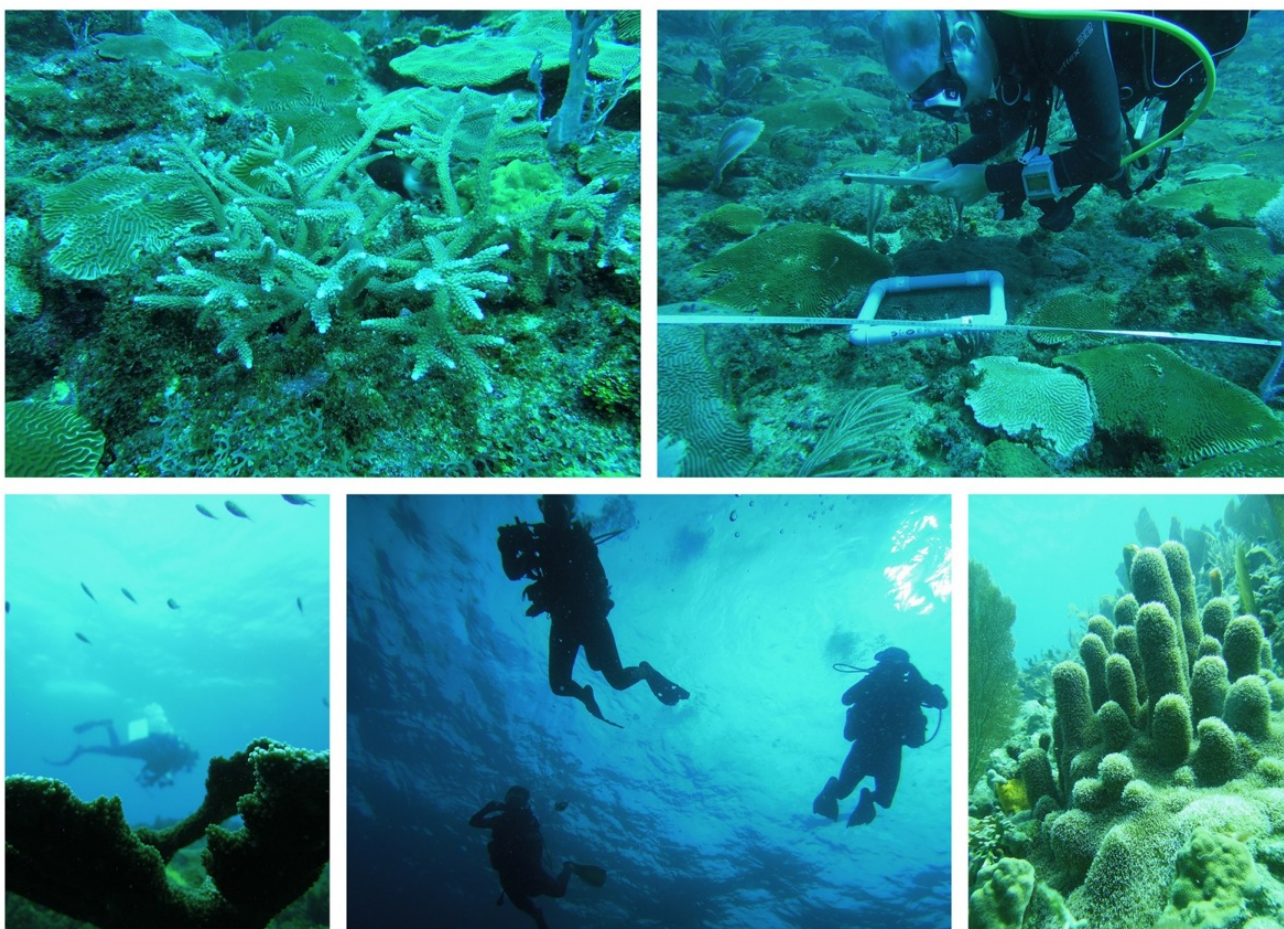


Directive Cadre européenne sur l'Eau

Suivi des stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau Côtières et de Transition au titre de l'année 2013

Volet Biologie



Rapport de synthèse

Décembre 2013

Référence dossier : 1304_01

Décembre 13

Étude pour le compte de :



DEAL Martinique Immeuble Massal, 4 bd de Verdun, 97200 Fort-de-France

Tél : 05 96 71 30 05, Télécopie : 05 96 71 25 00

deal@developpement-durable.gouv.fr

Contact : Denis Etienne

Rapport à citer sous la forme :

Impact-Mer, Pareto Ecoconsult, Equilibre, 2013. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des Stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau côtières et de Transition au titre de l'année 2013. Volet Biologie. Rapport de synthèse : Réseau référence. Rapport pour: DEAL & ODE Martinique, 138 p (annexes incluses).

Rédaction :

Marie Thabard - Marie Duflos - Adeline Pouget-Cuvelier

Coordination générale :

Adeline Pouget-Cuvelier

Contrôle qualité :

Adeline Pouget-Cuvelier

Terrain :

Marie Thabard - Jérôme Letellier - Guillaume Tollu -
Marie Duflos - Paul Alexis Cuzange - Céline Leroy -
Christelle Batailler (Pareto)

Traitement des données / bio-statistiques :

Marie Thabard - Marie Duflos

Cartographie :

Marie Thabard

Crédits photographiques :

Marie Thabard - Guillaume Tollu - Jérôme Letellier -
Marie Duflos

Expertises complémentaires (Endofaune) :

Lionel Bigot



90, rue du Professeur Raymond Garcin - Didier
97200 Fort-de-France - Martinique
Tél.Fax : +33(0)596 63 31 35
Impact Mer Sarl au capital de 350 000 Euro
Siret : 534 347 836 00015
<http://www.impact-mer.fr>

Sommaire

A. CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	13
1 Présentation de la Directive Cadre sur l'Eau et mise en œuvre dans les eaux littorales martiniquaises	13
2 La notion de « bon état » pour les masses d'eau littorale	14
3 Classification de l'état écologique partiel d'une masse d'eau : principe et mise en œuvre	15
4 L'application de la DCE en Martinique : rappels	17
4.1 Spécificités du milieu littoral Martiniquais	17
4.2 La délimitation des masses d'eau littorales en Martinique	19
4.3 Le choix des sites de référence et de surveillance	20
4.4 Le choix des paramètres et des protocoles de suivis	20
4.5 Classification des indices/indicateurs et définition de seuils provisoires de qualité	20
5 Bilan 2007-2011 et objectifs 2013	21
B. METHODOLOGIES DCE ADAPTEES AU CONTEXTE INSULAIRE TROPICAL MARTINICAIS	23
1 Les réseaux de référence et de surveillance	23
1.1 Notion d'échelle de suivi (secteur / site / station)	23
1.2 Les sites et stations de référence et de surveillance	24
2 Protocoles d'échantillonnage des paramètres biologiques et physicochimiques et prétraitements des données	27
2.1 Éléments de qualité biologiques	27
2.1.1 Les communautés benthiques coralliennes (MEC)	27
2.1.2 Macrofaune des sédiments meubles (MET) et paramètres complémentaires	33
2.2 Paramètres physicochimiques généraux	34
2.2.1 Mesures <i>in situ</i> : température, salinité, pH, oxygène	34
2.2.2 Turbidité, concentration en nutriments	34
3 Méthodologie d'analyses des données selon les prérogatives DCE : évaluation de l'état écologique partiel	36
3.1 Pour l'élément de qualité biologique Communautés coralliennes (MEC)	36
3.1.1 Paramètres, métriques, indices et grilles de qualité	36
3.1.2 Agrégation des indices et mise au point de l'indicateur	38
3.2 Pour l'élément de qualité biologique Endofaune (MET)	39
3.2.1 Paramètres, métriques, indices et grilles de qualité	39
3.2.2 Agrégation des indices et mise au point de l'indicateur de l'élément de qualité	40
3.3 Pour les éléments de qualité physicochimique (MET uniquement cette année)	41
3.3.1 Paramètres, métriques, indices et grilles de qualité	41
3.3.2 Agrégation des indices et mise au point des indicateurs	42
3.4 Définition de l'état biologique et physicochimique d'une ME	43
3.5 Bilan des indices, indicateurs et méthodes d'agrégation	43
3.6 Agrégation des éléments de qualité : évaluation de l'état écologique « partiel »	44
3.7 Problématique de la combinaison des données biologiques et physicochimiques en 2013	45
3.7.1 Etat écologique partiel des ME pour 2013	45
3.7.2 Etat écologique partiel des ME pour 2007/2013	46
3.8 Extrapolation spatiale	46
C. VOLET 1 : RESULTATS DES SUIVIS DU RESEAU REFERENCE ET SURVEILLANCE POUR L'ANNEE 2013 ET PREMIERES ANALYSES	47
1 Déroulement de la campagne 2013	47

1.1	Endofaune et physicochimie	47
1.2	Suivi des communautés coralliennes	47
1.2.1	Les transects pérennes	47
2	Éléments de qualité biologique des MEC : communautés coralliennes	49
2.1	Baie du Trésor (Type 1)	50
2.1.1	Description générale	50
2.1.2	La communauté corallienne en 2013	50
2.1.3	La communauté corallienne depuis 2007	52
2.2	Ilet à Rat (Type 1)	53
2.2.1	Description générale	53
2.2.2	La communauté corallienne en 2013	53
2.2.3	La communauté corallienne depuis 2007	55
2.3	Banc Gamelle (Type 1)	56
2.3.1	Description générale	56
2.3.2	La communauté corallienne en 2013	56
2.3.3	La communauté corallienne depuis 2007	58
2.4	Baie du Marin (Type 1)	59
2.4.1	Description générale	59
2.4.2	La communauté corallienne en 2013	59
2.4.3	La communauté corallienne depuis 2007	61
2.5	Pinsonnelle (Type 2)	62
2.5.1	Description générale	62
2.5.2	La communauté corallienne en 2013	62
2.5.3	La communauté corallienne depuis 2007	64
2.6	Caye Pariadis (FRJC006, Type 2)	65
2.6.1	Description générale	65
2.6.2	La communauté corallienne en 2013	65
2.6.3	La communauté corallienne depuis 2007	67
2.7	Loup Ministre (FRJC012, Type 2)	68
2.7.1	Description générale	68
2.7.2	La communauté corallienne en 2013	68
2.7.3	La communauté corallienne depuis 2007	70
2.8	Loup Garou (Type 3)	71
2.8.1	Description générale	71
2.8.2	La communauté corallienne en 2013	71
2.8.3	La communauté corallienne depuis 2007	73
2.9	Loup Caravelle (Type 4)	74
2.9.1	Description générale	74
2.9.2	La communauté corallienne en 2013	74
2.9.3	La communauté corallienne depuis 2007	76
2.10	Cap St Martin (FRJC004, Type 4)	77
2.10.1	Description générale	77
2.10.2	La communauté corallienne en 2013	77
2.10.3	La communauté corallienne depuis 2007	79
2.11	Cap Salomon (Type 5)	80
2.11.1	Description générale	80
2.11.2	La communauté corallienne en 2013	80
2.11.3	La communauté corallienne depuis 2007	82
2.12	Fond Boucher (FRJC002, Type 5)	83
2.12.1	Description générale	83
2.12.2	La communauté corallienne en 2013	83
2.12.3	La communauté corallienne depuis 2007	85
2.13	Corps de Garde (Type 6)	86

2.13.1	Description générale	86
2.13.2	La communauté corallienne en 2013.....	86
2.13.3	La communauté corallienne depuis 2007.....	88
2.14	Pointe Borgnesse (Type 6).....	89
2.14.1	Description générale	89
2.14.2	La communauté corallienne en 2013.....	89
2.14.3	La communauté corallienne depuis 2007.....	91
2.15	Rocher du Diamant (Type 7).....	92
2.15.1	Description générale	92
2.15.2	La communauté corallienne en 2013.....	92
2.15.3	La communauté corallienne depuis 2007.....	94
2.16	Bilan 2013	95
3	Éléments de qualité biologique des MET : endofaune	96
3.1	Structure des communautés en 2013	96
3.2	Structure des communautés depuis 2008.....	100
3.3	Analyse spatio-temporelle des communautés sur trois ans.....	103
3.4	Approche écologique basée sur les indices « AMBI » et « M-AMBI »	104
3.4.1	Calcul des indices biotiques en 2013	104
3.4.2	Evolution des indices biotiques depuis 2008 (5 campagnes).....	106
3.4.3	Etat biologique des MET : intégration des données 2008-2013 pour le calcul des indices biotiques.....	108
4	Éléments de qualité physico-chimique des MET	109
4.1	Température, salinité (paramètres non inclus dans l'évaluation de l'état écologique global)	110
4.2	Indice / Indicateur Oxygène.....	111
4.3	Indice / Indicateur Turbidité	111
4.4	Indice DIN.....	111
4.5	Indice phosphates	111
4.6	Indicateur nutriments.....	112
D.	VOLETS 2 & 3 : REEVALUATION DES ELEMENTS NECESSAIRES A LA DEFINITION DE L'ETAT ECOLOGIQUE PARTIEL D'UNE ME LITTORALE EN MARTINIQUE.....	113
1	Rappels 113	
2	Historique :	113
3	Méthodologie :	113
3.1	Test des seuils 2011/2012 pour les données de la campagne 2013.....	114
3.1.1	Éléments de qualité biologique des MEC : communautés coralliennes.....	114
3.1.2	Éléments de qualité physico-chimique et biologique des MET : état écologique partiel des MET en 2013.....	116
3.2	Test des seuils 2011/2012 (grilles de qualité) pour les données de l'ensemble des campagnes de 2007 à 2013 ...	117
3.2.1	Éléments de qualité biologique des MEC : communautés coralliennes.....	117
3.2.2	Éléments de qualité biologique des MET : endofaune.....	118
3.3	Analyse critique des classements obtenus et réajustements éventuels	119
3.3.1	Éléments de qualité biologiques des MEC : communautés coralliennes.....	119
3.3.2	Éléments de qualité physico-chimique des MET	119
3.3.3	Éléments de qualité biologique des MET : endofaune	120
E.	DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS.....	121
1	Généralités sur les communautés coralliennes des stations DCE Martinique	121
1.1	Des forts pourcentages en recouvrement coralliens.....	121
1.2	Un phénomène de phase shift marqué.....	121
2	Découpage des masses d'eau et pertinence des sites de référence et de surveillance	121
3	Méthodologies de suivis des sites : remarques et propositions	123

3.1	Stations d'échantillonnage et réplicats	123
3.2	Échelle temporelle.....	123
3.3	Protocole d'échantillonnage terrain	124
3.4	Bancarisation des données brutes 2013.....	126
4	Pertinence des paramètres, des métriques et des indices.....	126
5	Conditions de référence et définition des grilles de qualité (valeurs seuils)	126
6	Méthodes d'agrégation	128
6.1	Indicateurs Communautés Coralliennes.....	128
6.2	Indicateurs M-AMBI	128
F.	CONCLUSION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
G.	BIBLIOGRAPHIE.....	129
H.	ANNEXES	131
Annexe 1	: Paramètres et fréquences pour le contrôle de surveillance des eaux de surface de Martinique et de Guadeloupe	132
Annexe 2	: Proposition de seuils pour les paramètres température et salinité dans le cadre du contrôle opérationnel	133
Annexe 3	: Règles d'agrégation entre paramètres et éléments de qualité de l'état écologique pour les eaux de surface	134
Annexe 4	: Règles de prise en compte de plusieurs sites de suivi au sein d'une masse d'eau et règles d'extrapolation spatiale	137

Liste des figures

Figure 1 : Éléments à prendre en compte pour définir l'état écologique et chimique d'une masse d'eau littorale	14
Figure 2 : Rôles respectifs des éléments de qualité biologique, hydromorphologique et physicochimique dans la classification de l'état écologique d'une masse d'eau (schéma issu de Working Group 2A 2005)	15
Figure 3 : Conditions de référence et Ratio de Qualité Écologique (Annexe V, 1.4.1) : cas où les valeurs de paramètres croissent avec l'amélioration de la qualité de l'eau	16
Figure 4 : Carte générale de la Martinique et du plateau insulaire. Limite bathymétrique bleue : 20 m de profondeur, limite bathymétrique verte : 50 m de profondeur	18
Figure 5 : Carte représentant les masses d'eau du littoral martiniquais appartenant aux huit types de masses d'eau littorales	19
Figure 6 : Échelle de suivi appliquée aux suivis DCE	23
Figure 7 : Cartographie des sites DCE du réseau de référence et de surveillance pour l'année 2013	24
Figure 8 : Illustration de la mise en place des transects pérennes	27
Figure 9 : Schéma de la mise en œuvre du suivi des peuplements récifaux et de la couverture macroalgale	29
Figure 10 : Illustration de la méthodologie employée	30
Figure 11 : Illustration de certaines espèces d'oursins rencontrées lors des comptages	31
Figure 12 : Illustration de quelques espèces de juvéniles rencontrés lors des échantillonnages	32
Figure 13 : Arbre de décision pour la classification des communautés coralliennes. Les sédiments ne figurent pas sur cet arbre et ne sont pris en compte que dans le cas des baies	38
Figure 14 : Synthèse des paramètres, indices, métriques et indicateurs retenus pour les masses d'eau côtières. Seuls les éléments encadrés ont été échantillonnés dans le cadre de cette étude	43
Figure 15 : Synthèse des paramètres, indices, métriques et indicateurs retenus pour les masses d'eau de transition. L'ensemble de ces éléments a été échantillonné dans le cadre de cette étude	44
Figure 16 : Rôles respectifs des éléments de qualité biologique et physicochimique dans la classification de l'état écologique partiel d'une masse d'eau (réinterprétation de la Figure 3 du présent document)	45
Figure 18 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Baie du Trésor (Type 1)	50
Figure 19 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de la Baie du Trésor en 2013	51
Figure 20 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 x 1 m) à la Baie du Trésor en 2013	51
Figure 21 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de la Baie du Trésor	52
Figure 22 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de la Baie du Trésor : années 2007 et 2013	52
Figure 23 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Ilet à Rat (Type 1)	53
Figure 24 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de îlet à Rat en 2013	54
Figure 25 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à îlet à Rat en 2013	54
Figure 26 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins d'îlet à Rat	55
Figure 27 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Ilet à Rat (Type 1) : années 2007 et 2013	55
Figure 28 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Banc Gamelle (Type 1)	56
Figure 29 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Banc Gamelle en 2013	57
Figure 30 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Banc Gamelle en 2013	57
Figure 31 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Banc Gamelle	58
Figure 32 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Banc Gamelle (Type 1) : années 2007 et 2013	58
Figure 33 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Baie du Marin (Type 1)	59

Figure 34 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de la Baie du Marin en 2013.....	60
Figure 35 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à la Baie du Marin en 2013	60
Figure 36 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de la Baie du Marin ..	61
Figure 37 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Baie du Marin (Type 1) Baie du Marin (Type 1) : années 2007 et 2013.....	61
Figure 38 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Pinsonnelle (Type 2)	62
Figure 39 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Pinsonnelle en 2013.....	63
Figure 40 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Pinsonnelle 2013.....	63
Figure 41 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Pinsonnelle.....	64
Figure 42 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Pinsonnelle : années 2009 et 2013.....	64
Figure 43 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Caye Pariadis (Type 2)	65
Figure 44 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Caye Pariadis en 2013	66
Figure 45 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Caye Pariadis en 2013	66
Figure 46 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Caye Pariadis.....	67
Figure 47 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Caye Pariadis (Type 2) : années 2009 et 2013.....	67
Figure 48 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Loup Ministre (Type 2).....	68
Figure 49 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Loup Ministre en 2013.....	69
Figure 50 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Loup Ministre en 2013.....	69
Figure 51 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Loup Ministre	70
Figure 52 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Ministre (Type 2) Loup Ministre (FRJC012, Type 2) : années 2007 et 2012.....	70
Figure 53 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Loup Garou (Type 3)	71
Figure 54 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Loup Garou en 2013.....	72
Figure 55 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Loup Garou en 2013.....	72
Figure 56 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Loup Garou.....	73
Figure 57 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Garou (Type 3) : années 2009 et 2013	73
Figure 58 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Loup Caravelle (Type 4).....	74
Figure 59 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Loup Caravelle en 2013.....	75
Figure 60 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Loup Caravelle en 2013	75
Figure 61 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Loup Caravelle.....	76
Figure 62 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Caravelle (Type 4) : années 2007 à 2013.....	76
Figure 63 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Cap Saint Martin (Type 4)	77
Figure 64 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Cap St Marin en 2013.....	78
Figure 65 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Cap Saint Martin en 2013.....	78
Figure 66 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Cap Saint Martin.....	79

Figure 67 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Cap St Martin (FRJC004, Type 4) : années 2007 à 2013	79
Figure 68 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Cap Salomon (Type 5).....	80
Figure 69 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Cap Salomon en 2013.....	81
Figure 70 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Cap Salomon en 2013	81
Figure 71 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Cap Salomon.....	82
Figure 72 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Cap Salomon (Type 5) : années 2007 et 2013	82
Figure 73 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Fond Boucher (FRJC002, Type 5)	83
Figure 74 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Fond Boucher en 2013.....	84
Figure 75 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Fond Boucher en 2013	84
Figure 76 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Fond Boucher.....	85
Figure 77 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Fond Boucher (Type 5) : années 2007 et 2013	85
Figure 78 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Corps de Garde (Type 6).....	86
Figure 79 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Corps de Garde en 2013	87
Figure 80 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Corps de Garde en 2013.....	87
Figure 81 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Corps de Garde	88
Figure 82 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Corps de Garde (Type 6) : années 2007 et 2013	88
Figure 83 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Pointe Borgnesse (Type 6).....	89
Figure 84 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Pointe Borgnesse en 2013.....	90
Figure 85 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Pointe Borgnesse en 2013	90
Figure 86 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Pointe Borgnesse	91
Figure 87 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Pointe Borgnesse (Type 6) (Type 6): années 2007 et 2013.....	91
Figure 88 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Rocher du Diamant (Type 7).....	92
Figure 89 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Rocher du Diamant en 2013.....	93
Figure 90 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Rocher du Diamant en 2013	93
Figure 91 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Rocher du Diamant	94
Figure 92 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Rocher du Diamant (Type 7) : années 2007 et 2013.....	94
Figure 93 : Composition benthique des sites échantillonnés en 2013.....	95
Figure 93 : Abondances moyennes (A), biomasses moyennes (B) et richesses spécifiques totales (C) aux stations DCE des MET, depuis 2008. Les barres d'erreur représentent l'écart-type entre les réplicats (n = 5 en 2009 et 2009, n = 3 en 2010, 2011, 2013). Les richesses spécifiques totales sont mesurées sur l'ensemble des réplicats.	98
Figure 94 : Répartition taxonomique de la macrofaune benthique par réplicat, aux 3 stations MET échantillonnées en 2013 (ind m ⁻²).....	99
Figure 95 : Répartition taxonomique moyenne (n = 5 pour 2008 et 2009, n = 3 pour 2010, 2011, 2013) de la macrofaune benthique entre 2008 et 2013 (ANN : Annélides, BIV : Bivalves, CNI : Cnidaires, CRU : Crustacés, ECH : Echinodermes, GAS : Gastéropodes, SCA : Scaphopodes, NEM : Némertiens, SIPU : Sipunculidae, VAR : varia).....	100
Figure 96 : évolution de la richesse spécifique observée (Sobs) en fonction de l'effort d'échantillonnage et modèles de diversité théoriques (Bigot & Amouroux, 2008).	102

Figure 97 : Analyse multidimensionnelle (nMDS) et classification hiérarchique (CAH) sur les communautés benthiques des trois stations LAM, TMA et REQ de milieu subtidal (2008 à 2013).	103
Figure 98 : Indices AMBI (haut) et répartition des principaux groupes fonctionnels (I à V) (bas) sur les 3 stations échantillonnées en 2013.....	105
Figure 99 : Evolution spatio-temporelle des indices AMBI (haut), M-AMBI (bas) sur les stations DCE entre 2008 et 2013.....	107
Figure 101 : Paramètres physicochimiques généraux mesurés aux stations DCE des MET durant la campagne de juillet 2013. Les valeurs moyennes sont calculées sur trois réplicats.....	110
Figure 94 : Localisation des récifs coralliens martiniquais. 1 : Récifs frangeants, 2 : récif barrière (Extrait de : Battistini 1978).....	122

Liste des tableaux

Tableau 1 : Description des sites de référence et de surveillance et éléments de qualité échantillonnés en 2011/2012 En rouge les sites de référence	26
Tableau 2 : État de santé général des communautés coralliennes réparti en cinq classes	28
Tableau 3 : Codes DCE utilisés pour le suivi des communautés coralliennes (version 2008)	29
Tableau 4 : Classification de l'abondance en macroalgues.....	30
Tableau 5 : Liste des espèces de macroalgues communes en Martinique (* : espèces pouvant être proliférantes)	30
Tableau 6 : Classification du niveau de blanchissement ou de nécrose ou de maladie d'une colonie corallienne	32
Tableau 7 : Détails méthodologiques et précisions pour l'analyse des paramètres généraux.....	35
Tableau 8 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice « corail » (% du substrat colonisable)	36
Tableau 9 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice « macroalgues » (% du substrat total).....	37
Tableau 10 : Exemple de grille de qualité « Diadèmes » (Source : Mcfield & Kramer 2007)	37
Tableau 11 : Grilles de qualité « provisoires » DCE retenues pour l'indice AMBI (issues de Borja <i>et al.</i> 2000* et du jeu de donnée 2008/2010)	39
Tableau 12 : Grille de qualité « provisoires » DCE retenue pour l'indicateur M-AMBI (= EQR)	40
Tableau 13 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice/indicateur oxygène en Martinique (mg/l)	41
Tableau 14 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice « orthophosphates » en Martinique (µmol/l)	42
Tableau 15 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice DIN en Martinique (µmol/l)'	42
Tableau 16 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indice turbidité en Martinique	42
Tableau 17 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indicateur « nutriments » en Martinique, exprimé sous forme d'EQR.....	42
Tableau 18 : Nombre d'espèces et d'individus recensés depuis 2008.....	96
Tableau 19 : Paramètres biocénétiques des stations étudiées (S : richesse spécifique ; N : abondance en nbre ind.m ⁻² ; J : indice d'équitabilité de Piélou ; H' : diversité de Shannon Weaver) correspondant à des surfaces échantillonnées de 0,5 m ² en 2008-2009 (n=5) et de 0,3 m ² en 2010 (n=3)	101
Tableau 20 : Composantes du milieu sédimentaire (moyennes des teneurs en carbone organique et particules fines, %) en 2008, 2009 (n=5) et 2010, 2011, 2013 (n=3)	102
Tableau 21 : Indices AMBI et M-AMBI aux stations échantillonnées en 2013.....	104
Tableau 22 : Etat biologique des stations DCE des MET entre 2008 et 2013	106
Tableau 23 : Indices AMBI et M-AMBI sur les données intégrées depuis 2008.....	108
Tableau 23 : Simulation de l'état biologique partiel des sites DCE (Données 2013, <u>grilles de 2012</u>).....	114
Tableau 24 : Bilan des indices, indicateurs (en rouge), EQR et classements correspondants des sites de référence évalués uniquement pour la <u>campagne de juillet 2013</u> (d'après les seuils 2010/2011)	116
Tableau 25 : Simulation de l'état biologique des sites DCE (Données : 2007 à 2013, <u>grilles de 2012</u>)	117
Tableau 27 : Indices AMBI et M-AMBI sur les données intégrées depuis 2008.....	118
Tableau 26 : Gamme de variation de la turbidité (FNU) aux sites MET lors des campagnes DCE 2007 à 2013.....	119

Abréviations

AFDW	Ash-Free Dry Weight
AMBI	AZTI Marine Biotic Index
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CCA	Crustose Coraline Algae (Algues encroûtantes calcaires)
CoReMo	Coral Reef Monitoring
DCE	Directive Cadre européenne sur l'Eau
DCP	Dispositif de Concentration de Poissons
DDE	Direction Départementale de l'Equipeement
DEAL	Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DIN	Dissolved Inorganic Nitrogen
DIP	Dissolved Inorganic Phosphorus
DIREN	Direction Régionale de l'Environnement
DEAL	Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement
ECOMAR	Laboratoire d'ECologie MARine de l'Université de la Réunion
EQR	Ecological Quality Ratio
FNU	Formazin Nephelometric Unit
GCRMN	Global Coral Reef Monitoring Network
IFRECOR	Initiative Française pour les REcifs CORalliens
IPG	Institut Pasteur de Guadeloupe
LD	Limite de détection
LDA	Laboratoire Départemental d'Analyse
MEC	Masse d'Eau Côtière
MEDD	Ministère de l'Écologie et du Développement Durable
MEDDTL	Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement
MEEDDAT	Ministère de l'Écologie de l'Energie du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
MEEDDM	Ministère de l'Ecologie de l'Energie du Développement Durable et de la Mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat
MET	Masse d'Eau de transition
NQE	Norme de Qualité Environnementale
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
OHOM	Observatoire des Herbiers d'Outre-Mer
OMMM	Observatoire du Milieu Marin Martiniquais
RNABE	Risque de Non Atteinte du Bon Etat
STEP	STation d'EPuration
UAG	Université Antilles Guyane

Préambule

Au titre du marché N° 13-54158, ce document constitue le rendu final attendu : **le rapport de référence et surveillance 2013**. Les données brutes relatives à ce volet biologique sont également fournies sous format informatique.

La totalité de ces documents est livrée sur support numérique.

Plusieurs propositions / recommandations sont exprimées dans ce rapport de référence et surveillance 2013.

Ce document doit servir de base de discussion pour le comité de pilotage à venir au cours duquel devront être discutées / validées ces propositions afin de permettre la poursuite des suivis DCE en Martinique.

Avertissement : La faible quantité de données disponibles et les connaissances incomplètes sur le milieu marin martiniquais ne permettront de finaliser ce travail que dans plusieurs années. Ainsi, ces résultats et interprétations (valeurs de références, seuils, etc.) sont en phase d'essai et le classement des masses d'eau est PROVISOIRE.

A. Contexte général et objectifs de l'étude

1 Présentation de la Directive Cadre sur l'Eau et mise en œuvre dans les eaux littorales martiniquaises

La Directive Cadre sur l'Eau (ou DCE : Parlement Européen & Conseil De L'union Européenne 2000) a été publiée au Journal Officiel de la Communauté européenne le 22 décembre 2000 et est donc entrée en vigueur à cette date. La Directive établit un cadre pour la protection de l'ensemble des eaux des pays européens.

Les objectifs environnementaux de la DCE pour toutes les masses d'eau de surface sont (Article 4) :

- prévenir la détérioration de l'état de toutes les masses d'eau de surface (Définition 1) ;
- protéger, améliorer et restaurer afin de parvenir à un « bon état » des eaux de surface au plus tard en 2015 ;
- mettre en œuvre les mesures nécessaires afin de réduire progressivement la pollution due aux substances prioritaires et d'arrêter ou de supprimer progressivement les émissions, les rejets et les pertes de substances dangereuses prioritaires.

Définition 1 (d'après :Parlement Européen & Conseil De L'union Européenne 2000) :

Eaux de surface	Les eaux intérieures, à l'exception des eaux souterraines, les eaux de transition et les eaux côtières, sauf en ce qui concerne leur état chimique, pour lequel les eaux territoriales sont également incluses.
------------------------	--

Pour permettre d'évaluer si les États membres répondent à ces objectifs, il est notamment nécessaire de :

- caractériser le district hydrographique et identifier les différentes masses d'eau (Article 5) et leur typologie → travail réalisé en Martinique en 2004 (Asconit Consultants & Impact Mer 2005a, b) ;
- définir ce qu'est le « bon état » pour un type de masse d'eau donné → travail en cours depuis 2007 en Martinique (Impact Mer & Pareto 2008, 2009, 2010, Impact Mer *et al.* 2011, 2012) ;
- évaluer à partir de ce référentiel, l'évolution de l'état des masses d'eau c'est-à-dire conduire un programme de surveillance de l'état des eaux (Article 8) → en cours depuis 2007 (Impact Mer & Pareto 2008, 2009, 2010, Impact Mer *et al.* 2011, 2012).

Ainsi, la Martinique puis la Guadeloupe, ont été les premiers DOM à avoir mis en place un suivi DCE dans leurs masses d'eau littorales. Pour cela, des méthodologies « DCE compatibles » et adaptées au contexte insulaire antillais ont été développées conjointement dans ces deux départements. La plupart de ces protocoles ont été validés en février 2007 par la DIREN Martinique et la DIREN/DDE de Guadeloupe. De nouveaux protocoles ont été proposés lors de l'Atelier DCE au MNHN (2012) et ont été testés pour la première fois en Martinique cette année.

2 La notion de « bon état » pour les masses d'eau littorale

En matière d'évaluation de l'état des eaux, la DCE considère pour les eaux de surface deux notions (Définition 2 et Figure 1) :

- **l'état chimique** qui n'est pas lié à une typologie mais s'applique à l'ensemble des milieux aquatiques. Il permet de vérifier le respect des normes de qualité environnementale fixées par des directives européennes et ne prévoit par conséquent que deux classes : bon ou mauvais. Les paramètres concernés sont les 41 substances dangereuses et prioritaires qui figurent respectivement dans l'annexe IX et X de la DCE → [l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau ne fait pas l'objet de ce marché](#)
- **l'état écologique** qui intègre des éléments biologiques principalement ainsi que des éléments de qualité physicochimiques et hydromorphologiques¹ (Figure 2). Les paramètres chimiques (polluants spécifiques² synthétiques et non synthétiques), participent également à la détermination du niveau de classification de l'état écologique s'ils sont déversés en quantité significative dans la masse d'eau. L'état écologique se décline en cinq classes d'état (de très bon à mauvais) → [seule l'évaluation de quelques éléments de qualité biologique \(MET+MEC\) et des éléments de qualité physicochimique pour les MET ont été mesurés cette année](#). Pour cette raison, on parlera **d'état écologique partiel** (encadré rouge dans la Figure 1)

L'état général d'une masse d'eau est déterminé par la plus mauvaise valeur de son état écologique et de son état chimique (Article 2 §17). **La DCE définit le « bon état » d'une eau de surface lorsque son état écologique et son état chimique sont au moins « bons »** (Article 2 §18,). Pour représenter cette classification des états écologiques et chimiques un code couleur est établi (Annexe V 1.4).

Définition 2 (d'après : Parlement Européen & Conseil de l'Union Européenne 2000) :

État écologique	Qualité de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques
État chimique	Concentrations des polluants par rapport à des normes

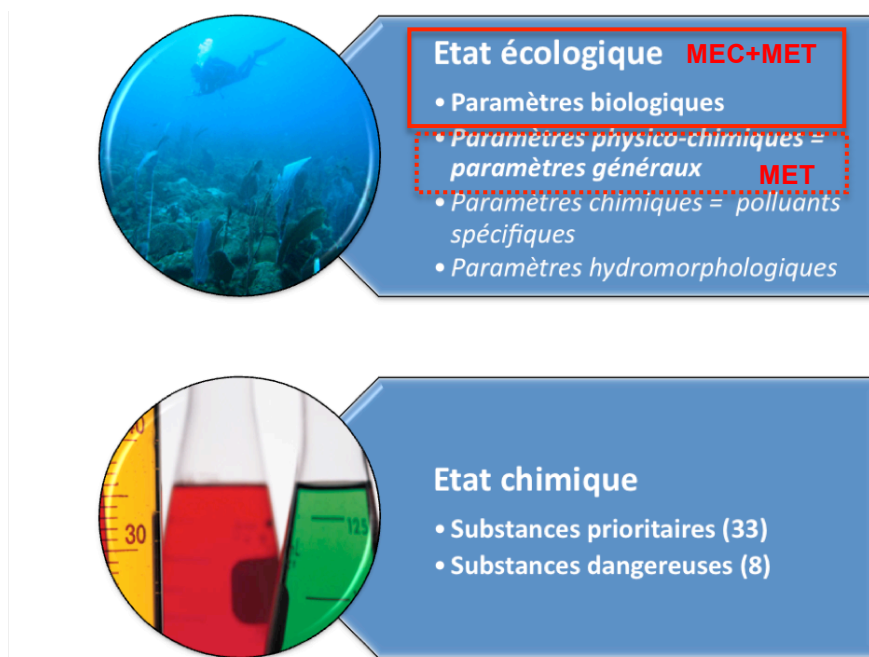


Figure 1 : Éléments à prendre en compte pour définir l'état écologique et chimique d'une masse d'eau littorale

¹ Les éléments hydromorphologiques et physicochimiques sont aussi désignés comme éléments de soutien.

² Les polluants spécifiques désignent les substances prioritaires non incluses dans l'évaluation de l'état chimique (c'est-à-dire sans NQE) et les autres substances identifiées comme étant déchargées en quantités importantes dans une masse d'eau. Deux classes d'état s'y appliquent (respect ou non-respect de la NQE).

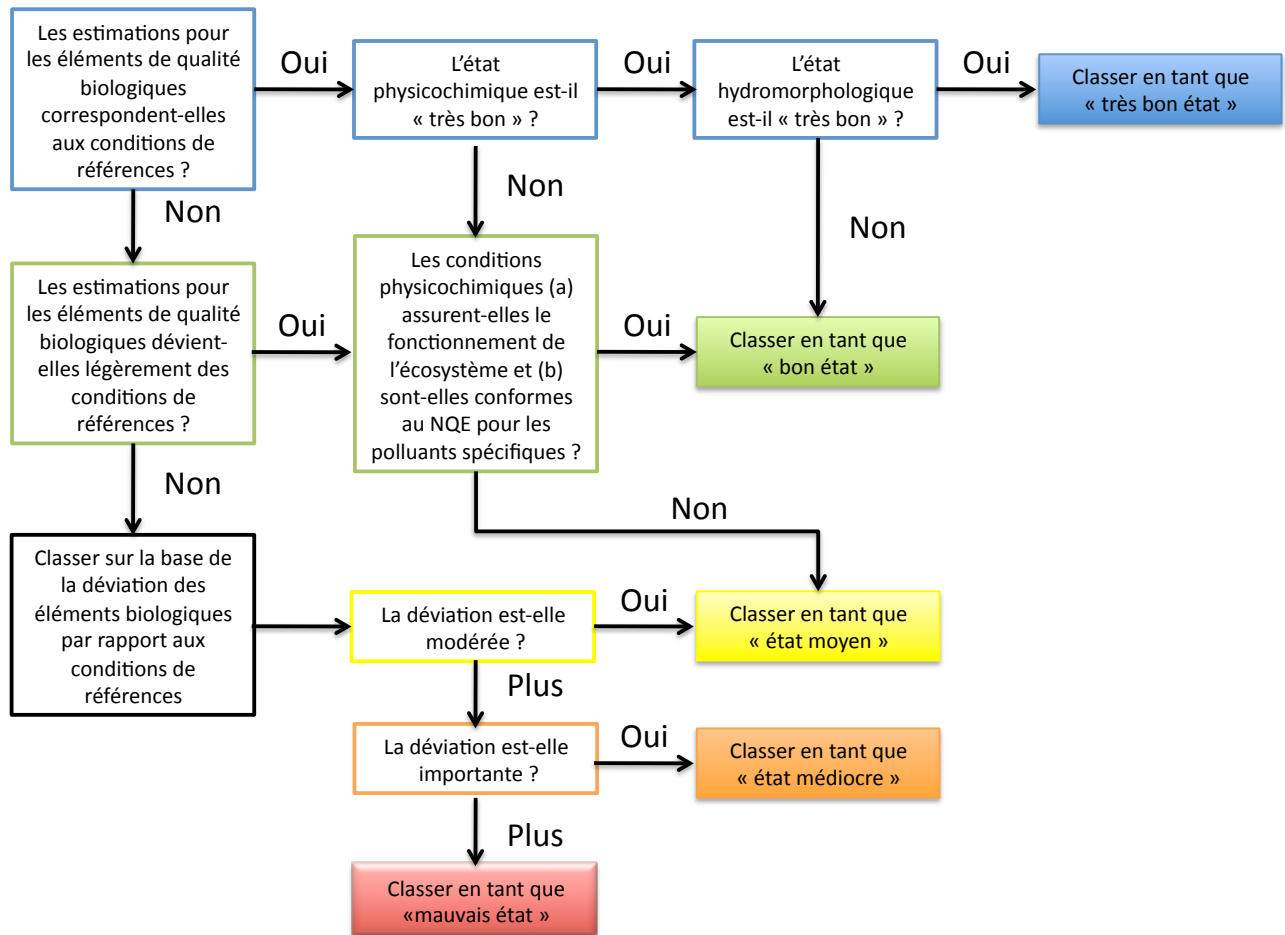


Figure 2 : Rôles respectifs des éléments de qualité biologique, hydromorphologique et physicochimique dans la classification de l'état écologique d'une masse d'eau (schéma issu de Working Group 2A 2005)

3 Classification de l'état écologique partiel d'une masse d'eau : principe et mise en œuvre

L'évaluation de l'état écologique d'une masse d'eau nécessite la mise en place de différents éléments adaptés à chaque type de masse d'eau (Définition 3) :

- ❖ **déterminer les éléments (paramètres, indices, etc.) qui vont permettre de juger des états biologiques, physicochimiques et hydromorphologiques**
 - ❖ **connaître / évaluer ce que sont des conditions non ou très peu perturbées = les conditions de référence**
 - ❖ **construire, en fonction de ces conditions de référence, 3 grilles de qualité pour :**
 - **L'état biologique en 5 classes (très bon à mauvais)**
 - **L'état physicochimique en minimum 3 classes (très bon, bon, inférieur à bon)**
 - **L'état hydromorphologique en minimum 2 classes (très bon et inférieur à très bon)**
- Ces deux dernières grilles étant construites en rapport avec l'état biologique**

En outre, afin de pouvoir établir des comparaisons entre les états membres, les valeurs seuils doivent être « normées » sur une échelle allant de 1 (condition de référence) à 0 (mauvais état) : ce sont les **EQR** (Ecological Quality Ratio ; illustration dans la Figure 3).

Au niveau européen ces EQR ont fait l'objet d'une première phase d'inter-étalonnage qui s'est achevée en mars 2008. Cette première phase n'intégrait pas les DOM.

→ La définition de l'état écologique d'une masse d'eau selon les exigences DCE nécessite un travail préalable en différentes étapes qui doit être réalisé dans chaque état membre.

