente entre structures commerciales, vis-à-vis de l'entretien et de l'utilisation.

Lors des dialogues avec les gérants des clubs, la notion de "charte" a été mentionnée à plusieurs reprises. La signature d'un tel texte permettrait d'établir un accord entre les différents acteurs concernant le respect des équipements de chacun, d'assurer un bon usage des aménagements (mouillages, récifs artificiels, épaves) et assurer la sécurité des plongeurs.

b) Formation

Soixante pour cent des plongeurs interrogés estiment nécessaire d'intégrer un module complet¹⁰ dans la formation des plongeurs.

L'objectif de la sensibilisation est d'interpeller le plongeur. D'une part, pour lui faire prendre conscience que le milieu dans lequel il évolue est fragile et d'autre part, donner un intérêt supplémentaire à l'activité (savoir où regarder, comportement des espèces) en apprenant à reconnaître les organismes observés.

¹⁰ Un module au même titre que les autres modules de formation (physique de la plongée, réglementations, anatomie)

Certains centres de plongée participent activement à la sensibilisation et à la préservation du milieu au travers de stages "bio", d'actions spécifiques (nettoyage des fonds marins), d'assistance technique aux études scientifiques. Moins de 50% des personnes interrogées pensent que les clubs martiniquais ont une politique de sensibilisation à l'environnement suffisante (Tableau 22).

Tableau 22. Perception de l'implication environnementale des clubs de plongée selon les plongeurs (n=101).

Implication environnementale des clubs selon les plongeurs	Avis des plongeurs
cela dépend des clubs	0,99%
Ne sait pas	5,94%
Pas assez abordé	34,65%
Peu abordé	10,89%
suffisamment abordé	47,52%



Photo 25. Cours de biologie donné par le président de l'OMMM.

La mise en place d'outils pédagogiques axés sur les milieux marins fait partie des attentes de la clientèle des clubs, puisque 87% des plongeurs interrogés choisiraient prioritairement des structures impliquées dans des actions environnementales. Parmi ces plongeurs, 68% admettent que l'activité a un impact environnemental (Tableau 23).

Tableau 23. Choix préférentiel par les plongeurs d'un club impliqué en environnement en fonction de leur point de vue sur l'impact de la plongée (enquête Martinique 2007, n=101 plongeurs)

	La plongée n'a pas d'impact environnemental	Ne sait pas	La plongée a un impact environnemental
Choix prioritaire d'un club impliqué	16,83%	1,98%	68,32%
Aucun choix	-	-	1,98%
Choix non prioritaire d'un club impliqué	2,97%	2,97%	4,95%

c) Evènements et animations ludiques et pédagogiques

De nombreux évènements à vocation ludique et pédagogique (raids sous-marin, chasse au trésor, concours de photographies, challenge naturaliste sous-marin) sont organisés et permettent de faire découvrir l'environnement marin et la plongée sous-marine, notamment aux jeunes, avec d'importantes retombées médiatiques régionales ou à l'étranger.

L'exemple français de l'organisation réussie de tels évènements est celui de l'association Objectif Atlantide, patronnée par la F.F.E.S.S.M et la C.M.A.S.¹¹. Cette association propose des aventures inédites aux plongeurs sous-marins, des chasses au trésor aux niveaux régional, national et international. Ce dernier est un raid unique dans le monde de la plongée sportive est accessible à tous. "La Chasse au Trésor d'Objectif Atlantide est le premier événement médiatisé de la plongée sous-marine de loisir" en France. Les retombées médiatiques et financières de cette manifestation "assurent aux partenaires des participants et de l'organisation un retour important sur leur investissement". "Depuis la première Chasse au Trésor, un grand nombre d'entreprises et de collectivités locales se sont investies dans l'aventure en sponsorisant des équipes".

La richesse du patrimoine historique martiniquais (épaves, évènements) est un avantage pour l'organisation de tels évènements.

d) Mise en place d'un réseau Reef Check en Martinique



Dans le cadre de ses activités, l'Observatoire du Milieu Marin Martiniquais a mis en place un suivi de l'état de santé des récifs de Martinique à travers le programme IFRECOR. Ce programme, assez lourd du point de vue technique et humain, permet difficilement d'impliquer des non-spécialistes. Or, plusieurs clubs de plongée ont déjà manifesté leur volonté de participer à des actions de suivi des récifs coralliens. Plusieurs protocoles simples sont utilisés à l'échelle internationale et permettent de faire appel à de nombreux plongeurs dans des actions naturalistes de suivi des récifs. Parmi ces actions,

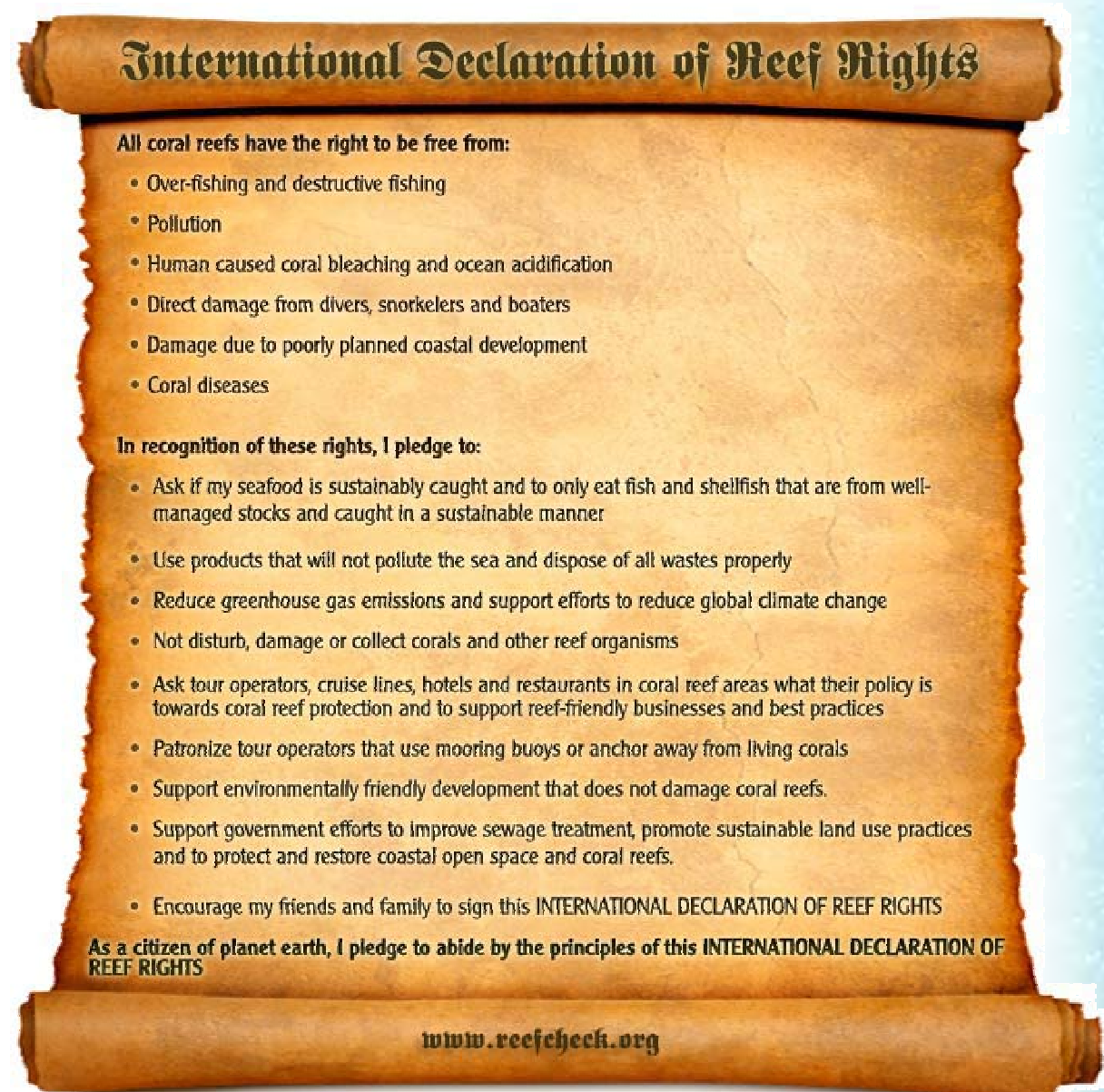
¹¹ Source : <http://www.objectif-atlantide.org> (consulté en fév. 2008)

Reef Check (RC) est une organisation non gouvernementale pour la conservation des écosystèmes coralliens (<http://reefcheck.org>).

L'OMMM va développer, au cours de l'année 2008, un programme RC sur la Martinique. Il s'agit d'une nécessité pour avoir une vision globale de l'évolution des récifs de l'île sur le long terme, faisant appel au bénévolat et à des actions de sensibilisations médiatisées.

Les protocoles utilisés sont simples et permettent, après une journée de formation, de disposer d'équipes autonomes qui vont s'approprier un site de plongée et réaliser un suivi régulier. Les informations sont ensuite saisies sur le site Internet RC pour alimenter la base de données RC.

Les clubs et plongeurs ont aussi la possibilité de signer la charte internationale pour les droits des récifs coralliens, qui les engage personnellement à respecter certaines consignes et agir pour la protection des récifs.



2. Aménagements pour la protection et la gestion de la fréquentation des sites

Certains plongeurs ont plus d'impact que d'autres. Les photographes et les plongeurs moins expérimentés entrent plus facilement en contact avec les fonds (Barker and Roberts 2004 ; Hariott 1997). Privilégier les zones sableuses pour les exercices ou la création de nouvelles zones récréatives, comme des récifs artificiels, sont des moyens simples pouvant aider de façon significative à préserver des sites naturels et à diversifier l'offre et les activités nautiques.

Le traitement des données issues de l'enquête et relatives au choix des types de sites de plongée ne montre pas de préférence des plongeurs (Figure 48), même si les sites naturels restent les plus appréciés (33%). Les sites protégés (27%) et les épaves (25%) viennent en deuxième position. Les récifs artificiels ne représentent que 14% des choix. Ces résultats montrent que la diversification des sites permettrait de limiter les impacts potentiels liés à la surfréquentation des sites naturels tout en satisfaisant un plus grand nombre de clients.

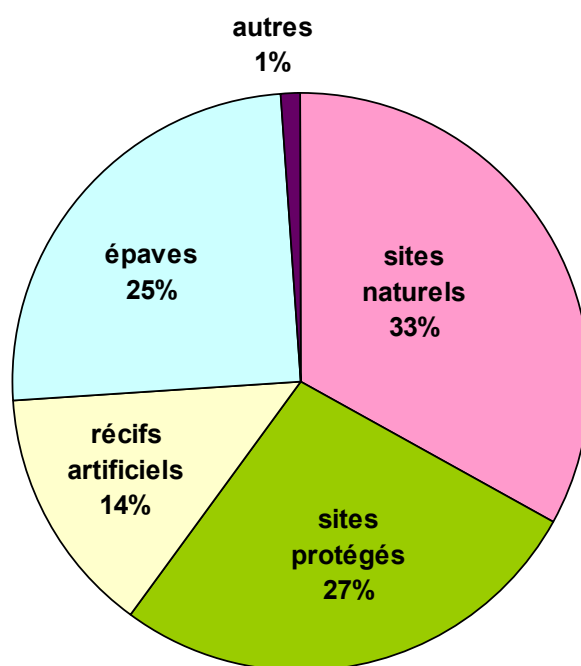


Figure 49. Classement des types de sites de plongée par ordre de préférence des plongeurs en Martinique.

a) Prospection de nouveaux sites

La prospection de nouveaux sites est un moyen simple de diversifier l'offre et d'essayer d'enrayer la surfréquentation. Plusieurs paramètres sont à prendre en compte : la bathymétrie, la configuration du site, la demande de la clientèle, la sensibilité écologique du

site. Certains clubs proposent déjà de nouveaux endroits découverts soit par prospection, soit par la connaissance des fonds par les usagers (pêcheurs par exemple). La localisation de ces sites est peu divulguée. L'absence de corps-mort implique des types de plongée spécifique comme les plongées dérivantes (les plongeurs sont suivis par le bateau en surface).

La prospection de nouveaux sites est la solution la plus simple et la moins onéreuse. Cependant, la pression anthropique reste localisée sur des sites naturels. A moins de gérer la fréquentation et d'équiper ces sites de mouillages dès le début de son exploitation, cette solution reste la moins favorable dans le cadre d'un développement durable de l'activité.

b) Les sentiers sous-marins

Le sentier sous-marin (SSM) est un parcours subaquatique à vocation pédagogique permettant une visite guidée du monde sous-marin. C'est un instrument de communication du type promenade qui peut avoir une ou plusieurs thématiques (écologie, géologie, archéologie, ...).

Le SSM correspond aujourd'hui à l'une des nouvelles tendances de la plongée, notamment avec le développement de la randonnée palmée. "Le matériel évolue dans ce domaine, les sentiers sous-marins fleurissent" en Métropole et dans les DOM-TOM, une Charte des sentiers sous-marins¹² a été signée par les acteurs méditerranéens de l'EEDD (Education à l'Environnement et Développement Durable) concernés et une nouvelle revue "Snorkeling"¹³ est parue en France¹³.

La découverte se fait *in situ* en PMT¹⁴ ou en scaphandre autonome dans une zone aménagée par un balisage et, éventuellement, à l'aide de supports d'information tels que des panneaux immergés, une plaquette ou un appareillage audio submersible. Ce dernier support est mis en œuvre avec le Tuba FM (procédé AmphicomTM)¹⁵ sur le sentier sous-marin de Peyrefite en limite de la réserve marine intégrale de Banyuls-Cerbère.

Le premier SSM connu a été créé dans les Caraïbes (îles Vierges) en 1958 (Mazataud, 2001). Il n'en existe pas à l'heure actuelle en Martinique, bien que plusieurs sites y soient favorables. Néanmoins, un projet, issu d'une requête du Conservatoire de l'Espace Littoral et

¹² téléchargeable sur le web : <http://www.airesmarines.org/actualites/actu.asp?id=155&tp=34>

¹³ extraits de l'article ADENA (16/01/08) sur www.herault-tribune.com

¹⁴ PMT : Palmes, Masque, Tuba ; se dit couramment pour le type de plongée utilisant uniquement ce matériel (au contraire du scaphandre autonome). On peut lire également les termes "randonnée palmée" ou anglais "snorkeling".

¹⁵ Source (page web du 01/09/05) : <http://www.chtipecheur.com/index.php?82-sentier-sous-marin-banyuls-cerbere>

des Rivages Lacustres (CELRL), s'inscrit dans un plan de gestion du site Pointe Borgnesse. Une pré étude (Barbet 2006) prévoit 5 stations subaquatiques avec panneaux d'information dans une zone (<5m de profondeur) réglementée à l'intérieur d'un périmètre balisé.

A titre indicatif, le budget prévisionnel s'élève à plus de 18.000 € pour sa création (balisage et modèle des panneaux des 5 stations définis) et près de 33.000 € pour le fonctionnement (animation, entretien, etc.). Le financement (Région, Etat) de sa création est prévu par le CELRL (maître d'œuvre), mais les sources de financement du fonctionnement reste à définir (Barbet 2006).

Le SSM serait accessible à tout public en randonnée palmée, mais les plongeurs en scaphandre autonome pourraient être pris en considération, puisque les clubs effectuent surtout des baptêmes de plongée à cet endroit, si un cofinancement est trouvé pour l'installation de mouillages écologiques. Le baptême de plongée est souvent une expérience unique. Il faut saisir l'opportunité du caractère mystérieux de la plongée pour sensibiliser ces personnes à la préservation des milieux sous-marins. Toutefois, l'événement baptême est émotionnellement intense et le jeune plongeur débutant ne serait pas forcément à l'écoute du discours écologique. Les formations de type niveau 1 se prêtent alors parfaitement à la diffusion d'un tel discours et à l'utilisation de matériaux pédagogiques subaquatiques.