Définition 3

<p>Métriques, indices, indicateur, grilles et EQR (extrait de Soudant & BELIN 2009) :</p>	<p>Le terme <u>métrique</u> désigne une méthode de calcul mais aussi le résultat de son application à l'ensemble des données d'un paramètre.</p> <p>Un <u>indice</u> est une composition d'une ou plusieurs métriques pour caractériser un niveau intermédiaire de l'évaluation pour un élément de qualité.</p> <p>La métrique et l'indice sont quelquefois une même grandeur.</p> <p>Un <u>indicateur</u> est la combinaison de plusieurs indices pour évaluer un élément de qualité.</p> <p>Une <u>grille</u> est composée de quatre valeurs définissant les frontières entre les états « très bon », « bon », « moyen », « médiocre » et « mauvais ». Ici, arbitrairement, la borne inférieure est incluse et la borne supérieure est exclue.</p> <p>Une <u>valeur de référence</u> est la valeur de très bon état fixée par expertise d'une métrique, indice ou indicateur hors influence anthropique.</p> <p>Métrique, grille et valeur de référence devraient être définies conjointement.</p> <p>Une métrique ou un indice sont transformés en <u>Ecological Quality Ratio (EQR ou RQE)</u> comme un rapport impliquant la valeur de référence et la valeur de la métrique ou de l'indice : il en résulte une quantité variant entre 0 et 1, 0 étant le plus mauvais score et 1 le meilleur. La transformation peut être appliquée de manière identique à la grille. Dans ce cas, le rapport est calculé avec chaque valeur de la grille.</p>
--	--

Un paramètre étant : une propriété mesurée ou observée

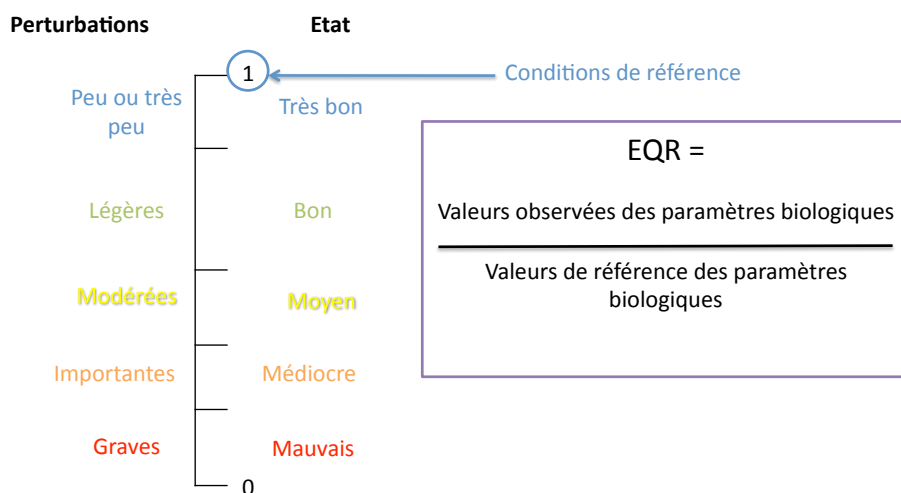


Figure 3 : Conditions de référence et Ratio de Qualité Écologique (Annexe V, 1.4.1) : cas où les valeurs de paramètres croissent avec l'amélioration de la qualité de l'eau

4 L'application de la DCE en Martinique : rappels

4.1 Spécificités du milieu littoral Martiniquais

La DCE et notamment les guides méthodologiques édités pour l'application de celle-ci dans les états membres sont basés essentiellement sur les conditions et milieux littoraux de l'Europe continentale et son climat tempéré. La Martinique est une île située dans la Caraïbe (Figure 5). Elle présente des particularités liées à son milieu tropical et insulaire dont il faut tenir compte :

- Il s'agit d'une île volcanique dont les sols sont facilement érodables.
- Elle est soumise à un climat tropical humide.
- Deux saisons peuvent être distinguées en Martinique : une saison sèche, « le carême » (février-avril), et « l'hivernage » (juillet-octobre) caractérisé par des pluies fréquentes et intenses. Ces deux saisons sont séparées par deux intersaisons plus ou moins marquées.
- Le relief (point culminant : la montagne Pelée à 1397 m) favorise l'érosion des sols, les pentes accentuent les débits de crue des rivières et les transports solides.
- La population est de forte densité. Elle est concentrée entre Fort-de-France / Schœlcher / Lamentin / Saint Joseph (50% de la population). La répartition sur le reste du territoire est très inégale (Bourgs et « quartiers » denses ou hameaux, habitat diffus).
- L'industrie polluante, relativement peu développée, est composée de plusieurs distilleries réparties sur l'île, d'une raffinerie de pétrole au Lamentin, de carrières situées dans le nord et de deux centrales thermiques EDF.
- La mise en place de STEP est récente et l'évacuation des eaux usées se fait en de nombreux endroits sans traitement préalable suffisant. De plus, les assainissements non collectifs ont un impact non négligeable qui peut être supérieur à celui des STEP.
- L'agriculture est essentiellement tournée vers les cultures de bananes et de canne à sucre. Ces cultures utilisent de nombreux intrants et phytosanitaires ; le maraîchage (en faible proportion) favorise l'érosion et également les pollutions par les phytosanitaires, il n'est donc pas négligeable.
- La pêche est de type artisanal (petite pêche côtière) et se déploie vers le large grâce aux DCP (Dispositif de Concentration des Poissons) ; les fonds côtiers sont surexploités.
- Le plateau insulaire est peu étendu. Il est composé de nombreuses entités ce qui lui confère un caractère très hétérogène. Il est cantonné à la côte Atlantique.
- Les côtes s'étendent sur 350 km, les constructions récifales sur environ 70 km pour une surface de moins de 200 km². D'après Bouchon & Bouchon-Navaro 1998, 80 % de ces récifs sont dégradés ou en voie de dégradation, à cause des activités anthropiques.
- Les récifs bioconstruits (coralliens ou algo-coralliens) sont quasi absents de la côte ouest (excepté la baie de Fort-de-France et à Ste Luce), bien que des peuplements coralliens soient bien développés en dessous d'une dizaine de mètres de profondeur. Les herbiers et mangroves sont peu développés sur la côte Caraïbe.
- Le récif frangeant bioconstruit de la côte méridionale présente une grande richesse spécifique.
- La côte sud-est est dotée d'une barrière récifale d'origine algo-corallienne qui s'étend sur près de 25 km, coupée par de nombreuses passes. À l'abri de cette barrière, des herbiers à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* occupent les fonds de baie, mangroves et lagons.
- Les mangroves sont des forêts littorales de grand intérêt qui ont été en grande partie détruites. Actuellement, on en trouve essentiellement dans les principales baies (Fort-de-France, Marin, Robert, Galion), sur les côtes méridionales et sur la moitié sud-est de l'île.
- Les eaux côtières martiniquaises ont subi depuis quelques années l'introduction de nouvelles espèces, parmi lesquelles le poisson lion *Pterois volitans* et la phanérogame marine *Halophila stipulacea*. Ces espèces pourront occasionner des modifications des écosystèmes marins dans les années à venir.
- Enfin, la recherche scientifique sur le milieu aquatique martiniquais est en développement, mais ceci est assez récent et peu d'études environnementales ont été menées jusqu'à présent, particulièrement dans le milieu marin. Aussi, les connaissances fondamentales sur le fonctionnement des écosystèmes sont limitées et très hétérogènes.



Figure 4 : Carte générale de la Martinique et du plateau insulaire. Limite bathymétrique bleue : 20 m de profondeur, limite bathymétrique verte : 50 m de profondeur

4.2 La délimitation des masses d'eau littorales en Martinique

L'état des lieux du district hydrographique de la Martinique (Asconit Consultants *et al.* 2005b) a permis de délimiter 23 Masses d'Eau (ME) littorales réparties en huit types (19 ME côtières réparties en 7 types et 4 ME de transition représentant un type, Figure 5). Cette délimitation a été réalisée selon les critères suivants : trait de côte, bathymétrie, variations de l'exposition aux vents, houle atlantique et courants, pressions littorales, bassin versant, diversité et sensibilité des biocénoses littorales (type eutrophisation, hypersédimentation et écotoxicité).

Remarques : En Martinique, la plupart des MET (toutes sauf FRJT001) correspondent à un écosystème remarquable : la mangrove.

La délimitation de ces masses d'eau a pour objectif d'identifier des secteurs plus ou moins homogènes sur lesquels sont évalués les risques de non réalisation des objectifs environnementaux assignés par la DCE (RNABE : Risque de Non Atteinte au Bon État).

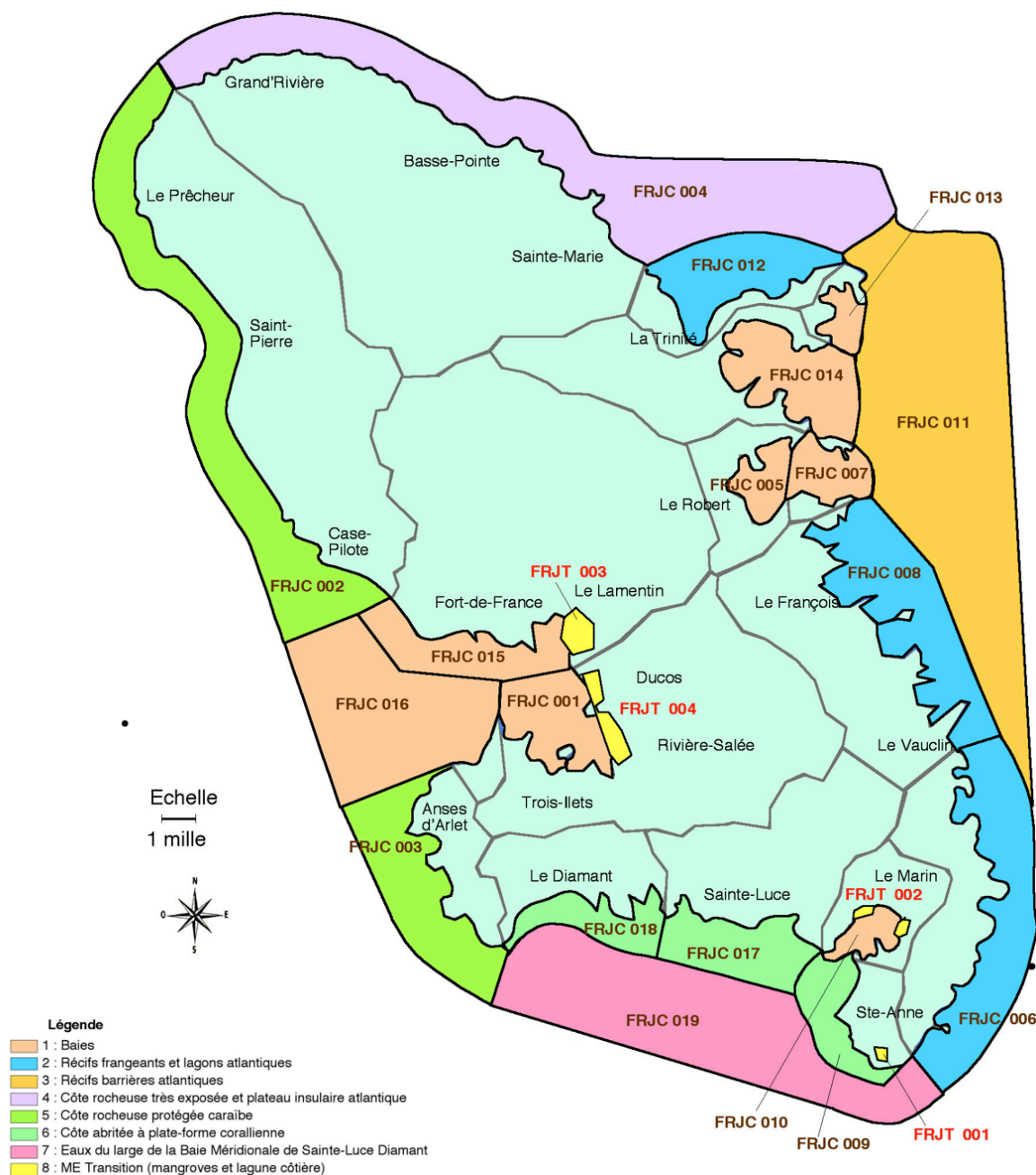


Figure 5 : Carte représentant les masses d'eau du littoral martiniquais appartenant aux huit types de masses d'eau littorales

4.3 Le choix des sites de référence et de surveillance

La définition des réseaux de surveillance a été réalisée en 2006 (Impact Mer 2006). Le choix des sites de référence et de surveillance a été réalisé selon plusieurs critères, et est basé sur les connaissances et les suivis existants en Martinique. Il s'agit essentiellement d'études anciennes réalisées par l'UAG (Université Antilles Guyane) (Laborel, Bouchon, Louis etc.), des études réalisées par le bureau d'études Impact Mer depuis 1993 (études de rejet, d'impact, cartographies des biocénoses, des pressions littorales...), des suivis biologiques IFRECOR réalisés par l'Observatoire du Milieu Marin Martiniquais (OMMM) et enfin des suivis physicochimiques du Réseau National d'Observation (RNO) réalisés par la Cellule Qualité de l'Environnement Littoral (CQEL).

Le choix des stations de suivi a donc été proposé à partir des critères présentés ci-après par ordre d'importance décroissante :

- Selon la masse d'eau ou le type de masse d'eau. En effet il est souhaitable, mais non impératif, d'avoir un site de surveillance par masse d'eau et un site de référence par type de masse d'eau ;
- **Selon le faible niveau de pression littorale et / ou le bon renouvellement des eaux pour les sites de référence.** Les sites connus ou supposés en très bon état ou à défaut en bon état sont alors considérés comme des sites de référence potentiels (à confirmer ou infirmer selon les résultats des premiers suivis biologiques et chimiques) ;
- **Selon la représentativité de l'état général de la masse d'eau pour les sites de surveillance.** C'est-à-dire en fonction du biotope (profondeur, géomorphologie, courants, etc.), des pressions et des écosystèmes présents (herbiers, communautés coralliennes ou mixtes) lorsque ceux-ci sont connus (recherche bibliographique) ou observables à partir des orthophotographies IGN, donc selon des critères de délimitation des masses d'eau ;
- Les réseaux de suivi existants ont autant que possible été intégrés au réseau de suivi de la DCE (RNO et IFRECOR principalement) ;
- Selon la faisabilité technique. C'est-à-dire en fonction de l'accessibilité des sites, notamment des conditions hydrodynamiques (agitations et courants) et accessoirement des possibilités de mise à l'eau d'embarcation légère à proximité.

4.4 Le choix des paramètres et des protocoles de suivis

Depuis janvier 2010, les éléments de suivis DCE pour la Martinique et la Guadeloupe sont listés dans l'Annexe 1 de l'Arrêté ministériel (Meeddm 2010a, bCf. Annexe 1 du présent document)

Les paramètres et protocoles de suivi préconisés par la DCE pour les masses d'eau françaises (Pellouin-Grouhel 2005 et Guillaumont & Gauthier 2005) sont adaptés aux eaux tempérées de l'Europe continentale. La Martinique est le premier département d'Outre-Mer à appliquer la DCE sur son territoire et aucun élément de cadrage n'a été élaboré pour permettre l'application de la législation en milieu tropical. Pour cette raison, il a été **nécessaire d'adapter les paramètres et les protocoles concernant les paramètres biologiques**. Ce travail a été établi à partir de données bibliographiques et de concertations avec différents acteurs du milieu marin antillais (DIREN, UAG, OMMM, bureaux d'études). La synthèse de ces éléments a été réalisée par Impact-Mer dans la « Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique » (Impact-Mer 2006).

4.5 Classification des indices/indicateurs et définition de seuils provisoires de qualité

Tout comme pour le choix des paramètres et protocoles de suivis, la définition des conditions de référence ne fait l'objet d'aucun élément de cadrage. Pour cette raison, des classifications provisoires des différents indicateurs choisis ont été établies dans un premier temps à partir de données bibliographiques et d'avis d'experts (Impact-Mer 2006) puis réajustées en fonction des données DCE accumulées depuis 2007 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2010). En effet, pour affiner ces classifications et déterminer les conditions de référence, il s'est avéré nécessaire d'accumuler des données brutes et plus généralement des connaissances fondamentales sur nos écosystèmes et leur fonctionnement général. Dans la continuité du travail réalisé en 2012, la présente étude 2013 s'inscrit dans cette démarche.

Ces éléments sont utilisés dans le présent rapport pour l'évaluation de l'état écologique partiel des masses d'eau littorales martiniquaises.

5 Bilan 2007-2011 et objectifs 2013

Les suivis précédents ont révélé que les protocoles et les paramètres échantillonnés étaient adaptés à la problématique DCE.

Cependant,

- ❖ le manque de connaissances sur le fonctionnement général des écosystèmes marins martiniquais,
- ❖ le contexte insulaire (topographie, climatologie etc.) ne permettant pas de relier la modification d'un élément de l'écosystème avec une seule pression (bassin versant vecteur de pressions diverses),
- ❖ l'absence de longues séries temporelles de données permettant de faire un traitement statistique poussé ou de construire des modèles,
- ❖ La difficulté de comparaison des données d'une année sur l'autre

n'ont pas permis de déterminer tous les éléments nécessaires à la définition de l'état écologique partiel.

Début 2012, un atelier portant sur l'application de la DCE dans les DOM s'est tenu au MNHN afin d'harmoniser les protocoles et faire des propositions concrètes pour les suivis à venir. Cette réunion, à laquelle Impact Mer a participé à titre d'expert Antilles, a permis de mettre en évidence les actions positives menées dans les DOM, mais aussi les manquements éventuels concernant des éléments pertinents non pris en compte dans le cadre de la DCE jusqu'à aujourd'hui.

Dans ce contexte, l'objectif du présent marché (DCE 2013) est d'acquérir des données sur le réseau de référence et de surveillance afin de :

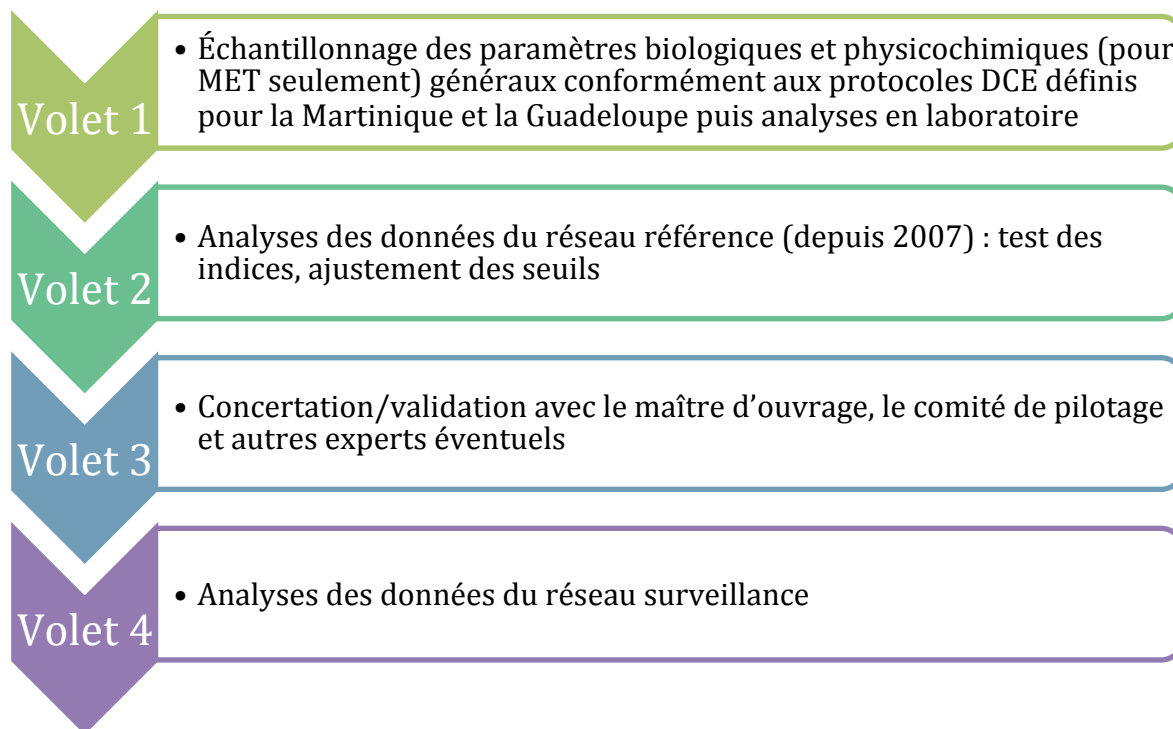
- Compléter et/ou confirmer le travail réalisé depuis 2006 par Impact Mer sur la définition des valeurs de référence pour les éléments biologiques ;
- Développer et/ou affiner des méthodologies de traitement de données adaptées au contexte martiniquais et conformes aux prérogatives DCE (indices, grilles de classifications et EQR).
- Réaliser le suivi biologique (communautés coralliennes uniquement) de 15 stations appartenant aux MEC (*) dans la continuité des programmes de surveillance 2007 à 2012
- Réaliser le suivi biologique de 3 stations et le suivi physico-chimique de 4 stations appartenant aux MET
- D'appliquer de nouveaux protocoles et relever des paramètres complémentaires jusqu'alors non étudiés dans le cadre de la DCE (Options 1 et 2 du CCTP).
- D'assurer la pérennité des transects mis en place (Option 3 du CCTP).

(*) Il est également demandé de changer la position des stations coralliennes des sites du Diamant et de Loup Caravelle.

Remarque : Dans le CCTP il était demandé de définir « l'état écologique partiel » des masses d'eaux. Cependant comme souligné lors de la réponse à cet appel d'offre (note méthodologique), les données disponibles à ce jour ne permettent pas cette évaluation (Cf. B. 3 p 36).

La présente étude s'inscrit dans la continuité du travail effectué depuis 2006 sur le suivi et la définition des paramètres et indicateurs DCE pertinents.

En cohérence avec les suivis précédents, la présente étude s'organise autour de quatre volets principaux :



Le volet 1 correspond à la phase « terrain » de l'étude. L'ensemble des paramètres retenus pour la détermination de l'état écologique partiel des masses d'eau de transition et les paramètres « communautés coralliennes » sont échantillonnés conformément aux protocoles utilisés durant les précédents suivis afin de permettre, à la fin du plan de gestion :

- une analyse temporelle des données : comparaison des différentes années de suivi ;
- une agrégation des résultats afin d'obtenir, lorsque cela est possible, une série de données suffisamment importante pour permettre un traitement statistique.

Les volets 2 et 3 visent à mettre au point et/ou à affiner l'ensemble des indices, indicateurs, grilles etc. pour chaque élément de qualité et ceci en concertation avec le comité de pilotage, le maître d'ouvrage et autres experts éventuellement identifiés par le maître d'ouvrage.

Ces deux volets sont interconnectés. Ce n'est qu'à l'issue de la validation par le maître d'ouvrage des différents éléments d'interprétation que pourra être réalisée l'analyse des données du réseau de surveillance selon les exigences de la DCE (volet 4).

Le présent rapport présente les méthodologies et les résultats obtenus lors de ces trois premiers volets.

Un raisonnement par élément de qualité a été privilégié. Une discussion autour des résultats / conclusions est proposée à la fin de ce document et des recommandations quant à la poursuite de l'étude sont présentées.

B. Méthodologies DCE adaptées au contexte insulaire tropical martiniquais

1 Les réseaux de référence et de surveillance

1.1 Notion d'échelle de suivi (secteur / site / station)

Une masse d'eau correspond à un **secteur d'étude**. Un **site référence** (site peu ou pas perturbé) a été identifié dans chaque type de masses d'eau afin de caractériser le référentiel, en termes de qualité écologique et chimique, des différentes masses d'eau. De plus, l'état des masses d'eau est suivi grâce à un **site surveillance** qui a été identifié comme étant représentatif de la masse d'eau.

Chaque site de suivi DCE comprend respectivement :

- une station biologique « endofaune » pour les masses d'eau de transition (MET)
- une (ou deux) station(s) biologique(s) « communautés coralliennes » (+ « herbier » quand il y en a) pour les masses d'eau côtières (MEC)
- + une station biologique « phytoplancton » pour les MEC
- une station Physicochimique pour les MEC et les MET

Dans la mesure du possible, les stations sont choisies de manière à être les plus proches géographiquement. Pour les MEC, les stations physicochimiques et phytoplancton sont confondues : c'est la **station « hydrologique »** (Figure 6).

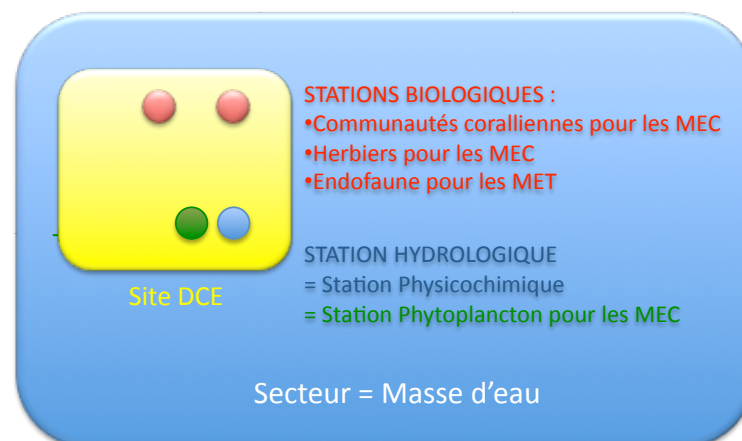


Figure 6 : Échelle de suivi appliquée aux suivis DCE

1.2 Les sites et stations de référence et de surveillance

Pour l'étude 2013, 19 sites de suivis DCE ont été échantillonnés parmi lesquels 8 appartiennent au réseau de référence et 15 au réseau de surveillance. Plusieurs de ces sites appartiennent aux deux réseaux (Figure 7).

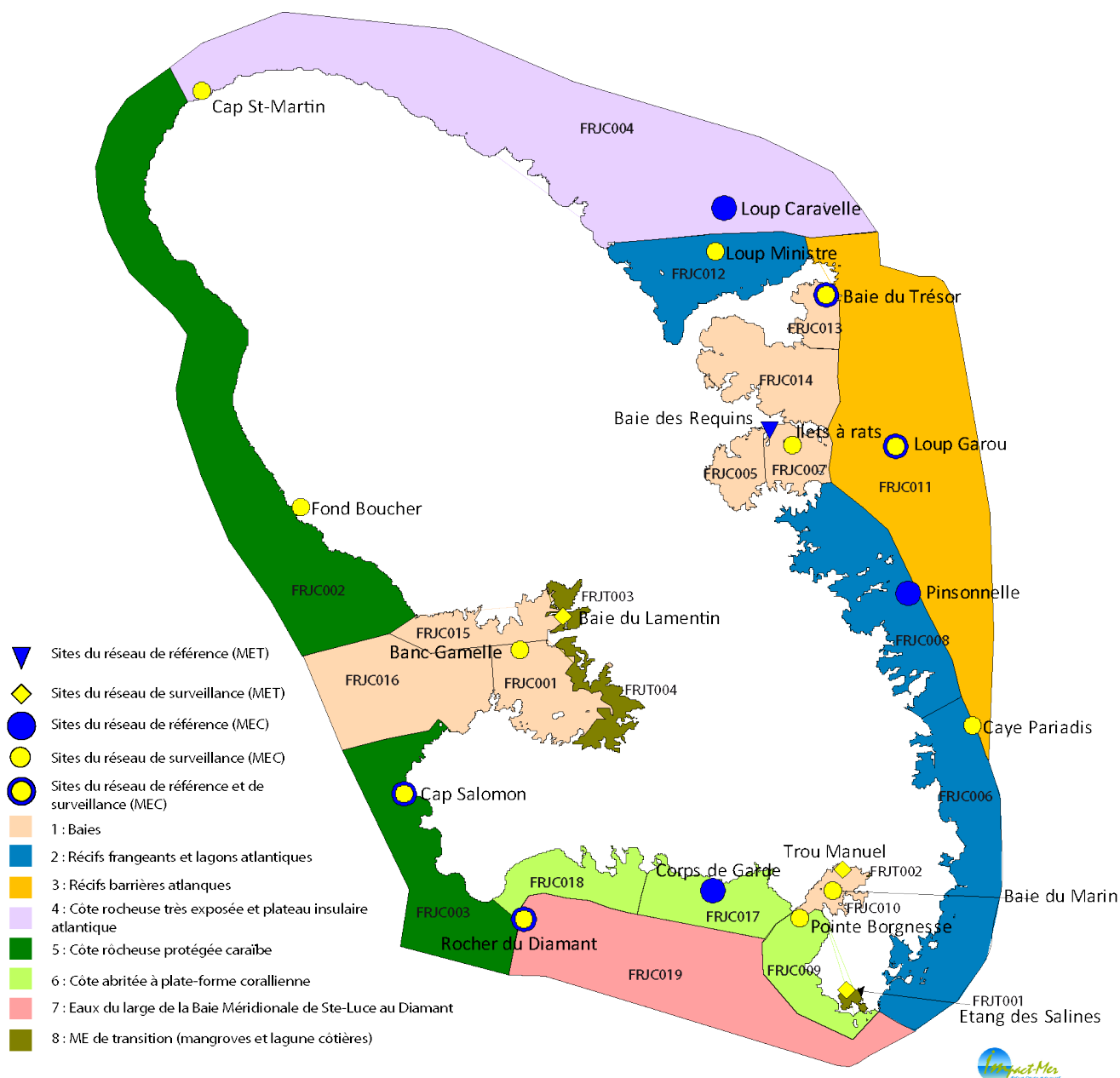


Figure 7 : Cartographie des sites DCE du réseau de référence et de surveillance pour l'année 2013

Bilan des suivis à réaliser par site DCE

L'ensemble des suivis à réaliser dans le cadre de l'étude DCE 2013 est présenté dans le Tableau 1. Au total, 19 stations ont été suivies, au cours des mois de juillet/août 2013

Dans le cadre de la mise en place des transects pérennes, trois stations biologiques (Ilet à Rat, Fond Boucher et Pointe Borgnesse) communes aux suivis IFRECOR et DCE ont été mutualisées afin de permettre une comparaison des données. Le fait d'utiliser les transects permanents déjà mis en place dans le cadre de l'IFRECOR permet également de réduire la dénaturation du paysage sous-marin.

L'ensemble des coordonnées des stations DCE littorales coralliennes (mises à jour en 2013, lors du re-positionnement de certains transects permanents) sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Description des sites de référence et de surveillance et éléments de qualité échantillonnés en 2011/2012 En rouge les sites de référence

Masse d'eau	Code	Type de ME	Site	Code SANDRE	Type de site	X (WGS84/UTM20)	Y (WGS84/UTM20)	Physico-chimique	Communautés coralliennes	Endofaune	Coord. géo. des stations communautés coralliennes et endofaune X/Y (WGS84/UTM20)	
Baie du Trésor	FRJC013	1	Baie du Trésor	08999502	Référence – surveillance	721795	1635198		X		727528	1632598
Baie de Génipa	FRJC001	1	Banc Gamelle	08999503	Surveillance	713080	1615427		X		709188	1612903
Est de la Baie du Robert	FRJC007	1	Ilets à rats	08999507	Surveillance	736034	1608547		X		725658	1624198
Baie du Marin	FRJC010	1	Baie du Marin	08999501	Surveillance	726444	1597797		X		727908	1599138
Littoral du François au Vauclin	FRJC008	2	Pinsonnelle	08999514	Référence	726045	1624367		X		734534	1617635
Littoral du Vauclin à Sainte Anne	FRJC006	2	Caye Pariadis	08999505	Surveillance	722295	1637668		X		735648	1608378
Baie de la Trinité	FRJC012	2	Loup Ministre	08999509	Surveillance	731745	1624237		X		721920	1635240
Récif Barrière Atlantique	FRJC011	3	Loup Garou	08999508	Référence – surveillance	728294	1599307		X		731358	1624068
Nord Atlantique, plateau insulaire	FRJC004	4	Loup Caravelle	08999517	Référence	704564	1604747		X		722347	1637696
Nord Atlantique, plateau insulaire	FRJC004	4	Cap St Martin	08999516	Surveillance	692800	1643750		X		692906	1643909
Anses d'Arlet	FRJC003	5	Cap Salomon	08999504	Référence – surveillance	698864	1620848		X		704178	1604578
Nord Caraïbes	FRJC002	5	Fond Boucher	08999506	Surveillance	710994	1612847		X		698478	1620678
Baie de Sainte Luce	FRJC017	6	Corps de Garde	08999518	Référence	727915	1632767		X		721258	1599128
Baie de Sainte Anne	FRJC009	6	Pointe Borgnesse	08999512	Surveillance	732954	1615492		X		726058	1597628
Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant	FRJC019	7	Rocher du Diamant	08999513	Référence – surveillance	721644	1599297		X		711546	1597458
*		8	Baie des Requins	08999404	Référence	724775	1625187	X		X		
Étang des Salines	FRJT001	8	Étang des Salines	08999402	Surveillance	711600	1597777	X				
Mangrove du Marin	FRJT002	8	Trou Manuel	08999403	Surveillance	729064	1593727	X		X		
Mangrove de la Rivière Lézarde	FRJT003	8	Baie du Lamentin	08999401	Surveillance	728834	1600497	X		X		

2 Protocoles d'échantillonnage des paramètres biologiques et physicochimiques et prétraitements des données

Les protocoles (sauf endofaune) décrits ci-après ont été validés lors de la réunion de démarrage de la DCE du 8 février 2007 et/ou proposés succinctement lors de l'atelier DCE au MNHN de 2012.

2.1 Éléments de qualité biologiques

2.1.1 Les communautés benthiques coralliennes (MEC)

Le suivi des communautés benthiques coralliennes se compose :

- ❖ d'une évaluation de l'état général de l'écosystème récifal,
- ❖ d'un échantillonnage de la composition et de l'abondance relative des peuplements coralliens et des autres organismes benthiques susceptibles d'être en compétition avec les coraux (algues et invertébrés sessiles). Avec reconnaissance au niveau du genre pour les macroalgues et les coraux,
- ❖ d'une étude complémentaire concernant la couverture en macroalgues,
- ❖ d'une évaluation de la densité des colonies coralliennes adultes et juvéniles

L'échantillonnage de ces paramètres se déroule en plongée sous-marine (scaphandre autonome) sur :

- ❖ Un secteur comprenant une zone corallienne homogène d'environ 10 m de profondeur.
- ❖ Une surface d'échantillonnage adaptée à la morphologie du récif :
 - Si le site est non pentu : la surface équivaut à un disque de rayon de 50 m autour d'un point GPS identifiant le site.
 - Si le site est pentu : la surface d'échantillonnage correspond à une bande de 100 m de long et environ 2 mètres de large parallèle aux isobathes (la variation de profondeur au sein de cette bande doit être de 2 m maximum).

Les transects permanents installés en 2011 ont été réparés quand cela était nécessaire.

Mise en place/réparation de transects pérennes

Le protocole d'installation de transects pérennes faciles à mettre en œuvre, peu invasifs et peu coûteux (installation + entretien) proposé par Impact-Mer en 2011 a été utilisé (Figure 8, Impact Mer 2011). Ce procédé vise non seulement à réduire les coûts d'installation mais aussi à préserver le paysage sous-marin présentant une grande valeur économique en Martinique (apnée, plongée sous-marin etc.).

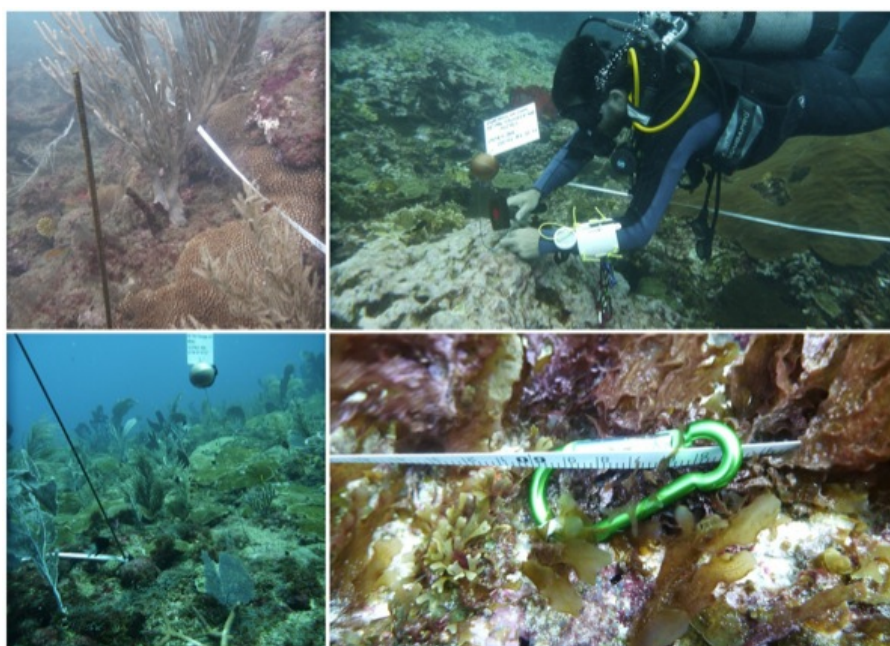


Figure 8 : Illustration de la mise en place des transects pérennes

État de santé des récifs

La méthodologie d'évaluation de l'état de santé des récifs qui a été retenue est issue de Bouchon *et al.* 2004 et adaptée aux exigences de la DCE (5 classes ont été définies contre 4 dans Bouchon *et al.* 2004).

Six transects sont réalisés. Pour chacun, l'état de santé de la communauté corallienne est évalué visuellement selon les 5 classes définies dans le Tableau 2. Le très bon état est caractérisé par un peuplement corallien (dense ou non), sans nécrose et sans macroalgue. Il doit cependant être temporisé par les caractéristiques géographiques et géomorphologiques du site (fond de baie, zones exposées aux cyclones, etc.). L'état général de la station est calculé en moyennant les indices évalués dans les 6 transects.

Tableau 2 : État de santé général des communautés coralliennes réparti en cinq classes

Indice de l'État de Santé	Peuplement Corallien
1 = Très bon état	Coraux non nécrosés avec gazon algal et absence de macroalgues
2 = Bon état	Coraux peu nécrosés ou quelques macroalgues ou sédimentation
3 = État moyen	Coraux avec nécroses, peuplement dominé par les macroalgues ou hypersédimentation
4 = État médiocre	Coraux nécrosés avec macroalgues et/ou hypersédimentation et envasement
5 = Mauvais état	Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envasés, aucune espèce sensible



Moyenne de l'indice sur les 6 transects = indice état de santé globale de la station communauté corallienne (indice informatif : n'entre pas dans l'évaluation DCE)

Caractérisation de l'état des peuplements coralliens et des autres groupes d'organismes benthiques : composition et abondance relative

Le protocole d'évaluation de l'état des communautés benthiques coralliennes est issu du manuel technique d'études des récifs coralliens de la région Caraïbe Bouchon *et al.* 2001 et basé sur les descripteurs et la codification de CoReMo 3 (mise à jour de la codification DCE correspondante en octobre 2008, Cf. Tableau 5). Les données brutes DCE correspondent aux codes CoReMo anglais, augmentées du champ "Notes". De plus, toutes les colonies coralliennes et les macroalgues sont identifiées au niveau du genre.

Un plongeur (plongeur n°1 sur la Figure 9) déroule un **transect de 10 m** et l'attache sur les piquets et les crampillons installés de manière permanente. Le plongeur réalise un passage unique sur le transect et réalise un relevé de type « **point intercept** ». Ce relevé consiste à identifier la nature du substrat (Code CoReMo 3 + Notes) présent en un point sous le transect **tous les 20 cm**.

Cette opération est réalisée six fois par station benthos.

L'effort d'échantillonnage est donc de 50 points par transect de 10 m soit 300 points par station. Cette technique d'échantillonnage permet d'obtenir des informations qualitatives sur le benthos récifal et sur son état de stress (blanchissement, indice explicité ci-après).

Remarques : Les 6 transects peuvent être réalisés à la suite le long d'un multi décamètres de 60 m. Si la géomorphologie de la station le permet, cette disposition sera privilégiée.



Pourcentage relatif des différentes catégories d'organismes pour chaque transect

Tableau 3 : Codes DCE utilisés pour le suivi des communautés coralliennes (version 2008)

	Saisie BD COREMO 3		Saisie DCE complémentaire	
	Code (niveau intermédiaire Reef Check)	Descripteur COREMO3	Descripteur DCE	Notes
Vivant	HC / SC	Hard Coral / Soft Coral	Corail vivant	
	HC	Hard Coral	Corail blanchi, nécrosé ou malade	CB, CN, CM
	SP	Sponge	Éponge	
	OT	Other	Autres invertébrés	GO, AN, ...
	NIA	Nutrient Indicator Algae	Macroalgues non calcaires	MA ou CYA
	OT	Other	Macroalgues calcaires	HAL, GAL, ...
	RC	Rock	Turf algal ou algues calcaires encroûtantes.	TU ou AC
Mort	RKC	Recent Killed Coral	Corail mort récemment (<1 an)	
	RC	Rock	Substrat dur	
	RB	Rubble	Débris coralliens (<15cm)	
	SD	Sand	Sable (<0,5cm)	
	SI	Silt/Clay	Vase (<1mm)	

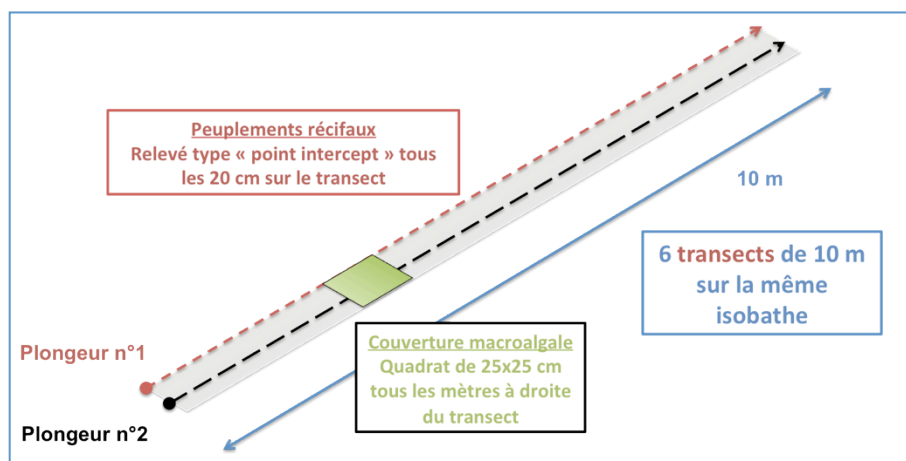


Figure 9 : Schéma de la mise en œuvre du suivi des peuplements récifaux et de la couverture macroalgale

Étude complémentaire de la couverture macroalgale au sein de la communauté corallienne (Figure 10)

Afin d'obtenir une approche plus détaillée de la couverture macroalgale, un suivi de ces organismes est réalisé par un deuxième plongeur simultanément au suivi des communautés coralliennes.

Le plongeur n°2 (Figure 9) réalise 10 quadrats de 25 x 25 cm le long de chaque transect de 10 m établi par le plongeur n°1, avec un pas d'espace régulier d'un mètre. Le quadrat est disposé contre le mètre linéaire (à droite) en face d'une graduation entière. Ainsi, la surface échantillonnée est de 0,625 m² par transect soit 3,75 m² par station.

Pour chacun de ces quadrats sont notés :

1. Le recouvrement en macroalgues qui est évalué visuellement selon les 5 classes du Tableau 4
2. Le **genre ou l'espèce de macroalgue dominante**. Les macroalgues les plus communes du littoral martiniquais qu'il est important d'identifier sont mentionnées, à titre indicatif (liste non exhaustive) dans le Tableau 5.
3. La **nature du substrat** (substrat majoritaire des macroalgues présent dans le quadrat)
4. La couverture en cyanobactéries, qui n'appartiennent pas aux macroalgues mais qui sont indicatrices d'eutrophisation, est notée en remarque mais ne rentre pas dans l'évaluation de la classe de recouvrement.

Remarque : soulignons que lors de cet échantillonnage, seuls l'espèce d'algue et le substrat dominant dans chaque quadrat sont échantillonnés (les autres espèces et substrats observés sont cependant notés en remarques). Ces deux indications de type qualitatif peuvent aider à l'interprétation de l'état de santé de l'environnement marin en termes d'eutrophisation. Cependant, elles ne peuvent en aucun cas être interprétées en termes quantitatifs car les proportions exactes de ces éléments au sein du quadrat ne sont pas indiquées (classe de couverture). Les résultats obtenus ne peuvent donc pas être assimilés à une « couverture » spécifique ou abiotique (contrairement à l'échantillonnage effectué avec les points intercept qui prend en compte toutes les espèces et substrats rencontrés).