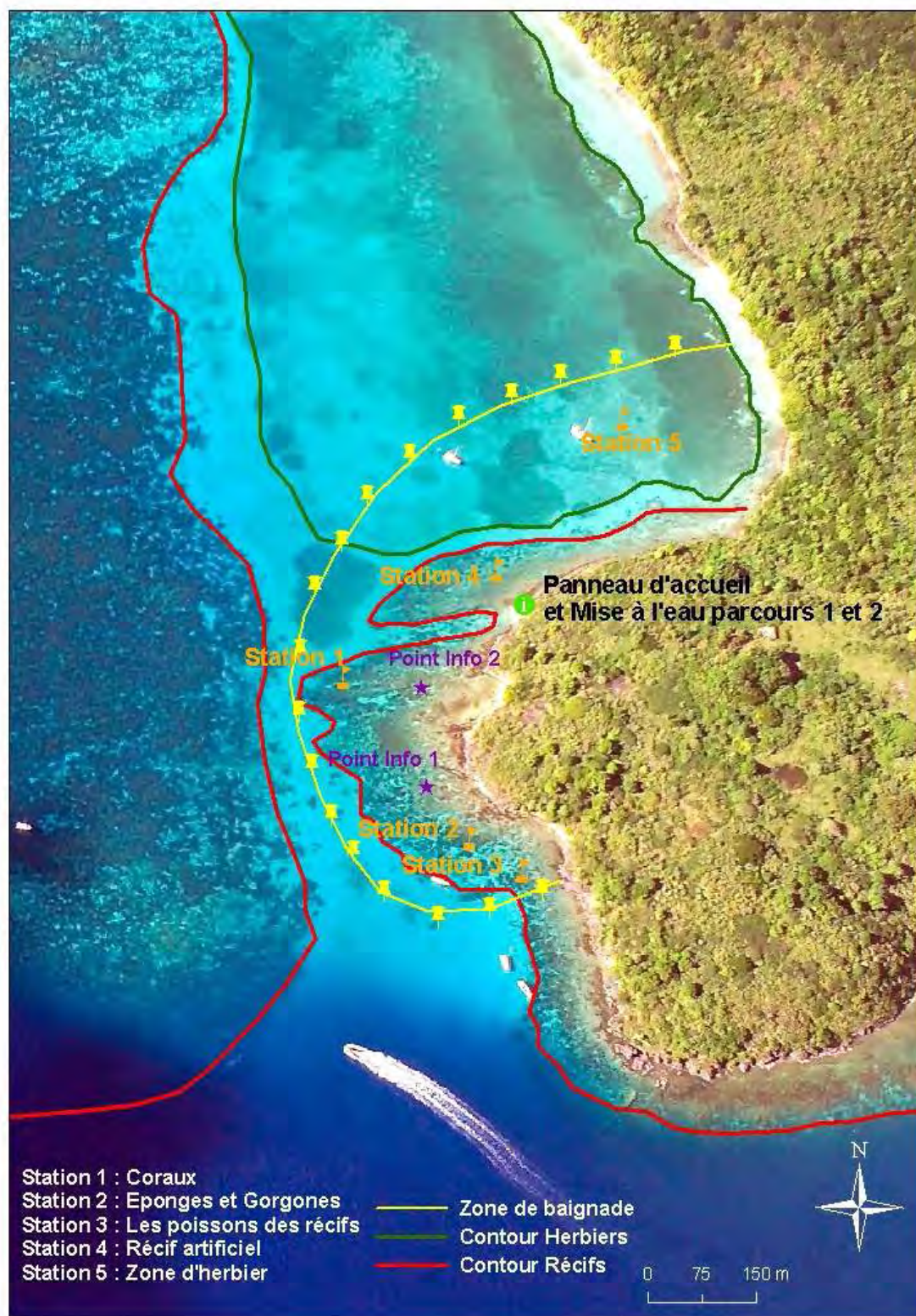


Figure 50. Exemple d'aménagement de la Pointe Borgnesse avec la mise en place d'un sentier sous-marin.

c) Les récifs artificiels (RA)

"Les récifs artificiels sont des structures immergées volontairement dans le but de créer, protéger ou restaurer un écosystème, et pouvant induire des réponses d'attraction, de

concentration, de protection, d'augmentation de la biomasse de certaines espèces » (Lacroix 2001)". L'utilisation de récif artificiel existe au Japon depuis le XVIIIème siècle. Le but initial de ces structures était d'augmenter la biomasse des ressources halieutiques (Dean 1983). Aujourd'hui, près de 40 pays en font usage (Sutton and Bushnell 2007) pour des utilisations à vocations multiples comme la protection des herbiers de posidonies (en Europe – Sutton and Bushnell 2007), l'augmentation des ressources marines (Japon – Mottet 1985) mais également la création de zones d'activités nautiques comme des sites de plongées (mer Rouge – Van Treeck and Schuhmacher 1999), des spots de surf (Australie – Jackson *et al.* 2005). Les récifs artificiels sont un atout pour le développement économique local (tourisme, pêche) mais peuvent assurer la préservation de l'environnement marin. La mise en place de ces dispositifs favorise le développement de la faune et de la flore, en offrant un substrat vierge favorable à la colonisation, un habitat, une zone de reproduction. La forme des récifs artificiels dépend de leur utilisation (protection, production, plaisance). Il peut s'agir d'épaves, de blocs en béton ou autres structures immergées à cet effet.

Dans le cadre de cette étude, une classification par ordre de préférence des différents types de sites (épaves, sites protégés...) a été réalisée (Figure 49). Le choix "récifs artificiels" représente 14% de l'ensemble des types de sites hors épaves et environ 40% de la demande avec les épaves. La Martinique est connue pour ses épaves historiques de la Baie de Saint-Pierre, navires coulés lors de l'éruption de la montagne Pelée en mai 1902. Ces vestiges sont situés à différentes profondeurs offrant aux plongeurs un choix diversifié. En dehors de Saint Pierre (12 épaves), trois autres épaves sont présentes :

- Le Lady 5 : yacht coulé en 1986 en face de l'hôtel Batelière,
- le Sikorsky : hydravion qui s'est écrasé dans la Baie de Fort-de-France en août 1945,
- le Nahoon : navire désaffecté immergé aux Anses d'Arlet en 1996.



Photo 26. Navire Nahoon prenant la mer (source : <http://pagesperso-orange.fr/autrebord/nahoon/pgenahoon.html#pens%E9e>)

L'exemple du Nahoon illustre l'immersion réussie d'un récif artificiel (faune fixée, nombreux poissons récifaux et pélagiques) dans le cadre d'une diversification de l'activité de plongée sous-marine (fréquentation par tous les clubs de plongée de Martinique, articles dans la presse nationale), notamment dans le secteur sud de la Martinique. L'épave draine 5 à 6.000 plongeurs par an.



Photo 27. L'épave du Nahoon en Martinique (source : www.dreamwrecks.com/gallery.php?gid=29)

La DIREN a fait réaliser un documentaire vidéo à ce sujet par M. Météry et A. Falco, disponible sur demande.



Photo 28. Double page d'un article sur l'épave du Nahoon (magazine AquaMonde, fév.-mars 2007, N°13)

Dans le cadre de l'Initiative Française pour les Récifs Corallien (IFRECOR), qui rassemble toutes les collectivités d'Outre-Mer ayant des récifs, un groupe de travail "immersion de navires désaffectés" a été mis en place en mars 2007. L'objectif est de résoudre le blocage actuel sur les immersions de navires désaffectés. Les avantages avancés sont connus :

- Créer des peuplements récifaux dans des zones sableuses peu diversifiées,
- Diversifier le tourisme subaquatique,
- Décharger les sites naturels de leur surfréquentation par les plongeurs,
- Servir d'outil de négociation lors de la mise en place de réserves marines,
- Valoriser utilement les navires saisis par la justice.

L'immersion d'épave nécessite un travail préalable de dépollution rigoureux, le perçage des parties étanches du navire, le remorquage et le sabordage, ainsi qu'une préparation spécifique pour un site de plongée (retraits des matériaux dangereux, aménagement paysager ...). La désaffectation et l'immersion d'un navire peut nécessiter des financements conséquents en fonction du type de navire (pétrolier, croisière) et de sa taille (Sutton et Bushnell 2007). Ces coûts peuvent être supportés par la mise en place de taxes payées par les clubs de plongée, les plongeurs autonomes, mais également les tours opérateurs vendant des forfaits incluant la plongée. Néanmoins, en dehors de toute structure gestionnaire comme celle d'une AMP, la difficulté de collecte des taxes et de gestion des recettes inciterait plutôt un recours aux subventions.

L'immersion d'épave est un projet complexe et lourd d'un point de vue juridique, financier et social. Un des obstacles majeur est l'obtention d'un permis d'immersion délivré par décision ministérielle. Dans la réglementation française, les épaves sont considérées comme des déchets et ne peuvent pas être immergés dans le milieu naturel (décret n°82-842). Une instruction complémentaire prévoyant leur statut est toutefois attendue (Circulaire du 06/12/05 relative à l'ordonnance no 2005-805 du 18/07/05 portant simplification, harmonisation et adaptation des polices de l'eau et des milieux aquatiques, de la pêche et de l'immersion des déchets).

Considérée comme des récifs artificiels, les navires doivent remplir les conditions prévues par la Convention OSPAR¹⁶. Cette première autorisation obtenue, une autorisation d'occupation temporaire (AOT) doit être fournie par les institutions locales.

Plusieurs études montrent que l'immersion de récifs artificiels a des impacts économiques positifs significatifs. En Australie, les retombées économiques induites par le HMAS Swan (navire de guerre) ont été estimés à 1,39 millions US\$ sur une période de 15 mois (Sutton et

¹⁶ Convention OSPAR pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est / Réunion de la Commission OSPARKINGSTON UPON HULL: 21-24 juin 1999 / Lignes directrices OSPAR sur les récifs artificiels construits aux fins des ressources marines vivantes (Numéro de référence 1999 -13).

Bushnell 2007). Toutefois en Australie, le projet d'immersion de récifs artificiels au sein du parc marin de la Grande Barrière de corail (GBRMP) génère des conflits sociologiques (Sutton and Bushnell 2007).

En Martinique, quatre récifs expérimentaux, formés de blocs de roche, ont été immergés dans les zones de cantonnement de pêche de l'Ilet à Ramiers, de Case Pilote Fond Bourlet, de la Baie du Robert et de la Baie de Trinité/Ste-Marie ans dans le cadre du comité de pilotage des RA de la Commission pêche, aquaculture et ressources marines du Conseil Régional. Lors de la réunion de restitution de cette expérimentation, le 20 avril 2007, le comité a décidé de poursuivre l'installation de récifs artificiels (Ces éléments artificiels ne concernent toutefois que la pêche artisanale côtière), en testant de nouveaux modèles y compris si possible l'immersion de navires dans un but de tourisme subaquatique (note de service DIREN 2007).

Les clubs martiniquais sont favorables à la mise en place d'épaves et de récifs artificiels pour limiter la fréquentation des sites naturels (Tableau 19).

Tableau 24. Nombre de clubs favorables à la mise en place de structures artificielles permettant la diversification des activités de plongée et la diminution de fréquentation des sites naturels.

	Epaves	Récifs artificiels
Oui	21	20
Non	0	1
NSP (ne sait pas)	0	1

Outre les clubs de plongée, le Comassub, présidé par Mme T. De Fabrique Saint-Tours, Le Président du Comité régional des pêches, M. R. Ademar (consulté oralement) et la Commission pêche, aquaculture et ressources marines du Conseil Régional, présidée par M. S. Bolinois, à travers son comité de pilotage "Récifs artificiels", sont favorables à la conduite d'actions expérimentales d'immersion d'épaves afin de décharger les sites de pêche ou de plongée (note de service DIREN 2007)¹⁷.

Deux navires potentiels en Martinique qui pourraient répondre à cette attente :

¹⁷ Programme d'actions national IFRECOR / Création de sites de plongée en immergeant des navires désaffectés/ DIREN Martinique 10/09/07.

- le chalutier "Cayola" immergeable à proximité du cantonnement de pêche de Case-Pilote.
La DRAM et la DIREN ont commencé à travailler de manière informelle sur ce projet :



Photo 29. L'épave du Caoyla à Case Pilote.

- le cargo "Master Endeavour" pour un site dans le secteur Sud :



Photo 30. Le Master Endeavour dans la baie de Fort de France.

Le maître d'ouvrage pressenti est le Conseil Régional (cofinancements envisageables : Europe, Etat, Région).

L'immersion d'épaves nécessite des fonds marins propices, généralement sableux. L'idéal est de positionner l'épave à proximité des zones de fortes fréquentations et à des profondeurs permettant une utilisation multi-niveaux. Ces trois critères ont permis d'identifier plusieurs secteurs potentiels (cartes 11 et 12), dont trois plus intéressants. Le premier (Zone

1) est localisé au large de l'Anse Dufour, le deuxième au Cap Salomon (Zone 2), à proximité du Nahoon et le troisième à Petite Anse d'Arlet (Zone 3).

Sur le littoral des Anses-d'Arlet, notamment au large de Petite Anse, des zones de fonds sableux s'étendent sur une longueur d'environ 1km à une profondeur comprise entre 30 et 50m, et sont situées aux alentours des zones les plus fréquentées, à distance raisonnable d'un grand nombre de clubs de plongée. Les trois conditions sont réunies pour envisager l'immersion d'une épave dans ce secteur. La troisième zone potentielle d'immersion se situe à la pointe de Petite Anse d'Arlet les fonds sableux s'étendent sur une grande surface, entre 30 et 50m. Petite Anse d'Arlet est située géographiquement entre les Anses-d'Arlet et le Diamant. Une épave à cet endroit pourrait désengorger la fréquentation du Rocher du Diamant et des sites des Anses d'Arlet.

Le secteur sud (commune de Rivière Pilote et Sainte Luce) est moins propice à la mise en oeuvre d'un tel projet en raison, d'une part, de la rareté des étendues sableuses et d'autre part, des nombreux usagers du milieu marin (pêche, plongée, navigation). Les secteurs 4, 5 et 6 pourraient toutefois remplir les conditions nécessaires à l'immersion, mais la faisabilité nécessite des études plus approfondies. Plusieurs réflexions sont menées en Martinique.

La spécificité du secteur nord repose en partie sur les épaves historiques de Saint Pierre. L'installation de nouvelles épaves permettrait de limiter l'usage des épaves historiques en bois qui se dégradent.

Les récifs artificiels appropriés favorisent l'augmentation de l'abondance de la faune et de la flore et pourrait engendrer des conflits d'intérêt entre les différents usagers, notamment entre plongeurs et pêcheurs. Outre la concertation entre structures et organismes compétents (associations, COMASSUB, CRPMEM, DDE, DIREN, DRAM, IFREMER, Conseil Régional, ...), des rencontres devront être organisées entre les différents usagers pour trouver des accords et s'entendre sur les conditions d'utilisation de ces nouvelles structures, de définir clairement les objectifs de ces aménagements. Des consultations publiques seront nécessaires afin d'optimiser les résultats attendus, d'assurer la sécurité des plongeurs et d'avoir une utilisation raisonnable et bénéfique pour tous.