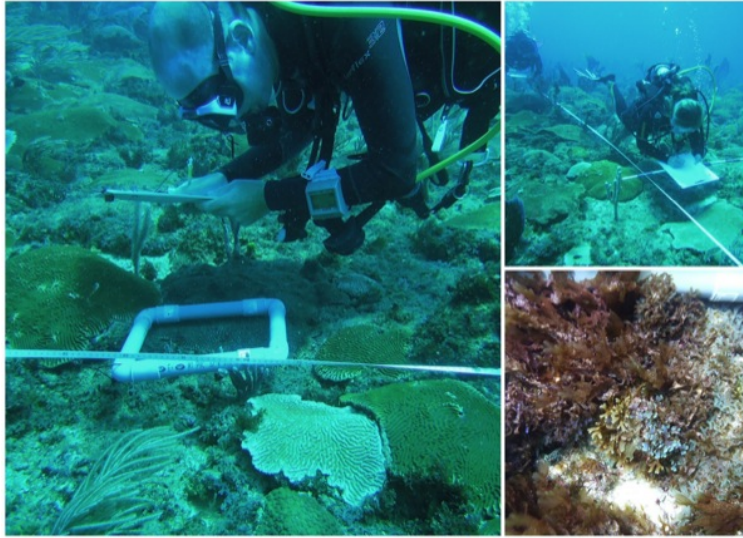


Figure 10 : Illustration de la méthodologie employée

Tableau 4 : Classification de l'abondance en macroalgues

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

Tableau 5 : Liste des espèces de macroalgues communes en Martinique (* : espèces pouvant être proliférantes)

Types de macroalgues	Genre ou espèce
Algues vertes (Chlorophyceae)	<i>Codium sp.</i> <i>Caulerpa racemosa</i> * <i>Rhipilia tomentosa</i> <i>Avrainvillea sp.</i> <i>Halimeda opuntia</i> , <i>H. discoidea</i> , <i>H. incrassata</i> <i>Enteromorpha sp.*</i> Ulvales (<i>Ulva</i> et <i>Ulvaria</i>)
Algues rouges (Rhodophyceae)	<i>Amphiroa fragilissima</i> <i>Peyssonnelia sp.</i> <i>Acanthophora sp.</i>
Algues brunes (Phaeophyceae)	Sargasses* Dictyotales* <i>Padina sp.</i>

Les oursins (élément testé depuis 2010 et complété en 2013)

Le protocole d'échantillonnage, identique à celui de Guadeloupe, est le suivant : un quadrat de 1 m x 1 m est positionné à chaque mètre linéaire du transect et la totalité des oursins est comptabilisée (soit 60 quadrats par station et 60 m² couverts).

Ces organismes (en particulier l'espèce *Diadema antillarum*) étant vagiles et cryptiques il est important de réaliser l'échantillonnage à des heures standardisées (entre 10h00 et 14h00 ; Mcfield & Kramer 2007).

Remarque : Depuis cette année, toutes les espèces d'oursins rencontrées sont comptabilisées (Figure 11). De 2010 à 2012 uniquement l'espèce *Diadema antillarum* était recensée



Figure 11 : Illustration de certaines espèces d'oursins rencontrées lors des comptages



Résultats

Densité des individus par station (Nombre d'individu / m²)

Densité des coraux adultes (élément testé depuis 2013)

Toutes les colonies de plus de 2 cm de diamètre (valeur retenue pour la taille des juvéniles dans la Caraïbe Le Moal 2012) seront identifiées au genre (conformément au CCTP, si l'identification *in situ* n'est pas possible seule la forme sera notée) et comptées dans un couloir de 20 m de long sur 1 m de large **soit un seul réplikat (comme précisé dans l'annexe 3 du CCTP)**.

Afin d'éviter les biais observateurs, cette mission a été confiée à la même personne pour l'ensemble des stations.

Densité des colonies de juvéniles (élément testé depuis 2013 : Figure 12)

Afin de réaliser un suivi compatible avec les recommandations faites par Le Moal (2012), les juvéniles de coraux ont été comptabilisés dans des quadrats de 1 m x 1 m positionnés le long d'un couloir de 20 m de long et 1 m de large. Ce couloir est le même que celui utilisé pour les colonies adultes.

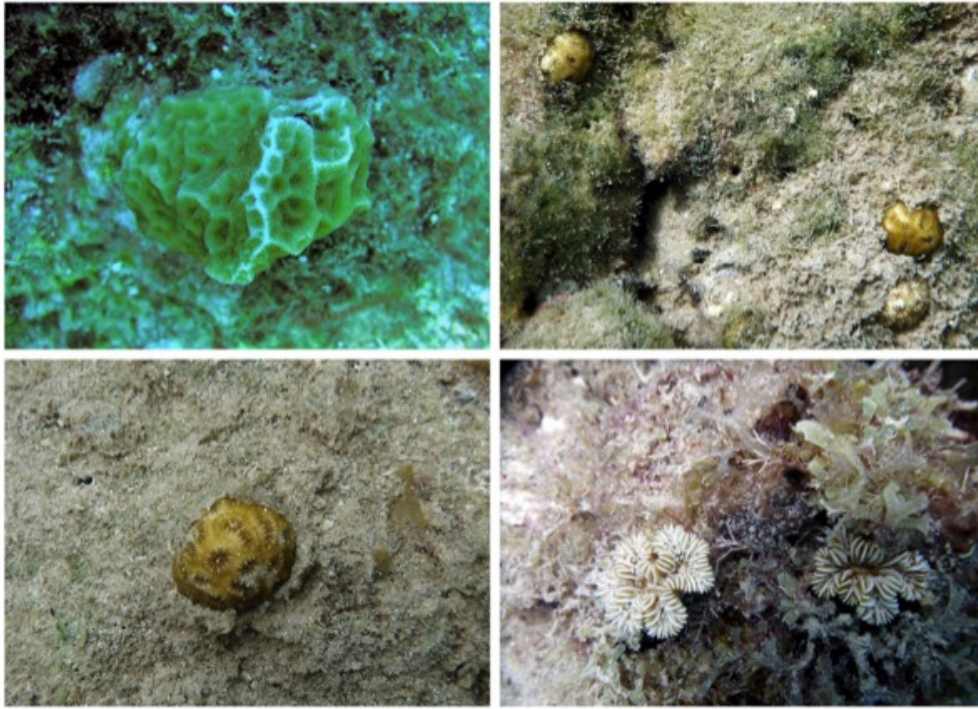


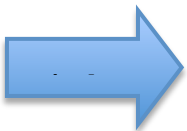
Figure 12 : Illustration de quelques espèces de juvéniles rencontrés lors des échantillonnages

Blanchissement, nécrose et maladies : indice stress corallien

Sur la base de la méthodologie décrite précédemment pour l'étude des peuplements coralliens (6 transects de 10m de long réalisés), le plongeur note le code de corail blanchi (code=« HC » et Note= « CB », Cf. Tableau 3) ou corail nécrosé (code=« HC » et Note= « CN ») ou corail malade (code=« HC » et Note= « CM ») et ajoute le pourcentage de corail dégradé sous la forme d'un indice de blanchissement en 5 classes comme indiqué dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Classification du niveau de blanchissement ou de nécrose ou de maladie d'une colonie corallienne

Classe	La colonie corallienne est dégradée à :
Classe 0	0 %
Classe 1	1 à 10 %
Classe 2	11 à 50 %
Classe 3	51 à 90 %
Classe 4	91 à 100 %



Pourcentage relatif de colonies dégradées (par type et niveau de dégradation) pour chaque transect

Éléments complémentaires notés sur le terrain

De plus, des paramètres complémentaires seront consignés avec les données brutes : date et heure de plongée, nom des observateurs, point GPS de la zone considérée comme homogène (systèmes UTM 20, WGS84), conditions climatiques du jour et température de l'eau. Ces informations permettront de disposer de facteurs explicatifs liés aux conditions d'échantillonnage et, de permettre la traçabilité des données dans le cadre de l'assurance qualité.

2.1.2 Macrofaune des sédiments meubles (MET) et paramètres complémentaires

Protocole d'échantillonnage

La zone d'échantillonnage correspond à un secteur qui n'est pas directement soumis à l'incidence des activités humaines (ex : embouchure de rivière).

Le protocole d'échantillonnage est conforme à la norme ISO/FDIS 16665 : « Qualité de l'eau – Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles » (AFNOR 2005).

L'échantillonnage se déroule de préférence en matinée en l'absence de vent > 10 m/s (jour de l'échantillonnage et les 3 jours précédents).

Trois réplicats par station sont effectués. Afin d'avoir un échantillon représentatif et d'être en cohérence avec les recommandations de la DCE, chaque réplicat résulte de la fusion de 3 bennes pleines, soit une surface échantillonnée de 0,1 m². Pour avoir une bonne représentativité de la station, les 3 réplicats sont effectués dans un rayon d'une cinquantaine de mètres carrés.

Ainsi, pour chacun des réplicats, la macrofaune et les sédiments associés sont collectés à l'aide d'une benne à prélèvement de type « Eckman-Birge » (0,033 m²) en sub-surface du sédiment (< 10 - 15 cm). Le sédiment issu de ces 3 coups de benne est tamisé avec de l'eau de mer (maille de 1 mm). La totalité du refus de tamis est lavée et conditionnée dans des bocaux en plastique étiquetés puis recouvert d'alcool à 70°¹.

Parallèlement, 3 autres coups de bennes sont effectués. Le contenu est mélangé dans une bassine propre et un sous-échantillon de sédiment brut est conditionné dans un bocal en plastique de 500 ml étiqueté. De l'aluminium est placé entre le couvercle et l'échantillon. Ce flacon est ensuite placé au frais durant le transport (bateau + voiture). De retour du terrain, les flacons sont congelés puis envoyés (avec carboglace) dans des cartons sécurisés au laboratoire d'analyse.

Analyse et traitement des échantillons

◆ Pour la macrofaune endogée (Laboratoire de La Réunion, L. Bigot) :

Après une phase de pré tri et de tri de la macrofaune, les principaux organismes sont identifiés et classés. Les analyses se décomposent en plusieurs étapes :

- analyse de la répartition taxonomique (Annélides, Crustacés, Mollusques, etc.),
- analyse de la richesse spécifique (S),
- analyse de l'abondance relative par espèce (N),
- analyse de la biomasse taxonomique (séchage et calcination à 450°C permettant d'obtenir des poids secs AFDW).

Les données obtenues sont traitées pour définir la structure des communautés benthiques et leur évolution spatio-temporelle à l'aide d'outils statistiques d'analyse univariés (moyennes, indices de diversité, AMBI), et multivariés (nMDS, Classifications Hiérarchiques). Le traitement des données porte sur :

- Le calcul des biomasses (à partir de lot faunistique ou de taxons spécifiques)
- Le calcul des densités faunistiques (par espèce / par réplicats / par stations)
- Le calcul des indices de la diversité (indice de Shannon-Weaver H', richesse spécifique)
- Le calcul de l'indice biotique AMBI et M-AMBI
- Des analyses multidimensionnelles (nMDS, Analyse Hiérarchique, ANOSIM)

Pour le calcul de l'indice AMBI, l'assignation des espèces tropicales à des groupes fonctionnels est effectuée sur la base des données faunistiques disponibles pour l'Amérique du Sud (site AZTI ; Muniz *et al.* 2005) et, sur l'expérience de l'expert endofaune. Cette approche fonctionnelle s'appuie notamment sur la répartition des différentes espèces au sein de 5 groupes trophiques correspondant à des niveaux de perturbations environnementales croissantes (Borja *et al.* 2000).

Les calculs de l'AMBI et du M-AMBI sont effectués à l'aide du logiciel en ligne AZTI technalia version 4.1 (Borja & AZTI - Tecnalia's team 2010). Les valeurs seuils par défaut utilisées dans ce logiciel sont, pour :

- AMBI² : 1,2-3,3-4,3-5,5 (Borja *et al.* 2000), cet indice décroît quand la qualité du milieu augmente

¹ L'alcool étant moins nocif que le formol sur le terrain, il a substitué ce dernier lors de la campagne 2009. Les essais étant concluants, il a été conservé depuis.

² Seuils non modifiables dans le logiciel AZTI v4.1

- M-AMBI¹ (issues d'un travail de pré-intercalibration de l'écorégion Nord-Atlantique dans lequel les seuils pour l'Espagne ont été réajustés : Borja *et al.* 2007): 0,85-0,55-0,39-0,20, cet indicateur déjà sous forme d'EQR croît avec la qualité du milieu

*Remarque : En 2009 ce sont les seuils « Mer du Nord, Manche, Atlantique » (Meeddm 2010b) qui étaient utilisés par défaut dans le logiciel (0,77-0,53-0,39-0,20) et qui avaient été utilisés lors du traitement des données DCE 2009. Le contexte environnemental espagnol étant plus proche de celui martiniquais, les seuils utilisés dans la version 2010 du logiciel devraient être plus adaptés au contexte local (Bigot *et al.* 2011).*

◆ Pour le sédiment brut (Laboratoire de Rouen)

- Carbonates (NF ISO 10693 mod.)
- Analyse du carbone organique (NF ISO 14235)
- Matières sèches (105°C, NF ISO 11465)
- Granulométrie laser (NF ISO 13320-1)

Le laboratoire retenu possède l'accréditation COFRAC et l'agrément du Ministère de l'environnement pour l'analyse de ces 3 derniers paramètres sur la matrice sédiment.

2.2 Paramètres physicochimiques généraux

Les paramètres physicochimiques retenus par la DCE sont : la température, la salinité, le bilan en oxygène, la turbidité et les nutriments.

Les méthodes de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse sont conformes aux préconisations de l'Ifremer (Aminot et Kérouel, 2004) et aux normes en vigueur (NF EN ISO 5667, FD T90 523-1, notamment).

L'ensemble des prélèvements est réalisé le matin.

2.2.1 Mesures *in situ* : température, salinité, pH, oxygène

Des mesures *in situ* (température, salinité, pH, oxygène dissous et saturation en oxygène) ont été réalisées sur l'ensemble des stations des MET, à l'aide d'une sonde multiparamètres (YSI Pro Plus), calibrée avant la prise de mesures (Tableau 7). Les mesures sont prises en sub-surface et en triplicats,

2.2.2 Turbidité, concentration en nutriments

L'eau de mer est prélevée en sub-surface (0-1 m) et en triplicats grâce à une bouteille NISKIN (bouteille Free Flow HYDRO-BIOS). Elle est ensuite échantillonnée dans les flacons destinés aux différentes analyses.

Une fois remplis, les flacons sont immédiatement placés debout, à l'obscurité et au frais jusqu'à leur livraison au laboratoire d'analyse (LDA Martinique²).

Lors du traitement des données, les mesures inférieures aux seuils de quantification du laboratoire sont considérées comme étant égales à la valeur des seuils de quantification considérés (traitement similaire au RNO).

¹ Seuils modifiables dans le logiciel AZTI v4.1

² Le choix de ce laboratoire a été réalisé en accord avec le maître d'ouvrage

Tableau 7 : Détails méthodologiques et précisions pour l'analyse des paramètres généraux

Paramètre	Lieu d'analyse	Méthode d'analyse	Limite de quantification	Précision
Salinité	Sur site	Sonde multiparamètres	0 à 70 psu	± 0,2
Température	Sur site	Sonde multiparamètres	-5 à +105 °C	± 0,2
pH	Sur site	Sonde multiparamètres	-2 à +20	± 0,004
Oxygène	Sur site	Sonde multiparamètres	0 à 20 mg/l 0 à 200%	± 0,5% de la valeur mesurée
Nitrates	LDA 972	Méthode RNO + Spectro UV-V	0,05 µmol/l	0,02
Nitrites	LDA 972	Méthode RNO + Spectro UV-V	0,03 µmol/l	0,01
Ammonium	LDA 972	Méthode RNO + Spectro UV-V	0,1 µmol/l	0,05
Orthophosphates	LDA 972	Méthode RNO + Spectro UV-V	0,05 µmol/l	0,02
Turbidité	LDA 972	NF EN ISO 7027	0,1 et 40 FNU	0,03

3 Méthodologie d'analyses des données selon les prérogatives DCE : évaluation de l'état écologique partiel

En accord avec les prérogatives DCE, plusieurs propositions ont été faites quant aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique partiel des masses d'eau littorales martiniquaises. **L'ensemble de ces éléments sont présentés plus en détails dans les rapports de référence 2009 à 2012** (Impact Mer & Pareto 2011, Impact Mer *et al.* 2012, Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2010).

En effet, certaines règles d'agrégation sont fixées en France depuis janvier 2010 (Meeddm 2010b, Cf. Annexe 3 du présent document). **Pour plusieurs raisons, explicitées et discutées dans le rapport de 2012 (Impact Mer *et al.* 2012), d'autres choix ont pu être privilégiés en Martinique.**

En outre, certains indices, métriques, grilles et mode de calcul de l'indicateur pour les masses d'eau côtières et les masses d'eau de transition martiniquaises ont été modifiés en 2011/2012. Ces éléments sont repris ci-après.

Ces méthodologies et seuils « provisoires » (à affiner au cours des années) doivent être testés et éventuellement affinés en 2013 puis validés par le maître d'ouvrage.

Pour toutes les grilles, il a été choisi arbitrairement que **la borne inférieure de classe soit incluse et la borne supérieure exclue** (règle utilisée en métropole pour le phytoplancton et pour AMBI dans Borja *et al.* 2000).

Ainsi, pour chaque élément de qualité (dans la limite des données disponibles), il a été proposé et testé :

- des d'indices (et des métriques pour calculer la valeur de ces indices)
- des grilles de qualité pour chaque indice
- des méthodes d'agrégation des indices (calcul ou combinaison) pour définir la valeur et/ou directement la classe de l'indicateur de l'élément de qualité

3.1 Pour l'élément de qualité biologique Communautés coralliennes (MEC)

*Remarques : Les éléments décrits ci-dessous sont adaptés aux communautés de **substrat dur**. S'il existe des zones sableuses significatives au sein de l'écosystème corallien étudié, celles-ci ne doivent pas être échantillonnées.*

3.1.1 Paramètres, métriques, indices et grilles de qualité

Indice « corail »

- ◆ **Construction de l'indice et des grilles de qualité :**

L'indice « corail » est le rapport « couverture corallienne vivante / substrat colonisable par les coraux » (le substrat colonisable étant le substrat dur : RC + AC + RKC). Il est exprimé en % de substrat colonisable.

Tableau 8 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice « corail » (% du substrat colonisable)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
1	50	40	20	10	5
2	60	40	20	10	5
3	60	40	20	10	5
4	60	50	25	12	5
5	60	40	20	10	5
6	60	50	25	12	5
7	60	50	25	12	5

METRIQUE : Moyenne des indices « coraux » par transects pendant la durée du plan de gestion

Remarque : l'indice est calculé pour chaque transect (soit 6 réplicat par an) puis la moyenne des réplicats est réalisée pour l'ensemble des années.

Indice « macroalgues »

L'indice « macroalgues » est le rapport « couverture macroalgale (molles + calcaires) / substrat total ». Il est exprimé en % de substrat total.

Les macroalgues sont généralement peu présentes dans un écosystème corallien en bon état de santé (Mcfield & Kramer 2007), et ce quelle que soit leur configuration géomorphologique. Il a par conséquent été décidé qu'une seule grille de lecture serait définie pour l'ensemble des masses d'eau. Cette grille a été définie à dire d'expert et grâce à la littérature.

Tableau 9 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice « macroalgues » (% du substrat total)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
Toutes	5	10	20	40	60

METRIQUE : Moyenne des indices « macroalgues » par transect pendant la durée du plan de gestion

Remarque : l'indice est calculé pour chaque transect (soit 6 réplicats par an) puis la moyenne des réplicats est réalisée pour l'ensemble des années.

Indice « sédimentation »

Il a été choisi (depuis 2012) de déclasser l'élément de qualité « communautés coralliennes » des baies hypersédimentées d'une classe.

En effet, l'hyper sédimentation est un facteur de dégradation des communautés coralliennes. Il n'existe pas à ce jour de données suffisamment robustes en Martinique pour permettre de mettre au point une grille de lecture. C'est pourquoi, afin de refléter une réalité terrain, un déclassement de l'élément de qualité « communautés coralliennes » a été choisi dans un premier temps. La grille de lecture de cet indice devra être mise au point lorsque suffisamment de données seront disponibles.



Élément à quantifier (avec un piège à sédiment par exemple) + indice à tester dans les prochaines années

Indice oursins

L'indice « oursins » est défini comme étant la densité des oursins échantillonnés (en nbre d'individus/m²).

Des grilles de qualité existent dans la littérature pour les diadèmes (Tableau 10) cependant ces oursins n'étant échantillonnés que depuis 2010 en Martinique, la quantité de données ne permet pas encore de réaliser/tester des grilles de qualité adaptées à la Martinique.

Tableau 10 : Exemple de grille de qualité « Diadèmes » (Source : Mcfield & Kramer 2007)

Classes	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Densité de Diadèmes (nbre /m ²)	> 2,5 mais < 7	1,1-2,5	0,5-1,0	0,25-0,49	<0,25



Indice non intégré cette année à l'indicateur
Echantillonnage à poursuivre + indice à tester dans les prochaines années

3.1.2 Agrégation des indices et mise au point de l'indicateur

En 2012, un arbre de décision adapté à l'écosystème corallien a été mis au point afin d'agréger les indices et ainsi pouvoir donner un état de qualité à l'indicateur « communautés coralliennes » (Figure 13).

- L'indice « corail » a le plus de poids dans cette classification, suivi par l'indice « macroalgues ». Pour le moment, l'indice « sédimentation » ne sert qu'à déclasser les baies.
- Les indices secondaires (macroalgues) ou tertiaires (sédiment) ne peuvent déclasser l'état de la masse d'eau que de deux niveaux.
- L'état de la communauté corallienne ne peut être qualifié de mauvais que si l'indice corail est mauvais.

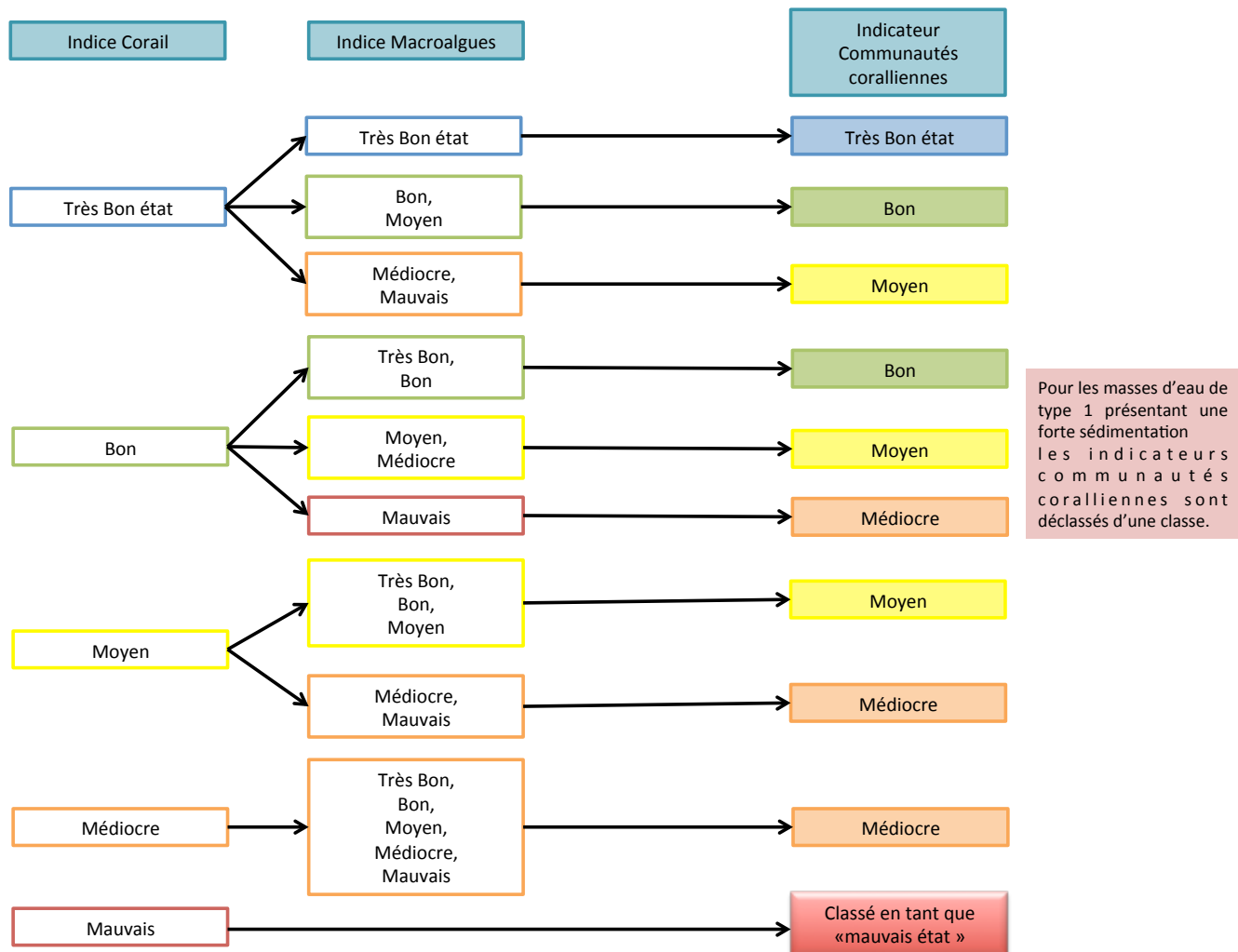


Figure 13: Arbre de décision pour la classification des communautés coralliennes. Les sédiments ne figurent pas sur cet arbre et ne sont pris en compte que dans le cas des baies

3.2 Pour l'élément de qualité biologique Endofaune (MET)

3.2.1 Paramètres, métriques, indices et grilles de qualité

Les paramètres retenus pour le suivi de l'élément biologique « faune endogée » dans les MET en Martinique sont les suivants :

- **Liste faunistique** des espèces présentes
- **Densité** totale et par espèce / par répliquats / par stations
- **Biomasse** totale et à partir de lots faunistique ou de taxons spécifiques

+ Hauteur d'eau

+ Granulométrie et teneur en matière organique et en carbonates du sédiment

(conforme aux recommandations de l'Ifremer pour les lagunes côtières, Guillaumont & Gauthier, 2005).

À partir de ces paramètres différents indices sont calculés :

- Indices de diversité : Shannon-Weaver H' et richesse spécifique
- Indice biotique AMBI

Métrique : Pas de calcul spécifique : tous les répliquats de toutes les campagnes sont intégrés à l'indicateur, sur la durée du plan de gestion.

Les grilles de qualité provisoires retenues en Martinique pour ces indices sont les suivantes :

Tableau 11 : Grilles de qualité « provisoires » DCE retenues pour l'indice AMBI (issues de Borja *et al.* 2000* et du jeu de donnée 2008/2010)

Indices et indicateur	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état	Limite supérieur du mauvais état
AMBI	1,09	1,2*	3,3*	4,3*	5,5*	6
Diversité	4,8117	ND	ND	ND	ND	0
Richesse spécifique	56	ND	ND	ND	ND	0

- La grille AMBI¹ est issue de Borja *et al.* 2000 et la valeur de référence est extraite du jeu de données DCE 2008/2013
- Diversité et richesse spécifique : grilles non définies ; les valeurs de référence sont extraites du jeu de données DCE 2008/2013

Remarque : la définition des grilles des indices n'est pas nécessaire pour la définition de la grille de l'indicateur (M-AMBI)

¹ Seuils non modifiables dans le logiciel AZTI v4.1

Les indices définis ci-dessus sont calculés grâce au logiciel AZTI (Borja & Azti - Tecnalia's Team 2010) adapté à la problématique DCE.

Ce logiciel utilise les seuils par défaut suivants (Borja & Mader 2008) :

1. Le **mauvais état** est défini par une valeur des indices de diversité et de richesse spécifiques égale à 0 et une valeur pour l'indice AMBI de 6 (7 étant la valeur maximale correspondant à un milieu azoïque)
2. Le **très bon état** correspond aux valeurs les plus hautes pour les indices de diversité et de richesse spécifique et à la valeur la plus basse pour l'indice AMBI observées dans le jeu de données disponible (= valeurs de référence).

Définition des conditions de référence par le logiciel :

Les conditions de référence sont définies à partir de l'ensemble des données disponibles en Martinique, sur la base :

- des valeurs les plus hautes pour les indices de diversité et de richesse spécifique
- de la valeur la plus basse pour l'indice AMBI

Les conditions de référence doivent donc être ré-évaluées à chaque nouveau suivi.

Remarque : ceci implique la nécessité d'avoir un site de référence (au sens de la DCE), c'est-à-dire ne subissant que très peu d'influence anthropique.

3.2.2 Agrégation des indices et mise au point de l'indicateur de l'élément de qualité

L'indicateur M-AMBI est construit à partir des trois indices (diversité de Shannon-Weaver H', richesse spécifique, AMBI), sur la base d'une analyse factorielle.

Il a été préconisé en tant qu'indicateur (au sens de la DCE) dans plusieurs écorégions (Borja *et al.* 2007, Borja *et al.* 2008, Muxika *et al.* 2007).

Tableau 12 : Grille de qualité « provisoires » DCE retenue pour l'indicateur M-AMBI (= EQR)

Indices et indicateur	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
M-AMBI = EQR	1	0,85	0,55	0,39	0,20

Les valeurs de la **grille de M-AMBI**, indicateur déjà construit comme un EQR, sont issues d'un travail de pré-intercalibration de l'écorégion Nord-Atlantique dans lequel les seuils pour l'Espagne ont été réajustés (Borja *et al.* 2007).

Remarque : En 2009 ce sont les seuils « Mer du Nord, Manche, Atlantique » (MEEDDM 2010b) qui étaient utilisés par défaut dans le logiciel (0,77-0,53-0,39-0,20) et qui avaient été utilisés lors du traitement des données DCE 2009. Le contexte environnemental espagnol étant plus proche de celui martiniquais, les seuils utilisés dans la version 2010 du logiciel devraient être plus adaptés au contexte local (Bigot & Amouroux 2011).

3.3 Pour les éléments de qualité physicochimique (MET uniquement cette année)

En Martinique, ont été définis :

- un indice/indicateur « oxygène » avec grille d'indice et grille d'EQR en 5 classes
- des indices et un indicateur « nutriments » avec grille d'indice et grille d'EQR en 5 classes
- un indice/indicateur « transparence » avec grille d'indice et grille d'EQR en 5 classes

→ jusqu'à présent, seuls ces trois éléments sont utilisés pour définir la qualité physico-chimique d'une ME (paramètres généraux)

- des grilles de qualité des paramètres température et salinité en 3 classes (en vu du suivi opérationnel principalement).

3.3.1 Paramètres, métriques, indices et grilles de qualité

Indice / indicateur oxygène

Deux paramètres sont mesurés lors des suivis DCE : l'oxygène dissous et le pourcentage de saturation en oxygène.

Le paramètre retenu en Martinique pour l'évaluation de l'indice oxygène est la concentration en oxygène dissous (mg/l), tout comme en métropole.

La grille de qualité provisoire, retenue pour cet indice dans les MET martiniquaises est la suivante :

Tableau 13 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice/indicateur oxygène en Martinique (mg/l)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
8 (MET)	8,40	5,0	4,0	3,0	2,0

Métrique : Percentile 10 des concentrations en oxygène dissous, sur la durée du plan de gestion

La formule du percentile 10 étant la suivante :

$$P_{10} = (1 - g) x_j + g x_{j+1}$$

avec

P_{10}

$x_1 x_2 \dots x_n$

n

$p = 0.1$

$np = j + g$

valeur du percentile 10

valeurs ordonnées du paramètre oxygène dissous mesuré au fond de la colonne d'eau

nombre total de valeurs x

j partie entière et g partie fractionnaire de np

Indicateur nutriments

En Martinique quatre types de nutriments sont suivis dans le cadre DCE : les nitrates, les nitrites, l'ammonium et les orthophosphates..

Deux indices sont retenus pour l'évaluation de l'indicateur nutriments : l'indice « orthophosphates » et l'indice DIN (= nitrates + nitrites + ammonium).

- **Pour l'indice orthophosphates, le paramètre suivi est la concentration en orthophosphates ($\mu\text{mol/l}$).**
- **Pour l'indice DIN, le paramètre suivi est la somme des concentrations en nitrates, nitrites et ammonium ($\mu\text{mol/l}$).**

Les grilles de qualité provisoires retenues pour ces paramètres dans les MET en Martinique sont les suivantes :

Tableau 14 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice « orthophosphates » en Martinique ($\mu\text{mol/l}$)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
1 à 8	0,05	0,10	0,2	0,4	0,8

Tableau 15 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice DIN en Martinique ($\mu\text{mol/l}$)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
1 et 8	0,35	0,6	1,5	3	6

Métrique : Moyenne de l'ensemble des concentrations ($\mu\text{mol/l}$), sur la durée du plan de gestion

Indice / indicateur transparence

En Martinique, le paramètre choisi pour l'évaluation de la transparence des eaux est la turbidité (FNU), comme en métropole.

La grille de qualité provisoire retenue pour cet indice dans les MET en Martinique est la suivante :

Tableau 16 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indice turbidité en Martinique

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
8	1	1,5	3	5	10
EQR	1	0,667	0,333	0,200	0,100

Métrique : Moyenne de l'ensemble des données (FNU), sur la durée du plan de gestion

Remarque : En métropole, les éléments température, salinité et turbidité sont considérés comme non pertinents pour les masses d'eau de transition en raison de leur forte variabilité dans des milieux estuariens (MEEDDM 2010a).

3.3.2 Agrégation des indices et mise au point des indicateurs

Indice / indicateur Oxygène

La concentration en oxygène dissous étant le seul paramètre utilisé, cette métrique est également l'indice et l'indicateur de l'élément de qualité oxygène.

Indicateur Nutriments

Le calcul de l'indicateur « nutriment » est réalisé en **moynnant les valeurs des EQR** obtenues pour les indices « **orthophosphates** » et **DIN**. La grille de l'indicateur a également été construite en moyennant les valeurs seuils de ces deux indices. Ainsi, les valeurs de l'indicateur correspondent déjà à des EQR.

Tableau 17 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indicateur « nutriments » en Martinique, exprimé sous forme d'EQR

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
1 et 8	1	0,54	0,24	0,12	0,06

Indice / indicateur Transparence

La turbidité étant le seul paramètre retenu pour la mesure de la transparence, cette métrique est également l'indice « turbidité » et l'indicateur de l'élément de qualité transparence.

3.4 Définition de l'état biologique et physicochimique d'une ME

D'après l'arrêté et les guides européens, la règle d'agrégation des éléments de qualité biologique ou physicochimique est le principe de **l'élément de qualité déclassant**. Au sein de chaque catégorie, c'est l'élément qui est dans le « moins bon état » qui détermine l'état biologique d'une masse d'eau.

Cette règle a été retenue en Martinique également.

3.5 Bilan des indices, indicateurs et méthodes d'agrégation

Les figures 10 et 11 synthétisent les indices et indicateurs DCE sélectionnés en Martinique en mettant en évidence ceux évalués cette année 2013.

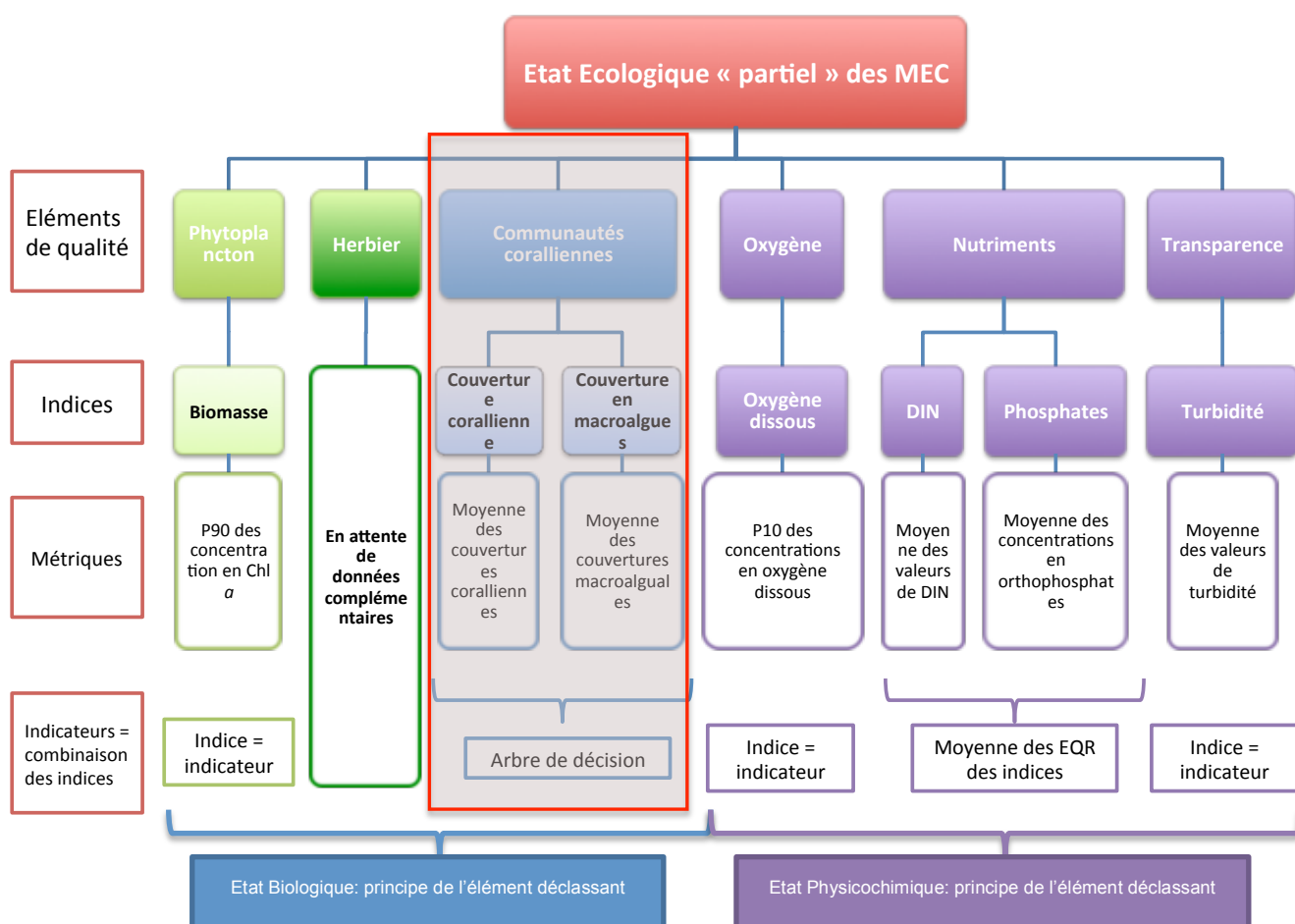


Figure 14 : Synthèse des paramètres, indices, métriques et indicateurs retenus pour les masses d'eau côtières. Seuls les éléments encadrés ont été échantillonnés dans le cadre de cette étude.

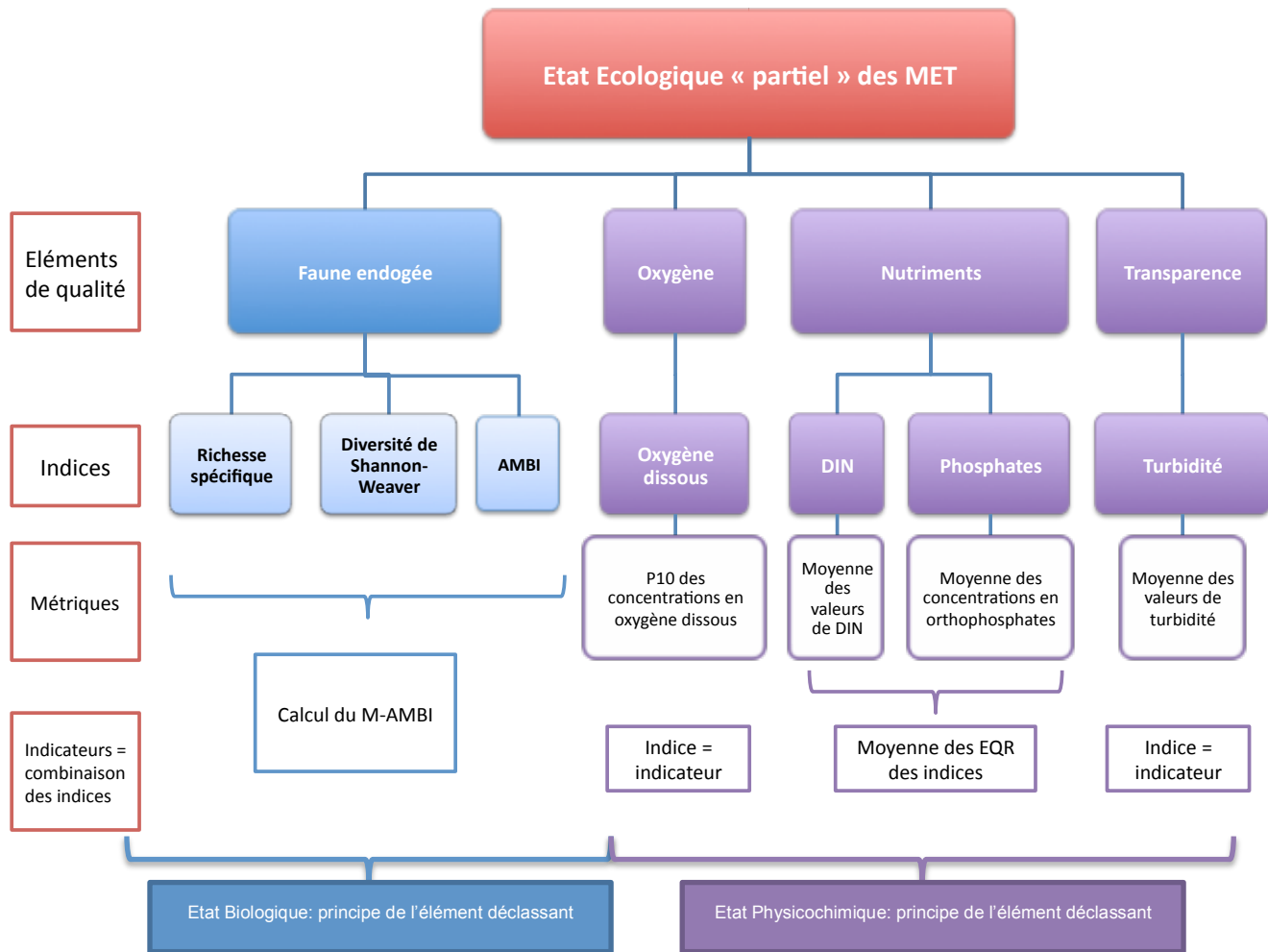


Figure 15 : Synthèse des paramètres, indices, métriques et indicateurs retenus pour les masses d'eau de transition. L'ensemble de ces éléments a été échantillonné dans le cadre de cette étude.

3.6 Agrégation des éléments de qualité : évaluation de l'état écologique « partiel »

Le schéma suivant (Figure 16) explicite la Figure 2 du présent document afin de décrire le rôle respectif de différents éléments de qualité (état biologique et physicochimique général) dans la classification de l'état écologique « partiel ».

En attendant l'échantillonnage des éléments de qualité hydromorphologiques et des polluants spécifiques de l'état écologique, la classification écologique des masses d'eau en Martinique répond à ce schéma.