En Australie, l'amélioration de l'impact socio-économique des récifs artificiels au sein du GBRMP repose sur plusieurs critères (Sutton et Bushnell 2007) :

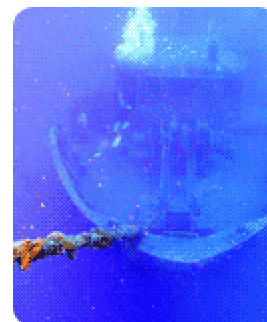
- l'évaluation de la demande en récif artificiel,
- la consultation des usagers et toute personne en relation avec la zone,
- une analyse coût-bénéfice,

- l'autorisation de l'immersion de récifs artificiels au sein du parc,
- impliquer les différents usagers dans le plan d'aménagement et la gestion des récifs artificiels,
- identifier les objectifs socio-économiques,
- considérer les problèmes socio-économiques locaux et les évaluer.

Tableau 25. Les épaves coulées sur les côtes de Guadeloupe.

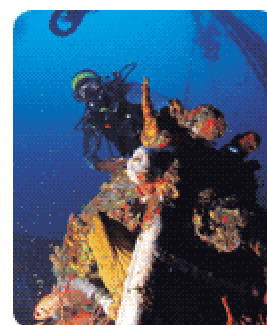
Le “Franjack”

Profondeur de la plongée : 20m. Sablière de 50 mètres de long. Posée sur un fond sableux. Plongée en pleine eau



Le “Gustavia”

Profondeur de la plongée : 40m. petit cargo de 48 mètres de long. Posé sur un fond sableux. Plongée en pleine eau

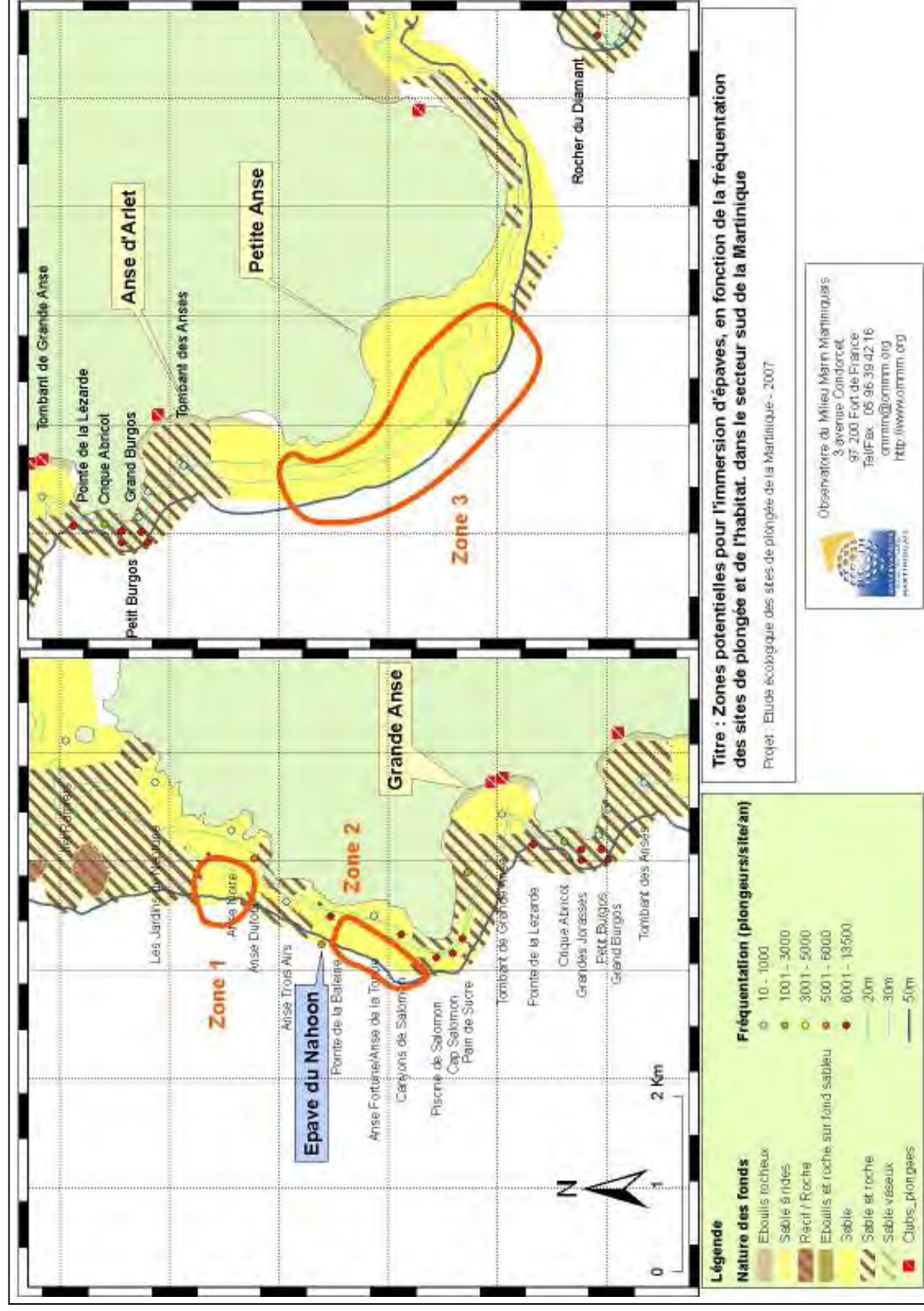


L’ “Augustin Fresnel”

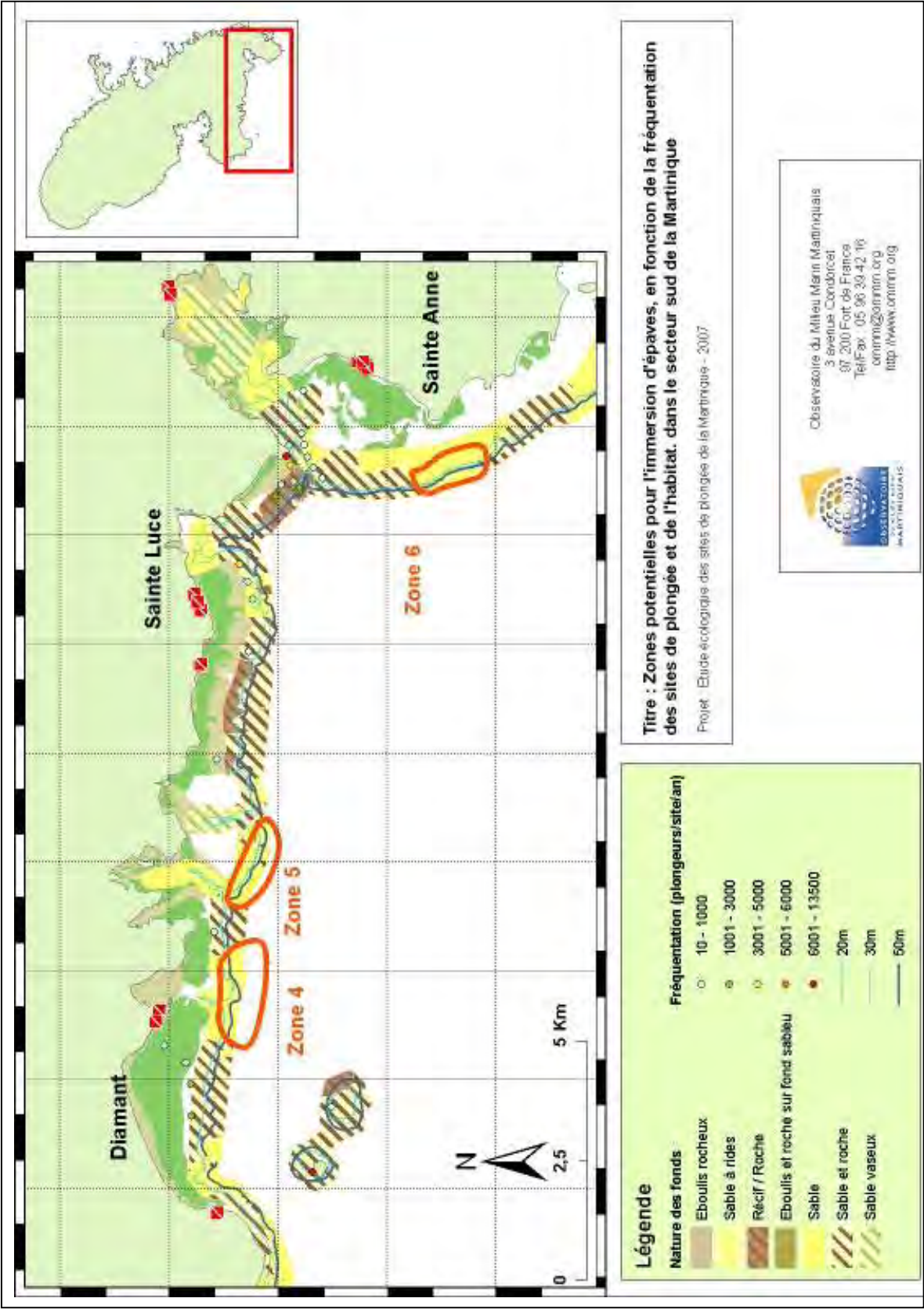
Profondeur de la plongée : 25 à 28 mètres. Bateau phare et balise. Plongée en pleine eau.



Dans le cadre d'une gestion intégrée, l'immersion d'épaves peut être bénéfique pour les pêcheurs, ces dernières permettant de délocaliser des plongeurs sur des sites non utilisés pour la pêche.



Carte 11. Zones potentielles pour l'immersion d'épaves en fonction de la fréquentation et de la nature des fonds, exemple du secteur sud ouest Caraïbe, Martinique



Carte 12. Zones potentielles pour l'immersion d'épaves en fonction de la fréquentation et de la nature des fonds, exemple du secteur sud Caraïbe, Martinique.

d) Les mouillages

Les jets d'ancre et de nombreux mouillages permanents mis en place par les clubs ont un impact négatif sur les écosystèmes marins (Davis 1977 ; Saphier and Hoffman 2005 ; OMMM 2006). Actuellement, les plus utilisés sont des corps morts non écologiques, matérialisés par des chaînes entourant des colonies coralliennes ou des roches et raccordées à une bouée de surface. Les dégâts occasionnés par ce type de dispositif sont très localisés, par rapport à ceux provoqués par des jets d'ancre répétitifs (hors zone de sable), mais les dégradations induites par ces systèmes sont importantes (Photographie 5). La chaîne racle les fonds et les colonies coralliennes se fragilisent. A moyen terme, il est nécessaire de trouver une nouvelle colonie plus résistante. Les "bouées" de surface (bouteilles/bidons en plastiques) servant au repérage des corps morts disparaissent fréquemment soit de façon volontaire, soit de façon accidentelle.

Différents types de mouillages écologiques existent sur le marché et permettent de limiter ces impacts : les corps morts ou gueuses en béton et de type "Reef Ball", les mouillages fixés dans la roche.



Photo 31. Exemple d'un corps morts matérialisé par une chaîne entourant une colonie corallienne. La zone de dégradation est visible autour du point d'attache où toute forme de vie est détruite sur une surface de plusieurs m².

Dans le nord, les mouillages ne concernent que les épaves de la baie de Saint-Pierre. Les autres sites en sont dépourvus, leur présence représentant une gêne pour les autres usagers, en particulier les pêcheurs. En effet, l'utilisation des filets (senne, filets de fonds) est peu compatible avec la présence de système d'ancrage dans la colonne d'eau. Les bouées et les cordages des mouillages gênent la navigation et l'avancée des filets, notamment sur les sites situés en face des plages. Les jets d'ancres sont donc systématiques dans le Nord. Les nombreuses étendues sableuses permettent toutefois de limiter l'impact des ancres et des chaînes.

Au Sud des Trois Ilets, les sites sont équipés de corps morts, la majorité étant installé et entretenu par les clubs locaux mais ne constituant pas des mouillages écologiques (Carte 13).

Rappel :

- 64 % des clubs martiniquais interrogés déclarent que la présence de mouillages est un critère déterminant dans le choix des sites,
- 88 % des mouillages présents sur les sites de plongée martiniquais sont "privés",
- Pour éviter le vandalisme et l'exploitation par les autres clubs, certains mouillages ont des bouées non signalées ou sous la surface. Cette disposition rend leur utilisation difficile. D'une part, un moniteur seul ne peut pas plonger pour rechercher le mouillage et laisser le bateau sans surveillance pour des questions de sécurité. D'autre part, les clubs des autres secteurs venant occasionnellement sur ces sites ne connaissent pas l'emplacement des mouillages.

(1) Aménagement réalisable à court terme

Dix mouillages fixés dans la roche (anneau en inox) ont été mis en place par le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres (CELRL) et la Direction de l'Environnement (DIREN) en 1998. Ces dispositifs d'amarrage étaient matérialisés par des anneaux en inox fixés dans la roche et reliés à des bouées de surface. Les mouillages ont été vandalisés, certains sont encore utilisés par les clubs alors que d'autres n'ont pas été retrouvés. Leur réaménagement est nécessaire afin d'éviter les jets d'ancre des clubs occasionnels et de faciliter l'exploitation des sites.

Les informations relatives aux lignes de mouillages sont données en Annexe 6 et l'estimation des coûts financiers est présentée dans le tableau 26.

Désignation	Prix unitaire TTC (EU)	Quantité	Montant TTC (EU)
Ligne de mouillage	735,04	10	7350,40
TOTAL			7350,40

Tableau 26. Coût financier (à titre indicatif au 01/04/08) pour le réaménagement des lignes de mouillages sur les anciens dispositifs d'amarrage DIREN/CELRL – hors coût d'installation (Source : SARL EquipBoat).

(2) Aménagement réalisable à long terme

A long terme, la mise en place de mouillages écologiques sur les sites surfréquentés et l'amélioration de leur signalisation (marquage et visibilité des bouées) sont nécessaires, (Recommandations techniques en Annexe 6). Les besoins en dispositifs de mouillages diffèrent en fonction du secteur géographique et de la nature des fonds (substrat meuble ou dur).

Les sites du secteur Nord caraïbe présentent de nombreuses étendues sableuses, permettant la mise en place de mouillages spécifiques (corps-mort ou ancre hélicoïdale). Il a été estimé que 40 corps-morts au minimum sont nécessaires à l'équipement des sites. Les informations relatives aux mouillages écologiques sont en Annexe 6 et l'estimation du coût financier de cet aménagement est présentée dans le Tableau 27.

Désignation	Prix unitaire TTC (EU)	Quantité	Montant TTC (EU)
Ancre type "VLM" ou corps-mort béton 500 kg	335	40	13 400
Ligne de mouillage	735,04	40	29 401,60
Forfait installation	9982	1	9 982
Forfait étude préliminaire (repérage & géoréférencement) et travaux cartographique	2929,5	1	2 929,5
TOTAL			55 713,10

Tableau 27. Coûts financiers (à titre indicatif au 01/04/08) pour l'installation de mouillages écologiques (type ancre "VLM" ou corps-mort en béton) sur la base de 40 unités – hors coût de marquage (signalisation du propriétaire et autres indications) des bouées (Source : SARL EquipBoat).