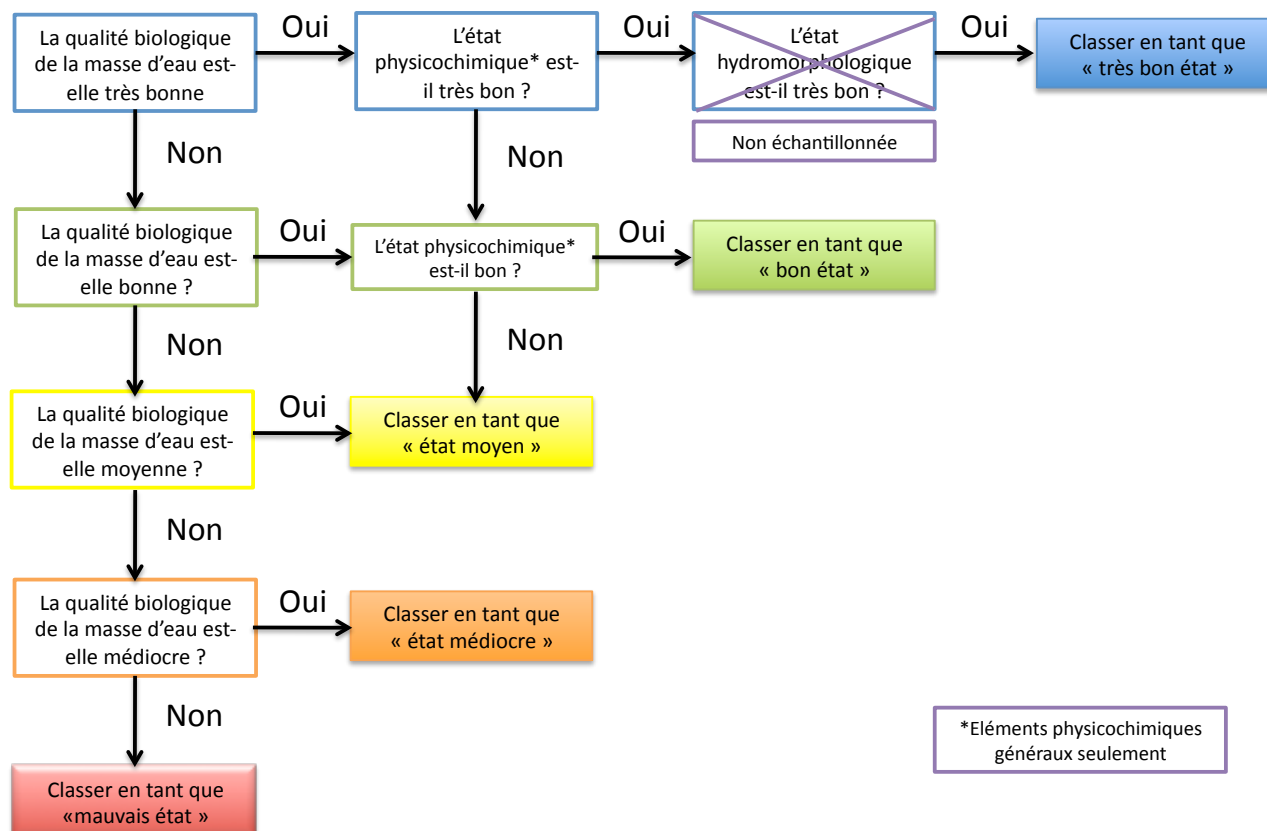


Figure 16 : Rôles respectifs des éléments de qualité biologique et physicochimique dans la classification de l'état écologique partiel d'une masse d'eau (réinterprétation de la Figure 3 du présent document)

3.7 Problématique de la combinaison des données biologiques et physicochimiques en 2013

L'objectif initial était de définir l'état écologique partiel 2013 et 2007-2013 (CCTP). Cependant, **comme souligné lors de la réponse à cet appel d'offre (note méthodologique), la combinaison des données biologiques et physicochimiques selon les critères définis les années précédentes est problématique en 2013**. En effet, cette année, les analyses physicochimiques (sauf pour les MET) et chlorophylle *a* font l'objet de deux autres marchés pour lesquels toutes les données ne sont pas disponibles (en particulier la campagne d'octobre). En outre, aucun suivi des herbiers n'a été réalisé en 2013.

→ **toutes les données biologiques et physicochimiques nécessaires à la détermination de l'état écologique partiel des ME ne sont donc pas disponibles.**

3.7.1 Etat écologique partiel des ME pour 2013

- **Pour les MEC**

Toutes les données (biologiques et physicochimiques) n'étant pas disponibles à ce jour dans le cadre de ce marché, **l'état écologique partiel 2013 des MEC ne peut être déterminé**. En revanche, **les indices et indicateurs biologiques** suivis en 2013 (communautés coralliennes) sont calculés pour 2013 (méthodologies conformes à l'année précédente : Impact Mer, 2012) **afin de déterminer l'état « biologique partiel » 2013 des MEC** (le terme « partiel » est utilisé car il manque les données « phytoplancton » et « herbier »).

- **Pour les MET**

En revanche, l'état écologique partiel 2013 des MET peut être déterminé en combinant l'état biologique 2013 (endofaune) et physicochimique (défini pour la même période dans le cadre de ce marché).

3.7.2 Etat écologique partiel des ME pour 2007/2013

La définition de l'état écologique partiel sur plusieurs années nécessite la définition au préalable de l'état physicochimique d'une part et celle de l'état biologique d'autre part.

Les années précédentes, l'état physicochimique des masses d'eau était défini sur la base des campagnes de octobre/novembre (car seule cette campagne avait été échantillonnée depuis 2009). En l'absence de données en 2013 pour cette période, **il n'est pas possible de déterminer l'état physicochimique des différentes MEC et MET et donc leur état écologique partiel.**

En revanche, les **indices et indicateurs biologiques** (communautés coralliennes) suivis depuis 2007 sont calculés pour cette période **afin de déterminer l'état « biologique partiel » 2007/2013 des MEC** (le terme « partiel » est utilisé car il manque les données « phytoplancton » et « herbier »).

De même, les **indices et indicateurs biologiques** (endofaune) suivis depuis 2008 sont calculés pour la période 2008/2013 **afin de déterminer l'état « biologique » 2008/2013 des MET.**

3.8 Extrapolation spatiale

Les règles concernant l'extrapolation spatiale sont définies dans l'annexe 10 de l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface (Meeddm 2010b repris dans l'Annexe 4 du présent document).

Ces règles sont destinées à la définition de l'état écologique et chimique pour les masses d'eau non suivies au titre de la DCE.

Tout comme en 2009/2010, en raison du manque de données (données milieux et pressions) disponibles en Martinique, il semble que ces règles ne puissent être appliquées. De ce fait il a été convenu, pour évaluer l'état de santé des masses d'eau non suivies, de faire un rappel de **l'état des sites de « référence » associés (conformément au CCTP du présent marché) si celui-ci est situé dans la même masse d'eau .**

C. Volet 1 : Résultats des suivis du réseau référence et surveillance pour l'année 2013 et premières analyses

Attention : les données des sites de surveillance sont comparées aux seuils de référence afin de déterminer la classe de qualité des différents éléments. Notons cependant que :

- 1) **ces seuils sont provisoires**
- 2) **ces seuils ont été établis pour le traitement de données de plusieurs campagnes sur plusieurs années.**

Ainsi les classes de qualité déterminées ci-après ne présagent pas nécessairement du classement définitif des ME.

1 Déroulement de la campagne 2013

La campagne de terrain s'est déroulée en deux phases distinctes :

- La réalisation des prélèvements pour l'endofaune et la qualité physicochimique des eaux des MET
- Le suivi des communautés coralliennes des MEC

1.1 Endofaune et physicochimie

Les suivis de l'endofaune et de la qualité physicochimique des MET se sont déroulés du 22 au 24 juillet.

Remarque : Depuis 2009, l'endofaune et la physicochimie étaient échantillonnées durant la campagne d'octobre ou novembre.

L'ensemble des échantillonnages s'est déroulé conformément au protocole présenté dans la note méthodologique.

La seule difficulté rencontrée concerne la station Baie du Lamentin, qui a dû être déplacée. En effet, la prolifération récente d'*Halophila stipulacea* (phanérogame marine) dans la baie empêchait le prélèvement de sédiment à la benne. Par conséquent, la côte a été longée et le premier point ne présentant pas d'*Halophila* a été choisi pour réaliser l'échantillonnage.

1.2 Suivi des communautés coralliennes

Le suivi s'est déroulé conformément aux protocoles décrits dans le CCTP au mois d'août 2013.

1.2.1 Les transects pérennes

Bilan des transects installés en 2011

A l'exception de 3 sites, tous les transects pérennes installés en 2011 ont été retrouvés :

- Les transects de Pinsonnelle et Caye Pariadis ont été partiellement retrouvés. Ces stations sont particulièrement agitées et soumises à la houle. Un retour sur site 2 fois par an pour contrôle et réparation serait peut-être nécessaire pour ces 2 stations. Il serait peut-être également nécessaire dans le futur de prévoir une méthode de fixation plus robuste des piquets (scellement chimique).
- Le transect de Cap Saint Martin n'a pas été retrouvé. La visibilité était particulièrement faible le jour des échantillonnages. Le transect a donc dû être réinstallé, ce qui a permis de trouver une zone moins profonde et plus « compatible » avec la DCE.

D'une manière générale, il ressort donc de ces échantillonnages que la méthode choisie par Impact Mer pour la mise en place des transects pérennes est fiable. Cependant, il a été nécessaire de consolider les installations existantes sur les sites Atlantique, où les conditions océanographiques (houle) ont fragilisé les piquets.

Il est à noter que la mise en place des crampillons a été très utile sur la façade Caraïbe (elle permet de retrouver le tracé du transect de manière très fiable : un crampillon tous les 2 mètres au minimum). Cependant, les crampillons n'ont pas été retrouvés entre les piquets sur les stations enalguées de la côte atlantique (Caye Pariadis, Pinsonnelle, Loup Ministre) ainsi qu'à Loup Garou où les mauvaises conditions de plongée (forte houle) ne nous permettaient pas de les rechercher.

Nouveaux transects mis en place

Conformément au CCTP, des transects pérennes ont été installés aux stations de Loup Caravelle et de Rocher du Diamant. Comme évoqué précédemment, nous avons également réinstallé un transect pérenne sur le site de Cap Saint Martin.

Le CCTP prévoyait une journée de prospection pour la station de Loup Caravelle uniquement. Cependant, nos équipes ont tenu à prospecter l'ensemble de ces trois stations afin de sélectionner et de pérenniser les transects les plus « DCE compatibles ».

◆ **Loup Caravelle**

Trois prospections ont été effectuées en 2013 à Loup Caravelle :

- **L'îlet Loup Caravelle.** Ce dernier avait été partiellement prospecté et avait fait l'objet d'un suivi DCE (2009). Cette année, l'ensemble de cet îlet a été prospecté mais aucun site « DCE compatible » n'a été trouvé.
- **Le sud de la caye** sur laquelle les suivis ont été réalisés en 2011. Contrairement à la station suivie en 2011 qui est localisée sur le plateau (peuplement algal), les bords sud du tombant présentent des communautés coralliennes et des gorgones.
- **Le nord de la caye** sur laquelle les suivis ont été réalisés en 2011. C'est ce site qui a été retenu pour la mise en place des transects pérennes. Cette station présentait de nombreuses colonies encroûtantes massives de coraux cerveaux en très bon état. De plus, plusieurs colonies de l'espèce *A. cervicornis*, qui n'avait plus été observée en Martinique depuis 2007 ont été notées.

◆ **Rocher du Diamant**

Trois stations localisées autour du Diamant semblaient « DCE compatible ».

- La première localisée côte au vent présente des colonies coralliennes en très bon état de santé avec alternance de « champs de macroalgues ». Ce côté du rocher est très peu fréquenté par les plongeurs mais présente un courant fort.
- La seconde localisée « au large » présentait également des colonies coralliennes en bon état de santé, mais la longueur du « plateau » rocheux était trop faible pour installer un transect de 60 m linéaire.
- Enfin la troisième localisée sous le vent présente des biocénoses compatibles avec la DCE. Cependant ce côté du rocher est très fréquenté par les clubs de plongée, et il est probable que les piquets installés soient détériorés avant le prochain suivi.

→ La première station, localisée à la côte au vent, a donc été sélectionnée.

◆ **Cap Saint Martin**

La station nouvellement sélectionnée est localisée aux environs de 7 m de profondeur. Elle présente de nombreuses colonies coralliennes. Contrairement à la station de 2011 (succession de coulées de sable et canyons), la station présente essentiellement du substrat dur et est donc plus « compatible » avec la DCE.

Bilan des échantillonnages réalisés

Certaines difficultés ont été rencontrées lors des échantillonnages, en particulier avec les nouveaux protocoles testés. Ce point est discuté spécifiquement dans les résultats et la partie discussion.

2 Eléments de qualité biologique des MEC : communautés coralliennes

Précisions sur les calculs et graphiques de ce chapitre :

Les **proportions des différents éléments du benthos et du substrat** indiquées sur les graphiques correspondent aux proportions moyennes de chaque catégorie calculées par rapport à la couverture totale sur les 6 transects.

L'**indice de l'état de santé général** de la station est obtenu en moyennant cet indice sur les 6 transects (indice « informatif » non inclus dans la DCE).

L'indice nommé **indice « quadrat macroalgues »** correspond à la moyenne de l'indice « macroalgues » des 6 transects (6 x 10 quadrats) (indice « informatif » non inclus dans la DCE).

Les indices inclus dans la DCE sont quant à eux présentés dans le chapitre suivant.

2.1 Baie du Trésor (Type 1)

2.1.1 Description générale

La station corallienne de Baie du Trésor est particulière de par sa configuration. Le haut du tombant est majoritairement colonisé par des espèces coralliennes tandis que la bas du tombant est presque entièrement vaseux. Le transect quant à lui est fixé sur une zone plutôt corallienne, bien que quelques coulées de vase soient présentes. Ce site présente de très grands massifs de *Madracis mirabilis* et *Porites porites*, qui peuvent représenter une surface de plusieurs m² (Figure 17).

Les piquets et crampillons installés en 2011 ont été retrouvés, permettant ainsi une bonne fixation du transect.



Figure 17 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Baie du Trésor (Type 1)

2.1.2 La communauté corallienne en 2013

La station de Baie du Trésor présente un fort taux de colonisation : 70% (Figure 18)

Les coraux

Le corail vivant représente 42% de la couverture benthique (Figure 18). De nombreux taxons sont représentés (*Agariciidae*, *Colpophyllia*, *Diploria*...) et les genres majoritaires sont *Madracis* et *Porites* (Figure 19). Il a été très difficile de déterminer la densité corallienne à cette station. En effet, il n'était pas possible de faire une distinction entre les diverses colonies de *Madracis* et de *Porites*. Ainsi les résultats de densité présentés ici ne reflètent pas la réalité terrain. Un nombre moyen de 1,4 ($\pm 1,7$) juvéniles ont été notés.

Les macroalgues

Les algues représentent 27% des organismes de la station (Figure 18). Ce sont majoritairement du turf (16%), des macroalgues non calcaires (6%) et des macroalgues calcaires (5%).

L'indice « quadrat macroalgues » est de 1,05 ($\pm 0,5$). Les classes 0, 1 et 2 sont représentées de manière équivalente dans les quadrats (Figure 20). Les genres majoritaires sont les *Halimeda* suivis des *Dictyota* puis des *Jania*.

Les autres organismes sessiles

Ils représentent 13% de la couverture benthique avec 10% de gorgones et 2% d'éponges (Figure 18).

Les oursins

La densité moyenne des oursins est très faible : $0,05 (\pm 0,08)$ indiv.m⁻². Deux espèces ont été observées : *Diadema antillarum* (65% des espèces) et *Eucidaris tribuloides* (35%).

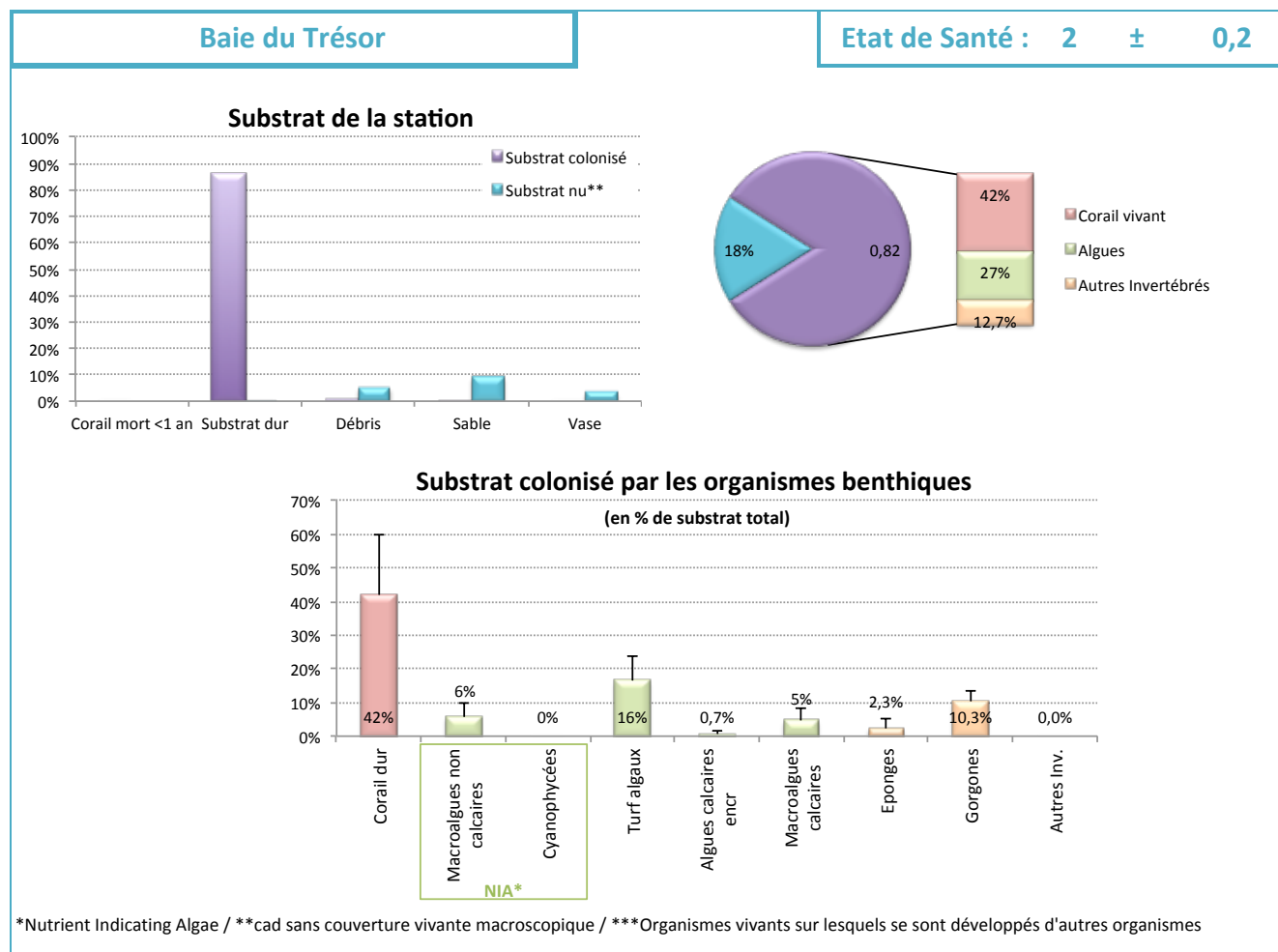


Figure 18 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de la Baie du Trésor en 2013

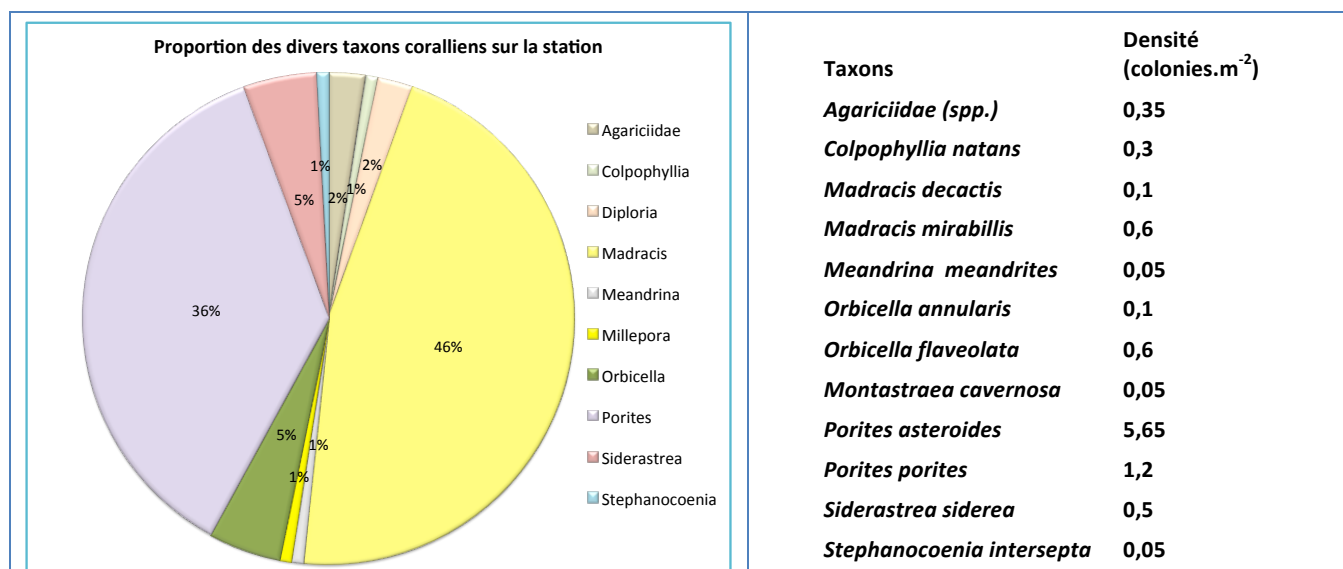


Figure 19 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 x 1m) à la Baie du Trésor en 2013

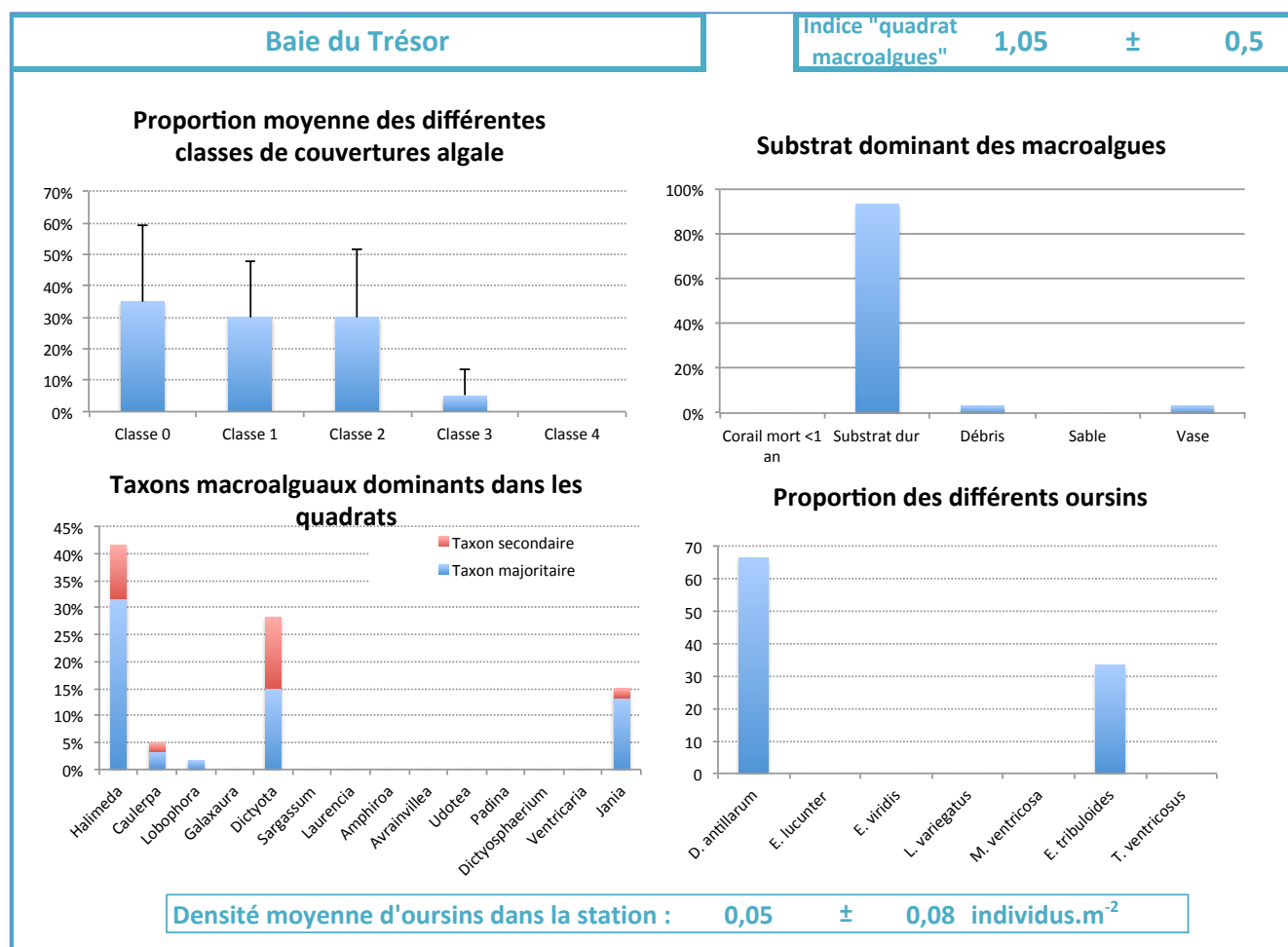


Figure 20 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de la Baie du Trésor

2.1.3 La communauté corallienne depuis 2007

Les proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de la Baie du trésor sont assez stables depuis 2007 (Figure 21). Quelques variations sont notées au fil des ans, mais ces dernières sont très faibles depuis l'installation des transects pérennes en 2012.

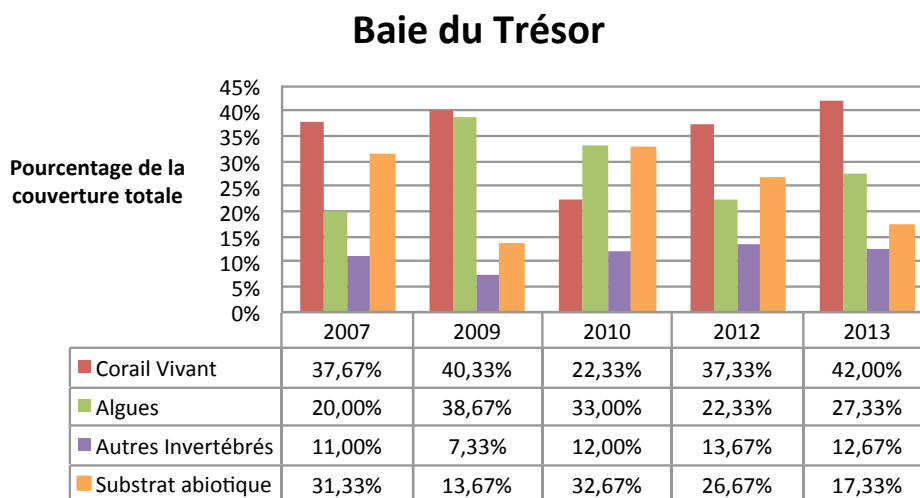


Figure 21 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de la Baie du Trésor : années 2007 et 2013

2.2 Ilet à Rat (Type 1)

2.2.1 Description générale

Cette station est localisée sur un petit tombant au vent de l'îlet à Rat (Figure 22). Elle présente des communautés mixtes avec beaucoup de gorgones (surtout dans les faibles profondeurs), des coraux et des macroalgues calcaires (*Halimeda*).

Cette station est pérennisée par un transect IFRECOR.



Figure 22 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Ilet à Rat (Type 1)

2.2.2 La communauté corallienne en 2013

La station de Ilet à Rat est colonisée à 97% par des organismes vivants (Figure 23).

Les coraux

Les coraux vivants représentent 26% de l'ensemble des organismes (Figure 23). Les genres majoritaires sur le PIT sont les *Porites* et les *Orbicella*. Cette tendance est également retrouvée dans la densité avec 5,5 colonies de *P. astreoides*.m⁻² et 0,25 colonies de *Orbicella flaveolata*.m⁻². Le nombre de juvéniles est de 0,15 (± 0,3) indiv.m⁻².

Les macroalgues

Les algues sont les organismes majoritaires avec 54% des PIT sur l'ensemble des organismes vivants (Figure 23). Le turf est le groupe majoritaire (30%) suivi par les macroalgues calcaires (17%) et les macroalgues non calcaires (7%).

L'indice « quadrat macroalgues » est de 1,58 (± 0,5). Les classes 2 et 1 sont majoritaires dans les quadrats (Figure 25). Les taxons les plus rencontrés sont les *Halimeda* sp. suivis des *Dictyota* sp., *Caulerpa* sp., *Jania* sp., *Ventricaria* sp. et *Dictyosphaerium* sp.. Le substrat colonisé par ces organismes est exclusivement du substrat dur.

Les autres organismes sessiles

Les autres organismes sessiles représentent 17% des organismes vivants avec 11% de gorgones, 5% d'éponges et 1% d'autres invertébrés (Figure 23).

Les oursins

Les oursins rencontrés sont exclusivement des diadèmes avec une densité de $0,4 \pm 0,25 \text{ indiv.m}^{-2}$ (Figure 25).

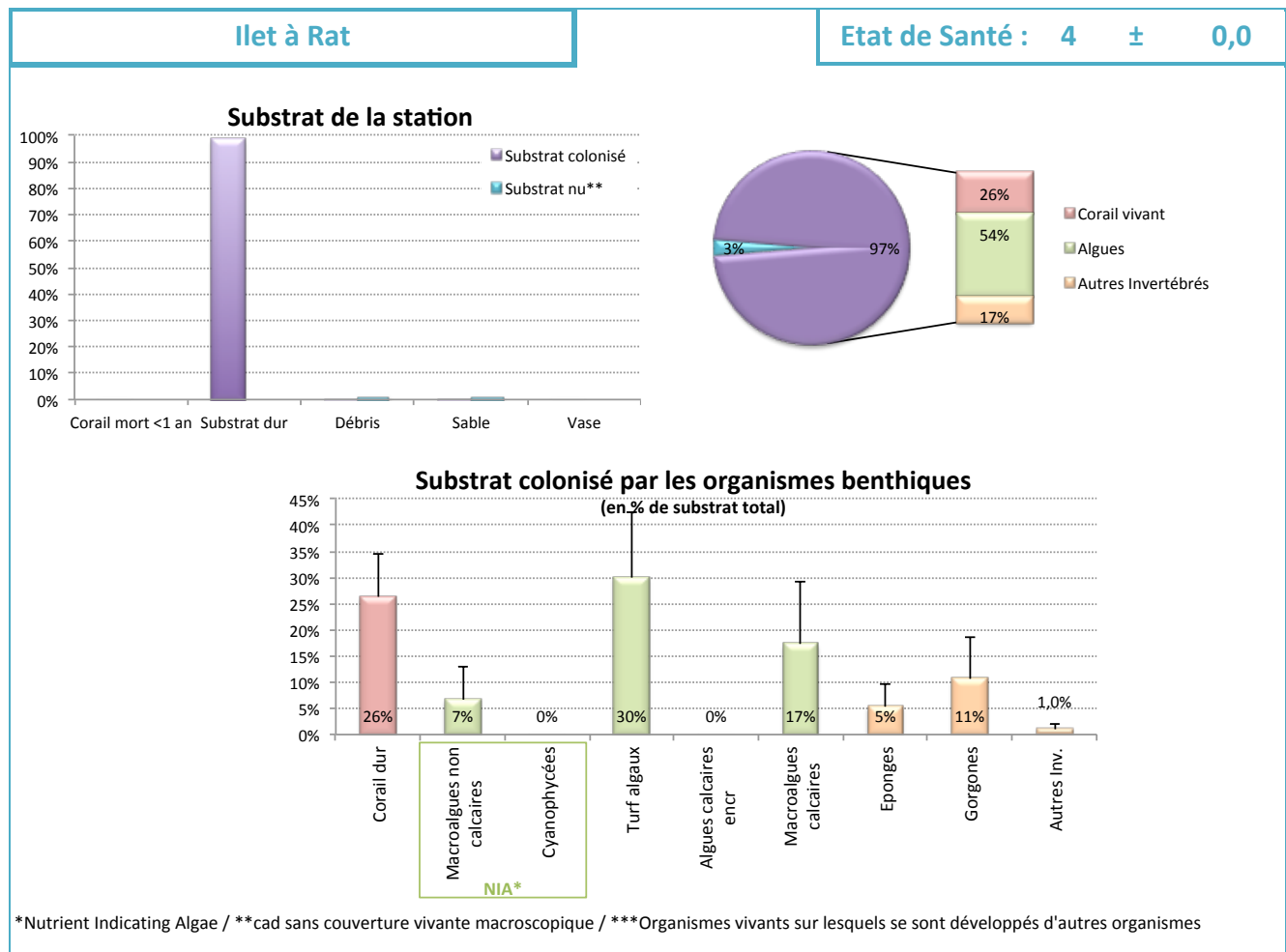


Figure 23 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de îlet à Rat en 2013

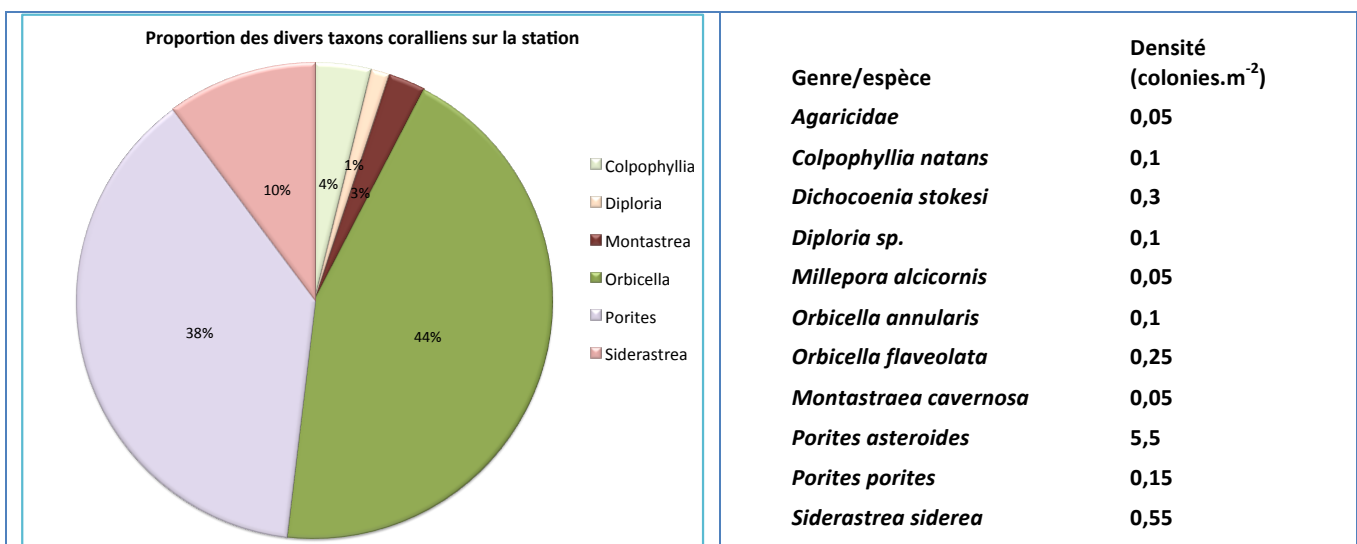


Figure 24 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à îlet à Rat en 2013

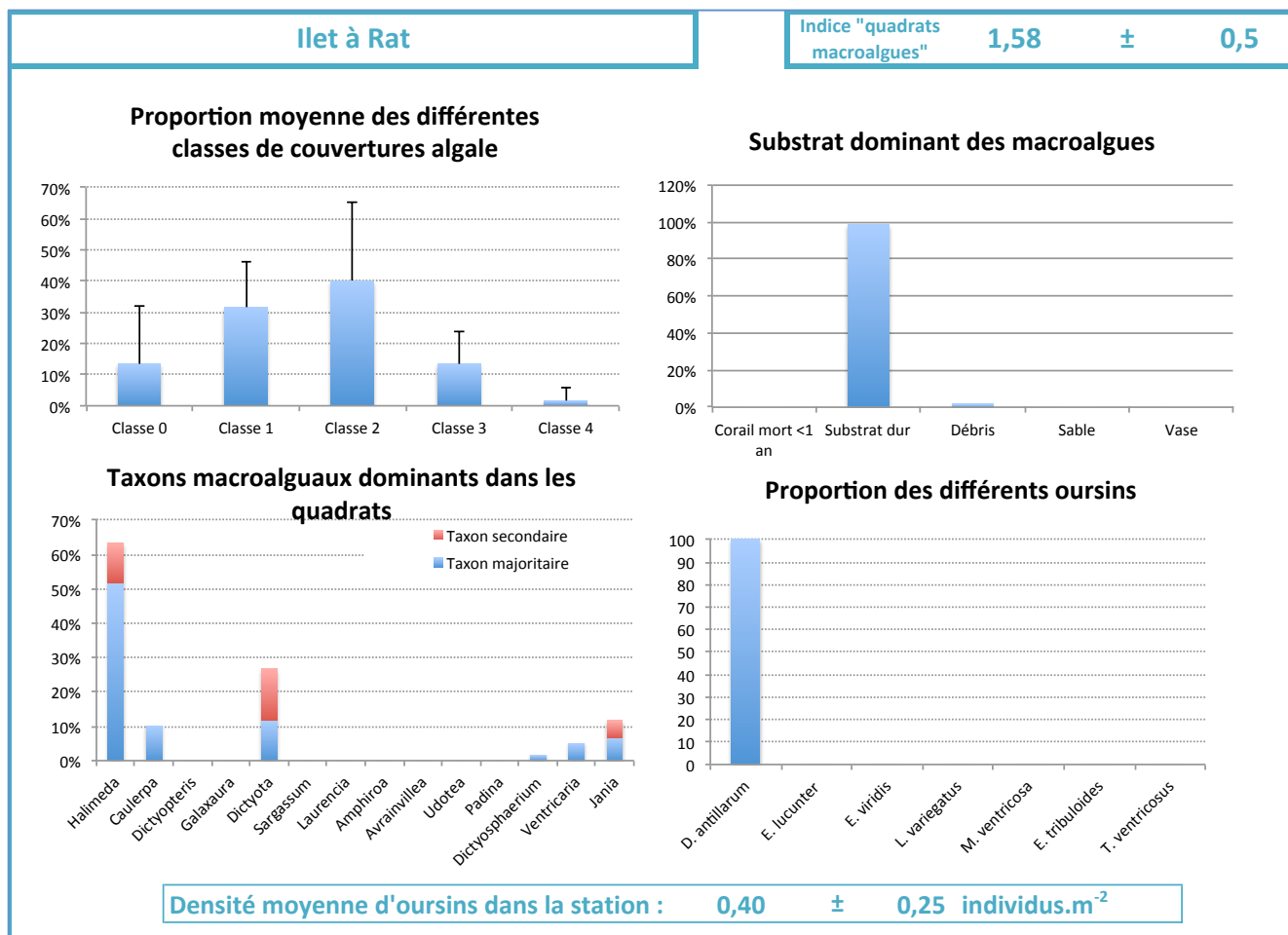


Figure 25 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins d'Ilet à Rat

2.2.3 La communauté corallienne depuis 2007

Les proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats d'Ilet à Rat sont plutôt stables entre 2007 et 2012, sauf pour l'année 2010 (Figure 26). En effet, la station échantillonnée en 2010 se trouvait à quelques mètres de la station IFRECOR habituellement suivie.

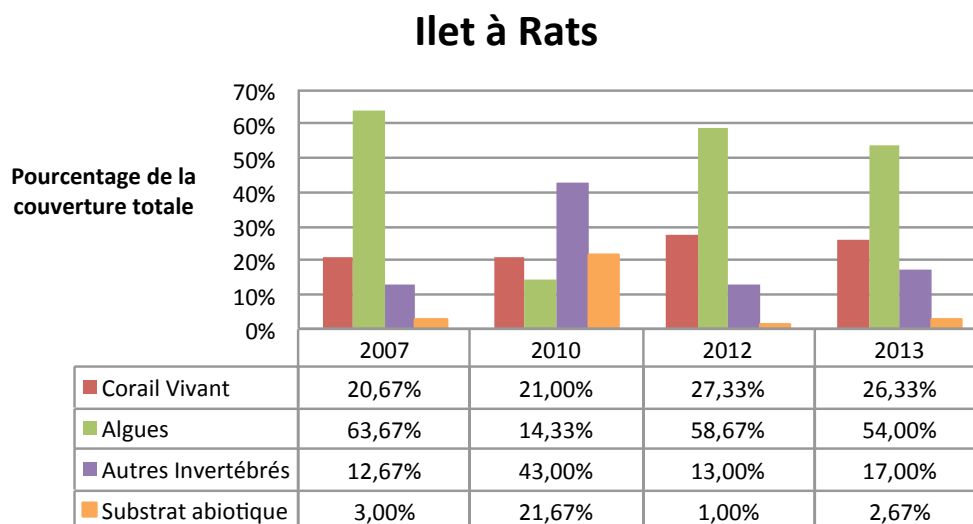


Figure 26 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Ilet à Rat (Type 1) Ilet à Rat (Type 1) : années 2007 et 2013

2.3 Banc Gamelle (Type 1)

2.3.1 Description générale

Banc Gamelle est une station hypersédimentée présentant une succession de « patates » à *O. annularis* en plus ou moins bon état de santé, entrecoupées par des bancs de sédiments sablo-vaseux (Figure 27). Tous les piquets et de nombreux crampillons ont été retrouvés permettant une bonne fixation du transect lors des échantillonnages.



Figure 27 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Banc Gamelle (Type 1)

2.3.2 La communauté corallienne en 2013

73% du substrat de la station Banc Gamelle est colonisé (Figure 28).

Les coraux

Les coraux représentent 14% de la couverture benthique. Le genre *Orbicella* est largement majoritaire suivi par les *Porites* (Figure 29). La densité corallienne maximale est de 2,5 *Porites*.m⁻² suivie par les *Agariciidae* (1 indiv.m⁻²) et les *Orbicella* (0,65 indiv.m⁻²). La densité en juvénile est de 0,7 ± 1,03 indiv.m⁻².

Les macroalgues

Les macroalgues sont les organismes majoritaires sur la station avec une couverture de 51% (Figure 28). Ces dernières sont essentiellement représentées par le turf (45%) puis les macroalgues non calcaires (5%).

L'indice « quadrat macroalgues » de la station est de 0,85 ± 0,3 (Figure 30). La classe 1 est majoritaire suivie par la 0 et la 2. Les macroalgues non calcaires sont essentiellement des *Dictyota*. On rencontre également quelques *Laurencia*, *Caulerpa* et des *Halimeda* (algues calcaires). Ces algues colonisent essentiellement du substrat dur (plus de 75%) mais également du sable.

Les autres organismes sessiles

Les autres organismes sessiles de la station ne représentent que 8% de la couverture benthique avec majoritairement des gorgones (4%), des éponges (3%) et d'autres invertébrés (1,3%).

Les oursins

La densité en oursin est de $0,47 \pm 0,47$ Indiv.m⁻². Ces derniers sont essentiellement des *Echinometra viridis* (90%). On rencontre également quelques *Diadema antillarum* et des *Eucidaris tribuloides* (Figure 30).