Remarque :

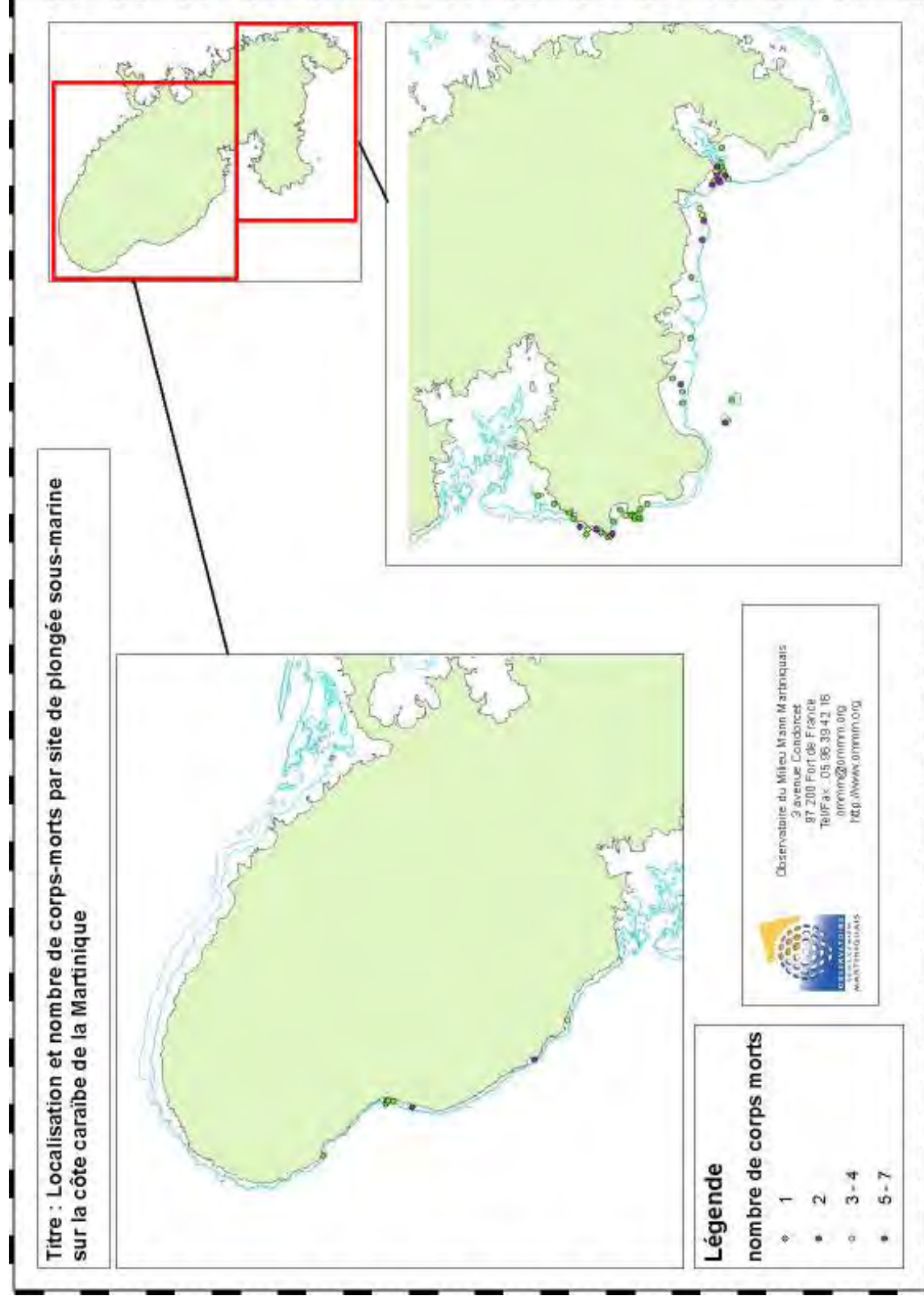
Au sein de la communauté des plongeurs, des conflits relatifs à l'entretien des mouillages ont été rapportés, notamment pour la zone sud Caraïbe. Tous les clubs ne

participent pas à l'entretien, et ceux qui les ont posés se les approprient. Il en résulte parfois des conflits d'occupation.

La mise en place de ces dispositifs doit être confiée à une entreprise professionnelle, nécessitant parfois l'utilisation de système hydraulique et d'un scaphandrier.

La gestion du projet devrait se faire sous la tutelle d'une structure, tel le Comassub, qui assurerait la maîtrise d'ouvrage, la concertation entre les clubs et l'entretien après installation. L'installation doit être faite en concertation avec les pêcheurs, surtout sur les sites localisés en face des plages.

L'entretien des dispositifs d'amarrage peut se faire par une entreprise privée ou par les clubs. Le financement pourrait être à la charge des clubs et/ou des autorités publiques (Europe, Etat, Région).



Carte 13. Localisation et nombre de corps-morts par site de plongée sur la côte Caraïbe de la Martinique

e) Aires marines protégées (AMP)

Parmi les mesures de gestions existantes, les Aires Marines Protégées sont celles qui se développent le plus, avec un essor exponentiel depuis la fin des années 80. Dans la région Caraïbe, 285 AMP ont été mises en place, protégeant environ 20% des récifs. Une AMP est un espace réglementé avec un zonage des différents types d'usages. Ce zonage comprend des zones intégrales où toute activité (ou un type d'activité) est interdite, des zones tampons ou certaines pratiques sont autorisées (soit par type d'activité soit par période) et des zones ouvertes à toutes activités. Cette délimitation nécessite la participation de tous les usagers et de la population concernée.

Les AMP ont des répercussions sur le développement économique local mais également sur l'état écologique de l'environnement marin. Une AMP peut favoriser le développement de l'écotourisme et/ou la restructuration de l'activité de pêche, aboutissant à une augmentation de la biomasse des espèces, à la conservation de la biodiversité, à la réhabilitation de l'écosystème et à la préservation des habitats. De nombreux exemples à travers le monde illustrent ces bénéfices.

Des exemples de mauvaise gestion montrent des conséquences beaucoup plus néfastes par rapport à la situation initiale. Le développement des activités peut engendrer des problèmes de gestion de la fréquentation touristique. La surfréquentation des sites protégés peut avoir des impacts sur les populations biologiques et diminuer l'attractivité des endroits adjacents.

Le programme « Reef at Risk in the Caribbean » a évalué l'efficacité de gestion des AMP dans la région Caraïbe. Sur l'ensemble des AMP évaluées, près de la moitié ont un système de gestion inadapté et seul 5% ont une gestion appropriée (Burke and Maidens 2004).

La gestion d'une AMP peut englober plusieurs outils : sensibilisation, mise en place de mouillages écologiques, signature d'une charte et gestion de la fréquentation des sites. Assurer une gestion adéquate consiste à établir des réglementations judicieusement choisies et adaptées à la population locale, à sa culture et à ses pratiques. Les outils économiques et écologiques sont utilisés pour gérer les stocks des ressources halieutiques. La plupart des AMP bénéficiant d'un type de gestion adapté nécessitent des financements spécifiques (installation et entretien des mouillages écologiques, surveillance de la zone, études scientifiques nécessaires au suivi de l'état de santé des sites, rémunération des personnels).

Une des solutions ayant été développée pour permettre le financement des AMP a été la « taxe usagers ». L'application de taxes sur la plongée dans les zones de réserves est largement utilisée par les gestionnaires des AMP et reconnu comme un bon moyen de

financement. (Depondt and Green 2006). Cependant le consentement à payer pour plonger dans une zone protégée peut présenter un risque de surfréquentation si une politique de gestion de la fréquentation n'est pas établie (Depondt and Green 2006).

La deuxième difficulté est de trouver un compromis entre un prix assez élevé pour permettre l'autofinancement de l'AMP, et un prix raisonnable pour ne pas avoir d'effet négatif sur le flux touristique. L'enquête a montré que 33,6% des clients (n=101) dont 40% de visiteurs, trouvent que la plongée est une activité onéreuse (tableau 26).

Tableau 28. Evaluation du prix de la plongée par les plongeurs.

Perception du prix de la plongée par les plongeurs				
Type de clientèle	Bon marché	Cher	Raisonné	NSP
Résidents	7,41%	27,78%	61,11%	3,70%
Visiteurs	2,13%	40,43%	53,19%	4,26%
Total	4,95%	33,66%	57,43%	3,96%

Le tableau 27 montre que 80% des personnes interrogées seraient favorables à la mise en place d'une taxe pour contribuer à la préservation de l'environnement. La valeur maximale acceptable de la taxe pour les plongeurs se situe entre 1 et 10 euros (54% des personnes). Vingt pour cent des enquêtés ne se prononce pas sur le prix. Ce chiffre est élevé, montrant une certaine réticence à la mise en place d'une taxe, tout en étant conscient de l'importance d'une zone protégée.

Tableau 29. Consentement de la valeur maximale acceptable de la taxe pour les plongeurs.

Montant de la taxe	gratuité	1€	1,5€	2€	3€	5€	8€	10€	15€	20€	50€	NSP
% des plongeurs	22	9	1	7	7	21	1	9	1	3	1	19

56% des plongeurs effectuent entre 1 et 5 plongées. En prenant comme taxe moyenne de plongée en Martinique une redevance de 5€ (taxe annuelle qui permet de plonger autant de fois qu'on le souhaite et valable une année) qui serait payée par environ 80.000 plongeurs pourrait générer un volume de financements équivalent à 400.000 €. Cette somme couvrirait largement les besoins en entretien des mouillages, suivis des sites de plongée, élaboration de plaquettes de sensibilisation, gestion d'aires protégées ...

Une réflexion est menée par le Conseil Régional de Martinique sur deux projets de création de réserves marines régionales.

Le premier concerne le nord Caraïbe, commune du Prêcheur et le second le récif Sud Caraïbe de Sainte Luce. Le secteur Nord engloberait le site de "la Citadelle" et le rocher "la Perle" (classement ZNIEFF en 2007). Ces sites présentent des caractéristiques écologiques justifiant la mise en place d'une réserve.

Le projet de réserve Sud s'étend sur les communes de Sainte Luce, Rivière Pilote et le Marin. Ce secteur est caractérisé par la présence de récifs bio-construits présentant un intérêt économique et écologique important (classement ZNIEFF en 2005). Les activités halieutiques, nautiques et subaquatiques sont très développées.

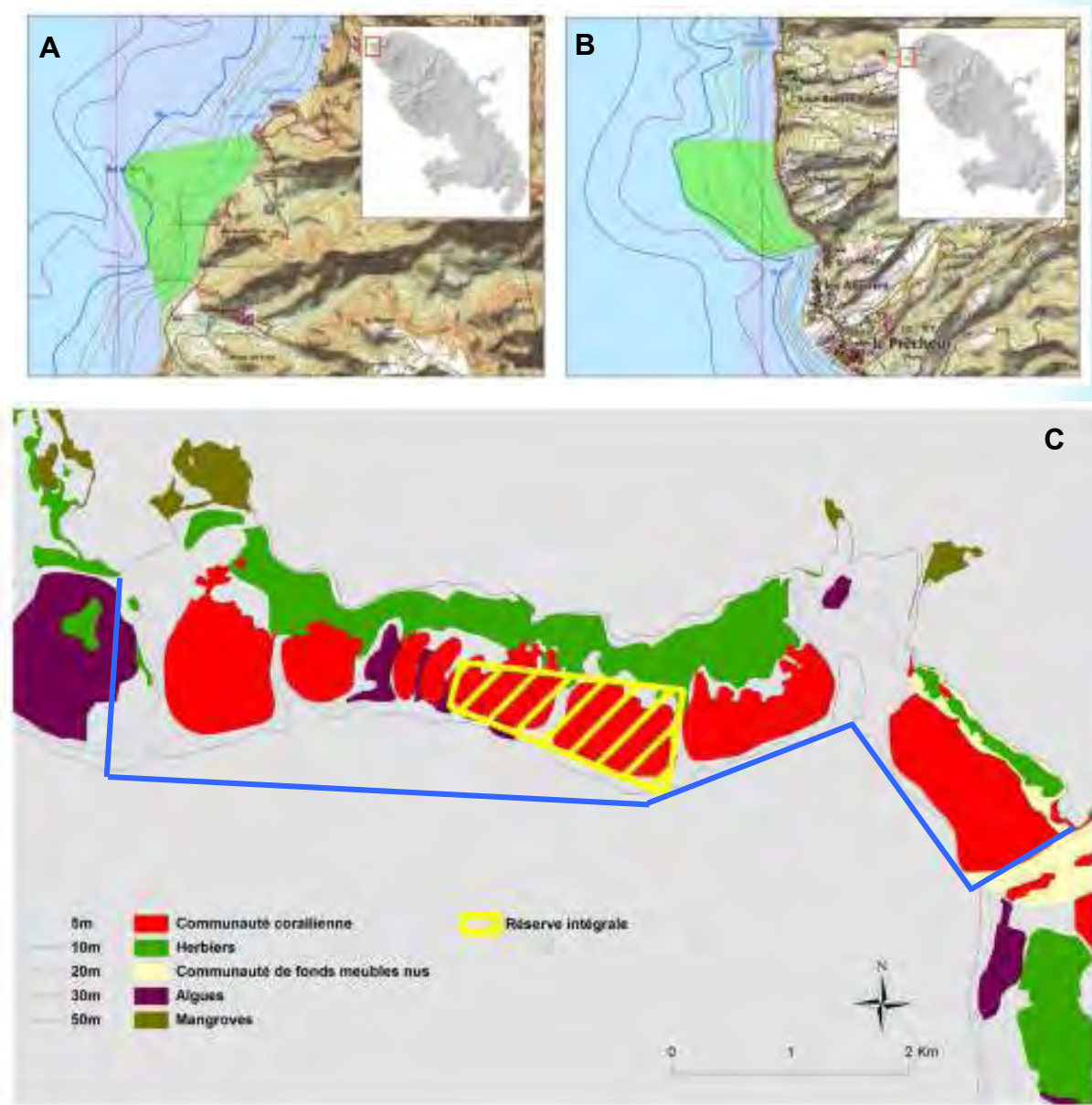
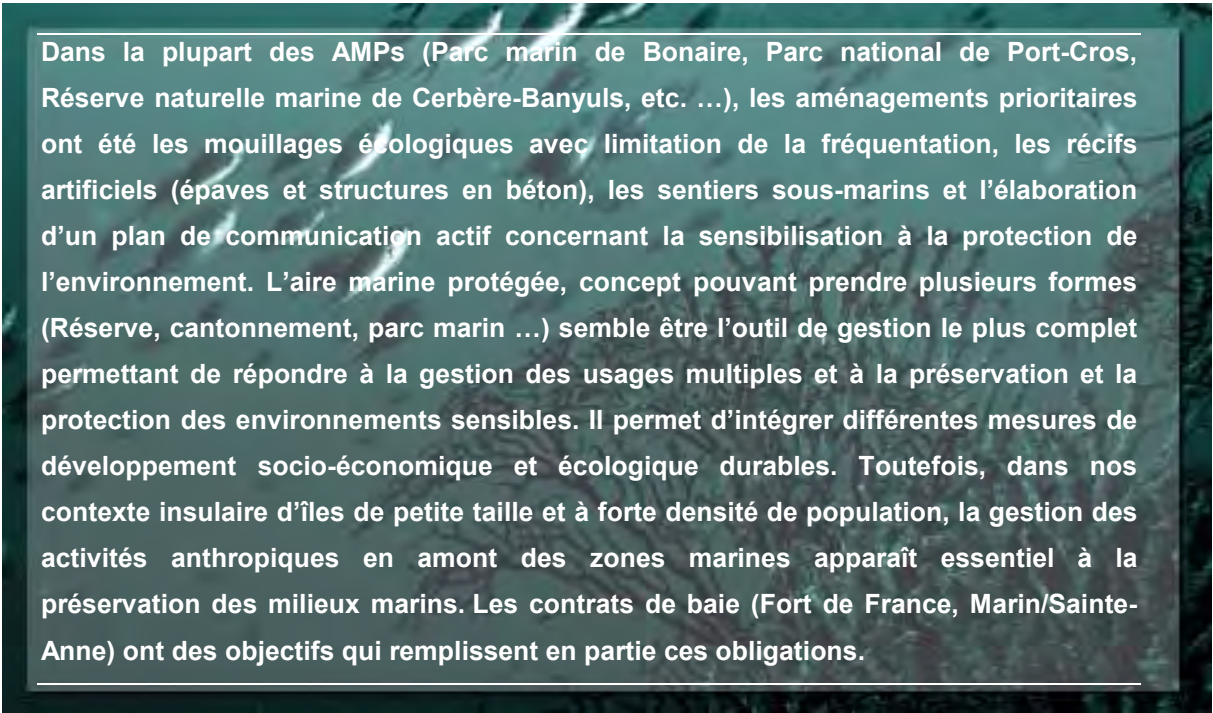


Figure 51. Périmètres pressentis des zones de réserves marines régionales du nord (A – La Perle/Sous-marin et B - Citadelle) et du sud (C – Sainte Luce) de la Martinique. Le projet sud ne fait apparaître que la zone intégrale. Le périmètre de la réserve suivrait l'isobathe 50m au large.

Ces projets de réserves ont pour objectifs la restauration écologique, la protection des peuplements de poissons et ressources exploitées et le développement durable des activités

économiques. La délimitation des zones, la réglementation et la fréquentation sont en cours de discussion en concertation avec la population locale au travers d'un processus de consultation participative.



Dans la plupart des AMPs (Parc marin de Bonaire, Parc national de Port-Cros, Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls, etc. ...), les aménagements prioritaires ont été les mouillages écologiques avec limitation de la fréquentation, les récifs artificiels (épaves et structures en béton), les sentiers sous-marins et l'élaboration d'un plan de communication actif concernant la sensibilisation à la protection de l'environnement. L'aire marine protégée, concept pouvant prendre plusieurs formes (Réserve, cantonnement, parc marin ...) semble être l'outil de gestion le plus complet permettant de répondre à la gestion des usages multiples et à la préservation et la protection des environnements sensibles. Il permet d'intégrer différentes mesures de développement socio-économique et écologique durables. Toutefois, dans nos contextes insulaires d'îles de petite taille et à forte densité de population, la gestion des activités anthropiques en amont des zones marines apparaît essentiel à la préservation des milieux marins. Les contrats de baie (Fort de France, Marin/Sainte-Anne) ont des objectifs qui remplissent en partie ces obligations.

Bibliographie

AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment), 2000, Site Internet <http://www.coral.noaa.gov/agra/method/methodcor.htm>.

Ahmed M.C., Chong C.K., Cesar H., 2004, Economic Valuation and Policy Priorities for Sustainable Management of Coral Reefs. WorldFish Center, Penang, Malaysia, 218 p.

Alevizon W.S. and Brooks M.G., 1975, The comparative structure of two western Atlantic reef fish assemblages, *Bulletin of Marine Science*, 25(4) : 482-490.

Anonyme, 1998, Synthèse de la qualité des eaux et des milieux aquatiques de la Martinique, Fort de France, SIEE, 59p.

Barbet C., 2006, Etude de faisabilité d'un sentier sous-marin pédagogique sur le site de la Pointe Borgnesse (Marin). Projet tutoré de Licence Professionnelle. UAG/OMMM. 62 p. et annexes.

Barker N. H.L., Roberts C. M., 2004, Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs, *Biological Conservation* 120, 481-489

Battistini R., 1978, Les récifs coralliens de la Martinique : comparaison avec ceux au sud-ouest de l'Océan Indien, *Cah. O.R.S.T.O.M., sér Océanogr.*, vol. XVI, n°2, 157-177.

Bouchon C., Bouchon-Navarro Y., Louis M., 2003, Manuel technique d'études des récifs coralliens de la région caraïbe. 56 p.

Bouchon C., Laborel J., 1986, Les peuplements coralliens des côtes de la Martinique, *Ann. Inst.Océanogr. Paris*, 62 (2) :199-237.

Brugneaux S., Pierret L., Mazataud V., 2004, Les agressions d'origine anthropique sur le milieu marin côtier et leurs effets sur les écosystèmes coralliens et associés de la Martinique.- Les cahiers de l'Observatoire, N°1, Edition 2004.- Fort de France : Observatoire du Milieu Marin Martiniquais, 96p.

Burke L., Maidens J., 2004, Chapter 5. Economic implications of coral reef degradation. p.52-60 In : *Reefs at Risk in the Caribbean*. World Resources Institute.

Burrige C.Y., Pitcher C.R., Wassenberg T.J., Poiner I.R., Hill B.J., 2003, Measurement of the rate of depletion of benthic fauna by prawn (shrimp) otter trawls: an experiment in the Great Barrier Reef, Australia, *Fisheries Research*, 60, 237-253.

CARICOMP (Caribbean Coastal Marine Productivity), 2001, Manual of methods for mapping and monitoring of physical and biological parameters in the coastal zone of the Caribbean.

Cesar H.S.J., Burke L., Pet-Schoede L., 2003, The economics of worldwide coral reef degradation, Cesar Environmental Economics Consulting (CEEC), WWF Netherlands.23 p

Chiappone M., Dienes H., Swanson D.W., Miller S.L., 2005, Impacts of lost fishing gear on coral reef sessile invertebrates in the Florida Keys National Marine Sanctuary, *Biological Conservation* 121, 221-230

Dameron O.J., Parke M., Albins M.A., Russell Brainard R., 2007, Marine debris accumulation in the Northwest Hawaiian Islands: An examination of rates and processes, *Marine pollution bulletin* 54, 423-433.

- Davenport J., Davenport J. L., 2006, The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67, 280-292
- Davies P.S., 1990, A rapid method for assessing growth rates of corals in relation to water pollution, *Marine Pollution Bulletin*, Vol 21, N°7, pp. 346-348.
- Davis G.E, 1977, Anchor damage to a coral reef on the coast of Florida, *Biol. Conserv*, (11).
- Davis D., Tisdell C., 1995, recreational scuba-diving and carrying capacity in marine protected area, *Ocean and Coastal management*, vol. 26, N°1, pp. 19-40.
- Davis D., Tisdell C., 1996, Economic Management of Recreational scuba diving and the Environment, *Journal of Environmental Management*, 48, 229-248.
- Dean, L., 1983. Undersea oases made by man: artificial reefs create new fishing grounds, *Oceans* 26, 27-29.
- Depondt F., Green E., 2006, Diving user fees and the financial sustainability of marine
- Edinger E. N., Limmon G. V., Jompa J., Widjatmoko W., Jeffrey M. Heikoop J. M., Risk M. J., 2000, Normal Coral Growth Rates on Dying Reefs: Are Coral Growth Rates Good Indicators of Reef Health?, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 40, No. 5, pp. 404-425.
- Hall V.R., 1997, Interspecific differences in the regeneration of artificial injuries on scleractinian corals, *Journal of experimental marine biology and ecology*, 212, 9-23.
- Hall V.R., 2001, The response of *A. hyacinthus* and *Montipoa tuberculosa* to three different types of colony damage : scraping injury, tissue mortality and breakage, *Journal of experimental Marine Biology and ecology*, 264, 209-223.
- Harriott V.J., Davis D., Banks S. A., 1997. Recreational Diving and its impact in Marine Protected Areas in Eastern Australia. *Ambio* Vol 26 (3).
- Hawkins J. Roberts, C.M., 1992, Effects of recreational SCUBA diving on fore-reef slope communities of coral reefs, *Biological Conservation*, 62, 171-178.
- Hawkins, J.P., Roberts, C.M., 1994. The growth of coastal tourism in the Red Sea: present and future effects on coral reefs. *Ambio* 23 (8), 503–508.
- Hawkins, J., Roberts, C.M., 1997, Estimating the carrying capacity of coral reefs for SCUBA diving, *Proceedings of the Eighth International Coral Reef Symposium* 2, 1923–1926.
- Humann P., 1993, invertébrés coralliens – identification- Floride Caraïbes Bahamas.
- IFRECOR, 1998, L'état des récifs coralliens en France Outre-mer, ICRI.
- Jackson L.A., Tomlinson R., Turner I., Corbett B., D'Agata M., McGrath J., 2005, Narrowneck artificial reef results of 4 yrs of monitoring and modifications, *Proceeding of the 4th International Surfing Reef Symposium* 12-14 January 2005 Manhattan Beach, California, USA.
- Laborel J. et al., 1984, Mission CORANTILLES II sur les côtes de la Martinique, du 18 décembre 1983 au 6 janvier 1984. COREMA, UAG, Université d'AIX-MARSEILLE II, 250p.
- Littler D. S. and M. M. Littler, 2000, *Caribbean Reef Plants*, OffShore Graphics, Inc., P.O. Box 6139 Washington, D. C. 20044-6139, U.S.A., 542p.
- Loya Y., 1976, Skeletal regeneration in a Red sea scleractinian coral population, *Nature*, Vol 261, 490-491.
- Mangi S.C. and Roberts C.M., 2006, Quantifying the environmental impacts of artisanal fishing gear on Kenya's coral reef ecosystems, *Marine pollution Bulletin*, 52, 1646-1660.

Mazataud V., 2001, Mise en valeur de l'environnement sous-marin martiniquais, faisabilité d'un sentier d'interprétation sous-marin. Mémoire de fin d'études d'ingénieur Agro ISAB : Parc naturel Régional de la Martinique et Centre Régional Universitaire de Formation Permanente du Languedoc-Roussillon, 128 p.

Medio D., Ormond R.F.G., Pearson M., 1997, effect of briefings on rates of damage to corals by scuba divers, *Biological Conservation*, 79, 91-95.

Meesters, E.H., Wesseling I., Rolf P.M., Bak R.P.M., 1997, Coral colony tissue damage in six species of reef-building corals: partial mortality in relation with depth and surface area, *Journal of Sea Research* 37, 131-144.

Meesters, E.H., Bak, R.P.M., 1993. Effects of coral bleaching on tissue regeneration potential and colony survival, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 96, 189–198.

Mottet, M.G., 1985. Enhancement of the marine environment for fisheries and aquaculture in Japan. In: D'Itri, F.M. (Editor), *Artificial Reefs: Marine and Freshwater Applications*. Lewis Publications, Chelsea, MI, pp. 13-112.

Mumby P.J., Hedley J.D., Zychaluk K. Harborne A.R., Blackwell P.G., 2006, Revisiting the catastrophic die-off of the urchin *Diadema antillarum* on Caribbean coral reefs: Fresh insights on resilience from a simulation model, *Ecological Modelling* 196, 131-148.

ORGFH : Orientations Régionales de Gestion de la Faune sauvage et de l'amélioration de la qualité de ses Habitats, DIREN : Direction Régional de l'Environnement, Etat des lieux de la Martinique.

OMMM 2004, fréquentation des sites de plongée de la Martinique, 43p.

OMMM 2006, Synthèse des types de corps morts permanents pour le mouillage des bateaux de plongée sur les côtes de Martinique. Rapport DIREN-OMMM novembre 2006, 15 p.

OMMM 2006, Suivi écologique des herbiers de la côte Sud Caraïbe de la Martinique et impact des ancrages de bateaux de plaisance, 46p.

Petrosillo I., Zurlini G., Corlian M.E., Zaccarelli N., Dadamo M., 2007, Tourist perception of recreational environment and management in a marine protected area, *Landscape and Urban Planning*, 79, 29–37.

Rogers C.S., Gilnack M., Carl Fitz H., 1983, Monitoring of coral reefs with linear transects: a study after damage, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, Vol. 66, 285-300.

Rogers C.S., 1985, Degradation of Caribbean and western Atlantic coral reefs and decline of associated fisheries, In proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Vol. 6, Tahiti, pp. 491-496.

Rose CS, Risk MJ., 1985, Increase in *Cliona delitrix* infestation of *Montastrea cavernosa* heads on an organically polluted portion of the Grand Caymans. *Marine Ecology*, 6, 345–63.

Rouphael A.B., Inglis G.J., 1997, impacts of recreational scuba-diving at sites with different topographies, *Biological Conservation* 82, 329-336.

Rouphael A.B., Inglis G.J., 2001, "Take only photograph and leave footprints"? : An experimental study of the impacts of underwater photographers on coral reef dive sites, *Biological Conservation*, 100, 281-287.

Russ, G.R., Alcala, A.C., 1989, Effects of intense fishing pressure on an assemblage of coral reef fishes, *Marine Ecology Progress, Series* 56, 13–27.

Sammarco P.W., 1980, *Diadema* and its relationship to coral spat mortality: grazing, competition, and biological disturbance, J. exp. mar. Biol. Ecol., Vol 45. pp. 245-272.

Saphier A.D., Hoffmann T.C., 2005, Forecasting models to quantify three anthropogenic stresses on coral reefs recreation: anchor damage, diver contact and copper emission from antifouling paint, Marine pollution bulletin, 590-598.

Schleyer, M.H., Tomalin, B.J., 2000, Damage on South African coral reefs and an assessment of their sustainable diving capacity using a fisheries approach, Bulletin of Marine Science, 67, 1025–1042.

Sebens K.P., Witting J., Helmuth B., 1997, Effects of water flow and branch spacing on particule capture by the reef coral *Madracis mirabilis* (Duchassing and Michelotti), Journal of experimental Marine Biology and Ecology, 211, 1-28.

Serour R. K., 2004. An Environmental Economic Assessment Of The Impacts Of Recreational Scuba Diving On Coral Reef Systems In Hurghada, The Red Sea, Egypt. Master of Science. 63 pp.

Sutton SG, Bushnell SL. Socio-economic aspects of artificial reefs: Considerations for the Great Barrier Reef Marine Park, Ocean and Coastal Management (2007), doi:[10.1016/j.ocecoaman.2007.01.003](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2007.01.003).

Tratalos J.A., Austin T.J., 2001, Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman, Biological Conservation, 82, 329-336.

Vacelet, J. 1984, Etude préliminaire des spongiaires de Martinique, in Laborel, J. Mission Corantilles II sur les côtes de la Martinique.

Van Treeck P., Schuhmacher H., 1999, Mass diving tourism – A new Dimension calls for new management approaches, Marine Pollution Bulletin Vol. 37, Nos. 8-12, 499-504.

Williams I. D., Polunin N. V.C., 2000, Differences between protected and unprotected reefs on the western Caribbean in attributes preferred by dive tourists, Environmental Conservation, 27, 382–391.

Wilkinson C., Souter D., 2008, Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005, UNESCO-sponsored programmes and publications, GCRMN, Townsville, Australia, 148 p.

Woodley, J.D., Chornesky, E.A., Clifford, P.A., Jackson, J.B.C., Kaufman, L.S., Knowlton, N., Lang, J.C., Pearson, M.P., Porter, J.W., Rooney, M.C., Rylaarsdam, K.W., Tunnicliffe, V.J., Wahle, C.M., Wulff, J.L., Curtis, A.S.G., Dallmeyer, M.D., Jupp, P.B., Koehl, M.A.R., Neigel, J., Sides, E.M., 1981, Hurricane Allen's impact on Jamaican coral reefs, Science, 214, 749–755.

Zakai D., Chadwick-Furman N. E., 2002, Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea, Biological Conservation, 105, 179–187.

Références internet

Portails web sur la plongée :

NOAA National Oceanic & Atmospheric Administration/ NOAA Dive Page : www.dive.noaa.gov

www.plongeeonline.com

Index des abréviations

CMAS : Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques

ICRI : International Coral Reef Initiative

GCRMN : Global Coral Reef Monitoring Network

FFESSM : Fédération Française d'Etudes et des Sports Sous Marins

PADI : Professional Association of Diving Instructors

Annexes

Annexe 1 : Evaluation socio-économique du tourisme de la plongée sous-marine en Martinique. Questionnaire destiné aux clubs de plongée.	146
Annexe 2 : Evaluation socio-économique du tourisme de la plongée sous-marine en Martinique. Questionnaire destiné aux plongeurs fréquentant les clubs martiniquais.	151
Annexe 3 : diaporama pour la question 13 du "questionnaire plongeur" (Annexe 2). Liste de photographies d'organismes à identifier par les plongeurs.	156
Annexe 4 : niveaux de formation technique des plongeurs	156
Annexe 5 : modèle d'annexe à la Charte Internationale du Plongeur Responsable pour la région Martinique.	157
Annexe 6 : mouillages écologiques permanents – réglementation et estimation des coûts relatifs à leur mise en place.	158
Annexe 7 : liste des 22 clubs ayant participé à l'enquête	163
Annexe 8 : liste des 13 autres clubs n'ayant pas participé à l'enquête	167

Annexe 1 : Evaluation socio-économique du tourisme de la plongée sous-marine en Martinique. Questionnaire destiné aux clubs de plongée.