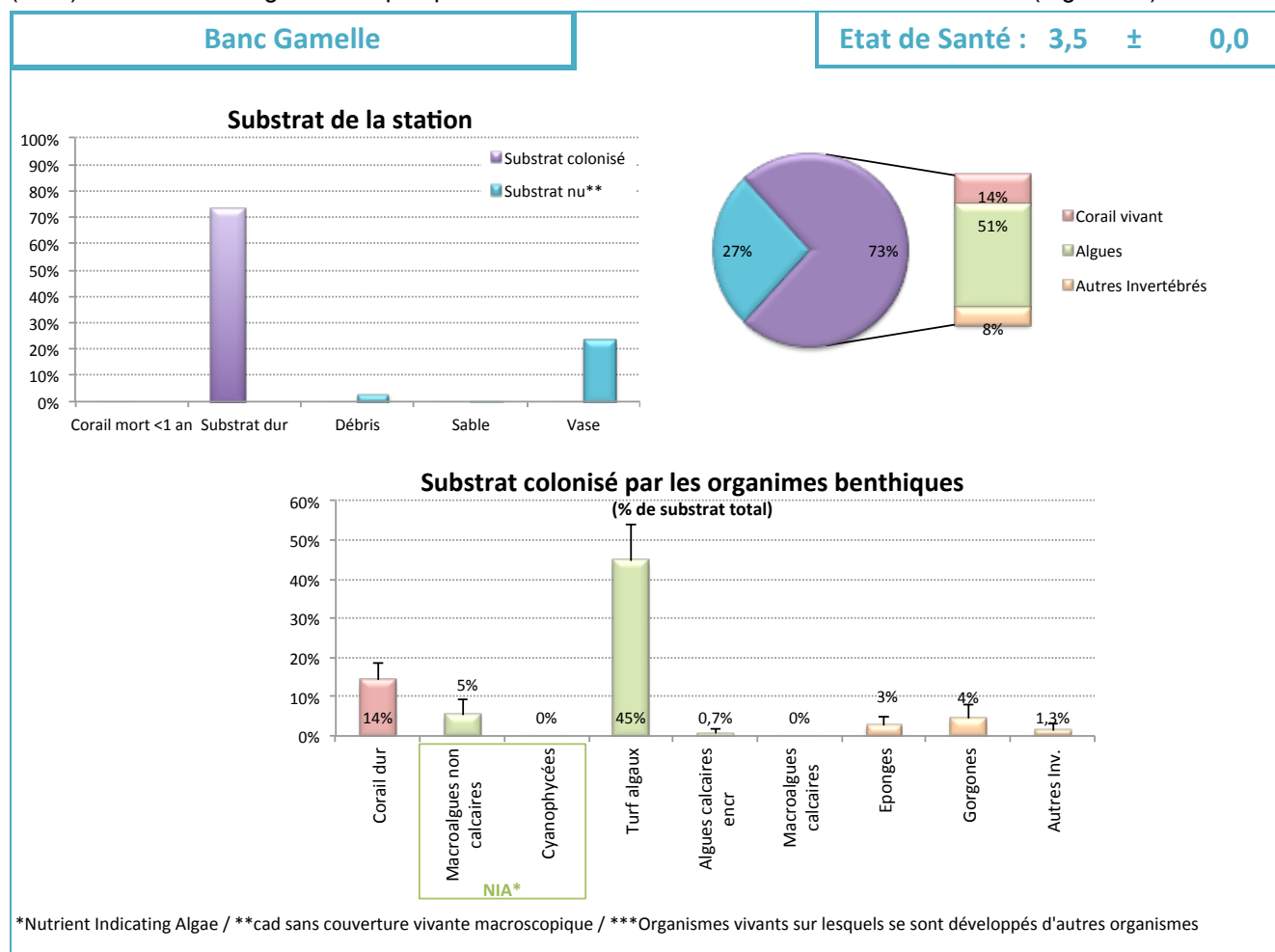


Figure 28 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Banc Gamelle en 2013

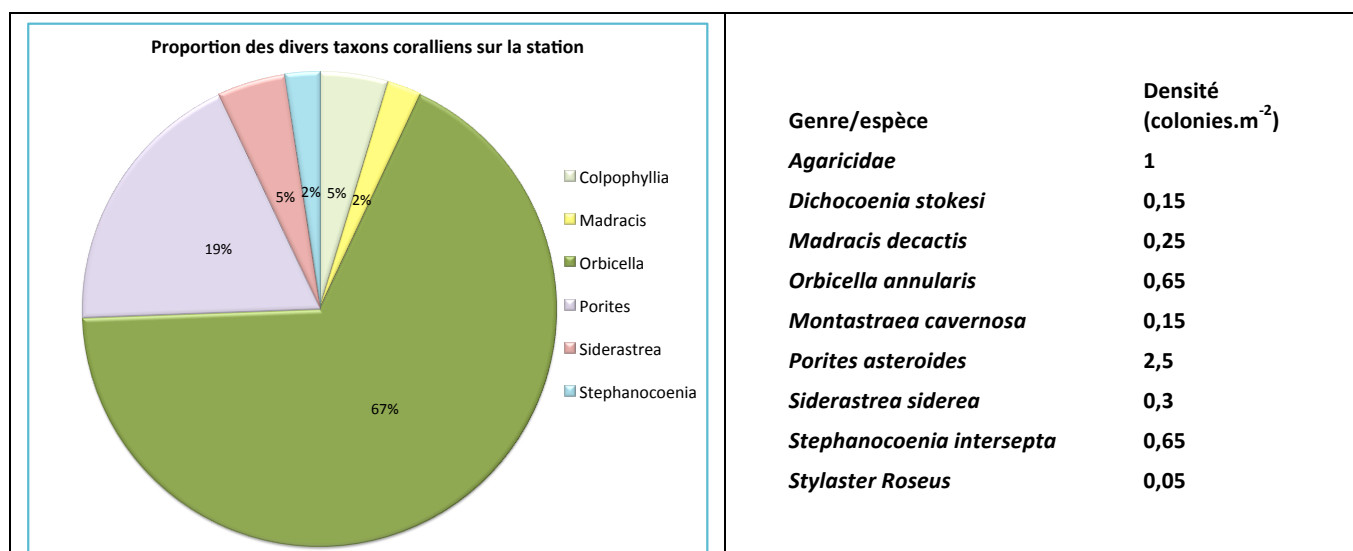


Figure 29 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Banc Gamelle en 2013

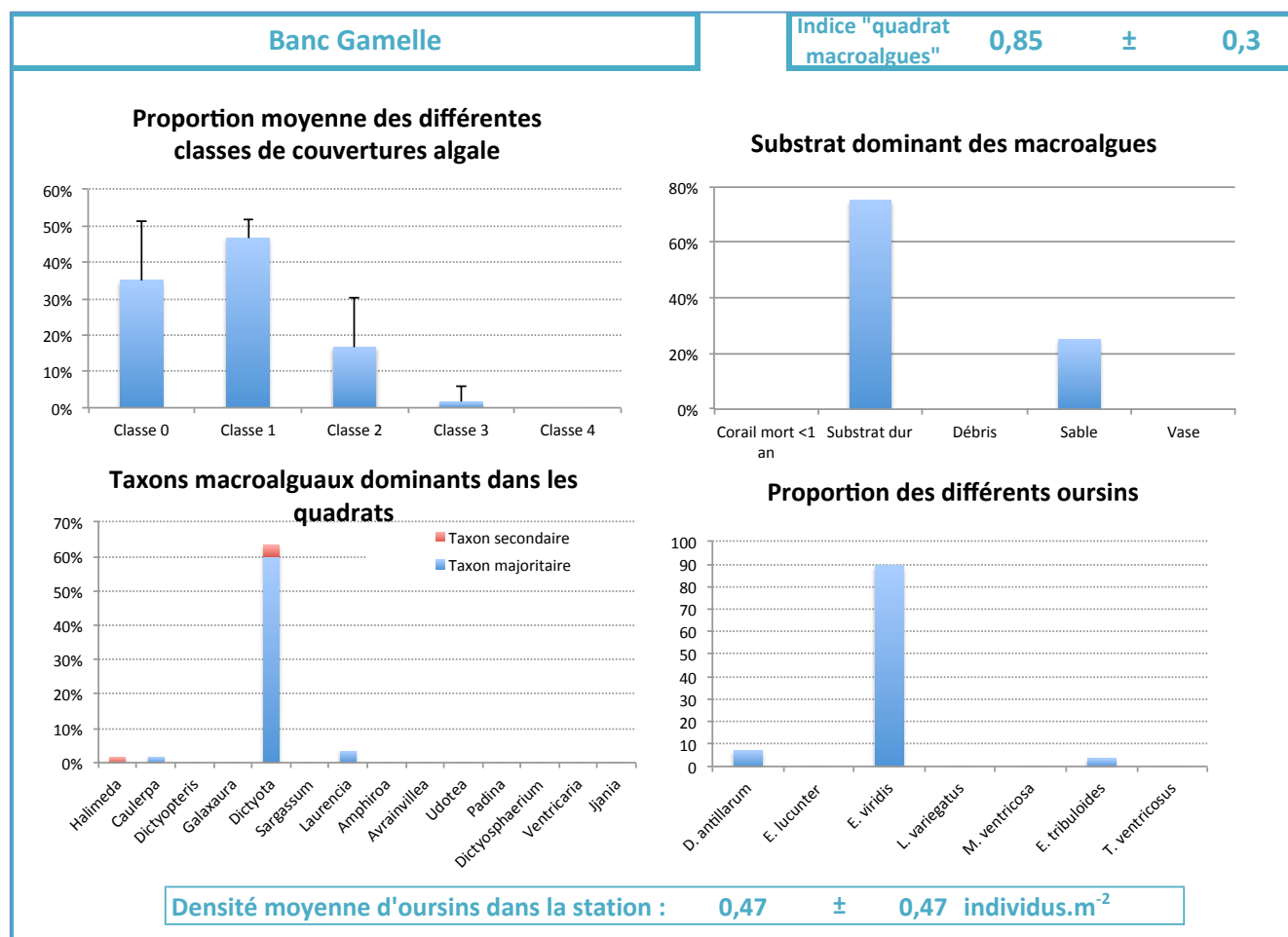


Figure 30 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Banc Gamelle

2.3.3 La communauté corallienne depuis 2007

Les proportions des éléments autres invertébrés et substrat abiotique de Banc Gamelle semblent assez stables depuis la mise en place des transects pérennes (Figure 31). En revanche, la proportion en corail vivant semble avoir diminué de 5% et les macroalgues augmenté de 5% entre 2012 et 2013.

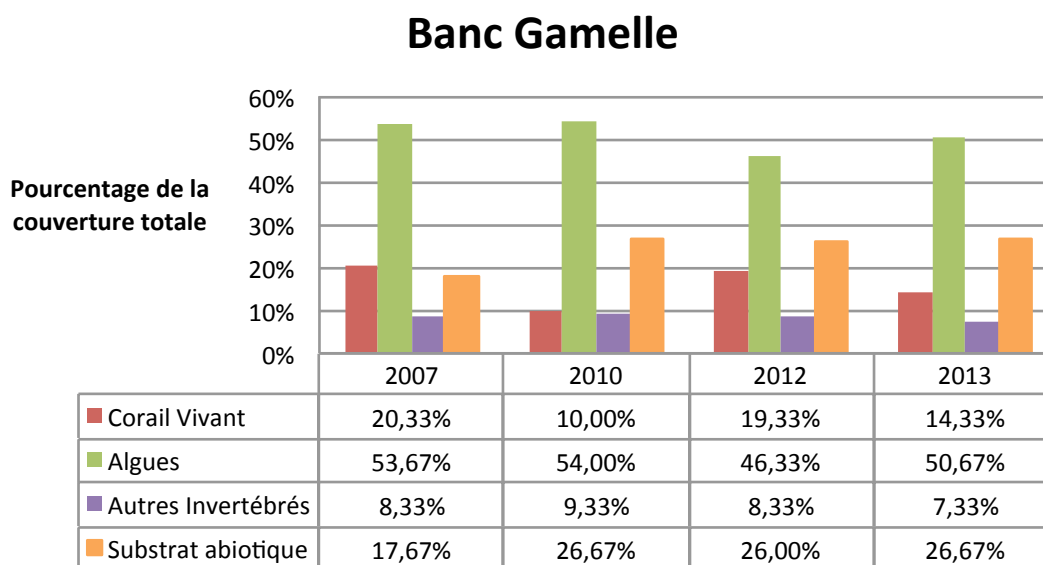


Figure 31 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Banc Gamelle (Type 1) : années 2007 et 2013

2.4 Baie du Marin (Type 1)

2.4.1 Description générale

La station de baie du Marin est localisée sur un tombant abrupte hypersédimenté. Cette station présente des communautés coralliennes dégradées plus ou moins envasées (Figure 32).

Les piquets et crampillons ont été retrouvés. Quelques crampillons ont été ajoutés afin de permettre une bonne fixation du transect et de pérenniser au mieux les suivis.



Figure 32 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Baie du Marin (Type 1)

2.4.2 La communauté corallienne en 2013

Les peuplements benthiques vivants représentent 73% des PIT (Figure 33). Le substrat de la station est dur à 70% environ.

Les coraux

Par rapport aux algues et autres invertébrés, les coraux sont les organismes minoritaires de la station avec seulement 4% de la couverture. Plusieurs taxons sont représentés (Figure 34). Parmi ces derniers : des *Agariciidae*, des *Colpophyllia*, des *Diploria*, des *Madracis*, des *Meandrina* et des *Porites*. La densité corallienne maximale à la station est de $0,96 \text{ indiv.m}^{-2}$ (pour les *Madracis decactis*). La densité en juvéniles est de $0,55 \pm 0,88 \text{ indiv.m}^{-2}$.

Les macroalgues

Les macroalgues sont les organismes majoritaires avec 57% de la couverture benthique (Figure 33). Elles sont principalement constituées de macroalgues non calcaires (27%) puis de macroalgues calcaires (16%) et enfin de turf (13%).

L'indice « quadrat macroalgues » de la station est de $2,22 \pm 0,3$ (Figure 35). La classe 3 est majoritaire suivie de la 2 et de la 1. Le genre majoritaire dans les quadrats est la *Dictyota* suivie de *Halimeda* et de *Jania*.

Les autres organismes sessiles

Les autres organismes sessiles représentent 11% et sont presque uniquement constitués d'éponges.

Les oursins

Les oursins (uniquement des *Echinometra lucunter*) sont très rares sur la station avec seulement 0,02 indiv.m⁻² (Figure 35).

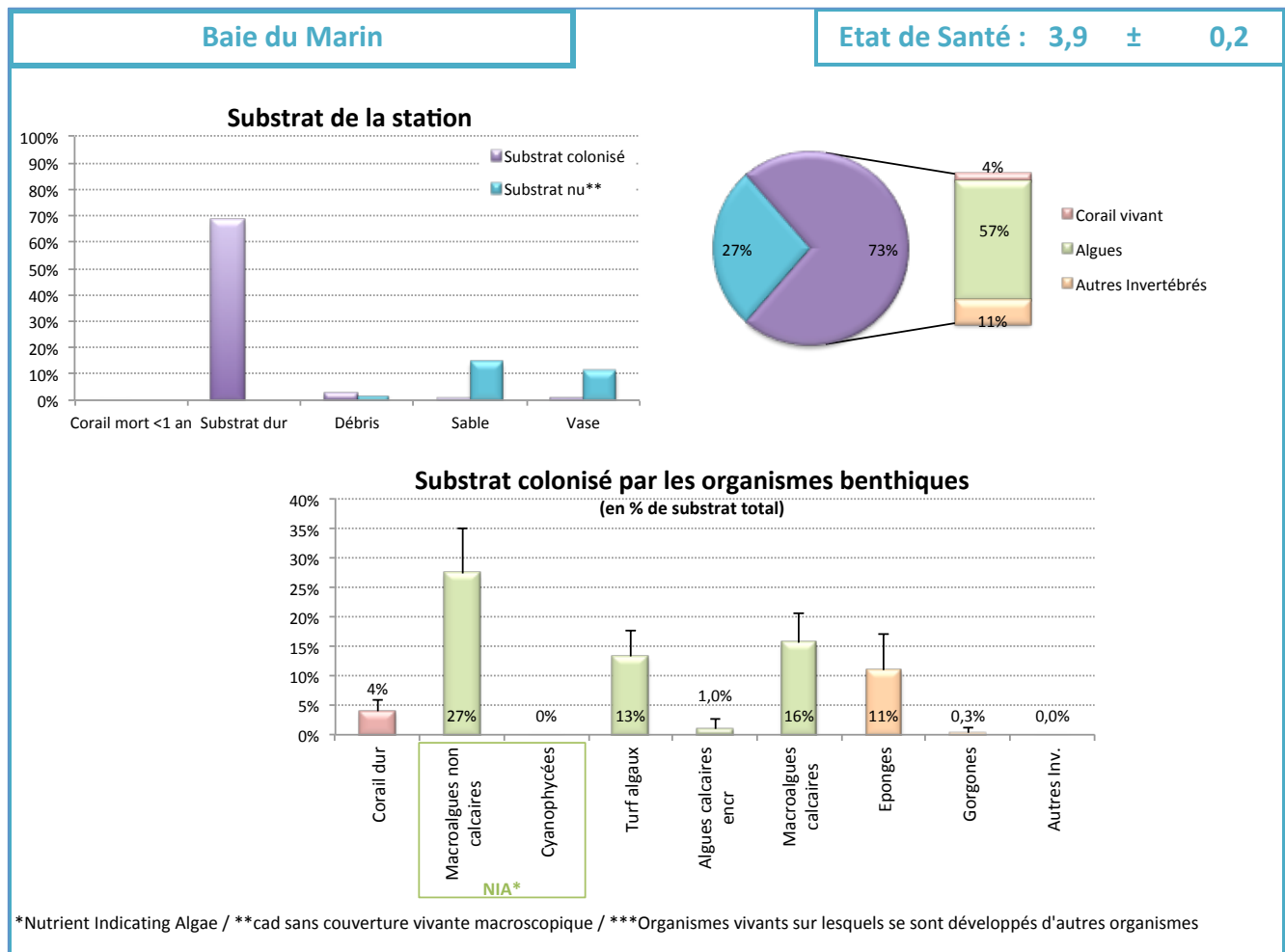


Figure 33 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de la Baie du Marin en 2013

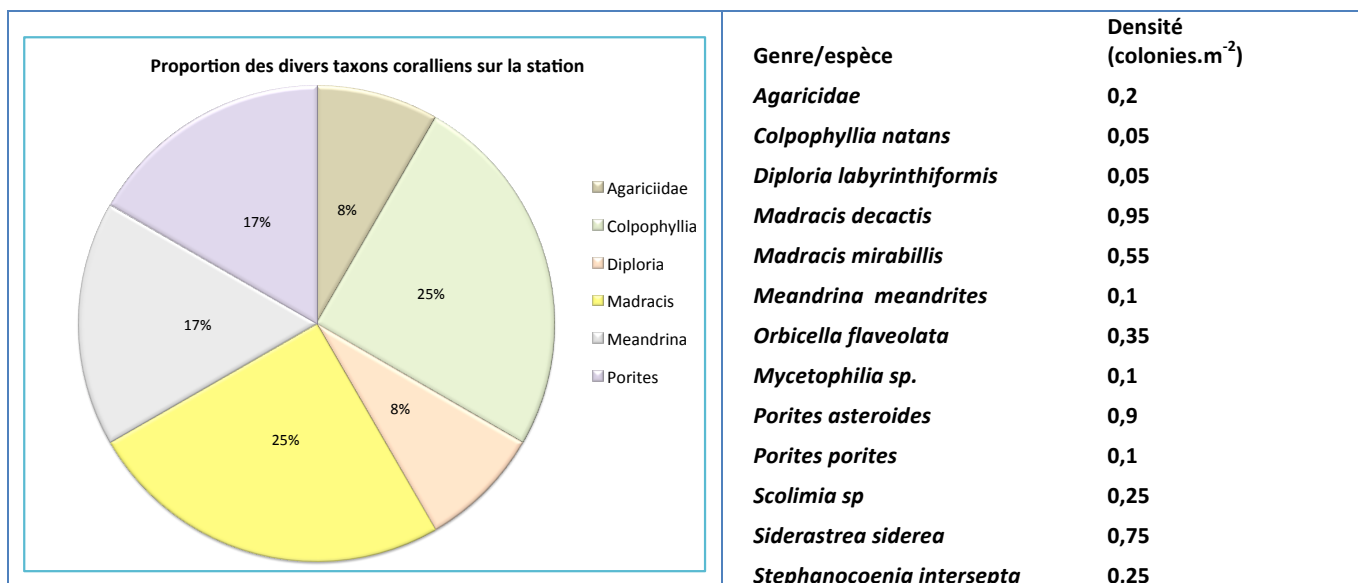


Figure 34 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à la Baie du Marin en 2013

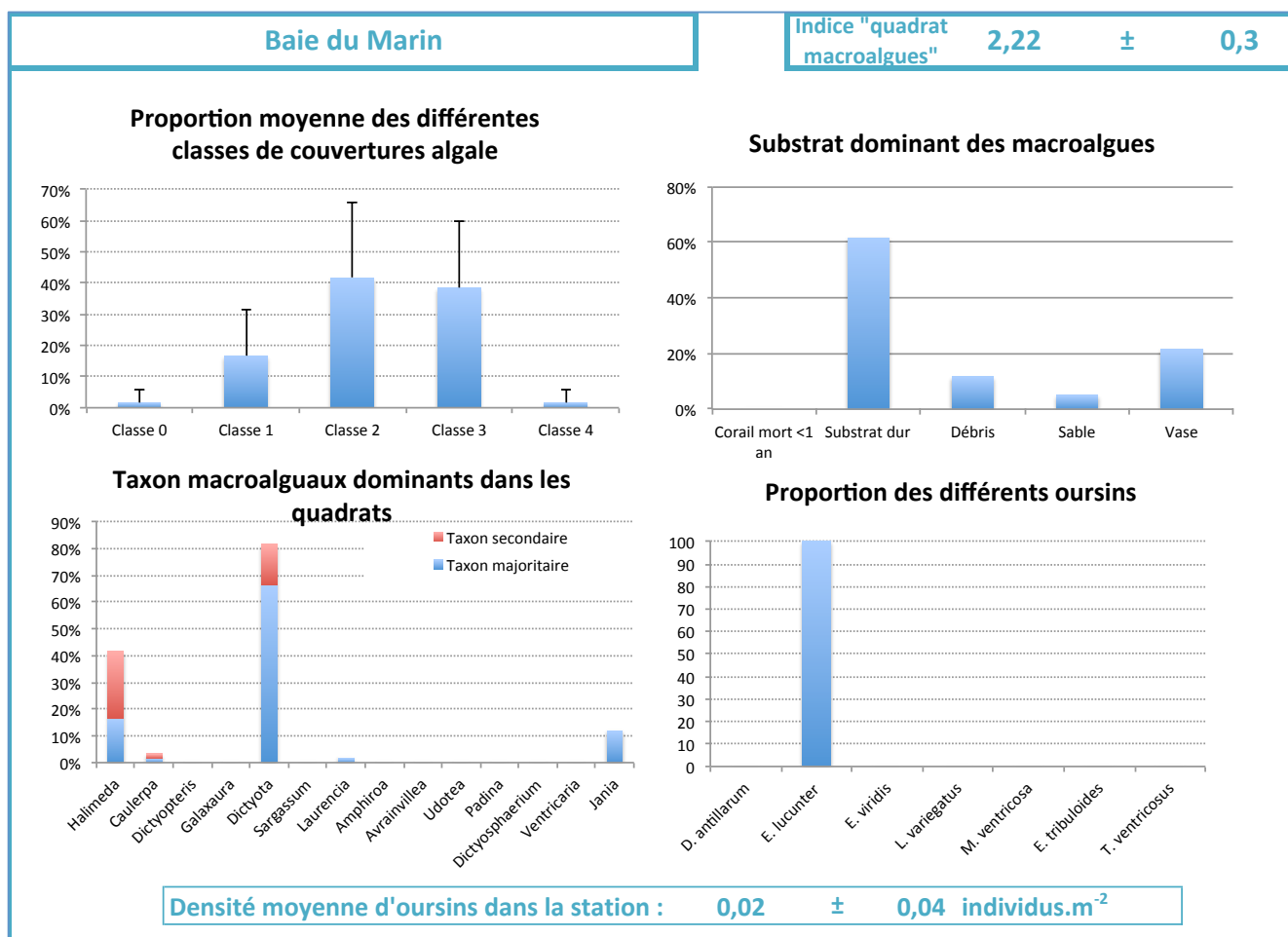
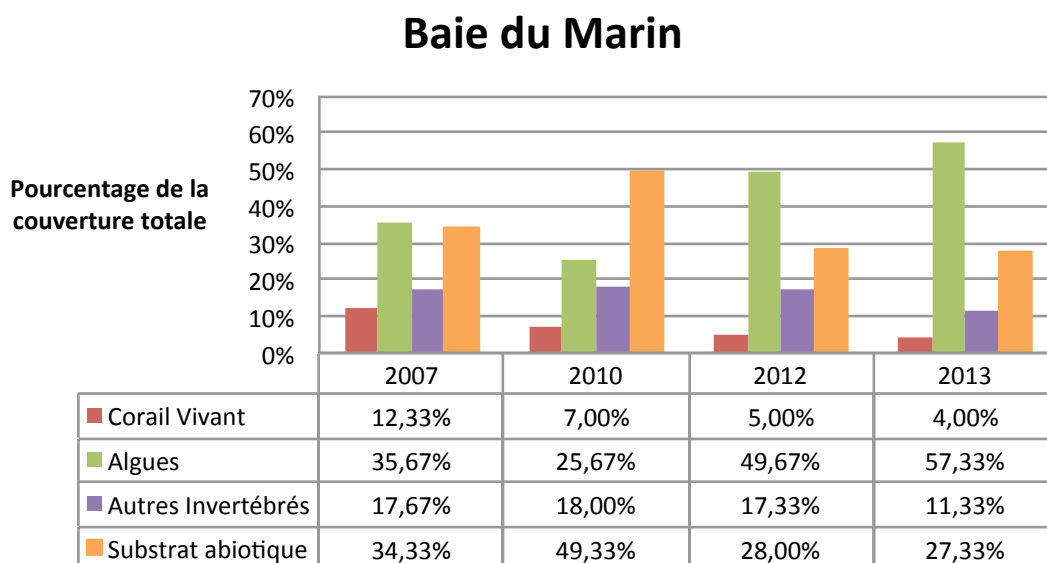


Figure 35 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de la Baie du Marin

2.4.3 La communauté corallienne depuis 2007

Les proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de la Baie du Marin sont plutôt stable depuis la mise en place du transect pérenne en 2012 (Figure 36). Seule une différence de 5% est notée pour la proportion en macroalgue (augmentation depuis 2012) et la proportion en autres invertébrés (diminution).

Figure 36 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Baie du Marin (Type 1)
Baie du Marin (Type 1) : années 2007 et 2013

2.5 Pinsonnelle (Type 2)

2.5.1 Description générale

La station de Pinsonnelle est localisée en surplomb d'un tombant. Le site présente de nombreuses colonies d'*Acropora palmata* mortes (Figure 37).

Le transect a été partiellement retrouvé et réinstallé. Les crampillons n'ont pas été repositionnés dans la mesure où les macroalgues de la station les dissimulent et ne permettent pas de les retrouver d'une année sur l'autre.



Figure 37 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Pinsonnelle (Type 2)

2.5.2 La communauté corallienne en 2013

Le substrat de la station est uniquement d'origine corallienne et est colonisé à 100% (Figure 38).

Les coraux

Les coraux représentent 16% de la couverture benthique. Ils sont majoritairement représentés par des *Diploria* et des *Porites* (Figure 39). La densité corallienne maximale est de 2,75 colonies.m⁻² pour les *Porites astreoides*. La densité en juvéniles est de 0,3 ± 0,47 indiv.m⁻².

Les macroalgues

Les macroalgues sont les organismes majoritaires avec une couverture benthique de 83%. Elles sont surtout constituées de macroalgues non calcaires (63%) de macroalgues calcaires (10%) et dans une moindre mesure de turf (6%).

L'indice « quadrat macroalgues » de la station est de 2,57 ± 0,2 avec la classe 3 majoritaire (plus de 50%) suivie par la classe 2 (30%) et la 1 (Figure 40). Les genres les plus représentés sont les *Dictyota* suivis des *Halimeda* et des *Sargassum*.

Les autres organismes sessiles

Les autres organismes sessiles (gorgones et éponges) ne représentent qu'1 % de la couverture benthique.

Les oursins

Aucun oursin n'a été observé sur la station.

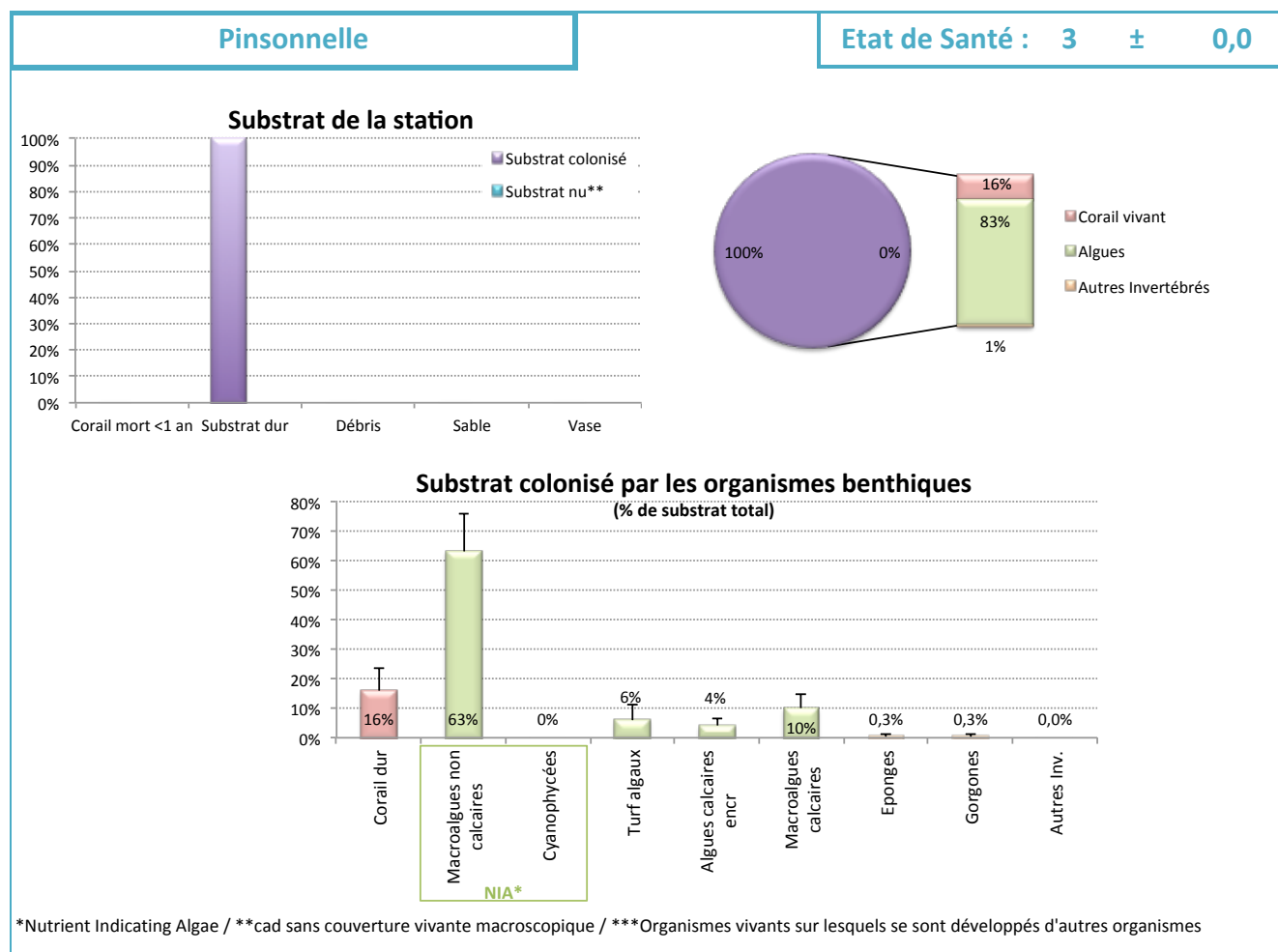


Figure 38 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Pinsonnelle en 2013

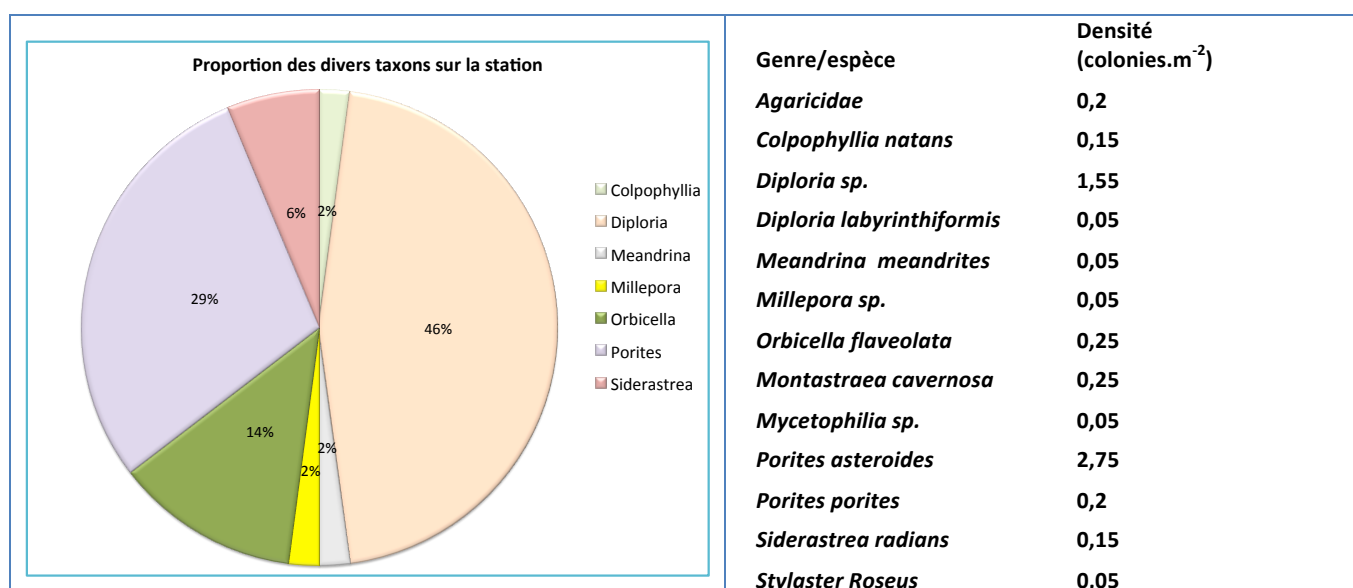


Figure 39 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Pinsonnelle 2013

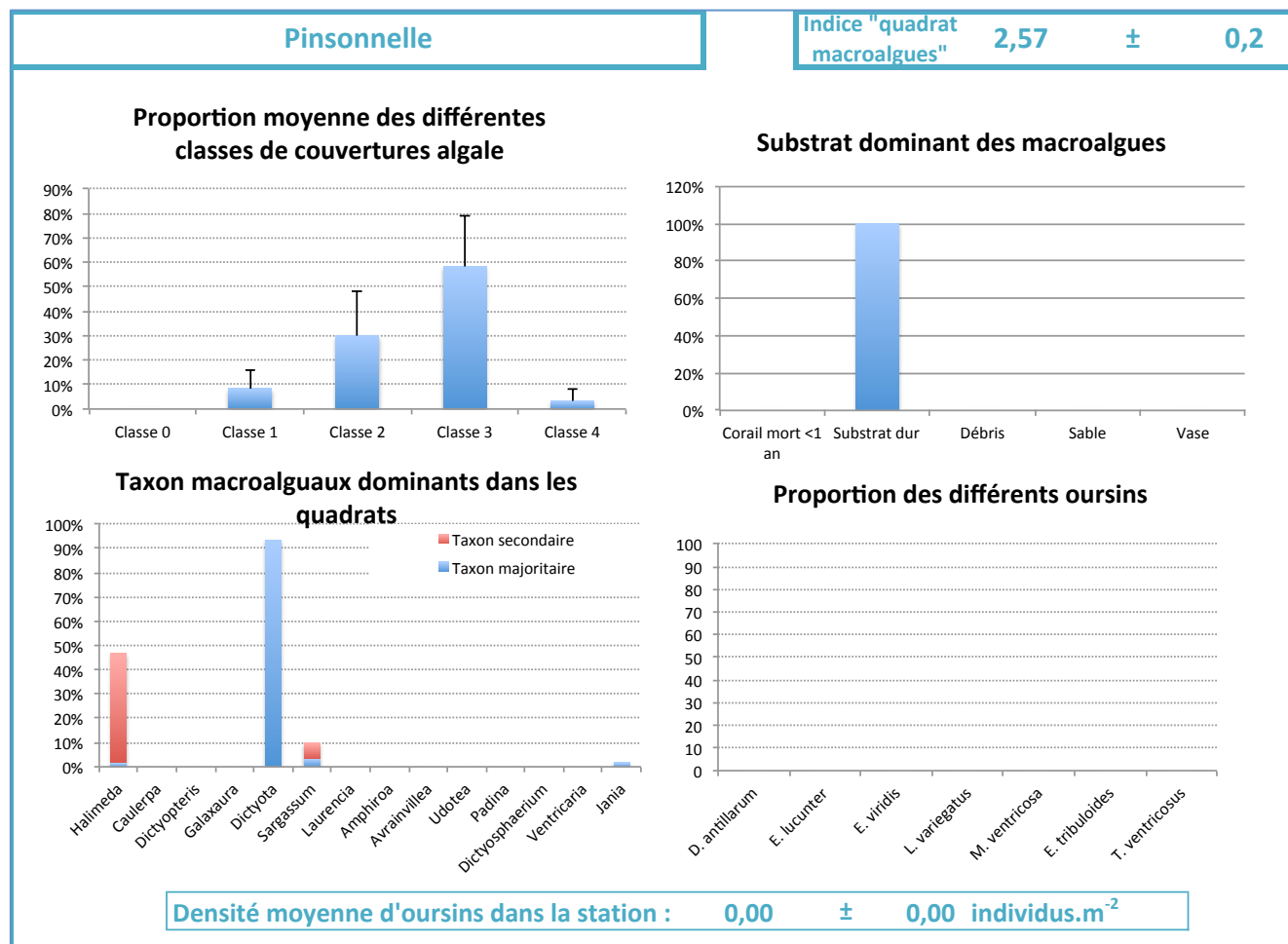


Figure 40 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Pinsonnelle

2.5.3 La communauté corallienne depuis 2007

La proportion des différents éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Pinsonnelle est plutôt stable depuis 2012, date de l'installation du transect pérenne à une nouvelle station (Figure 41). Les évolutions antérieures sont donc dues à un changement de station. Les différences (augmentation) de couverture corallienne entre 2012 et 2013 peuvent être dues au fait que le transect ait été partiellement retrouvé en 2013 et donc repositionné.

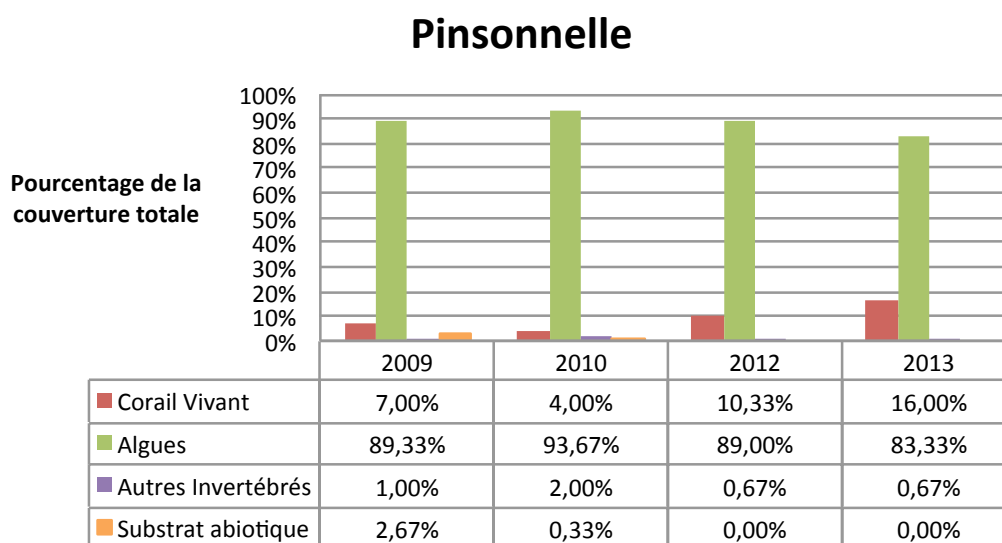


Figure 41 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Pinsonnelle : années 2009 et 2013

2.6 Caye Pariadis (FRJC006, Type 2)

2.6.1 Description générale

Cette station est une caye plate localisée entre deux langues de sable. Elle est entièrement colonisée par des macroalgues (*Sargasses*, *Dictyota* et *Dictyopteris*). Quelques éponges barrique (*X. muta*) sont présentes.

Le transect a été partiellement retrouvé et réparé. Comme pour Pinsonnelle, aucun crampillon n'a été retrouvé sous la canopée algale dense (Figure 42).

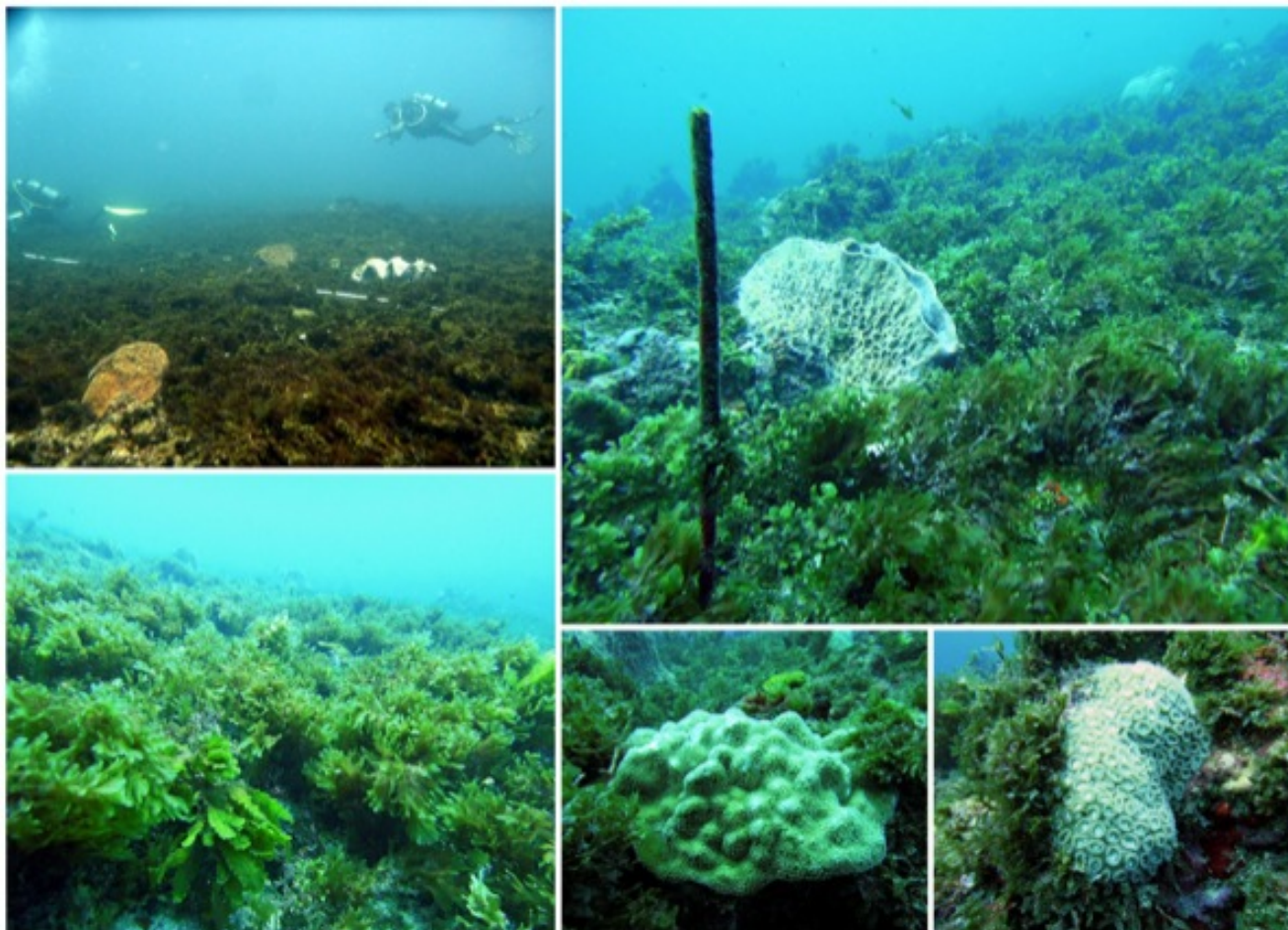


Figure 42 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Caye Pariadis (Type 2)

2.6.2 La communauté corallienne en 2013

Le substrat de la station est dur à plus de 90% le reste étant du sable. La couverture benthique vivante représente 94% (Figure 43).