A. Organisation générale du club

- 1- Quel est le type de structure du club ?
- Association - Club commercial
- Autre : _____
- 2- Sa date de création ?
- 3- Quels sont les jours d'ouverture ?
- 4- Quels sont les horaires de plongées ?
- De jour - De nuit
- 5- Quelle est votre structure d'accueil ?
• Vous avez un bureau ouvert toute la journée ;
• Vous êtes joignable uniquement par portable et le club est ouvert uniquement avant et après la plongée.
- 6- Avez-vous un site Internet ?
Oui Non

Nom du site :

- 7- Faites vous parti d'un regroupement de clubs de plongée ?
Oui Non
- 8- Si oui, lequel ?
- 9- Quelles sont les offres que vous proposez ?
• Pass Madinina ;
• Tarif de groupe ;
• Package (vol+hébergement+plongée) ;
• Forfait plongées;
• Sortie à la journée
• Autres : _____
- 10- Quelle est la période de plus forte fréquentation pour votre club ?
• Vacances de Noël ;
• Carnaval ;
• Mars à Mai
• Vacances de juin à août ;
• Septembre à Novembre

- 11- Est-t-il possible d'avoir une formation au sein de votre club ?
Oui Non

Si oui :

11a) Jusqu'à quel niveau de formation ? _____

11b) Quel type de clientèle formez-vous en général ?

- Des touristes
- Des locaux

12- Combien de moniteur(s) salarié(s) avez-vous au sein du club ?

13- Quel est le nombre total de sites que vous fréquentez ?

14- Quels sont ceux que vous fréquentez le plus ?

15- Pour quelles raisons ?

16- Combien de sites utilisez-vous pour vos baptêmes ?

17- Quels sont –ils ?

B. Sensibilisation à l'environnement

18- Avez-vous une politique de sensibilisation à la protection de l'environnement ?

Oui

Non

19- Quel est le type de sensibilisation à l'environnement au sein de votre club ?

- Recommandation orale occasionnelle ;
- Poster affiché dans le club ;
- Distribution de brochure(s) ;
- Briefing systématique sur l'environnement avant chaque plongée ;
- Plaquelette immergeable disponible pour le public ;

20- Que faites-vous lorsque vous voyez un plongeur qui tente de toucher un organisme vivant ?

21- Les moniteurs possèdent-ils une formation ou une connaissance quelconque en termes d'environnement (marin ou autre)

Oui

Non

22- Si non, pensez-vous qu'une formation soit nécessaire ?

Oui

Non

23- Connaissez-vous l'Observatoire du Milieu Marin Martiniquais (OMMM)

Oui

Non

24- Connaissez-vous le « Recueil des manuels de biologie du moniteur ? »

Oui

Non

25- Connaissez-vous le « guide des usages en mer » ?

Oui

Non

C. Etat actuel et évolution de l'activité de plongée

26- Sur l'ensemble des sites que vous fréquentez, avez-vous observé un changement de l'état des fonds marins ?

Oui

Non

27- Si oui, est-ce une amélioration ou une dégradation ?

27a) Trouvez-vous que ces changements se font :

- Très rapidement (< 5 ans) :
- Rapidement (5 à 10ans) :
- Progressivement (10 à 20 ans) :
- Lentement (> 20 ans) :

Si possible donnez des noms de sites en rapport avec cette évolution.

27b) Pensez-vous que les plongeurs jouent un rôle sur l'état de santé de ces sites ?

Oui

Non

28- Pensez-vous qu'il existe des conflits d'exploitation de certains sites avec :

- Les autres clubs ?
- Les pêcheurs ?
- Les autres usagers ?

29- Selon vous, quels facteurs peuvent avoir un impact négatif sur votre activité ?
(Classez de 1 à 5 les différentes propositions du plus important (1) au moins important (5))

- Les conflits plongeurs – pêcheurs
- Les conflits plongeurs – plongeurs
- Les conflits avec d'autres usagers de la mer
- La dégradation des fonds marins
- La surfréquentation d'un site

30- Toujours selon vous, quels facteurs peuvent freiner la fréquentation d'un site ?
(Classez de 1 à 4 les facteurs du plus important (1) au moins important (4))

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| - L'éloignement des sites | - L'absence de corps morts ; |
| - La dégradation du milieu | - La surfréquentation. |
| - Autres : | |

D. Organisation et aménagements de l'activité de plongée

31- Existe-t-il des concertations entre les différents clubs pour la répartition de la fréquentation des sites ?

Oui

Non

32- Pensez-vous qu'il soit possible de réaliser des plannings mensuels (ou autres) pour la fréquentation des sites ?

Oui

Non

33- Pensez-vous que ces plannings seraient utiles ?

Oui

Non

34- Comment s'est fait le choix de l'ensemble de vos sites ?

35- Sur les sites que vous fréquentez, existe-t-il des mouillages ?

- Oui sur la totalité

- Autant de sites avec que sans mouillages
mouillages

- Aucun mouillage.

- Oui sur la majorité

- Peu de sites avec

36- La présence de mouillages est-elle un critère déterminant dans le choix de vos sites ?

Oui

Non

37- Par qui ces mouillages ont été mis en place ?

- Par vous
- Par différents clubs
- Par les collectivités publiques
- Autres :

38- De quel type de mouillage s'agit-il ?

- Mouillages fixés aux colonies coralliennes (chaîne directement attachée au substrat) ;
- Mouillages fixés sur la roche (anneau en acier fixé dans la roche)
- Les gueuses (flotteur fixé à un bloc de béton) ;
- Autres :

39- En arrivant sur un site, vous vous apercevez que votre mouillage a disparu, que faites-vous ?

- Vous changer de site
- Vous restez sur ce site et utilisez les mouillages des autres clubs
- Vous restez sur ce site et vous jetez l'ancre
- Autre :

Dans de nombreux endroits, se créent des réserves marines des aires marines protégées (AMP), c'est à dire des zones où un ou plusieurs usages du milieu marin sont réglementés. Ces AMP permettent une protection du milieu naturel et contribuent à un renouvellement des ressources (poissons, coquillages, coraux, etc. ...). Un zonage est généralement établi de zones dites intégrales où toute activité est interdite, et de zones réglementées où certains usages peuvent être admis selon certaines conditions (par exemple plongée avec signature d'une charte de bonne conduite).

39a) Etes-vous au courant de la consultation publique autour des projets de réserves naturelles régionales en Martinique ?

Oui

Non

39b) Pensez-vous que le statut de réserve soit favorable au renouvellement des ressources, et à la préservation de la qualité du milieu ?

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| - Oui très efficace | - Oui plutôt efficace |
| - Moyennement efficace | - Très peu efficace |
| - Pas du tout efficace | |

39c) Pensez-vous que des zones intégrales d'interdiction de pêche au sein de la réserve soient utiles pour la protection des ressources et du milieu ?

Oui

Non

39d) Pensez-vous que des zones intégrales d'interdiction de plongée au sein de la réserve soient utiles pour la protection des ressources et du milieu ?

Oui

Non

Si non :

39e) Pensez-vous que l'immersion d'épaves ou de récifs artificiels, pour limiter la surfréquentation de certains sites, pourrait compenser ces limitations?

Oui

Non

Annexe 2 : Evaluation socio-économique du tourisme de la plongée sous-marine en Martinique. Questionnaire destiné aux plongeurs fréquentant les clubs martiniquais.

A. Informations générales des plongeurs

1. Nom du site que vous venez de voir :

2. Pays et/ou région d'origine :

3. Quel âge avez-vous ?

- <15 ans

- 15 à 30 ans

- 31 à 59 ans

- >60ans

4. Votre ancienneté en tant que plongeur est :

- De moins de 10 plongées

- Entre 11 et 50 plongées

- Entre 51 et 100 plongées

- De plus de 100 plongées

5. Niveau du plongeur :

- Baptême

- Niveau 1

- Niveau 2

- Niveau 3

- Niveau 4

- Autre :

Questions réservées aux touristes

6. Est-ce la première fois que vous venez en Martinique ?

Oui

Non

7. Que vous y plongez ?

Oui

Non

8. Nombre total de plongées réalisées en Martinique :

8a) Pendant ce séjour :

1

2 à 5

6 à 10

>10

8b) Sur l'ensemble de vos séjours en Martinique :

1

2 à 5

6 à 10

>10

Questions réservées aux résidents

9. Plongez vous régulièrement ?

a. Tous les week-ends

- b. Quelques fois dans la semaine
- c. Occasionnellement
- d. Rarement

10. Combien de plongée avez-vous réalisé sur l'année ?

<10 11 à 50 51 à 100 >100

11. Fréquentez-vous plusieurs clubs ?

Oui Non

B. Critères recherchés par les plongeurs

12. Que recherchez-vous le plus dans la plongée ?

- La sensation de liberté
- Respirer sous l'eau
- Observer plus longtemps les organismes sous l'eau
- Partager la passion de vos proches
- Autre :

13. En utilisant le diaporama (Annexe 3), pouvez-vous déterminer le groupe (corail, éponge, gorgone et algue) de chaque organisme présent sur les photos.

- | | |
|------------|------------|
| - Photo 1 | - Photo 2 |
| - Photo 3 | - Photo 4 |
| - Photo 5 | - Photo 6 |
| - Photo 7 | - Photo 8 |
| - Photo 9 | - Photo 10 |
| - Photo 11 | - Photo 12 |

14. Parmi les critères ci-dessous, classer 5 critères par ordre de préférence (de 1 : très important à 5 pas ou peu important) selon vos attentes avant une plongée :

- | | |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| - L'abondance des poissons | - La taille des poissons |
| - Les espèces rares (hippocampe, tortue) | - Le paysage |
| - Nombre d'espèces de corail | - Gorgones |
| - Les algues | - Eponges |
| - Diversité* biologique (gorgones + éponges + coraux + poissons...) | |
| - Autres | |

*La diversité est le nombre total d'espèces sur un site donné.

15. Classez par ordre de préférence les sites sur lesquels vous aimez plonger :

- Epaves
- Récifs artificiels
- Sites protégés

- Sites naturels
- Tombants
- Autres :

16. Trouvez-vous qu'en moyenne les prix de la plongée sont :

- Plutôt bon marché
- Raisonnable
- Cher
- Trop (ou très) excessif

17. Par rapport à vos attentes, êtes-vous satisfait(e) de votre plongée ?

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| - Pas du tout satisfait(e) | - Assez satisfait(e) |
| - Moyennement satisfait(e) | - Très satisfait(e) |

C. Etat écologique du milieu selon les plongeurs

18. Parmi les 9 critères, quels sont ceux qui caractérisent le milieu (éléments les plus marquants, les présents). Choisissez-en 5 et classez de 1 (le plus caractéristique) à 5 (le moins caractéristique).

- | | |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| - L'abondance des poissons | - La taille des poissons |
| - Les espèces rares (hippocampe, tortue) | - Le paysage |
| - Diversité corallienne | - Eponges |
| - Les algues | - Gorgones |
| - Diversité biologique (gorgones + éponges + coraux + poissons...) | |
| - Autres | |

19. Comment qualifieriez-vous l'état du site

- | | |
|-----------------|------------|
| - Très bon état | - Bon état |
| - Etat moyen | - Dégradé |
| - Très dégradé | |

20. Sur quels critères vous êtes vous basé pour définir cet état (plusieurs propositions peuvent être cochées)

- a. Sur l'abondance des algues
- b. Sur l'abondance des poissons
- c. Sur la qualité des coraux
- d. Sur la variété des espèces du site
- e. Sur la variété des poissons
- f. Sur la présence d'espèces rares (tortues, hippocampes, raies)
- g. Sur la présence d'autres invertébrés (langoustes, crabes)
- h. Autres :

21. Pensez-vous que les plongeurs ont un impact sur le milieu marin ?

Oui

Non

Si oui, pouvez-vous m'en citer ?

22. Pensez-vous qu'il soit important de sensibiliser à la protection du milieu naturel au travers de programmes de formation des plongeurs :

Oui

Non

Si oui, laquelle ?

- a. Un chapitre à titre indicatif inclus dans un module
- b. Un module complet (au même titre que les autres modules de physique, réglementations...) à valider sur des connaissances générales du milieu marin et sa préservation
- c. Plusieurs modules approfondis sur le sujet.
- d. Autres :

23. En matière de préservation du milieu marin, vous trouvez le milieu de la plongée et les plongeurs en général :

- a. Très insuffisamment impliqués
- b. Peu impliqués
- c. Suffisamment impliqués
- d. Très impliqués

24. Dans les centres et clubs de plongée martiniquais que vous avez fréquentés, vous trouvez que la notion de protection de l'environnement marin est :

- Sans importance
- Peu ou pas abordé ;
- Pas assez abordé
- Correctement et suffisamment traité.

25. Avez-vous déjà plongé en dehors de la Martinique ?

Oui

Non

26. Avez-vous fréquenté des clubs très impliqués dans la protection de l'environnement ?

Oui

Non

Si oui, quelles actions ou informations avez-vous retenues ?

Dans de nombreux endroits, des réserves marines ou aires marines protégées (AMP sont créées). Ces AMP permettent une protection du milieu naturel et contribuent à un renouvellement des ressources (poissons, coquillages, coraux, etc. ...). Dans ce type d'aménagement, des zones peuvent être réservées à la plongée sous-marine. Ce sont des sites riches et préservés.

Pour contribuer au maintien de la préservation (programme de gestion, salaires des écogardes...) des taxes sur la plongée sont parfois mises en place.

27. Si de telles dispositions étaient mises en places en Martinique seriez-vous prêt à payer un supplément monétaire pour plonger dans la zone protégée ?

Oui

Non

27a) Si non pourquoi ?

27b) Si oui quel serait le montant maximum de la taxe par plongée que vous seriez prêt à payer ?

28. Choisiriez-vous en priorité des clubs qui appliqueraient une politique de respect de l'environnement ?

Oui

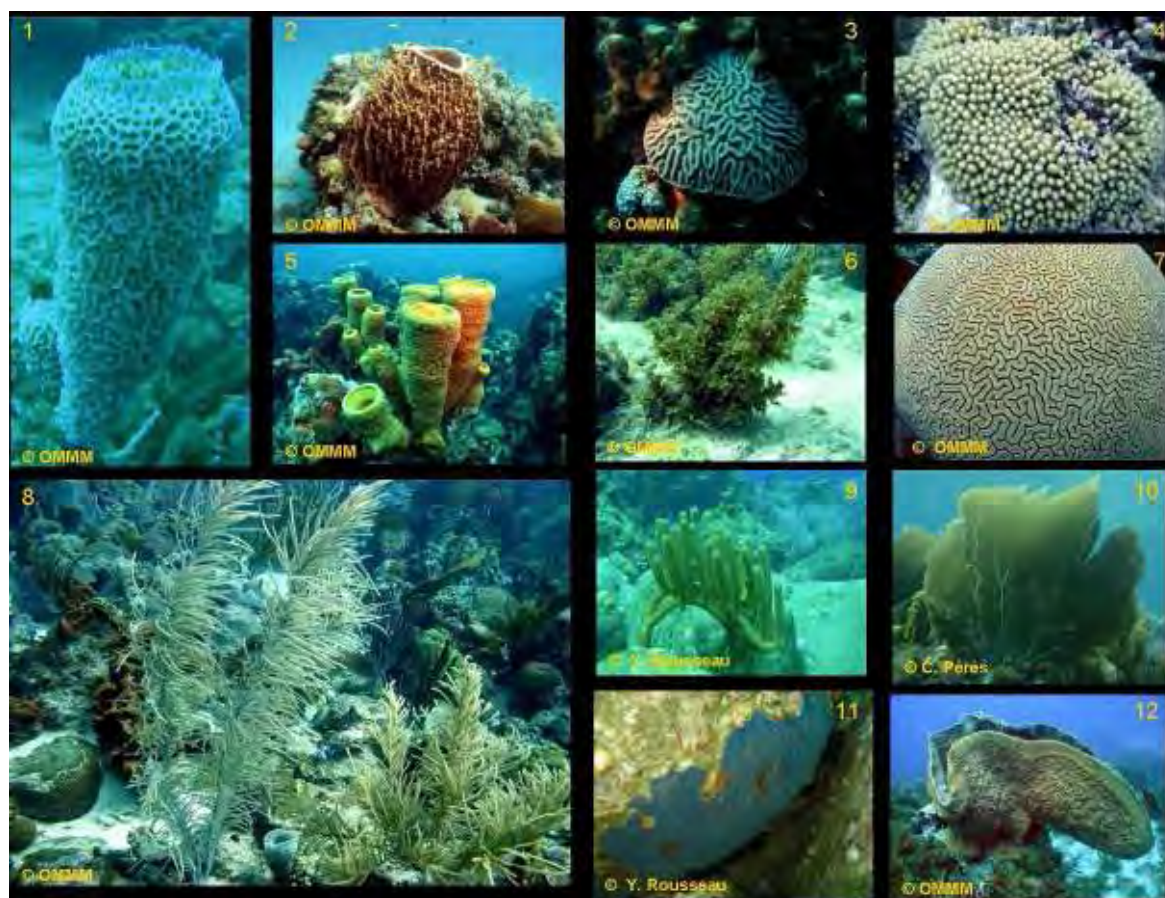
Non

29. Pour plonger sur certains sites protégés, il est obligatoire de signer une charte de respect de l'environnement sous-marin.

Que pensez-vous d'une telle charte ?

- Sans importance
- Peu important
- Assez important
- Important
- Très important

Annexe 3 : diaporama pour la question 13 du "questionnaire plongeur" (Annexe 2).
Liste de photographies d'organismes à identifier par les plongeurs.



1 : éponge ; 2 : éponge ; 3 : corail ; 4 : corail ; 5 : éponge ; 6 : algues ; 7 : corail ; 8 : gorgone ; 9 : gorgone ; 10 : gorgone ; 11 : éponge ; 12 : éponge.

Annexe 4 : niveaux de formation technique des plongeurs

Niveau de formation des plongeurs	Nombre de personne
Baptême	13
Niveau 1 FFESSM (N1)	29
Niveau 2 FFESSM (N2)	28
Advanced Open Water PADI	2
Niveau 3 FFESSM (N3)	14
N3/ initiateur E1 (N2 + initiateur) FFESSM	1
N3/ Dive Master PADI	1
Niveau 4 FFESSM	5
Brevet d'état d'éducateur sportif 1 ^{er} degré (BESS 1)	2
Moniteur fédéral 1 ^{er} degré (MF1) FFESSM	1
MF1/ Dive Master PADI	1
MF1/ BEES1/ E3	1
Moniteur fédéral 2 ^{ème} degré – Inspecteur régional	1

Annexe 5 : modèle d'annexe à la Charte Internationale du Plongeur Responsable¹⁸ pour la région Martinique.

« Cette annexe fait suite à la charte dans le but d'informer chacun sur les spécificités de la plongée dans les eaux martiniquaises. Son objet reste le même : mettre en place les conditions de plongée optimales pour une préservation et un partage équitable des richesses de la mer.

Rappel: il est interdit de capturer des animaux marins par quelque procédé que ce soit lorsque vous pratiquez la plongée sous-marine en scaphandre ou de détenir en même temps sur votre bateau un engin de pêche et un équipement respiratoire¹⁹.

- Plongeur Responsable

- Ne détériorez aucun matériel de pêche y compris pour libérez des animaux des casiers et nasses de pêche.
- Favorisez les protections solaires autres que les crèmes et écran solaires ; à l'échelle des milliers de plongeurs par année cela peut représenter un rejet de substances chimiques notable.

- Centre de Plongée Responsable

- Favorisez les mouillages écologiques.
- Respectez l'interdiction totale de mouillage dans le cantonnement de pêche de la pointe Borgnesse, en présence de bouées de mouillage libres, et la réglementation relative au mouillage dans le cantonnement de pêche de la Baie du Trésor.
- Informez-vous sur l'ouverture et la fermeture des cantonnements de pêche (8 en 2008) auprès de la direction régionale et départementale des Affaires Maritimes²⁰, du Comité Régional des Pêches maritimes et des Elevages marins²¹ ou de la Direction Régionale de l'Environnement²².
- Prévenez les plongeurs sur les conséquences de l'endommagement des appareillages de pêche : coût financier (plusieurs centaines d'euros pour une nasse) et problèmes et conflits engendrés entre usagers (partenariat et accords rendus plus difficiles pour la création d'une réserve, par exemple).
- Respectez l'interdiction de mouillage sauvage dans un périmètre de 300 mètres et l'interdiction totale dans un périmètre de 50 m autour des îlets Hardy, Percé, Burgaux et Poirier²³

¹⁸ Charte établie par l'association Longitude 181 NATURE (www.longitude181.com).

¹⁹ Arrêté préfectoral du 23/10/1964 réglementant la pêche sous-marine à la Martinique par quelque procédé que ce soit, en action de nage ou de plongée.

²⁰ Tél. : 05 96 60 80 30

²¹ Tél. : 05 96 73 73 01 ; 18, rue Ernest Desproge 97200 Fort-De-France

²² Tél. : 05 96 71 30 05 ; www.martinique.ecologie.gouv.fr/cantonnements.html

²³ Arrêté préfectoral du 14/04/05 portant création d'un périmètre de protection autour de la réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne.

Annexe 6 : mouillages écologiques permanents – réglementation et estimation des coûts relatifs à leur mise en place.

Cette annexe synthétise les informations²⁴ relatives aux différents types de mouillages "écologiques" permanents (technique, matériel, coûts et procédure d'installation) afin de faciliter l'aménagement des fonds marins. Les schémas proposés ne sont pas exhaustifs et des modifications peuvent être apportées par l'installateur.

Les coûts financiers de l'installation de tels mouillages sont récapitulés à titre indicatif dans le tableau en fin d'annexe.

Procédure réglementaire pour la mise en place d'un mouillage

Généralités

Actuellement la plupart des mouillages sont installés sans demande officielle auprès des Affaires Maritimes, à l'initiative de certains clubs de plongée.

L'installation d'un mouillage permanent doit respecter la législation locale relative à la pose des corps-morts :

- il ne doit pas gêner l'accès aux autres corps-morts existant,
- il ne doit pas être une gêne ou un danger à la circulation des autres navires ou à la pêche,
- il ne doit pas occasionner de dégradation des fonds marins ou de la vie sous marine.

Spécifications

- « *Nul ne peut, sans autorisation délivrée par l'autorité compétente, occuper une dépendance du domaine public national ou l'utiliser dans les limites excédant le droit d'usage qui appartient à tous* », article L28 du Code du Domaine de l'Etat. La mise en place de mouillages doit se faire sous une Autorisation d'Occupation du Temporaire (AOT) du Domaine Public Maritime (DPM) (articles L28, R53 et suivants du Code du Domaine de l'Etat),
- l'installation doit être effectuée par une entreprise spécialisée, possédant l'équipement nécessaire pour la pose des corps-mort, des ancres ou autre système de fixation,
- il est de la responsabilité de l'installateur de sélectionner les modèles d'ancre et autres composants du mouillage en fonction des caractéristiques des fonds marins, des dimensions des bateaux à amarrer et des conditions du lieu de mouillage (vents, houle...),
- les diamètres des chaînes et des cordages doivent être déterminées en fonction de la nature du sol et du tirant d'eau,
- le point d'ancrage doit être déterminé par un relèvement précis de la position GPS du mouillage,
- le pétitionnaire est seul responsable de tous accidents ou dommages qui pourraient se produire.

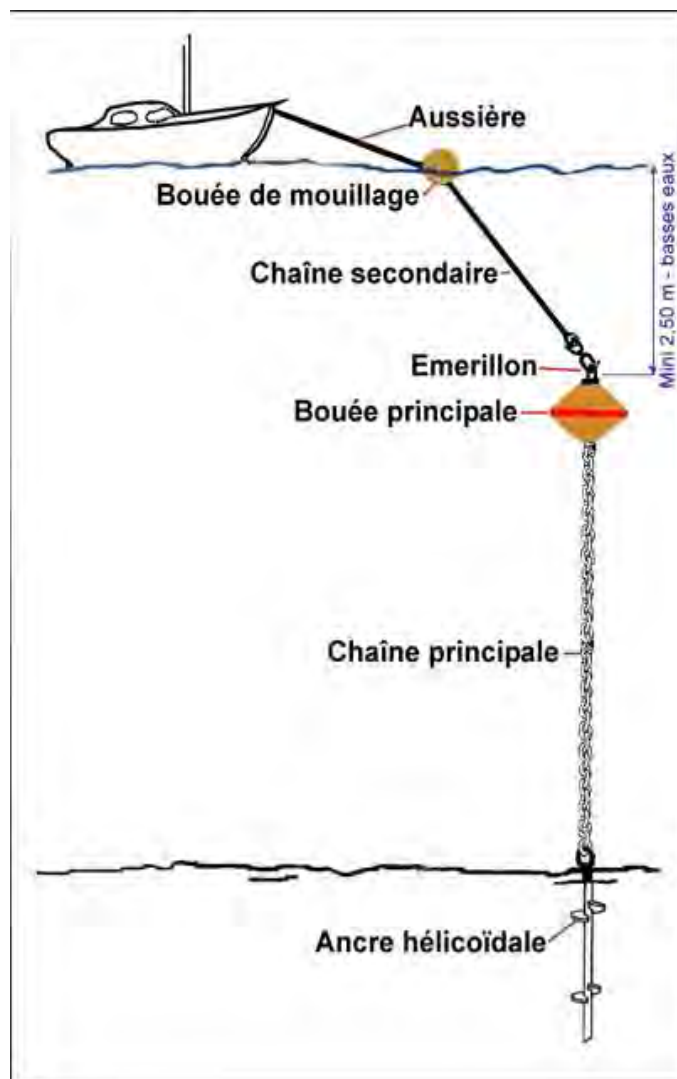
Ligne de mouillage

La ligne de mouillage reste à peu près identique même si le type de fixation (corps-mort, ancre ou scellement) change. Elle est prévue pour les dimensions maximales actuelles des bateaux des clubs de plongée, soit 14 m pour 15-20 tonnes pour celui de Planète Bleue (M. Pivette, communication personnelle 02/2008). La ligne de mouillage peut être constituée

²⁴ Source : Synthèse des types de corps-morts permanents pour le mouillage des bateaux de plongée sur les côtes de Martinique (OMMM 2006).

d'une chaîne unique, d'une chaîne mère et d'un cordage, ou d'un cordage unique. Afin d'éviter la perte des cordages et la disparition des bouées, la ligne mère recommandée est une chaîne soudée à la bouée. Un flotteur intermédiaire est nécessaire pour éviter le raclement des fonds par la chaîne, dans le cas où la zone sableuse est peu étendue. Le flotteur en surface, permettant le repérage, devra être personnalisé afin d'identifier aisément l'usage du mouillage.

La ligne de mouillage type comprend les éléments suivants (diamètres donnés à titre indicatif) :



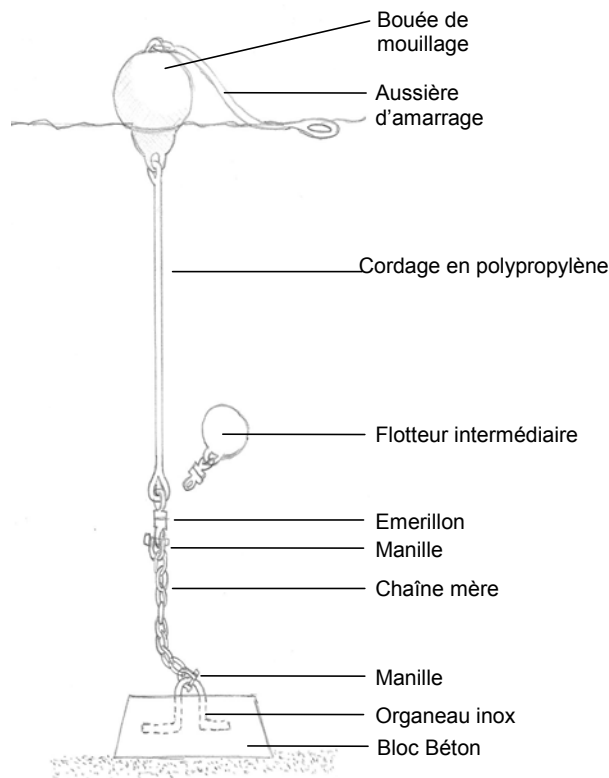
- 1 aussière d'amarrage (cordage de \varnothing : 30 mm),
- 1 bouée de surface pour la signalisation, dite bouée de mouillage (\varnothing : 40-50 cm),
- 1 manille (\varnothing : 10 mm),
- 1 chaîne secondaire²⁵ (\varnothing : 10 mm),
- 1 émerillon (\varnothing : 16 mm),
- 1 protection de chaîne pour éviter l'usure due au frottement,
- 1 bouée principale (\varnothing : 40 cm), flotteur intermédiaire pour la sustentation de la chaîne afin d'éviter de racler le fond,
- 1 chaîne principale¹ (\varnothing : 18 mm)
- 1 manille (\varnothing : 20 mm).

Schéma d'une ligne de mouillage type fixée par une ancre hélicoïdale (© EquipBoat)

Types de fixation

La ligne de mouillage type décrite ci-dessus s'adapte aux différents types de fixation décrits ci-après.

²⁵ Chaîne Acco à long maillon permettant la pose de manilles tout le long de celle-ci. Elle est fabriquée dans un métal à faible teneur en carbone qui la protège de la corrosion et lui offre une durée de vie 4 fois supérieure à une chaîne normale.



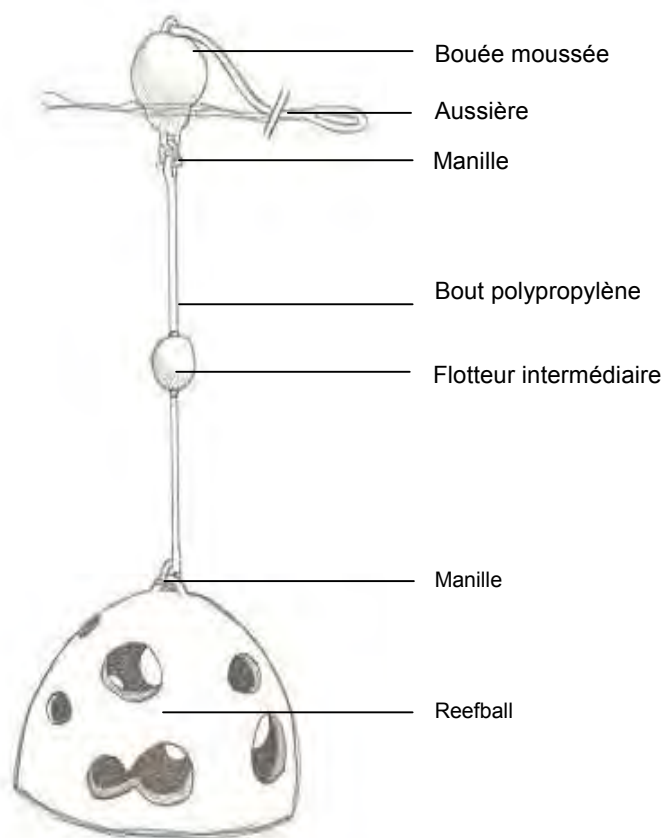
Corps-mort de type bloc en béton

Description : base en béton équipée d'un anneau en acier (organeau) qui relie la ligne de mouillage. Convient aux substrats sableux ou vaseux. La dimension du bloc dépend de la taille des bateaux et de l'étendue de la zone de mouillage.