Les coraux

Ces organismes sont presque absents (0,3%) et sont uniquement représentés par le genre *Porites* sous les PIT. Quelques autres genres sont notés sur le couloir parmi lesquels des *Siderastrea* et des *Diploria* (Figure 44). La densité maximale est de 0,15 colonies.m⁻² pour les *Porites astreoides* et les *Diploira strigosa*.

La densité en juvéniles est de 0,1 ± 0,3 indiv.m⁻².

Les macroalgues

Les algues sont les organismes majoritaires avec 90% de la couverture benthique. Ces dernières sont presque uniquement représentées par les macroalgues non calcaires (84%).

L'indice « quadrat macroalgues » de la station est de 2,95 ± 0,1, avec la classe 3 majoritaire (80%) suivie des classes 2 et 4. Les macroalgues dominantes sont les *Dictyopteris*, suivies des *Sargasses* et des *Dictyota* (Figure 45).

Les autres organismes sessiles

Les autres organismes sessiles sont peu abondants et uniquement constitués d'éponges (3%).

Les oursins

Aucun oursin n'est présent dans cette station (Figure 45).

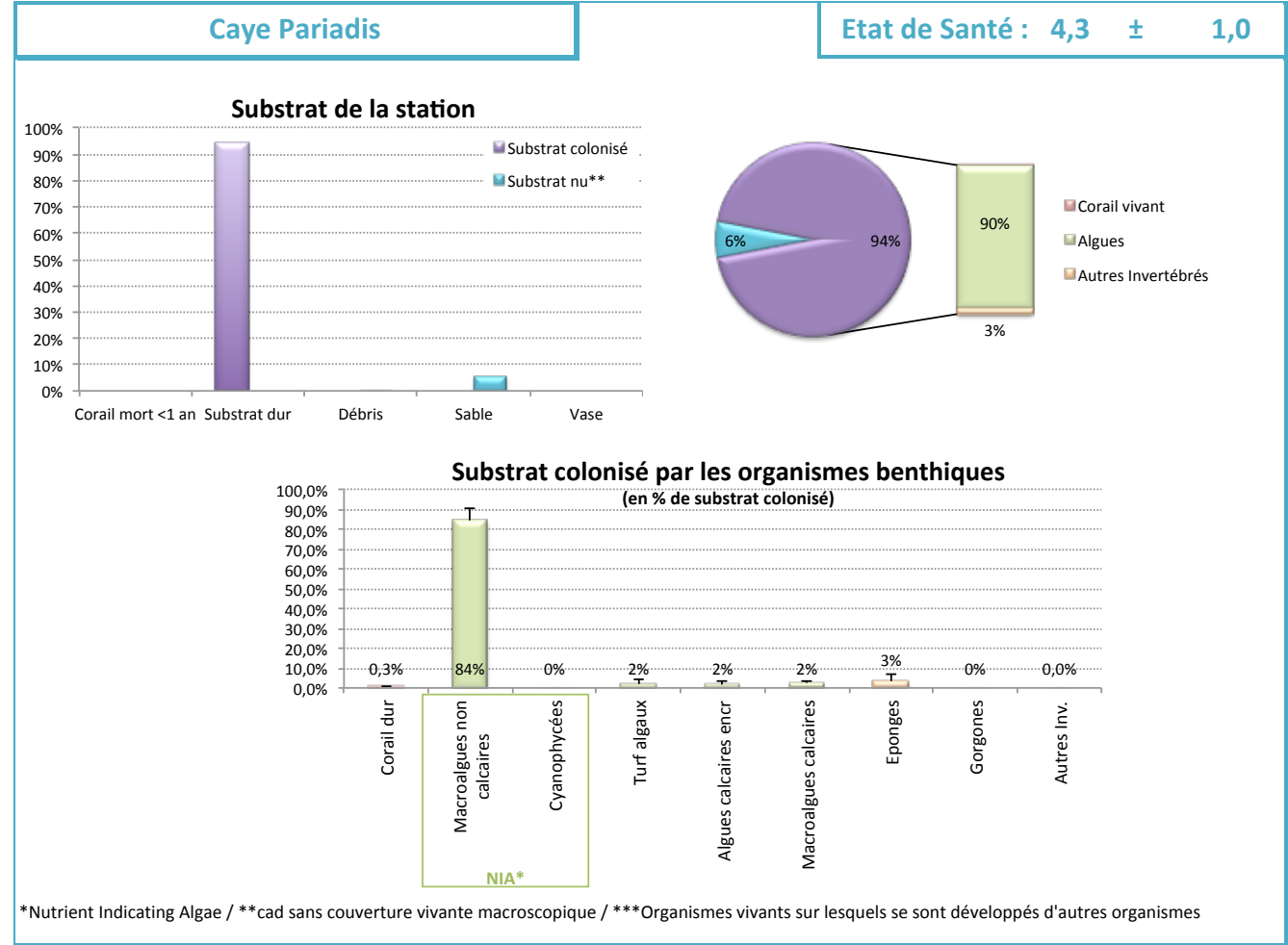


Figure 43 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Caye Pariadis en 2013

100% Porites	Genre/espèce	Densité (colonies.m ⁻²)
	Diploria strigosa	0,15
	Porites asteroides	0,15
	Porites porites	0,1
	Siderastrea siderea	0,2

Figure 44 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Caye Pariadis en 2013

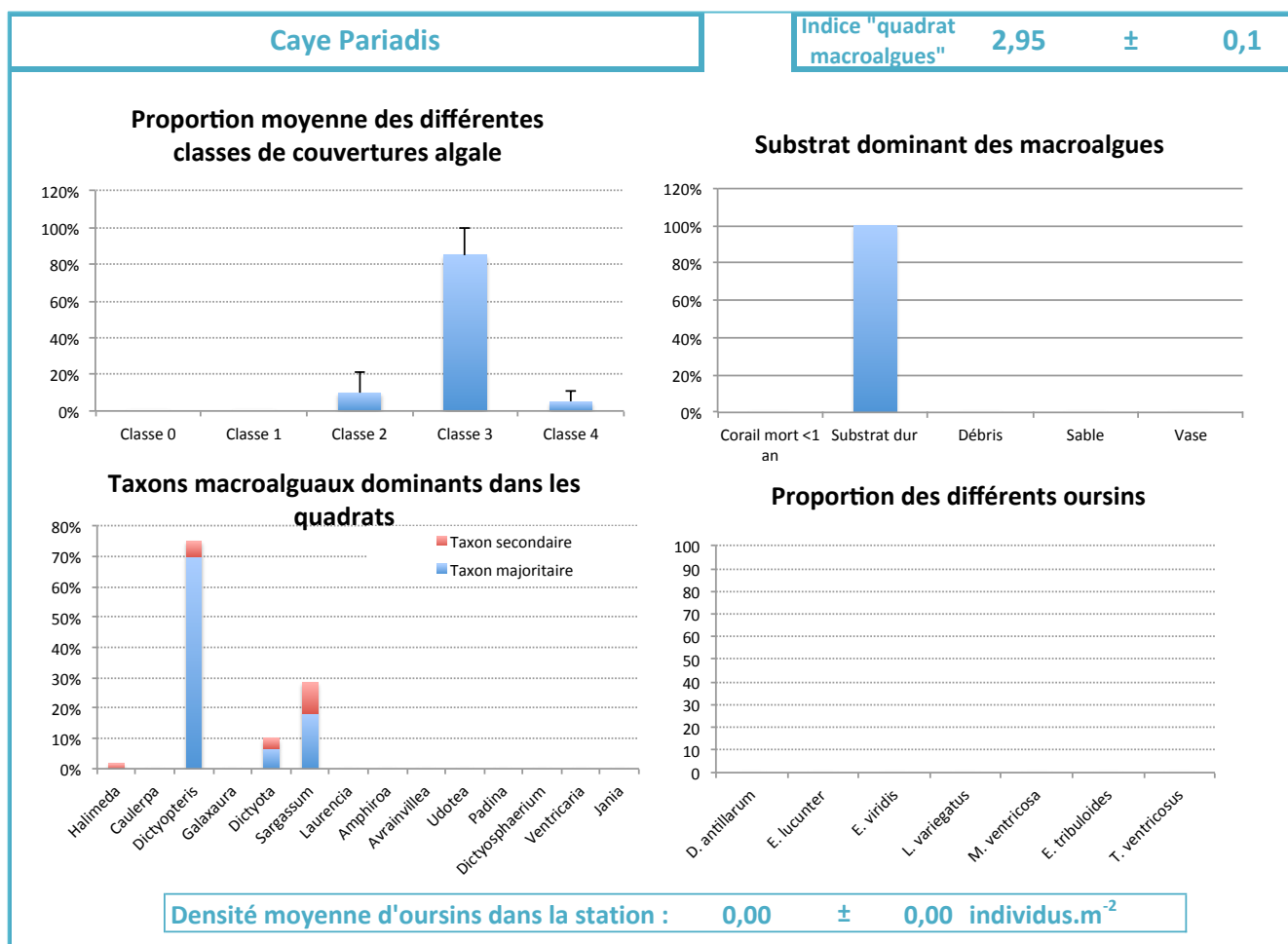


Figure 45 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Caye Pariadis

2.6.3 La communauté corallienne depuis 2007

Les proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Caye Pariadis sont assez stables depuis la mise en place des transects pérennes en 2012 (Figure 46). Une perte de 2% de corail est notée entre ces deux années.

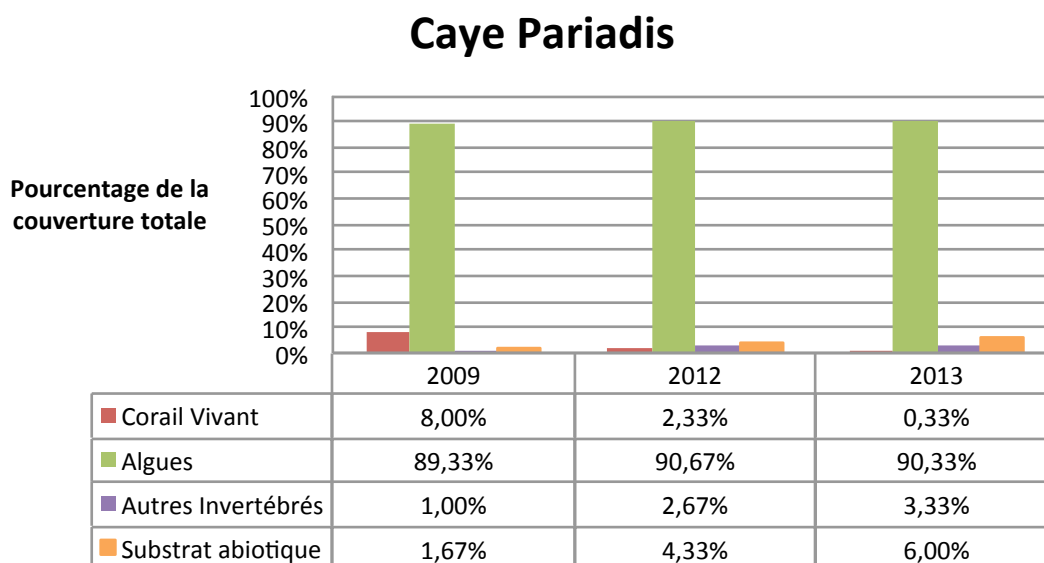


Figure 46 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Caye Pariadis (Type 2) : années 2009 et 2013

2.7 Loup Ministre (FRJC012, Type 2)

2.7.1 Description générale

La station de Loup Ministre est localisée sur un tombant qui plonge à une quinzaine de mètres. Cette station présente une communauté essentiellement algale avec quelques colonies de *A. palmata* (Figure 47).

Tous les piquets, ainsi que quelques crampillons ont été retrouvés. La canopée algale dense n'a pas permis de retrouver l'ensemble des crampillons installés. Les piquets, abîmés (probablement sous l'effet de la houle) ont été remplacés.



Figure 47 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Loup Ministre (Type 2)

2.7.2 La communauté corallienne en 2013

La station Loup Ministre présente uniquement du substrat dur qui est colonisé à 100% (Figure 48).

Les coraux

Les coraux ne représentent que 5 % de la couverture benthique. Le genre dominant est *Diploria* (Figure 48). Trois autres genres : *Montastrea*, *Colpophyllia* et *Porites* sont également présents le long du transect dans des proportions comparables (Figure 49). D'autres taxons sont présents sur la station, parmi lesquels des *Acropora*, des *Agariciidae* et des *Orbicella*. La densité en juvéniles est de $0,05 \pm 0,22$ indiv.m⁻²

Les macroalgues

Les algues sont les organismes majoritaires de la station avec 57% de macroalgues non calcaires, 18% de turf, 10% de macroalgues calcaires et 9% de macroalgues calcaires encroûtantes (Figure 50).

L'indice « quadrat macroalgues » de la station est de $3,37 \pm 0,4$. Les classes d'algues majoritaires dans les quadrats sont la classe 4 (50%) suivie de la 3 (40%) et de la 2 (10%). Les algues sont essentiellement des *Sargasses* (plus de 90%). Les genres *Dictyota* et *Halimeda* sont également présents.

Les autres organismes sessiles

Les autres organismes sessiles (gorgones et éponges) représentent uniquement 1% du substrat benthique.

Les oursins

La densité en oursins (uniquement *Tripneustes ventricosus*) est de $0,02 \pm 0,04$ indiv.m⁻² (Figure 50).

Note : des patches de *Diadema antillarum* ont été notés sur le haut du plateau, à quelques dizaines de mètres du transect pérenne.

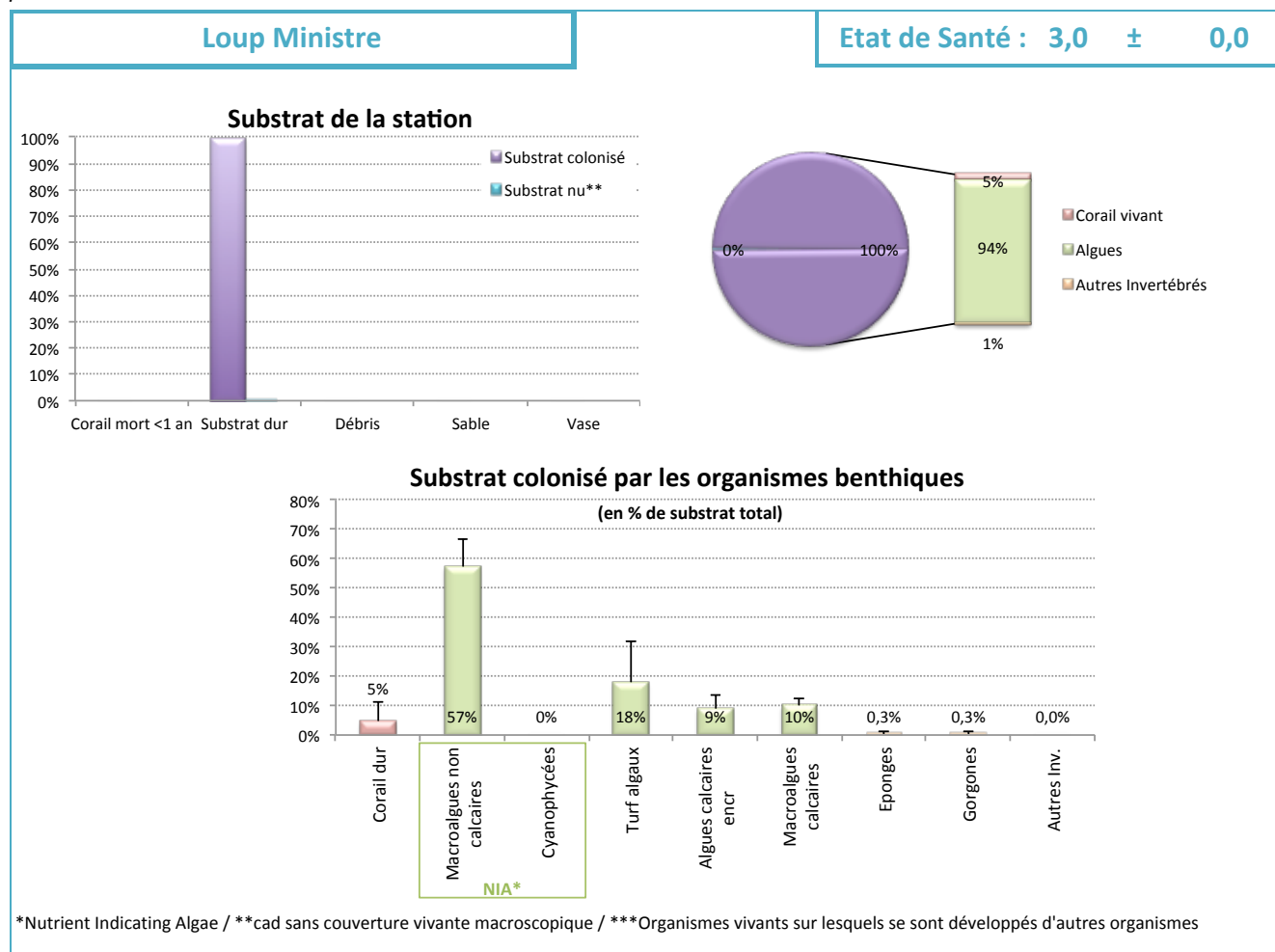


Figure 48 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Loup Ministre en 2013

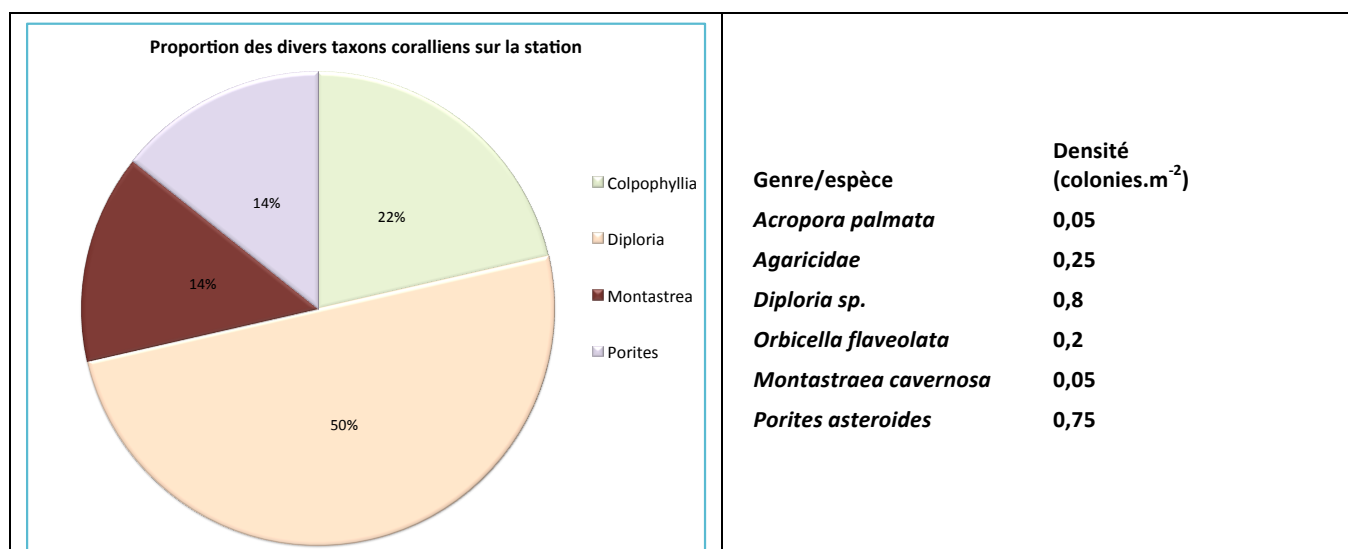


Figure 49 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Loup Ministre en 2013

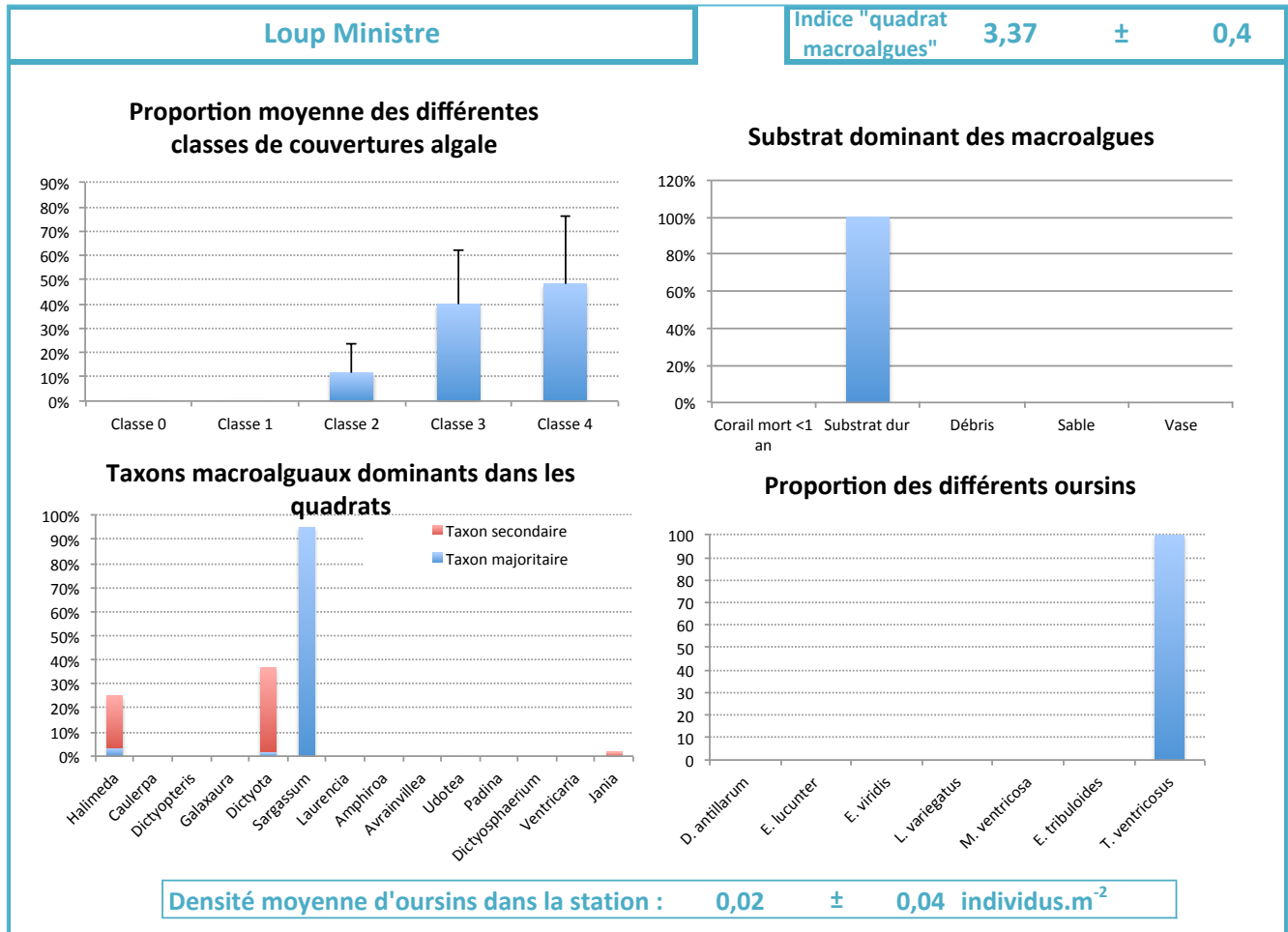


Figure 50 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Loup Ministre

2.7.3 La communauté corallienne depuis 2007

Les proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Ministre sont relativement stables dans le temps avec, tout de même, une faible diminution de la proportion des coraux au cours des années (Figure 51).

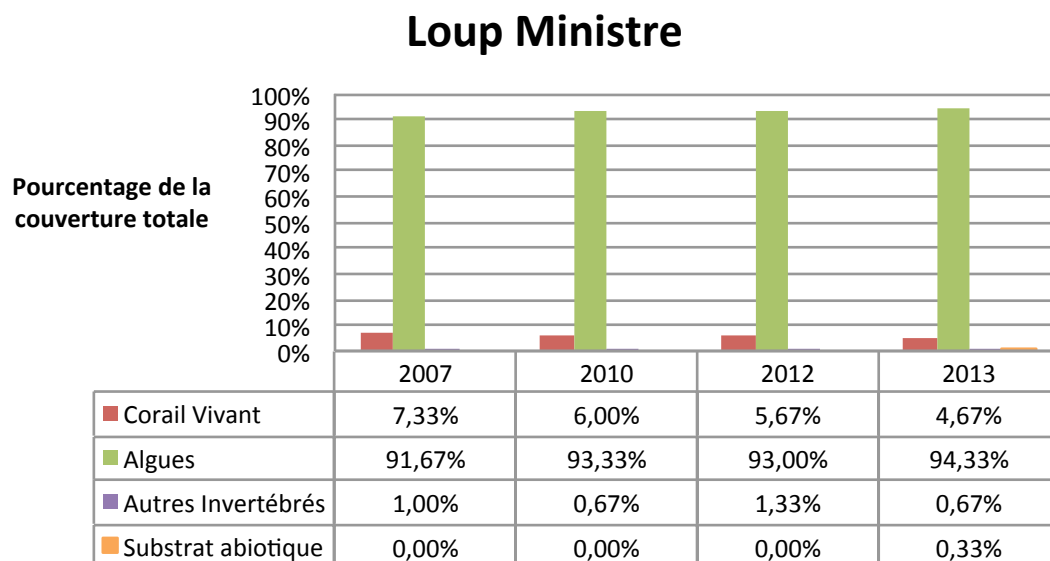


Figure 51 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Ministre (Type 2)Loup Ministre (FRJC012, Type 2) : années 2007 et 2012

2.8 Loup Garou (Type 3)

2.8.1 Description générale

Cette station est localisée sur un tombant au vent de l'îlet Garou. Les conditions océanographiques rendent parfois son accès difficile voir impossible (houle). De nombreuses colonies coralliennes en bon état sont présentes, dont l'espèce *A. palmata* (Figure 52).

Tous les piquets ont été retrouvés et consolidés.



Figure 52 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Loup Garou (Type 3)

2.8.2 La communauté corallienne en 2013

Le substrat de cette station est dur à plus de 90%. Quelques débris coralliens sont présents (9%). La couverture benthique vivante est de 99% (Figure 53).

Les coraux

Les coraux représentent 33% de la couverture benthique. Le genre *Porites* est dominant (plus de 75%). Quatre autres taxons sont présents dans des proportions équivalentes le long du transect (*Diploria*, *Agariciidae*, *Millepora* et *Orbicella*). La densité corallienne maximale est de 7,65 colonies.m⁻² pour les *Porites astreoides* (Figure 54). La densité en juvénile est de 3,95 ± 4,09 indiv.m⁻².

Les macroalgues

Les algues sont les organismes majoritaires (55%) de la station avec 20% de macroalgues non calcaires, 19% de turf, 14% d'algues calcaires encroûtantes (Figure 54).

L'indice « quadrat macroalgues » est de 1,63 ± 0,5, la classe 1 étant majoritaire (plus de 40%) suivie par les classes 2 (plus de 30%) et 3 (environ 10%). Les genres dominants sont les *Dictyota* puis les *Halimeda* et les *Amphiroa* et enfin les *Sargassum*.

Les autres organismes sessiles

Les autres organismes sessiles représentent 11% de la couverture du substrat de la station avec 3% d'éponges et 3% de gorgones et 4% d'autres invertébrés (majoritairement des oursins).

Les oursins

La densité en oursin (uniquement des Diadèmes) est de $2,07 \pm 0,45 \text{ indiv.m}^{-2}$ (Figure 54).

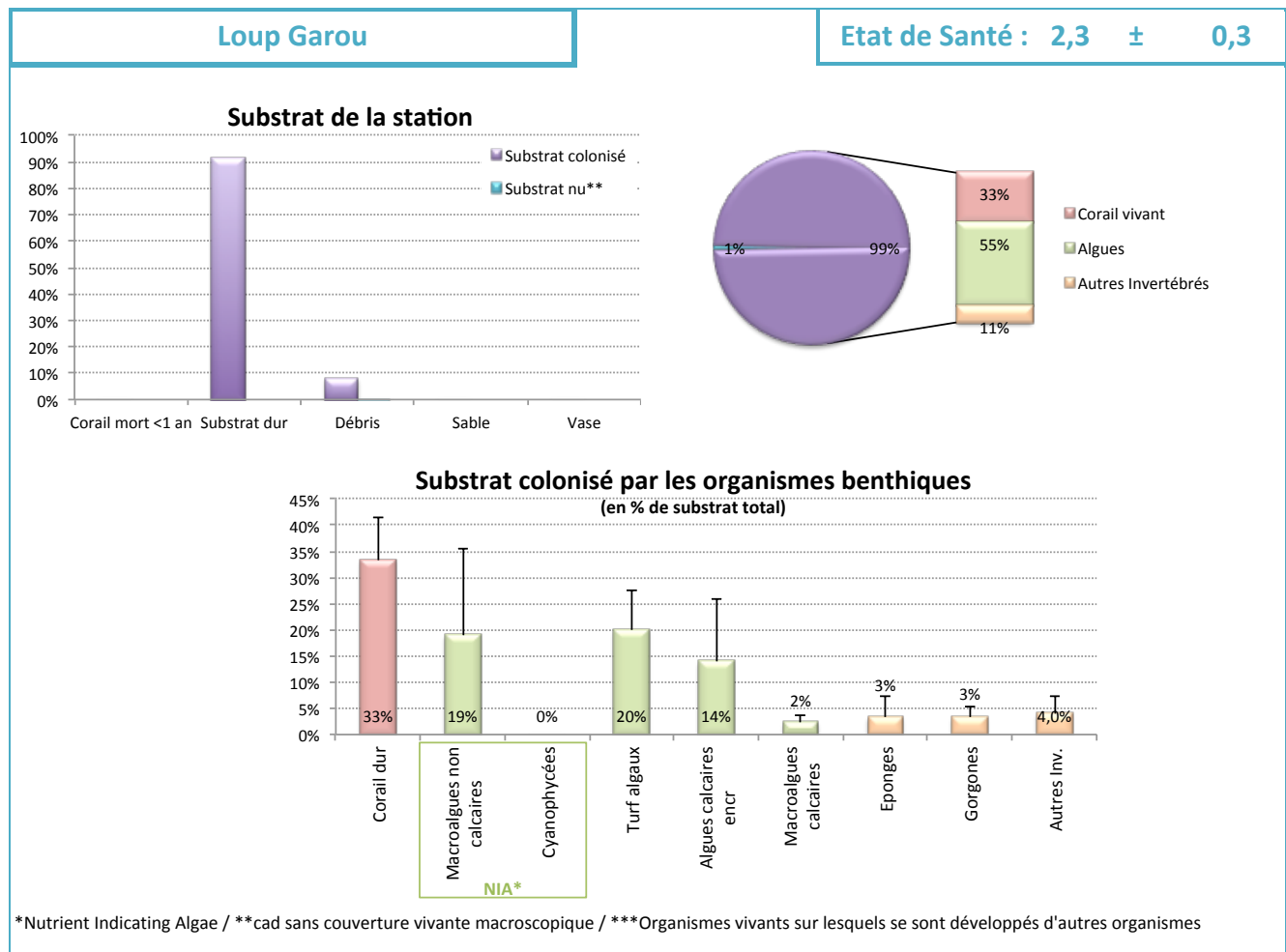


Figure 53 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Loup Garou en 2013

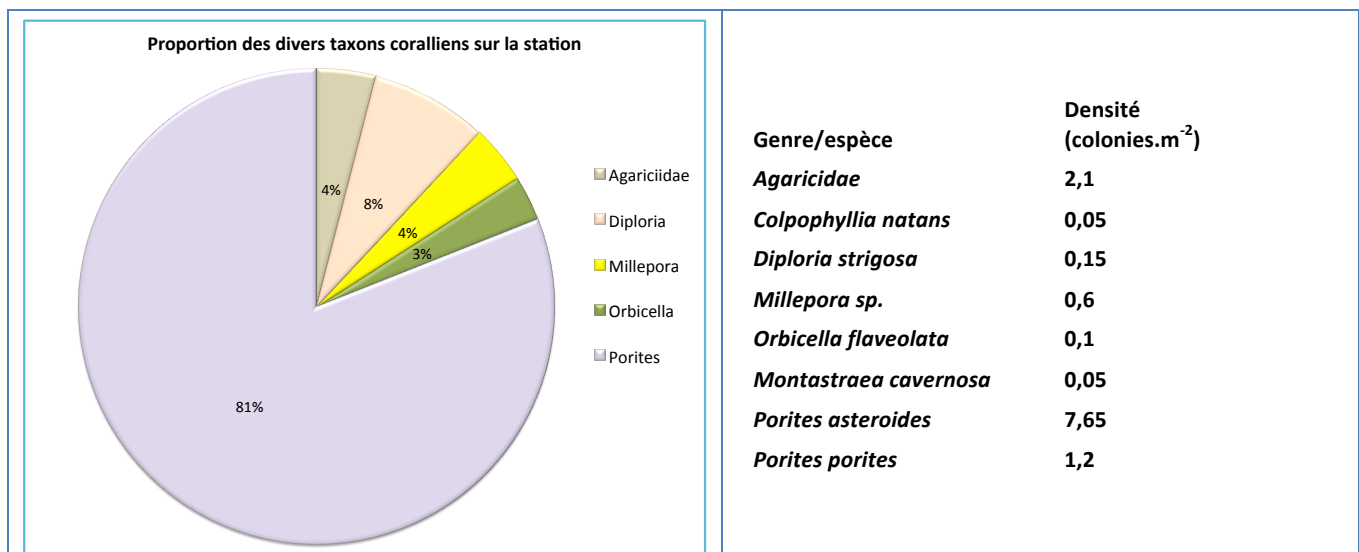


Figure 54 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Loup Garou en 2013

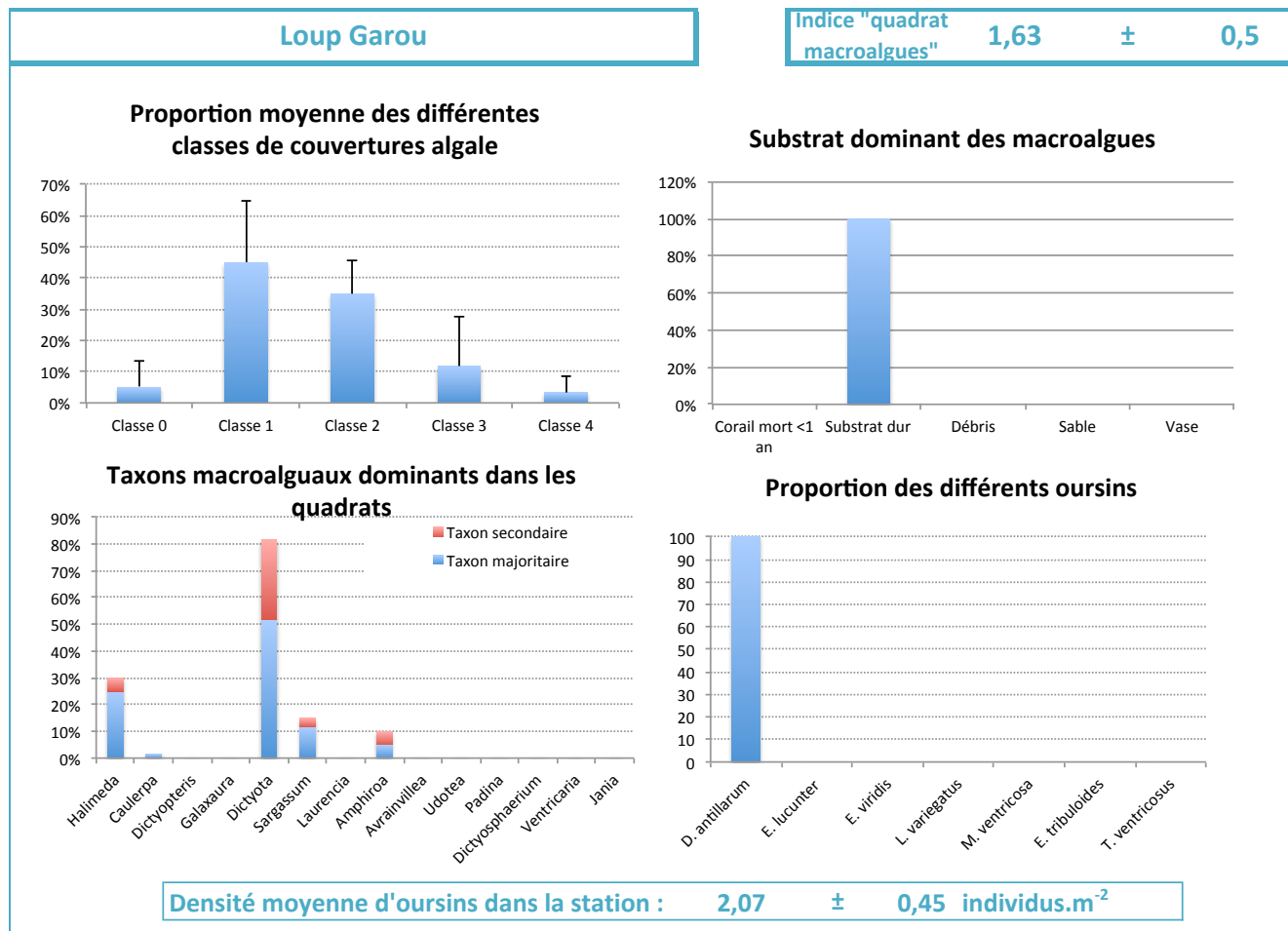


Figure 55 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Loup Garou

2.8.3 La communauté corallienne depuis 2007

Les proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Garou sont assez stables depuis la mise en place des transects pérennes (Figure 56) excepté pour la proportion en invertébrés (augmentation en 2013). Ceci est dû au fait que de nombreux oursins se trouvaient sur le transect. Ces organismes vagiles sont habituellement notés lors de la réalisation du PIT. Cependant, ces derniers ne font pas partie du substrat fixe et comptent pour beaucoup dans les différences notées entre les années. Dans le futur il serait peut être intéressant de ne pas noter la présence des organismes vagiles dans le PIT.

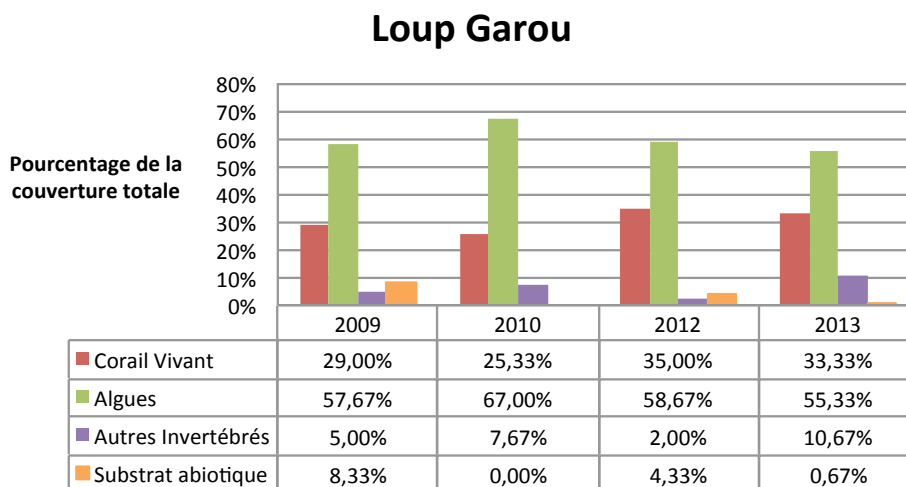


Figure 56 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Garou (Type 3) : années 2009 et 2013

2.9 Loup Caravelle (Type 4)

2.9.1 Description générale

Toute la partie centrale de la caye est constituée d'un plateau à macroalgues (Figure 57). Les quelques mètres avant le tombant (station) sont au contraire en très bon état avec des colonies encroûtantes massives de coraux cerveaux. De plus, plusieurs pieds de l'espèce *A. cervicornis* sont présents. Des macroalgues (*Dictyota*) sont notées entre les colonies coralliennes.

Le transect a été nouvellement installé à cette station.

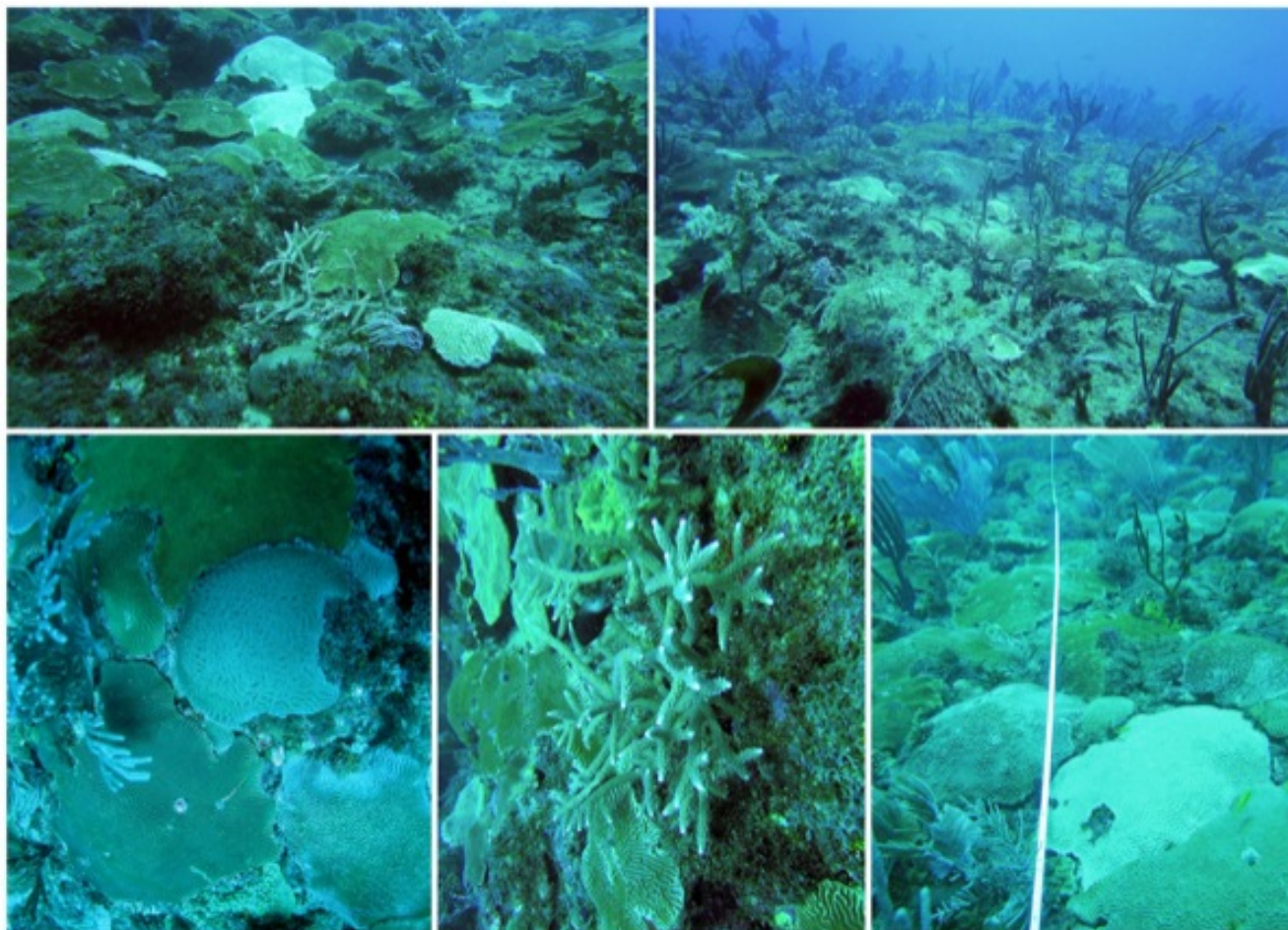


Figure 57 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Loup Caravelle (Type 4)

2.9.2 La communauté corallienne en 2013

Le substrat de la station est essentiellement dur et est colonisé à 98% par des organismes vivants (Figure 58).

Les coraux

Les coraux représentent 34% de la couverture benthique. Les genres majoritaires sont les *Diploria* suivi des *Porites* et des *Meandrina*. Quelques *Colpophyllia*, *Orbicella* et *Montastrea* sont également présents le long du transect. Bien que non représentés le long du transect, quelques autres genres coralliens sont présents sur la station : *Acropora cervicornis*, *Dichocoenia*, *Madracis*, *Mussa* et *Siderastrea*. La densité corallienne maximale est de 5 colonies.m⁻² pour les *Diploria* sp (Figure 59). La densité en juvéniles est de 0,1 ± 0,3 indiv.m⁻².

Les macroalgues

Les algues sont les organismes majoritaires à la station (61%) avec 40% de macroalgues non calcaires, 18% de turf et 2% de macroalgues calcaires (Figure 60).

L'indice « quadrat macroalgues » est de 1,73 ± 0,3 avec la classe 2 majoritaire (plus de 40%) suivie de la 1 (environ 30%). Les genres dominants sont les *Dictyota* suivis des *Sargassum*.

Les autres organismes sessiles

Les autres organismes sessiles représentent 4% de la couverture benthique avec 2% d'éponges et 1% de gorgones.

Les oursins

Aucun oursin c'est présent sur la station (Figure 60).

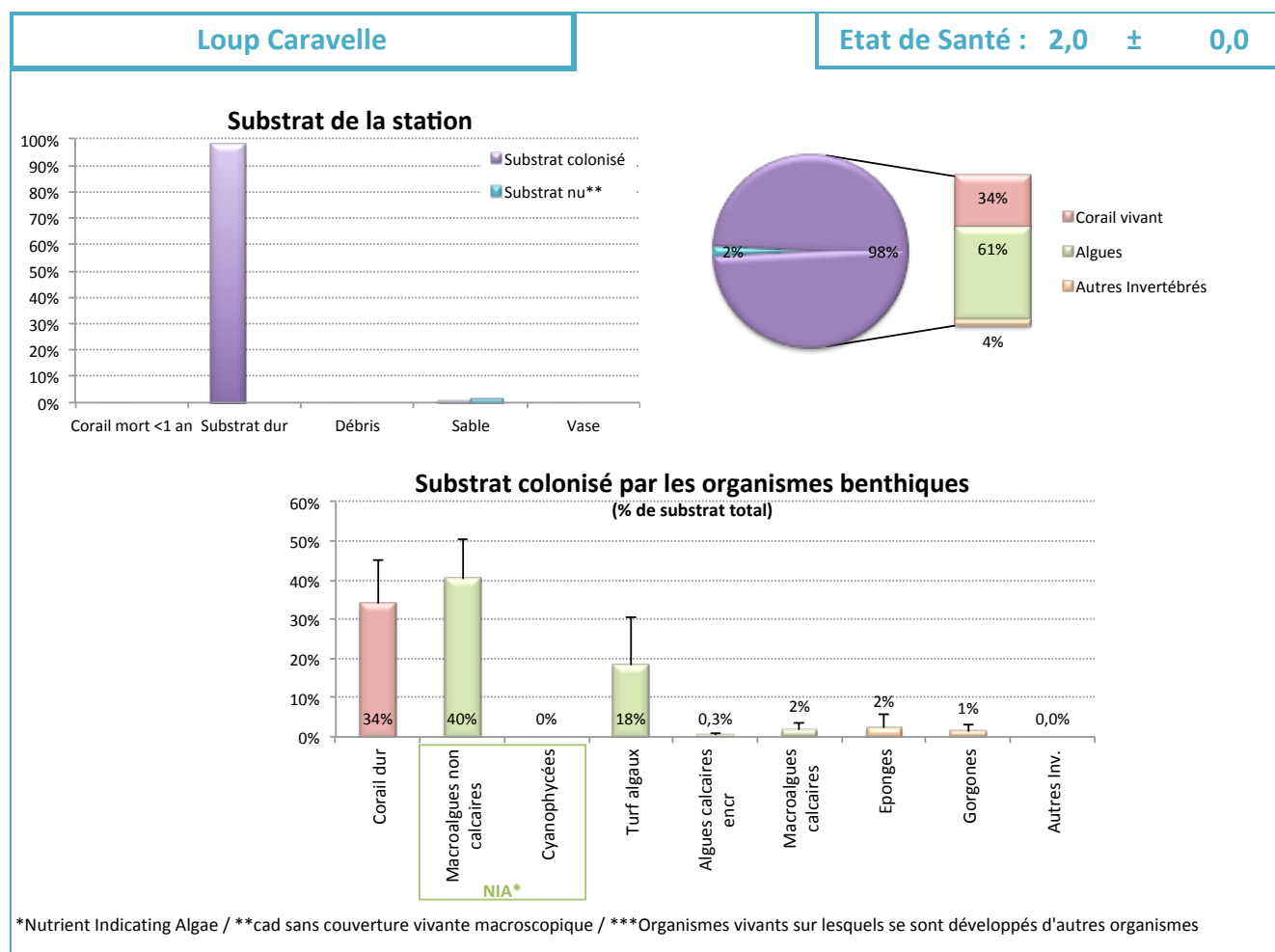


Figure 58 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Loup Caravelle en 2013

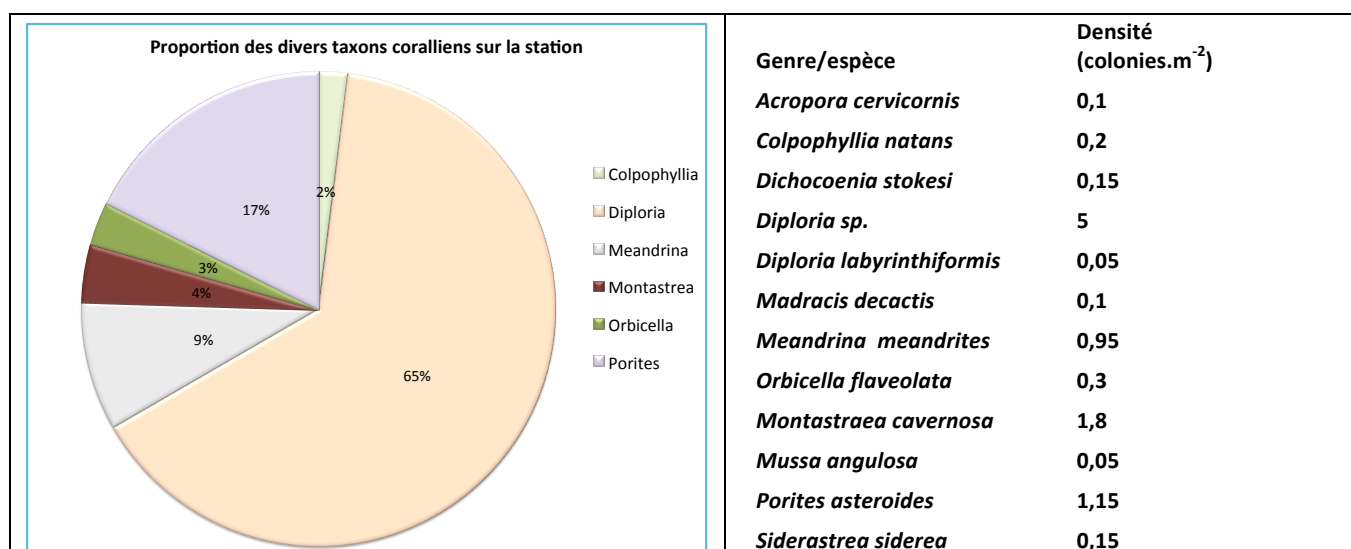


Figure 59 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Loup Caravelle en 2013

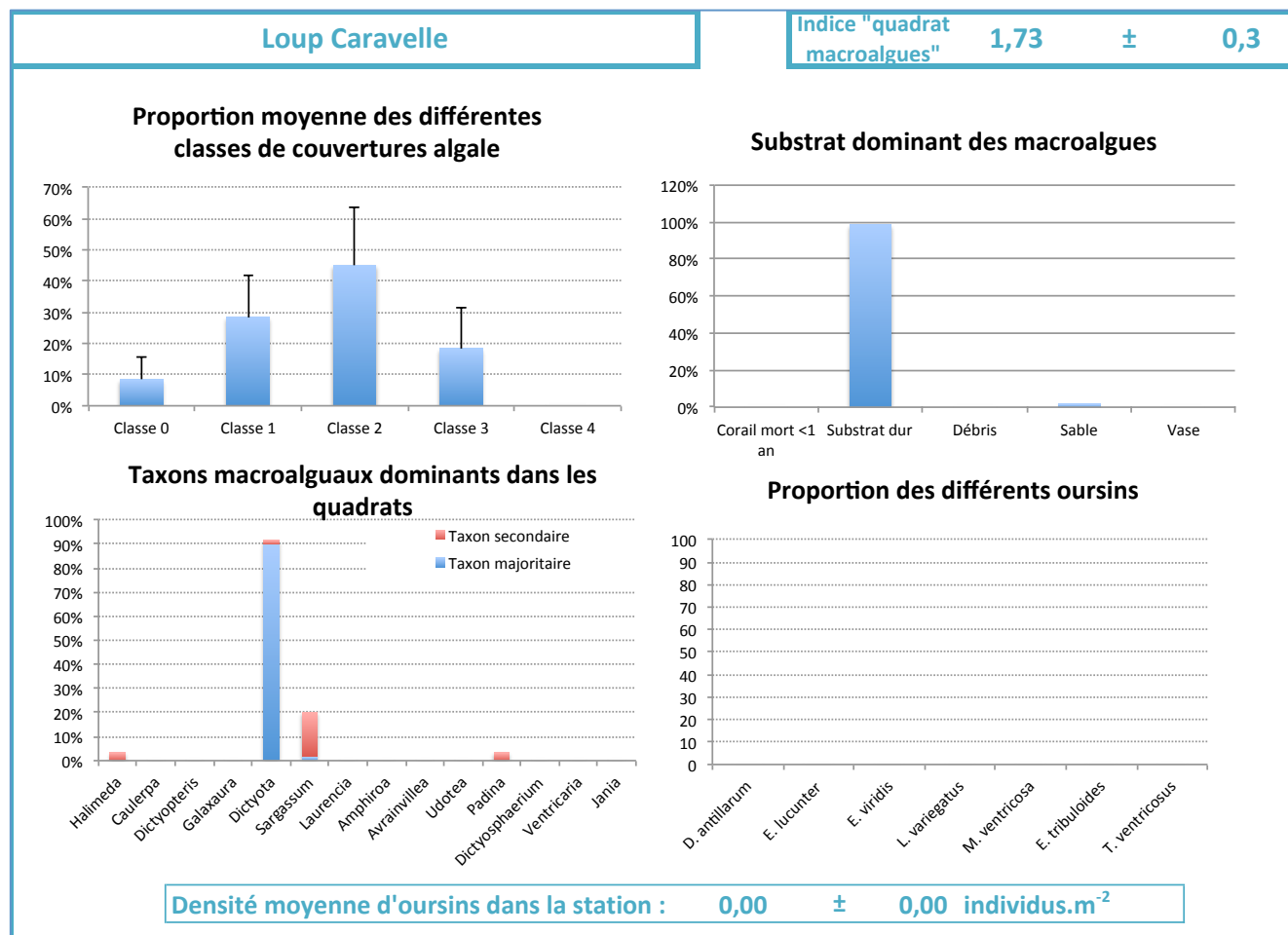


Figure 60 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Loup Caravelle

2.9.3 La communauté corallienne depuis 2007

La station ayant été déplacée plusieurs fois depuis le début des suivis, une comparaison annuelle des résultats n'est pas possible. La nouvelle station installée cette année étant « DCE compatible », elle pourra être suivie dans le temps et apporter des réponses quant à l'évolution des peuplements benthiques dans cette zone.

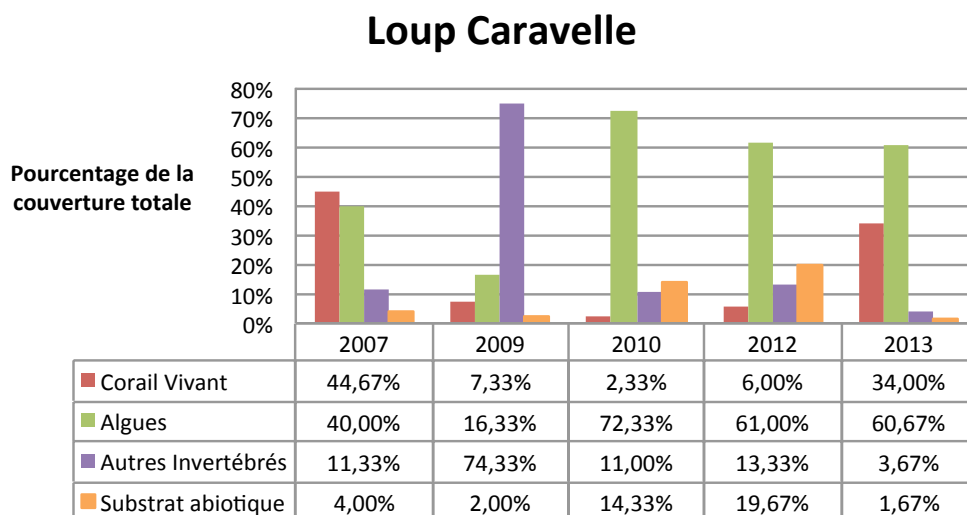


Figure 61 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Caravelle (Type 4) : années 2007 à 2013

2.10 Cap St Martin (FRJC004, Type 4)

2.10.1 Description générale

La station nouvellement sélectionnée est localisée à environ 7 m de profondeur. Elle présente de nombreuses colonies coralliennes sur substrat dur (Figure 62). Le turf se développe sur l'ensemble de la station et forme un « tapis ».

Un transect a été nouvellement installé à cette station.

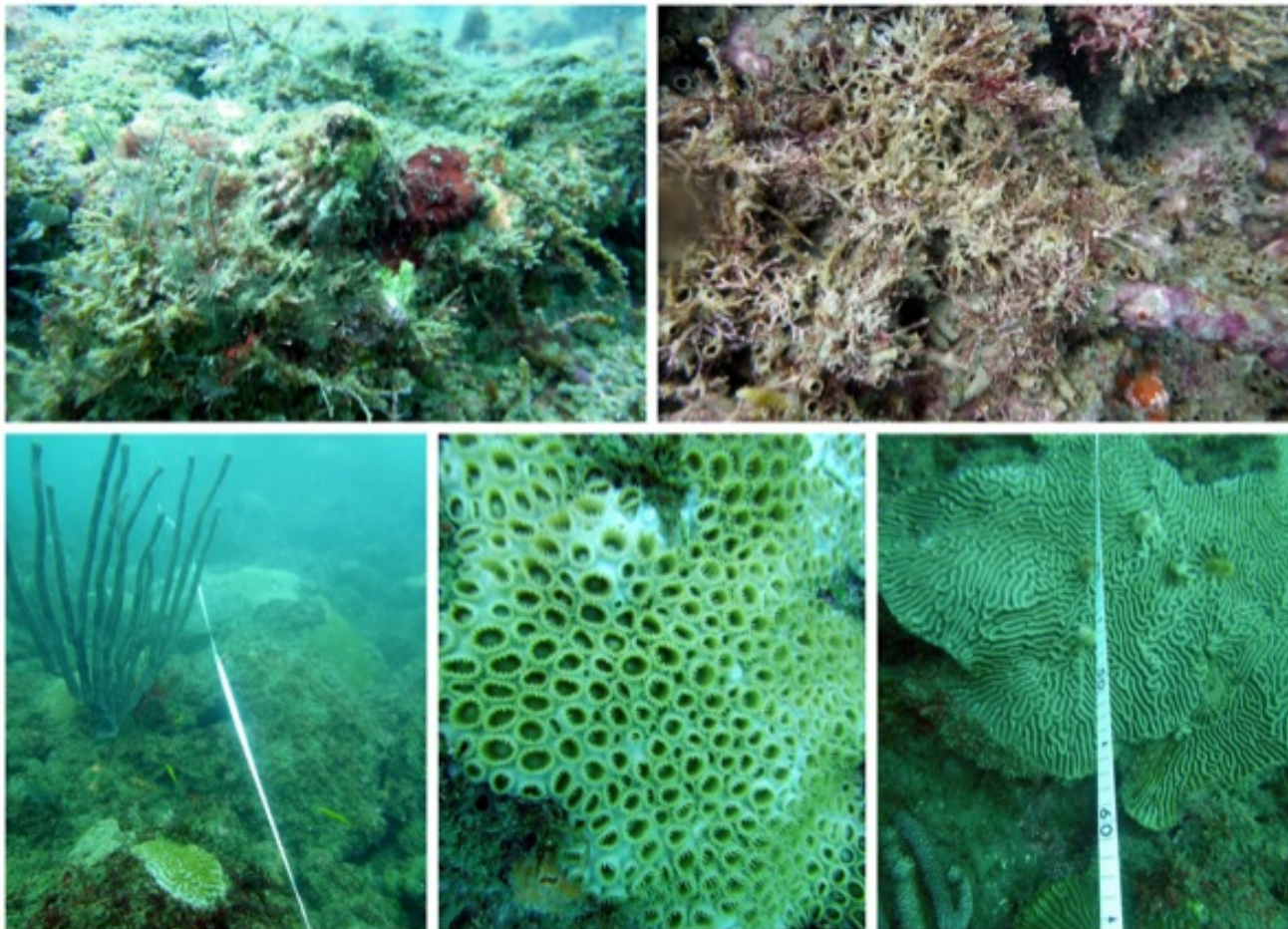


Figure 62 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Cap Saint Martin (Type 4)

2.10.2 La communauté corallienne en 2013

La station présente une couverture vivante de 90% (Figure 63).

Les coraux

Ces organismes représentent 22% de la couverture benthique avec majoritairement des *Diploria*, des *Montastrea* et des *Siderastrea*. Quelques *Agariciidae*, *Porites* et *Madracis* sont également présents. La densité corallienne maximale est de 0,95 colonies.m⁻² (*Porites astreoides*) (Figure 64). La densité en juvéniles est de 0,1 ± 0,3 indiv.m⁻².

Les macroalgues

Les algues sont dominantes (47% de la couverture benthique) avec 35% de turf, 8% de macroalgues calcaires et 3% d'algues calcaires encroûtantes (Figure 65).

L'indice « quadrat macroalgues » est de 0. Il est important de préciser que le « tapis algal » de cette station mesurait environ 2 cm et que quelques espèces de macroalgues étaient identifiable. Cependant, leur taille (<2 cm) et la mixité des patches (ensemble de multiples macroalgues) ont conduit à le classer en turf et non pas en macroalgues.

Les autres organismes sessiles

Les autres invertébrés représentent 16% de la couverture benthique avec 8% de gorgones, 7% d'éponges et 6% d'autres invertébrés.

Les oursins

Aucun oursin n'est présent à la station.

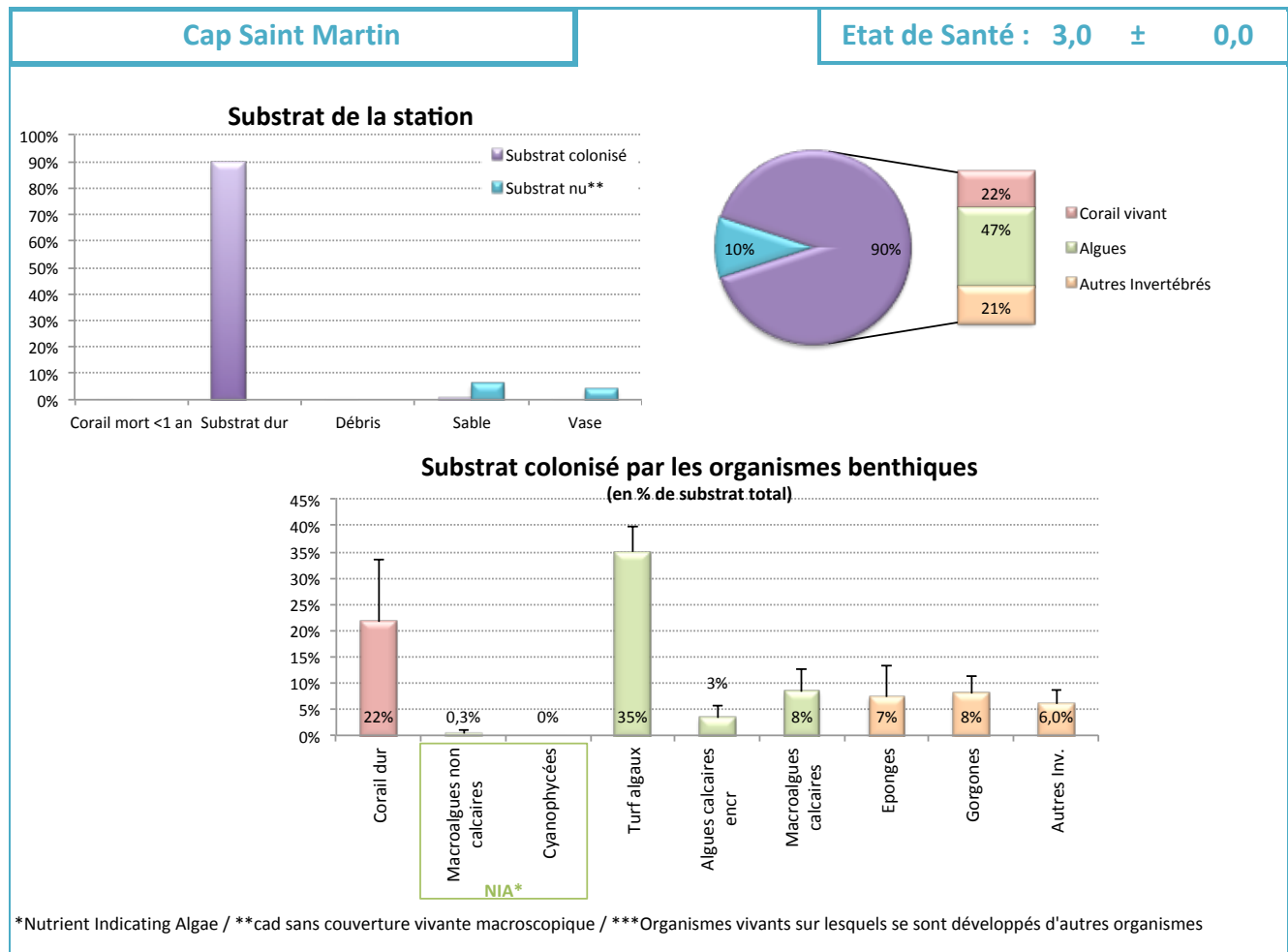


Figure 63 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Cap St Marin en 2013

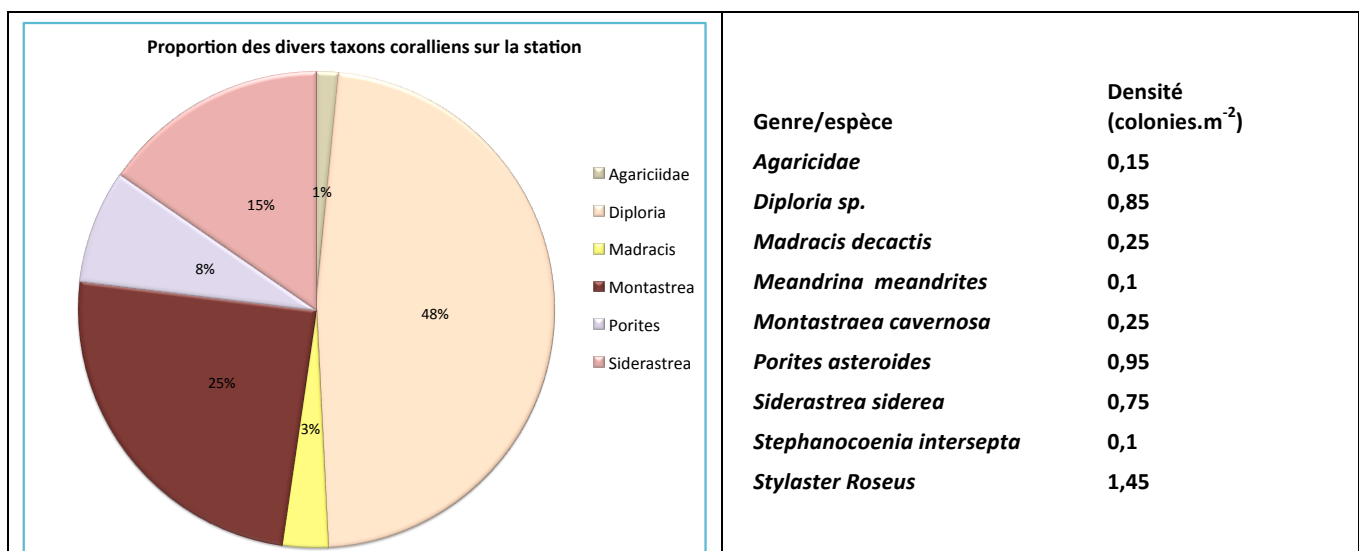


Figure 64 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Cap Saint Martin en 2013

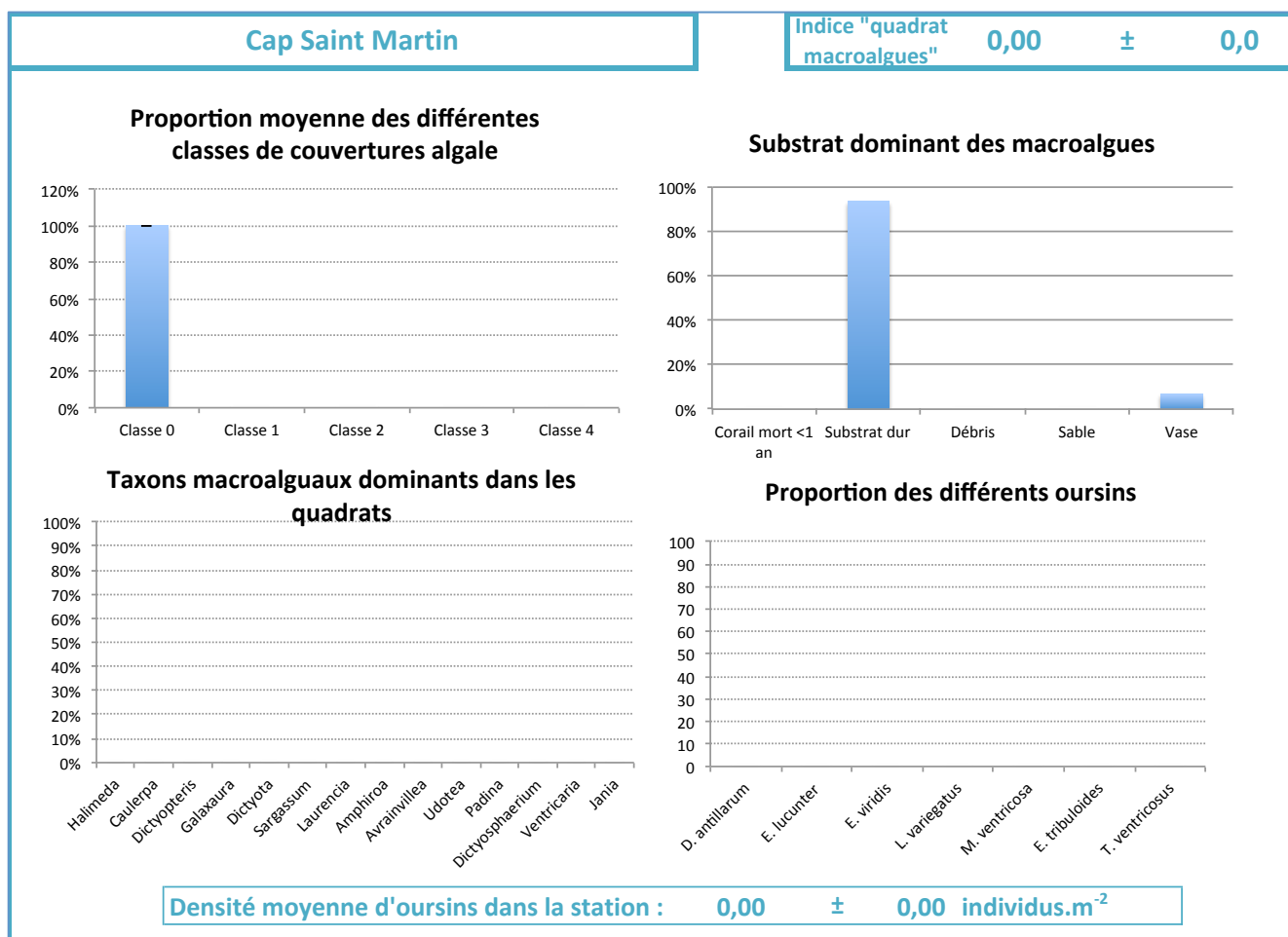


Figure 65 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Cap Saint Martin

2.10.3 La communauté corallienne depuis 2007

La station ayant été déplacée plusieurs fois depuis le début des suivis, il n'est pas possible de faire de comparaison inter-annuelle. La nouvelle station installée cette année étant « DCE compatible », elle pourra être suivie dans le temps et apporter des réponses quant à l'évolution des peuplements benthiques dans cette zone.

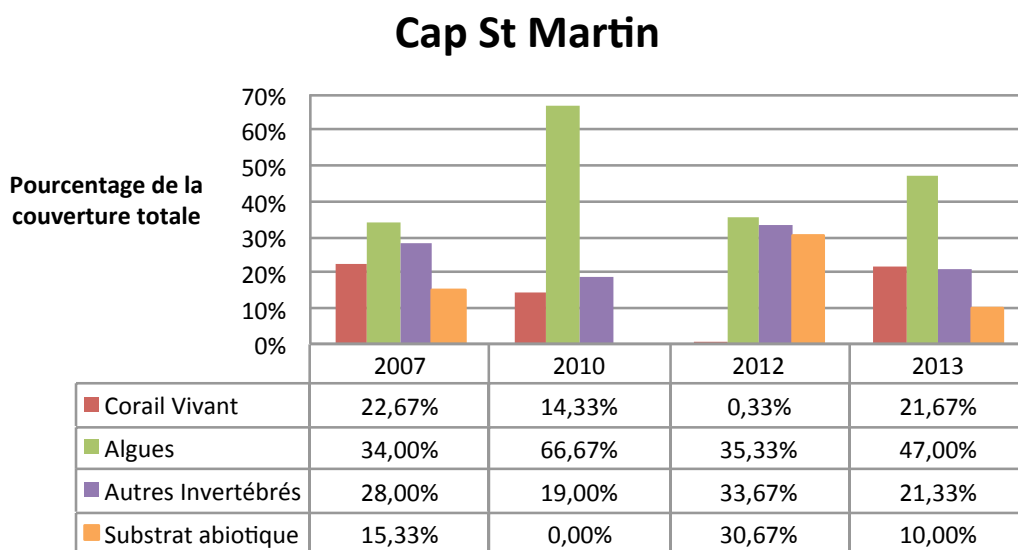


Figure 66 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Cap St Martin (FRJC004, Type 4) : années 2007 à 2013

2.11 Cap Salomon (Type 5)

2.11.1 Description générale

Contrairement à la plupart des stations DCE, cette dernière ne présente pas de communautés coralliennes bioconstruites, mais des espèces se développant sur de gros éboulis rocheux. Ces éboulis sont colonisés majoritairement par des algues encroûtantes calcaires (CCA), des coraux de feu et des éponges encroûtantes. Cette station est connue pour présenter un fort hydrodynamisme

Les piquets et crampillons de cette station ont été retrouvés et consolidés, permettant ainsi de réaliser un suivi pérenne rigoureux.

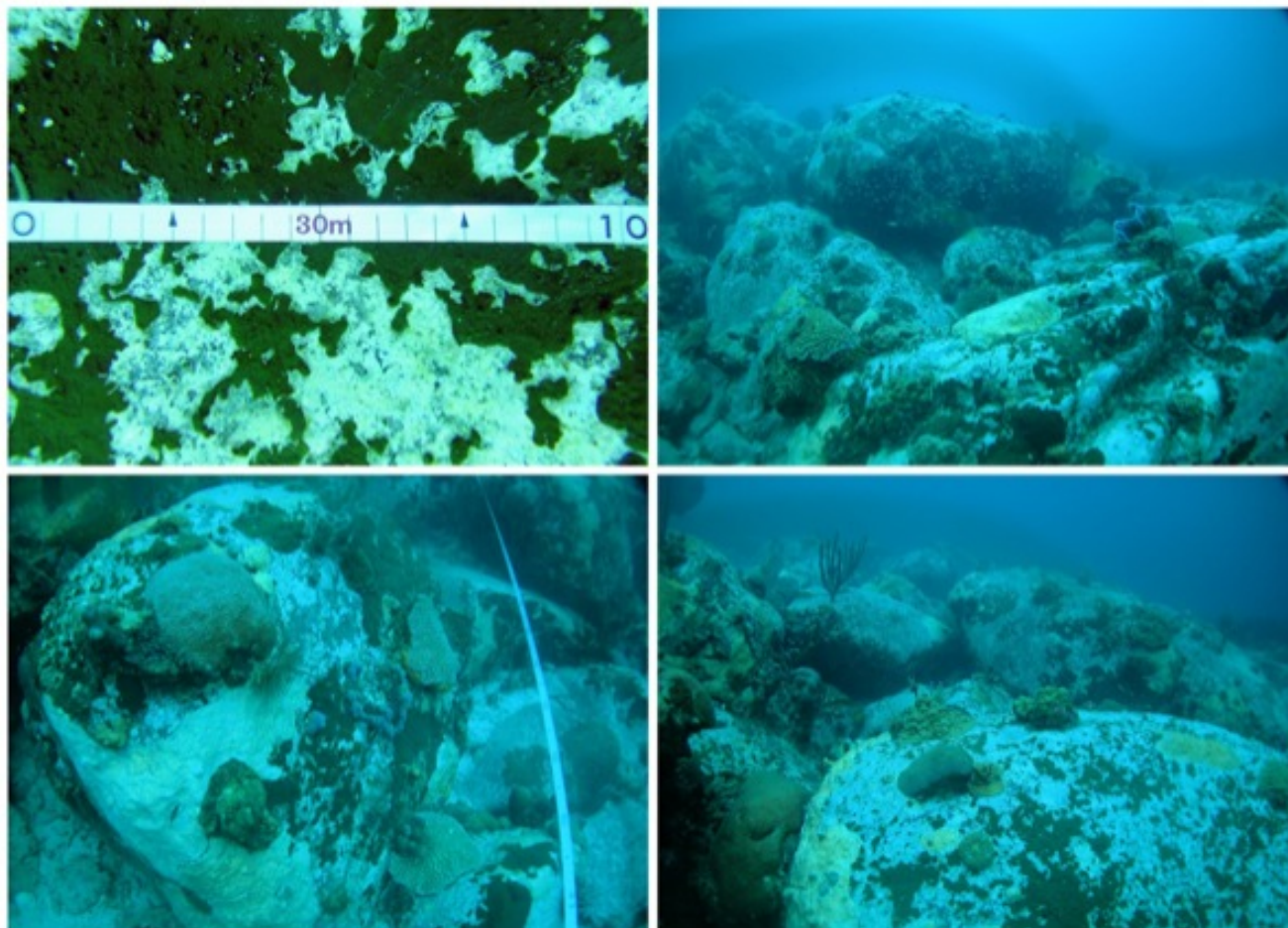


Figure 67 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Cap Salomon (Type 5)

2.11.2 La communauté corallienne en 2013

La couverture vivante de la station représente 87%. Le substrat dur représente environ 90% du substrat total (Figure 68).

Les coraux

Les coraux représentent 16% de la couverture benthique, le genre *Millepora* étant majoritaire. Parmi les taxons présents on note : des *Agariciidae*, des *Dichocoenia*, des *Meandrina*, des *Porites*, des *Siderastrea* et de *Stephanocoenia*. La densité maximale étant de $3,4 \text{ colonies.m}^{-2}$ pour les *Porites astreoides* (Figure 69). La densité en juvéniles est de $0,3 \pm 0,73 \text{ indiv.m}^{-2}$.

Les macroalgues

Les algues sont majoritaires avec 49% de la couverture benthique : 40% d'algues encroûtantes et 8% de turf (Figure 70).

L'indice « quadrat macroalgues » est de $0,52 \pm 0,2$ avec la classe 0 majoritaire (environ 50% des quadrats) suivie de la classe 1. Les genres dominants sont les *Dictyota* suivi des *Laurencia*.

Les autres organismes sessiles

Les autres invertébrés représentent 22% de la couverture benthique avec 19% d'éponges et 2% de gorgones.

Les oursins

La densité en oursins (uniquement des Diadèmes) est de $3,78 \pm 0,94 \text{ indiv.m}^{-2}$.

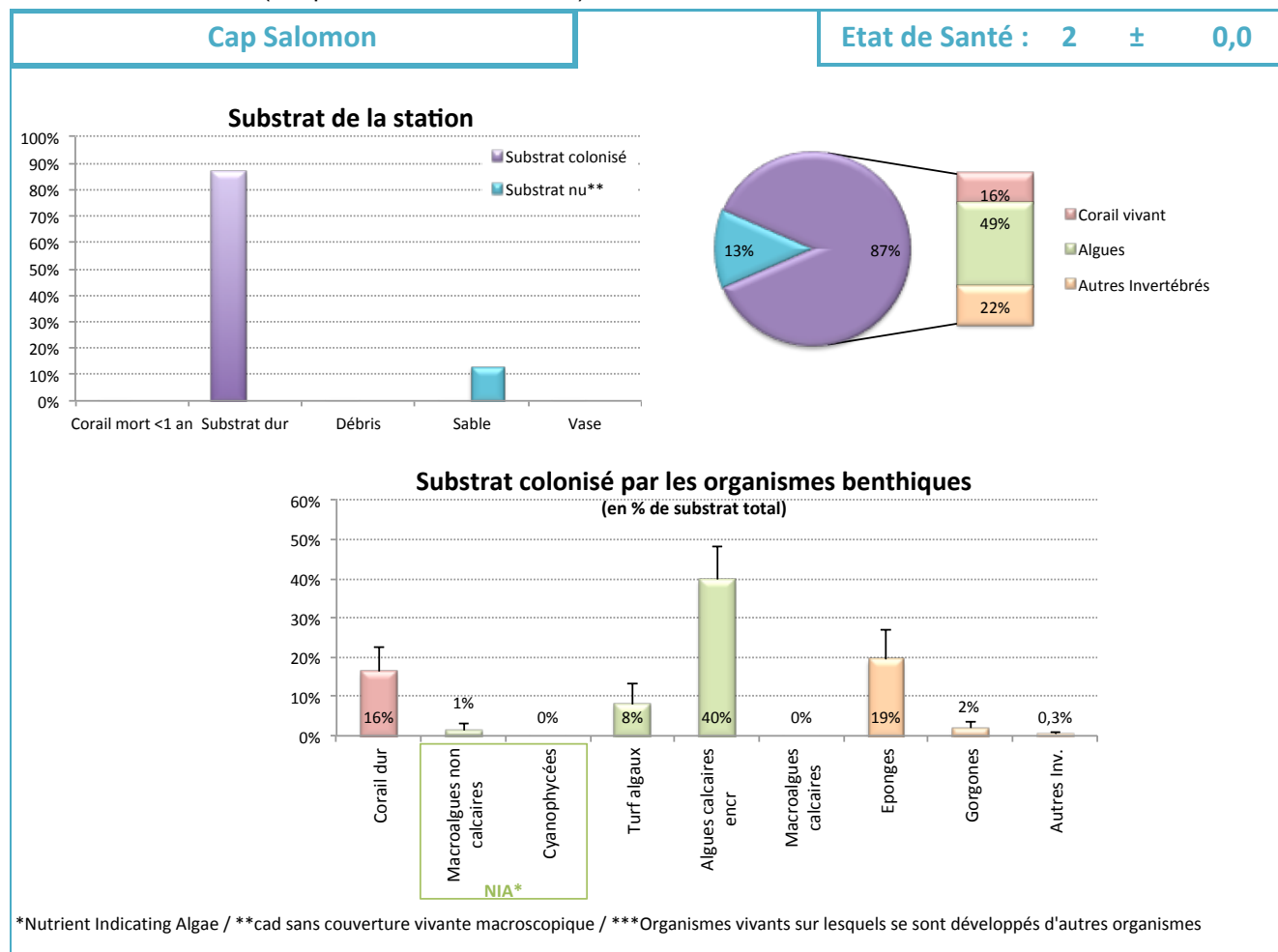


Figure 68 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Cap Salomon en 2013

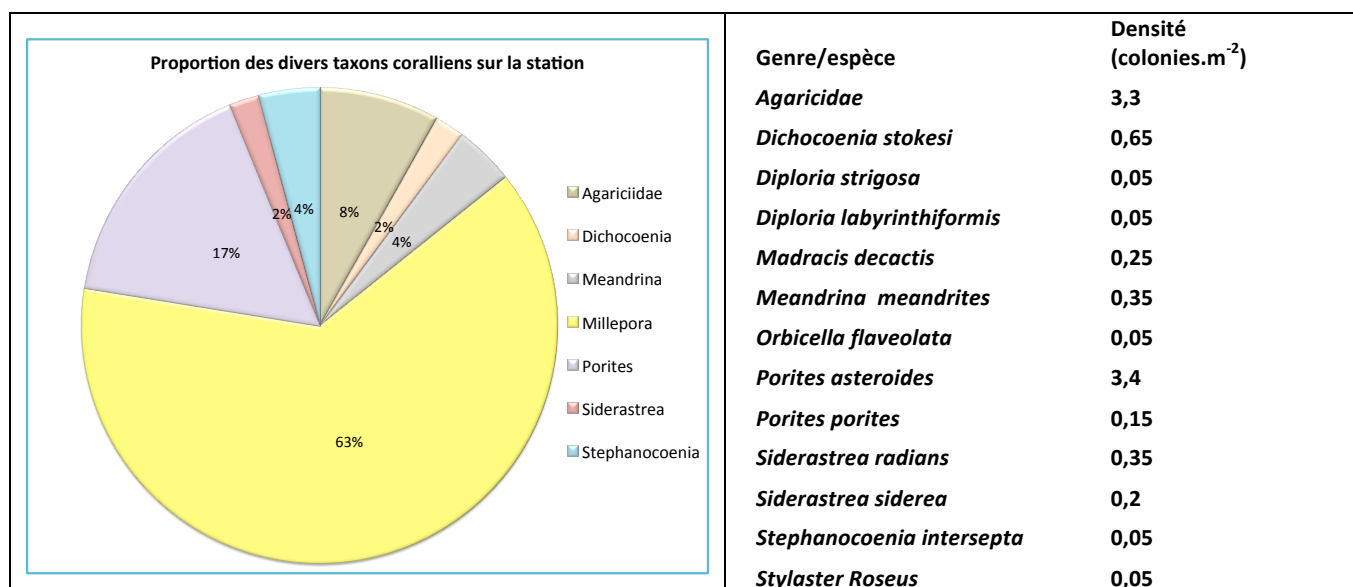


Figure 69 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Cap Salomon en 2013

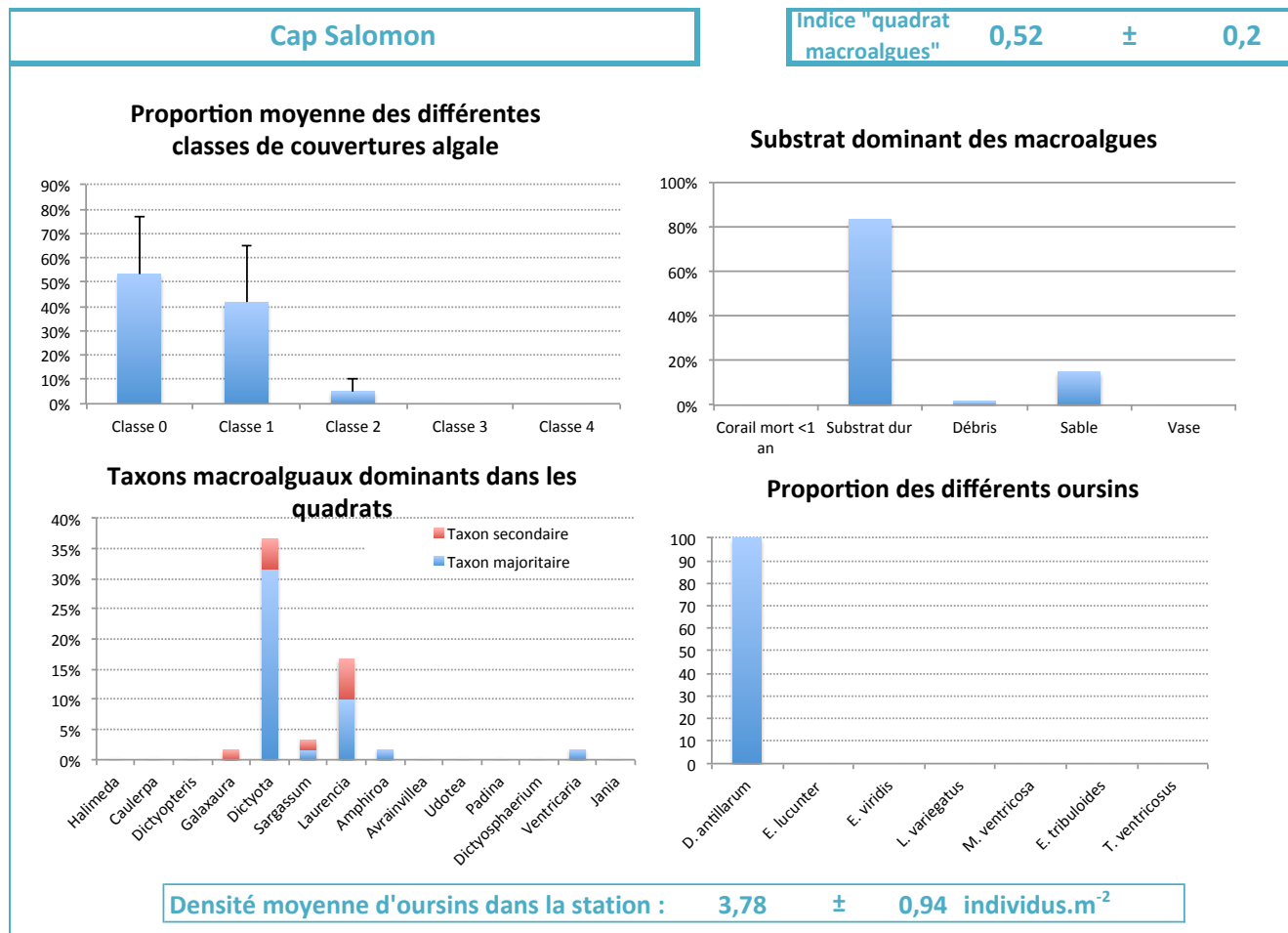


Figure 70 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Cap Salomon

2.11.3 La communauté corallienne depuis 2007

La proportion de substrat abiotique et de macroalgues ont beaucoup évolué depuis 2012 bien que le transect soit pérenne (Figure 71). Ceci pourrait être dû à un biais observateur. En effet, les roches de cette station présentent des variations de couleurs avec la présence de taches blanches. Dans le même temps, ces roches sont colonisées par des algues encroûtantes calcaires blanches. Il n'est pas toujours évident de faire la différence entre ces algues et la couleur propre de la roche, ce qui pourrait expliquer les différences.