Avantages : peu coûteux et facile de fabrication. La colonisation de la dalle en béton par les organismes benthiques est possible mais pas très rapide. Elle dépend de la nature du béton utilisé.

Inconvénients : ce type de corps-mort peut entraîner des dégâts sur des secteurs de récifs coralliens ou d'herbier, notamment en cas de fortes tempêtes, si le bloc drague sur le fond.

Mouillage avec corps-mort en béton (dessin C. Pérez).



Corps-mort de type " reef ball "

Description : demi-sphère perforée de cavités constituant un habitat pour la faune et la flore. La structure en béton nécessite un moule spécial permettant de créer une structure creuse.

Avantages : complémentarité entre la mise en place d'un système d'amarrage et la possibilité de colonisation de la structure. La complexité morphologique de la structure en béton optimise sa colonisation par la faune et la flore benthique locale. Ces systèmes sont surtout employés comme récifs artificiels pour la protection de côtes sableuses ou dans des programmes de restauration d'habitats dégradés.

Mouillage avec reef ball (dessin C. Pérez)

Inconvénients : dégradation possible des fonds par déplacement du bloc pendant de fortes tempêtes.

Ancre permanente hélicoïdale pour fonds meubles

Parmi les différentes ancrs, deux modèles sont illustrés dans ce rapport pour leur intérêt et disponibilité en Martinique : le ressort de type "Harmony" utilisé préférentiellement pour les zones d'herbier, et l'ancre hélicoïdale de type "VLM" pour les sols sableux. Ces ancrs sont "vissées" dans le sol et leur poids n'est plus un facteur de retenue. Ce type d'ancrage permanent répond de façon optimale aux exigences d'un corps-mort avec un point d'ancrage discret (cf. photo ci-contre) et un impact quasi nul sur l'environnement dans lequel il est placé.



(© Neptune Environnement 1999)

a) ancre ressort " Harmony "

Description : l'ancre hélicoïdale " Harmony " est un ressort en acier qui pénètre dans le sol par enroulement, évitant ainsi l'arrachage des herbiers. En effet, le ressort est enfoncé dans la matte très dense des rhizomes et racines des plantes, sans couper ni arracher les plants. Le point d'ancrage est un anneau de 5 cm de diamètre soudé sur la tête de l'enroulement.

Avantages : durée de vie longue, point d'ancrage discret ; un ancrage de ce type placé dans un herbier correspond à un corps-mort en béton de 4,5 tonnes, mesures réalisées sous le contrôle du Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement (source : Neptune Environnement).

Inconvénients : peu d'herbiers à proximité des zones de plongée en scaphandre autonome ce qui limite l'utilisation de tels systèmes en zone plus profonde (environ 10 m).

b) ancre hélicoïdale " VLM "

Description : pieux en acier galvanisé dotés d'une hélice. La résistance mécanique du sol détermine ses dimensions. Une étude préliminaire sur les caractéristiques des sols est à prévoir.

Avantages : durée de vie longue, point d'ancrage discret et ancrage non dégradant pour le milieu.

Inconvénients : ne peut-être utilisé sur des fonds uniquement rocheux.



Ancre "VLM" (© EquipBoat)



Anneau ou platine fixé

Description : l'anneau ou la platine en inox est fixé sur la roche ou le corail par des tirants en inox scellés, après forage, dans le substrat dur par de la résine époxy. La longueur, le nombre et la taille des tirants dépendent de la nature et de l'homogénéité du substrat (roche ou corail).

Avantages : la pose est simple et rapide mais nécessite l'intervention d'une entreprise spécialisée. Le maintien et la discrétion de cette structure sont optimaux. Par exemple l'emprise au sol de l'ancrage pour un bateau de 20 mètres est de 0,10 m².

Inconvénients : coût d'installation de ce système plus élevé.

Platine inox fixée à un bloc rocheux
(©Neptune Environnement 1999)

Désignation	Prix unitaire TTC (EU)	Quantité	Montant TTC (EU)
Ligne de mouillage	735,04	10	7350,40
TOTAL			7350,40

Tableau 30 : coût financier (à titre indicatif au 01/04/08) pour le réaménagement des lignes de mouillages sur les anciens dispositifs d'amarrage DIREN/CELRL – hors coût d'installation (Source : SARL EquipBoat).

Désignation	Prix unitaire TTC (EU)	Quantité	Montant TTC (EU)
Ancre type "VLM" ou corps-mort béton 500 kg	335	40	13 400
Ligne de mouillage	735,04	40	29 401,60
Forfait installation	9982	1	9 982
Forfait étude préliminaire (repérage & géoréférencement) et travaux cartographique	2929,5	1	2 929,5
TOTAL			55 713,10

Tableau 31 : coûts financiers (à titre indicatif au 01/04/08) pour l'installation de mouillages écologiques (type ancre "VLM" ou corps-mort en béton) sur la base de 40 unités – hors coût de marquage (signalisation du propriétaire et autres indications) des bouées (Source : SARL EquipBoat)

Annexe 7 : liste des 22 clubs ayant participé à l'enquête

Nom	Secteur de localisation	Type de club et date de début d'activité	Adresse, coordonnées téléphoniques et email	Adresse internet
Acqua Sud ²⁶	D	Commercial 21/12/1999	Hôtel Mercure, pointe de La Cherry 97223 Le Diamant 05 96 76 51 01 06 96 90 65 57 contact@acquasud.com acquasud@wanadoo.fr	www.acquasud.com
Aliotis plongée ^{1, 27}	C	Commercial 2004	Hôtel l'impératrice Anse Mitan 97229 Trois-Ilets 06 96 90 40 25 aliotis.plongee@free.fr	aliotis.plongee.free.fr/
Alizé plongée FWI ¹	A	Commercial 03/11/2003	Le plan d'eau la Charmeuse - 97250 Prêcheur 05 96 55 85 45 06 96 45 16 98 alizeplongee.martinique@wanadoo.fr	
Bleu Outre Mer	C	Commercial 2005	Ponton du Bakoua 06 96 97 03 62 contact@bleu-outremer-plongee.com	www.bleu-outremer-plongee.com
Club de la Batelière	B	Commercial 01/03/2002	Hôtel Framissima, 20 rue Alizés, 97233 Schoelcher 05 96 61 65 57 info@plongee-martinique.com	www.plongee-martinique.com

²⁶ Adhérent à l'association "Plongez en Martinique" proposant le "Pass Madinina"

²⁷ Centre responsable "actions" signataire de la Charte Internationale du Plongeur Responsable de l'association Longitude 181 NATURE

Nom	Secteur de localisation	Type de club et date de début d'activité	Adresse, coordonnées téléphoniques et email	Adresse internet
Crazy Frog	D	Commercial 18/06/2004	Petite Anse 97217 Les Anses-d'Arlet 05 96 48 32 17 06 96 37 37 18 crazy.frog@free.fr	crazy.frog.free.fr/
CSCP (Club Subaquatique de Case-Pilote)	B	Associatif 1985	Port 97222 Case-Pilote 05 96 78 73 75 06 96 80 24 42 cscp-plongee@rocketmail.com	www.cscp-plongee.com
CSMM section plongée	B	Associatif 1974	Morne Desaix - BP 606 97261 Fort-de-France cedex 05 96 61 95 47 nautilus972@wanadoo.fr	
Espace Plongée Martinique 28, 29	C	Commercial 02/01/2004	Marina- Pointe du Bout 97229 Les Trois-Ilets 05 96 66 01 79 06 96 25 11 90 E.P.M@wanadoo.fr	espace.plongee.free.fr/ www.espace-plongee-martinique.com
La Case à Plongée	C	Commercial 16/08/2004	10 rue Doc Morestin 97217 Les Anses-d'Arlet 05 96 76 40 29 06 96 23 03 44 laurent.nedorezoff@laposte.net	www.caseaplongee.com

²⁸ Adhérent à l'association "Plongez en Martinique" proposant le "Pass Madinina"

²⁹ Centre responsable "actions" signataire de la Charte Internationale du Plongeur Responsable de l'association Longitude 181 NATURE

Nom	Secteur de localisation	Type de club et date de début d'activité	Adresse, coordonnées téléphoniques et email	Adresse internet
Marin Plongée	D	Commercial 25/04/2005	Bassin Tortue - Port de Plaisance - 97290 Le Marin 05 96 74 05 31 06 96 83 13 51 benoit@marinplongee.com	www.marinplongee.com
Natiyabel	D	Commercial 21/02/2003	Cases des pêcheurs du Bourg 97227 Sainte-Anne 05 96 76 81 29 06 96 36 63 01 natiyabel@wanadoo.fr	natiyabel.blogspot.com/
Norcasub	A	Commercial 1992	Hôtel Marouba - Le Coin - 97221 Le Carbet 05 96 78 40 04 06 96 28 11 33 norcasubplongee@hotmail.com	
Okeanos Club	D	Commercial 1995	Résidence Pierre et Vacances BP13 - 97228 Ste-Luce 05 96 62 52 36 06 96 98 94 41 okeanos@okeanos-club.com	www.okeanos-club.com
Papa d'Lo	A	Associatif 1990	102, rue Bouillé — 97250 Saint-Pierre 05 96 78 12 06 06 96 92 07 39 contact@papadlo.com	www.papadlo.com
Paradis plongée	D	Commercial 01/03/2004	Club nautique du marin- bassin Tortue - 97290 Le Marin 05 96 76 48 84 06 96 34 56 16 remi@paradisplongee.com	www.paradisplongee.com

Nom	Secteur de localisation	Type de club et date de début d'activité	Adresse, coordonnées téléphoniques et email	Adresse internet
Plongée passion ³⁰	C	Commercial 28/07/2003	Plage de Grande Anse 97217 Les Anses-d'Arlet 05 96 68 71 78 06 96 96 64 09 plongee-passion@wanadoo.fr	pagespro-orange.fr/plongeeepassion/
Sainte Luce plongée ¹	D	Commercial 07/01/2003	15 bd. Kennedy 97228 Sainte-Luce 05 96 62 40 06 06 96 62 44 48 mail@sainteluceplongee.fr	www.sainteluceplongee.fr
Sub diamond rock ¹ (Antilles)	D	Commercial 1987	c/o Diamond Rock Hôtel Novotel- Pointe La Cherry - 97223 Diamant 05 96 75 25 80 sub.diamond.rock@wanadoo.fr antilles.plongees@wanadoo.fr	
Surcouf Dive	A	Commercial fermé		
Tropicasub Saint-Pierre	A	Commercial 1990	Rés. Madi Créoles - Anse Latouche 97250 Saint-Pierre 05 96 78 38 03 06 96 24 24 30 tropicasub@ool.fr	www.tropicasub.com
UCPA-97 Martinique (centre de plongée)	A	Associatif 1965	Fond Coré- 97250 Saint-Pierre 05 96 78 21 03 ucpastpierre@wanadoo.fr saintpierre@ucpa.org	

³⁰ Adhérent à l'association "Plongez en Martinique" proposant le "Pass Madinina"

Annexe 8 : liste des 13 autres clubs n'ayant pas participé à l'enquête

Nom	Secteur de localisation	Type de club et date de début d'activité	Adresse, coordonnées téléphoniques et email	Adresse internet
Alpha Plongée	A	Commerciale 24/04/2000	35, allée des Raisiniers - Grande Anse 97217 Les Anses d'Arlet 05 96 48 30 34 06 96 81 93 42 alpha.plongee@wanadoo.fr	www.alpha-plongee.com
Atlantis Plongée		commerciale	Hôtel La Baie du Galion - Tartane- 97220 Trinité 05 96 68 36 36 06 96 81 32 33 atlantismartinique@orange.fr atlantis-plongee@fr.st	www.caraibes-plongee.com
Boucaniers Diving	D	commerciale	Village les Boucaniers - Club Méditerranée 97227 Sainte-Anne 05 96 63 20 64 06 96 45 08 78 boucanierdiving@wanadoo.fr	
Corail Club Caraïbes ³¹	C	Commerciale 01/05/1994	Hôtel Club des Trois-Ilets - Anse à l'Ane - 97229 Trois Ilets 05 96 68 36 36 06 96 36 40 22 caraibesplongee@orange.fr corail@fr.st	www.caraibes-plongee.com www.corail.fr.st

³¹ Adhérent du réseau de centres Point-Rand'Eau de la FFESSM proposant le "Pass Rando"

Nom	Secteur de localisation	Type de club et date de début d'activité	Adresse, coordonnées téléphoniques et email	Adresse internet
CRESSMA	B	Associatif	Marina Port-Cohé BP 238 - 97284 Lamentin cedex 2 06 96 31 40 02 info@cressma.com	www.cressma.com
CSLGM section plongée	B	associatif	Section plongée - Caserne de Redoute 97261 Fort-De-France alexandre.ladruze@laposte.net	
Histoire d'air ³²	Itinérant	Commerciale 01/04/2005	Trou au Diable, 97228 Sainte- Luce 05 96 62 25 74 06 96 41 55 40 contact@histoireclair.fr	www.histoireclair.fr
Immersion caraïbe	D	commerciale	Port de Plaisance du Marin 97290 Le Marin 05 96 53 15 43 06 96 33 40 95 chreynier@wanadoo.fr	www.immersioncaraibe.com
Kalinago	D	Commerciale 30/06/2003	Pointe du Marin, 97227 Ste-Anne 05 96 76 92 98 06 96 73 77 76 kalinago2@wanadoo.fr	
Lychée Plongée Anthinée ^{1, 33}	C	commerciale	Pointe du Bout, rue Bougainvilliers, 97229 Trois-Ilets 05 96 66 05 26 anthineaplongee@orange .fr	www.caraibes-plongee.com

³² "Centre responsable" signataire de la Charte Internationale du Plongeur Responsable de l'association Longitude 181 NATURE

³³ Adhérent du réseau de centres Point-Rand'Eau de la FFESSM proposant le "Pass Rando"

Nom	Secteur de localisation	Type de club et date de début d'activité	Adresse, coordonnées téléphoniques et email	Adresse internet
Planète bleue	C	Commerciale 01/08/1996	219 Bât. Sardine - Marina de la Pointe du Bout 97229 Trois-îlets 05 96 66 08 79 06 96 45 32 77 planbleue@orange.fr	www.planete-bleue.mq
Plongée Caritan³⁴ (Label Bleu)	D	Commerciale 30/12/2002	Domaine de l'Anse Caritan 97227 Ste-Anne 05 96 76 81 31 plongee.caritan@wanadoo.fr	pagesperso-orange.fr/plongeecaritan/
South Discover (NAP)	D	associatif	Plage de Coprs de Garde, St-Luce 05 96 62 46 74 south-discover@wanadoo.fr	

³⁴ Adhérent à l'association "Plongez en Martinique" proposant le "Pass Madinina"