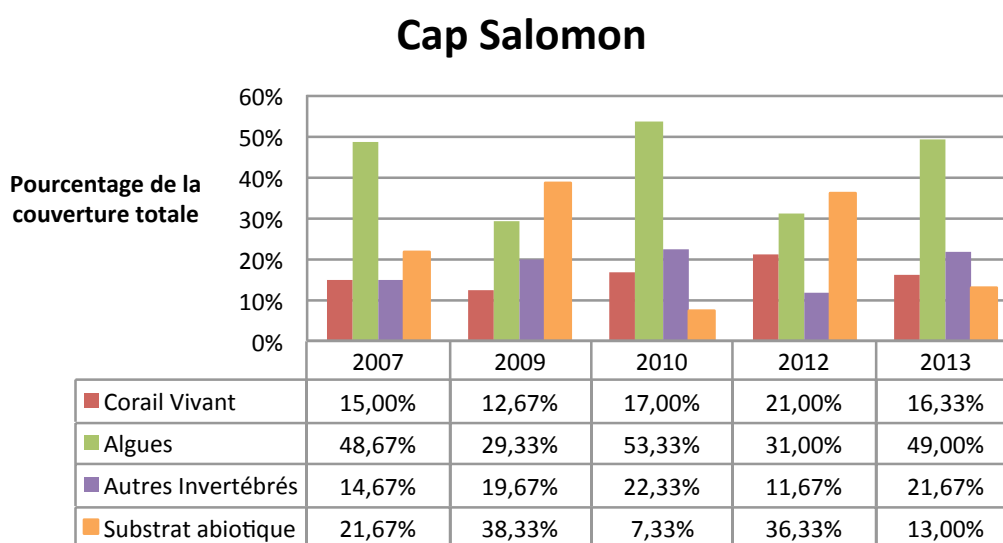


Figure 71 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Cap Salomon (Type 5) : années 2007 et 2013

2.12 Fond Boucher (FRJC002, Type 5)

2.12.1 Description générale

La station de Fond Boucher est un flan de falaise qui plonge dans la mer (Figure 72). De nombreuses colonies coralliennes ainsi que des éponges sont observées. Le site présente ça et là des coulées de sable. Cette station est d'ailleurs « découpée » en deux : un premier transect de 30 m localisé entre 2 coulées sableuses, puis un second transect selon le même schéma.

Cette station est pérennisée par un transect IFRECOR.

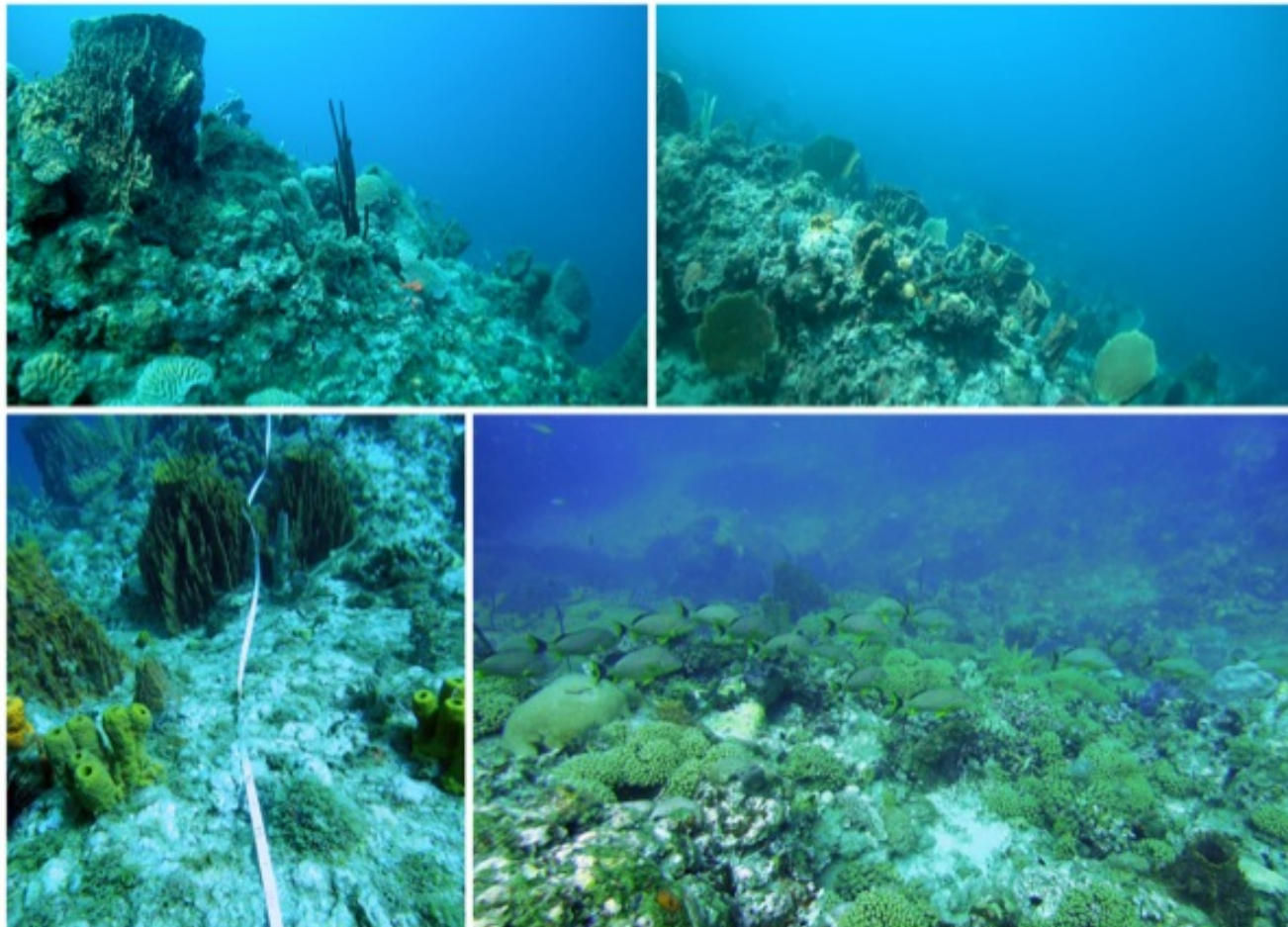


Figure 72 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Fond Boucher (FRJC002, Type 5)

2.12.2 La communauté corallienne en 2013

Le substrat de la station de fond Boucher est colonisé à 88% (Figure 73).

Les coraux

Les coraux représentent 13% de la couverture benthique. Plusieurs taxons sont représentés : *Agariciidae*, *Madracis*, *Meandrina*, *Millepora*, *Porites*, *Siderastrea*. La densité maximale en coraux est de 8,7 colonies.m⁻² pour les *Agariciidae* (Figure 74). La densité en juvéniles est de 1,8 ± 1,5 indiv.m⁻².

Les macroalgues

Les algues sont les organismes majoritaires avec 34% d'algues encroûtantes calcaires, 16% de turf algaux et 10% de macroalgues non calcaires (Figure 75).

L'indice « quadrat macroalgues » est de 1,42 ± 0,2 avec les classes 1 (>50%) et 2 (>30%) majoritaires. Les genres dominants sont les *Dictyota* et les *Laurencia*.

Les autres organismes sessiles

Les autres invertébrés représentent 15% de la couverture benthique avec 14% d'éponges

Les oursins

La densité en oursins est de $1,58 \pm 1,78$ indiv.m⁻² avec plus de 90% de Diadèmes et moins de 5% d'*Echinometra lucunter*.

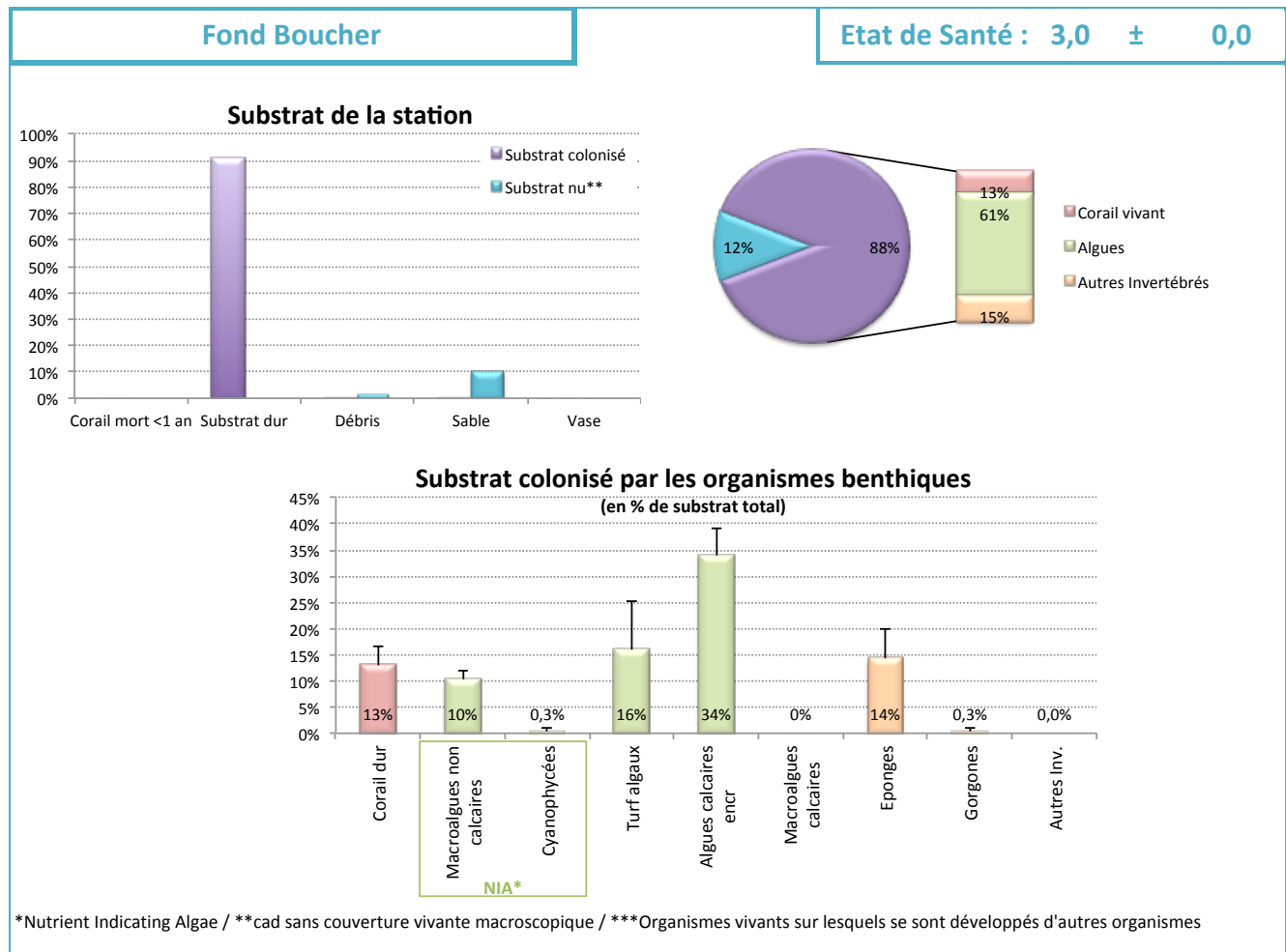


Figure 73 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Fond Boucher en 2013

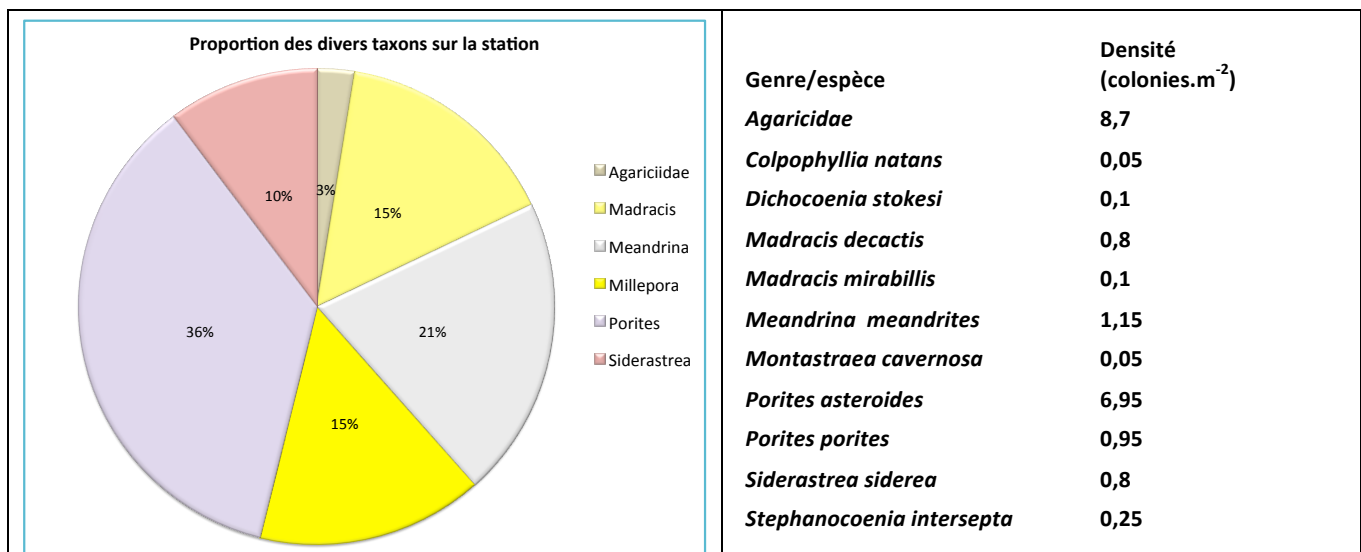


Figure 74 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Fond Boucher en 2013

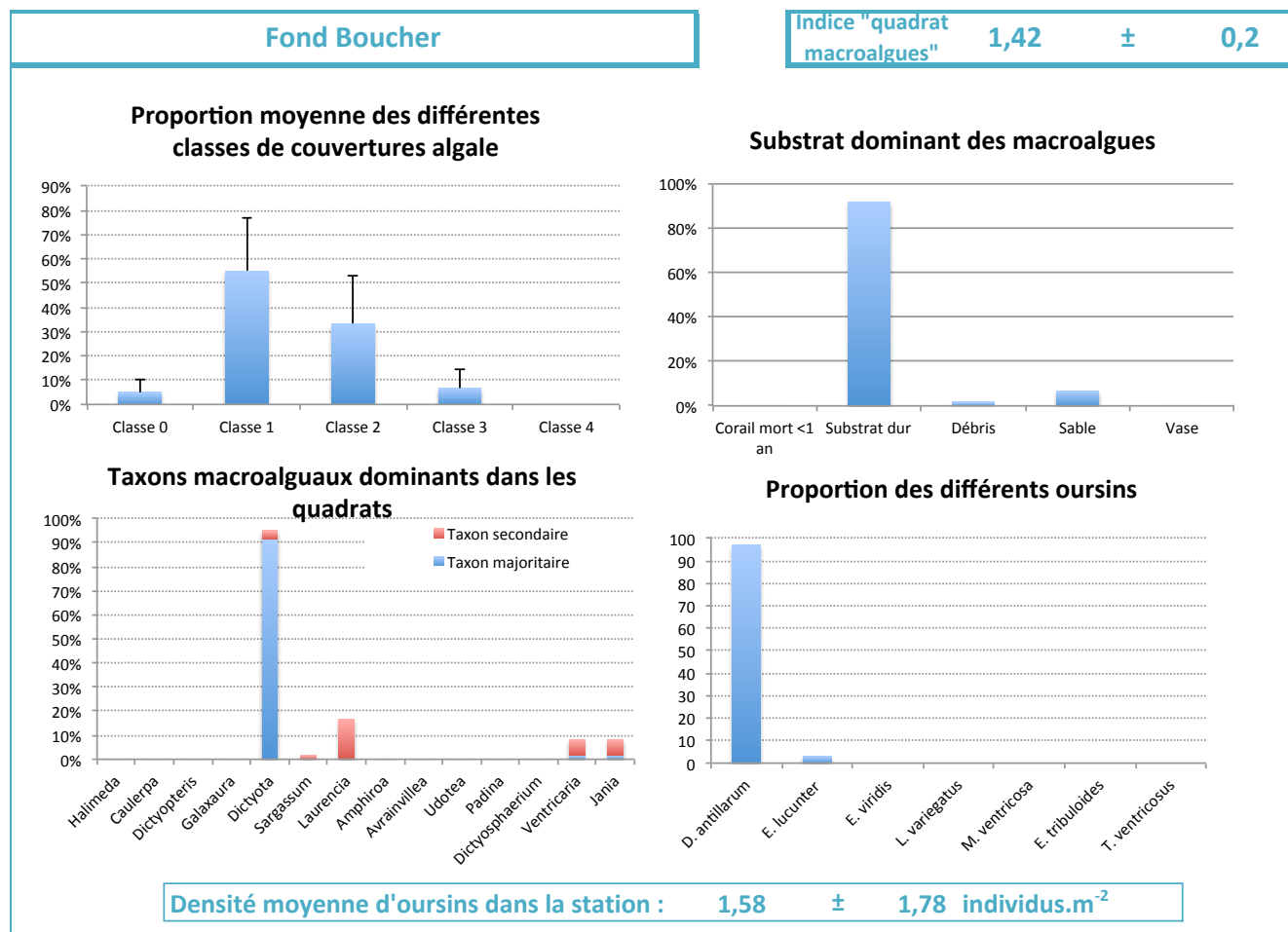


Figure 75 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Fond Boucher

2.12.3 La communauté corallienne depuis 2007

Bien que pérenne depuis 2007 (Station IFRECOR), on note des différences entre les proportions des éléments de la communauté corallienne dans le temps (Figure 76). Les proportions de l'ensemble des catégories (sauf algues) ont notablement augmenté entre 2007 et 2009 puis n'ont cessé de diminuer depuis.

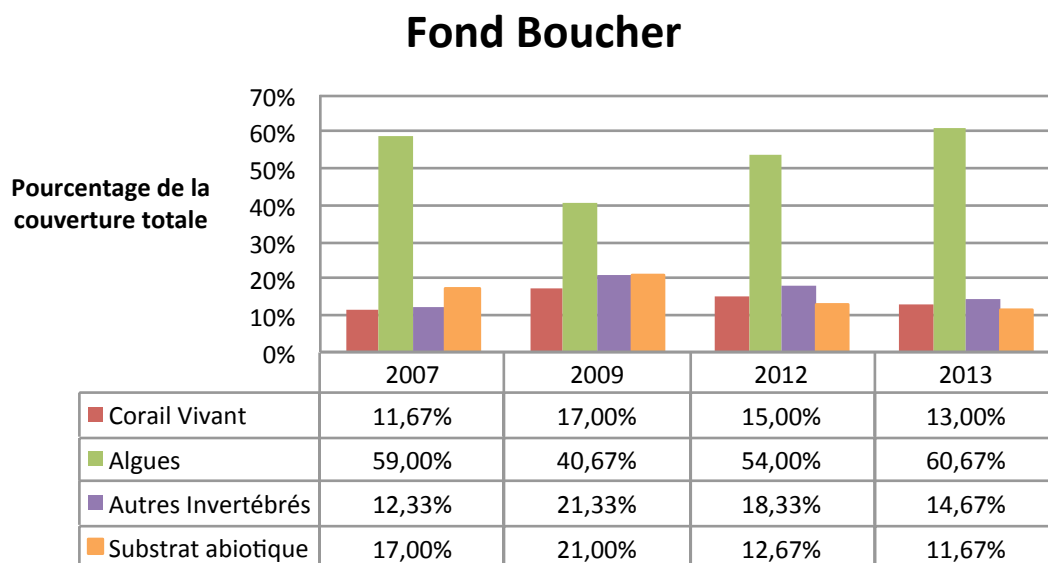


Figure 76 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Fond Boucher (Type 5) : années 2007 et 2013

2.13 Corps de Garde (Type 6)

2.13.1 Description générale

Cette station corallienne localisée sur le plateau en bordure de tombant présente une forte biodiversité (Figure 77). Elle semble dans son ensemble assez homogène. Les piquets et crampillons ont été facilement retrouvés. Ils étaient en bon état bien que présentant des traces de fouling. Ceci a permis de réaliser un suivi pérenne rigoureux.

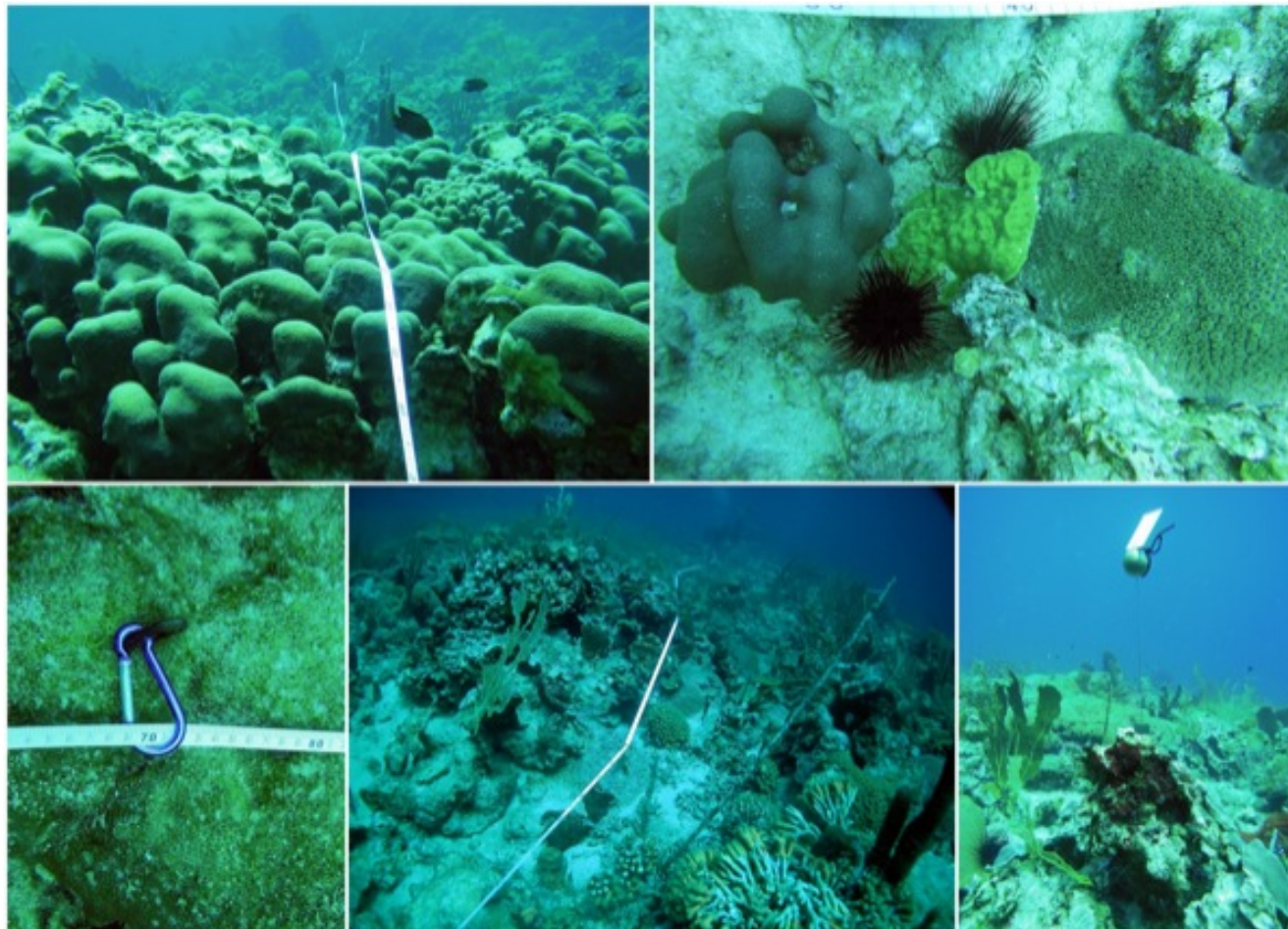


Figure 77 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Corps de Garde (Type 6)

2.13.2 La communauté corallienne en 2013

Le substrat de cette station est colonisé à 76% et la proportion de sable est de 20% (Figure 78).

Les coraux

Les coraux représentent 32% de la couverture benthique, le genre *Orbicella* étant dominant. Ce site présente une très forte richesse spécifique avec de nombreux taxons représentés (11 taxons sur le transect et 2 supplémentaires sur la station). La densité maximale est de 5,65 colonies.m⁻² pour les *P. astreoides*. La densité en juvéniles est de 5,35 ± 2,87 indiv.m⁻² (Figure 79).

Les macroalgues

La proportion en algues est équivalente à la proportion en corail (34%). Le peuplement algal est constitué de 26% de turf, 7% d'algues encroûtantes calcaires et 1% de macroalgues non calcaires (Figure 80).

L'indice « quadrat macroalgues » de la station est de 0,93 ± 0,2, la classe 1 étant majoritaire (plus de 65%). Les genres dominants sont les *Dictyota* et les *Jania*.

Les autres organismes sessiles

Les autres invertébrés représentent 10% avec 4% d'éponges et 2% de gorgones et 3,7 % d'autres invertébrés.

Les oursins

La densité en oursins est de 2,37 ± 0,5 indiv.m⁻² avec le genre *Diadema* dominant (plus de 90%) et quelques *E. lucunter*.

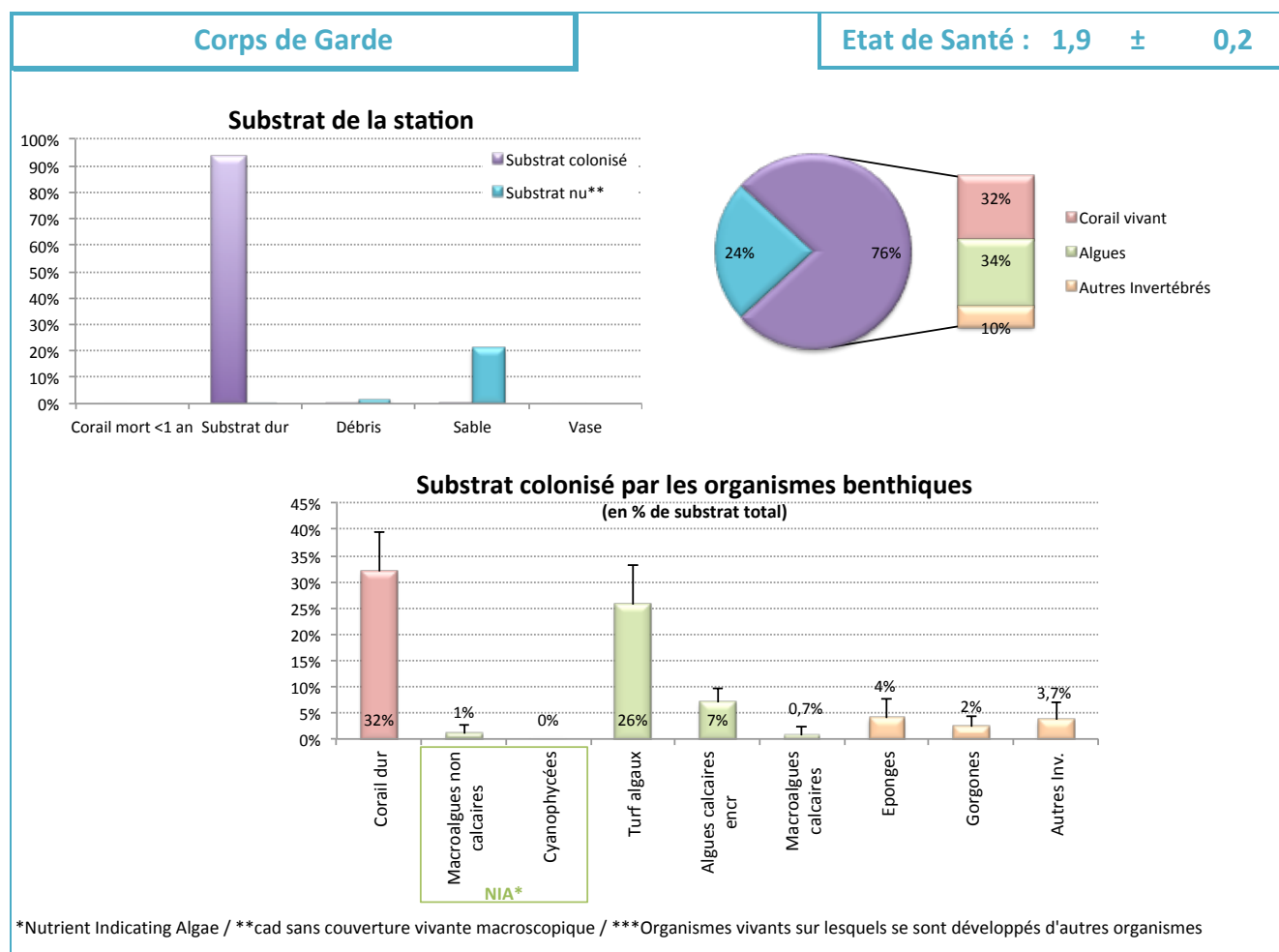


Figure 78 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Corps de Garde en 2013

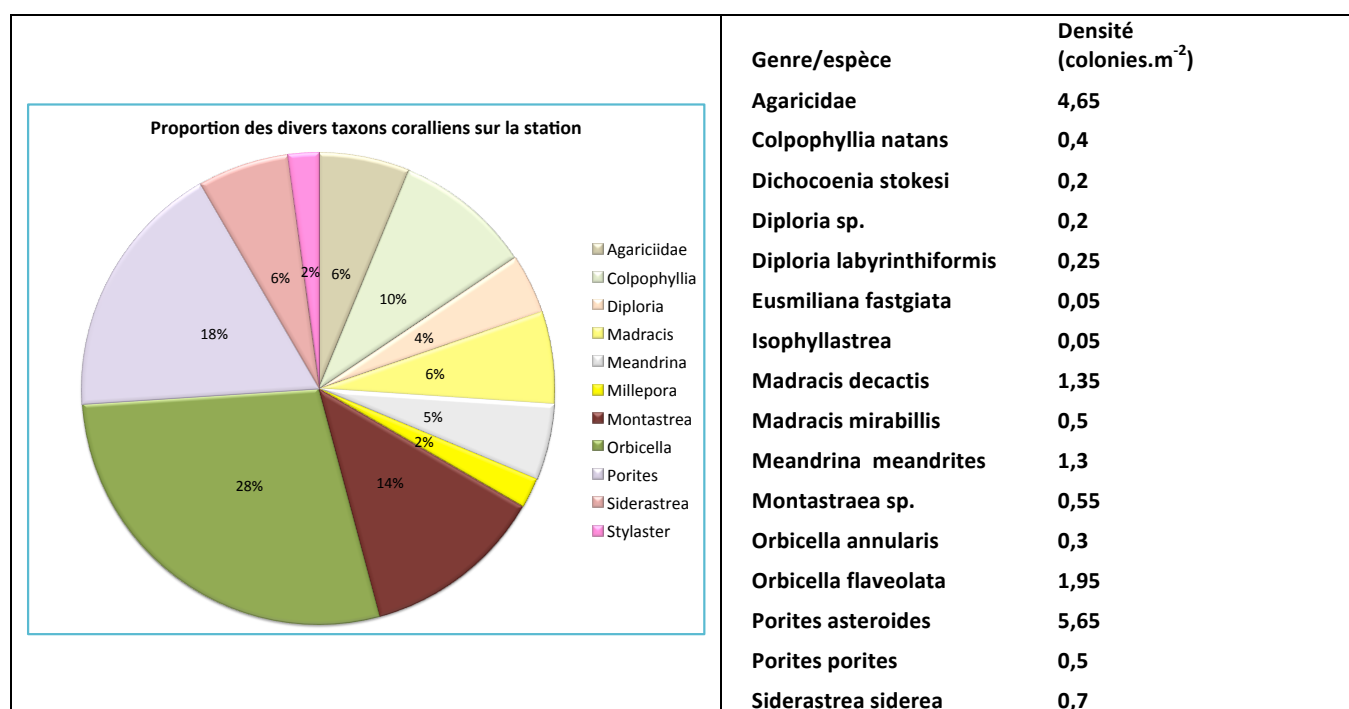


Figure 79 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Corps de Garde en 2013

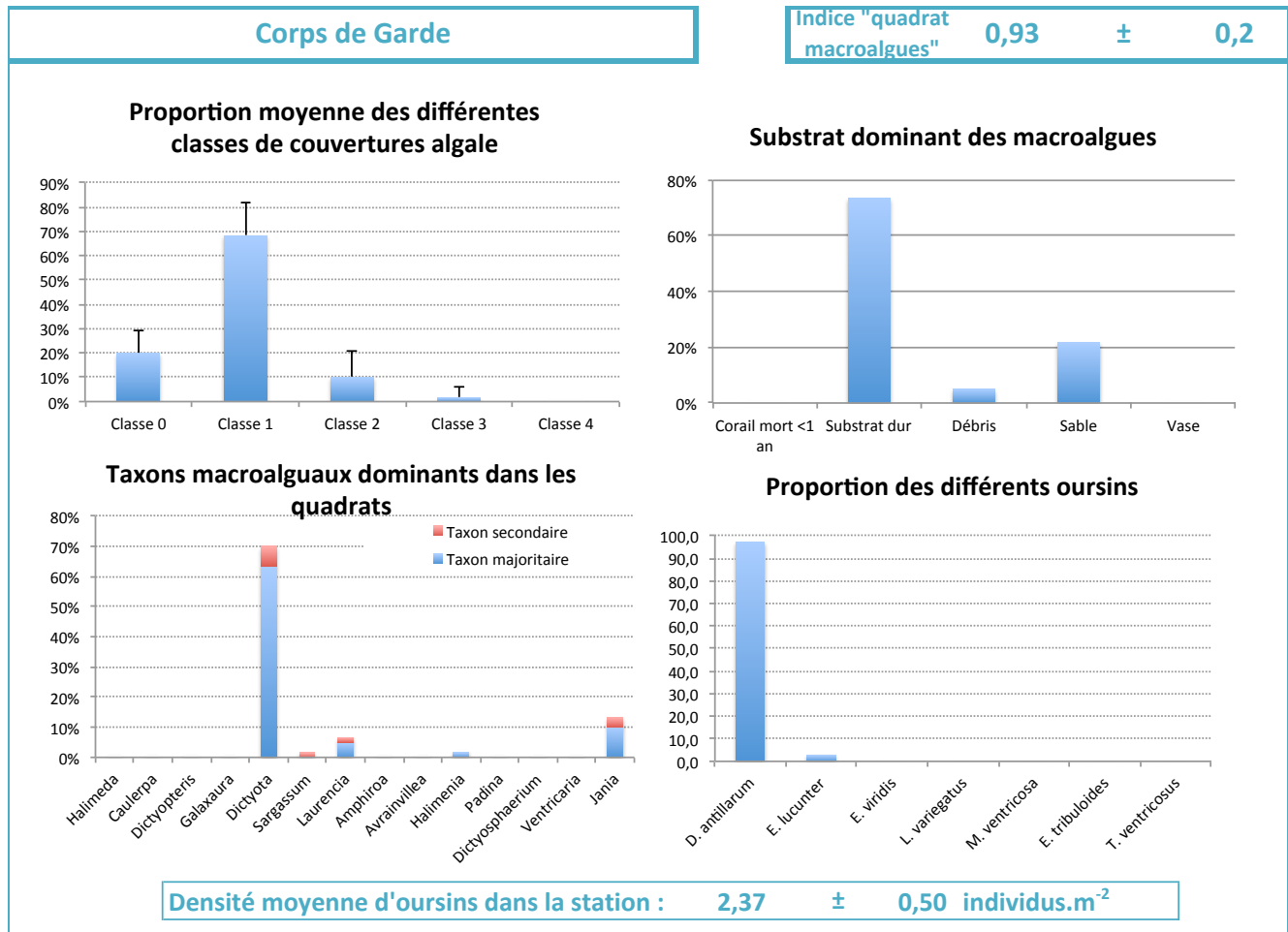


Figure 80 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Corps de Garde

2.13.3 La communauté corallienne depuis 2007

Les proportions des éléments de la communauté corallienne et autres substrats à Corps de Garde sont variables dans le temps (Figure 81). Bien que le transect soit désormais pérenne, une augmentation de la couverture en corail et une diminution de la couverture en macroalgues est notée depuis 2012 (date d'installation des transects pérennes). Il sera nécessaire de suivre cette évolution dans le temps pour voir si cette tendance se confirme.

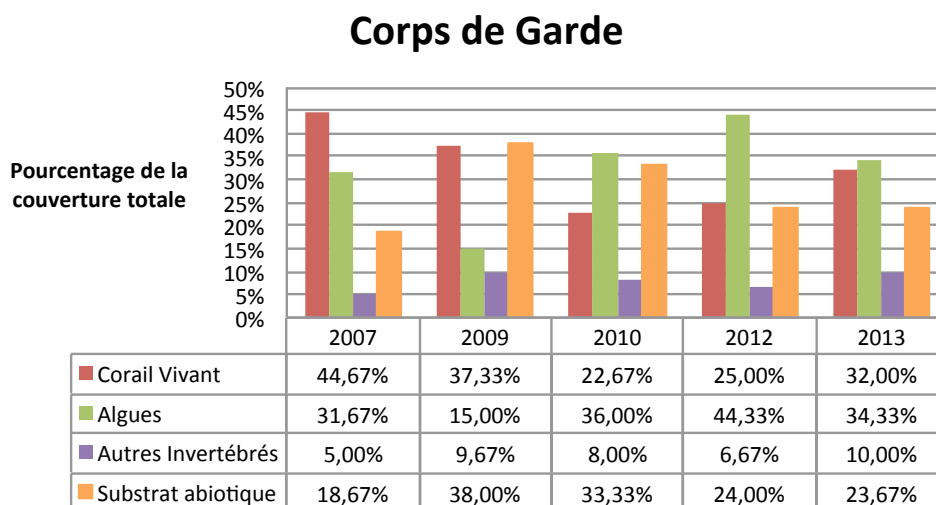


Figure 81 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Corps de Garde (Type 6) : années 2007 et 2013

2.14 Pointe Borgnesse (Type 6)

2.14.1 Description générale

Ce site est très fréquenté par les activités subaquatiques. La station est représentative du site (Figure 82). Elle est constituée par une succession de massif de *O. annularis* en mauvais état de santé, colonisé par du turf, des macroalgues et d'autres colonies coralliennes qui ont su tirer avantage du substrat corallien mort pour s'implanter.

Cette station est pérennisée par un transect IFRECOR.

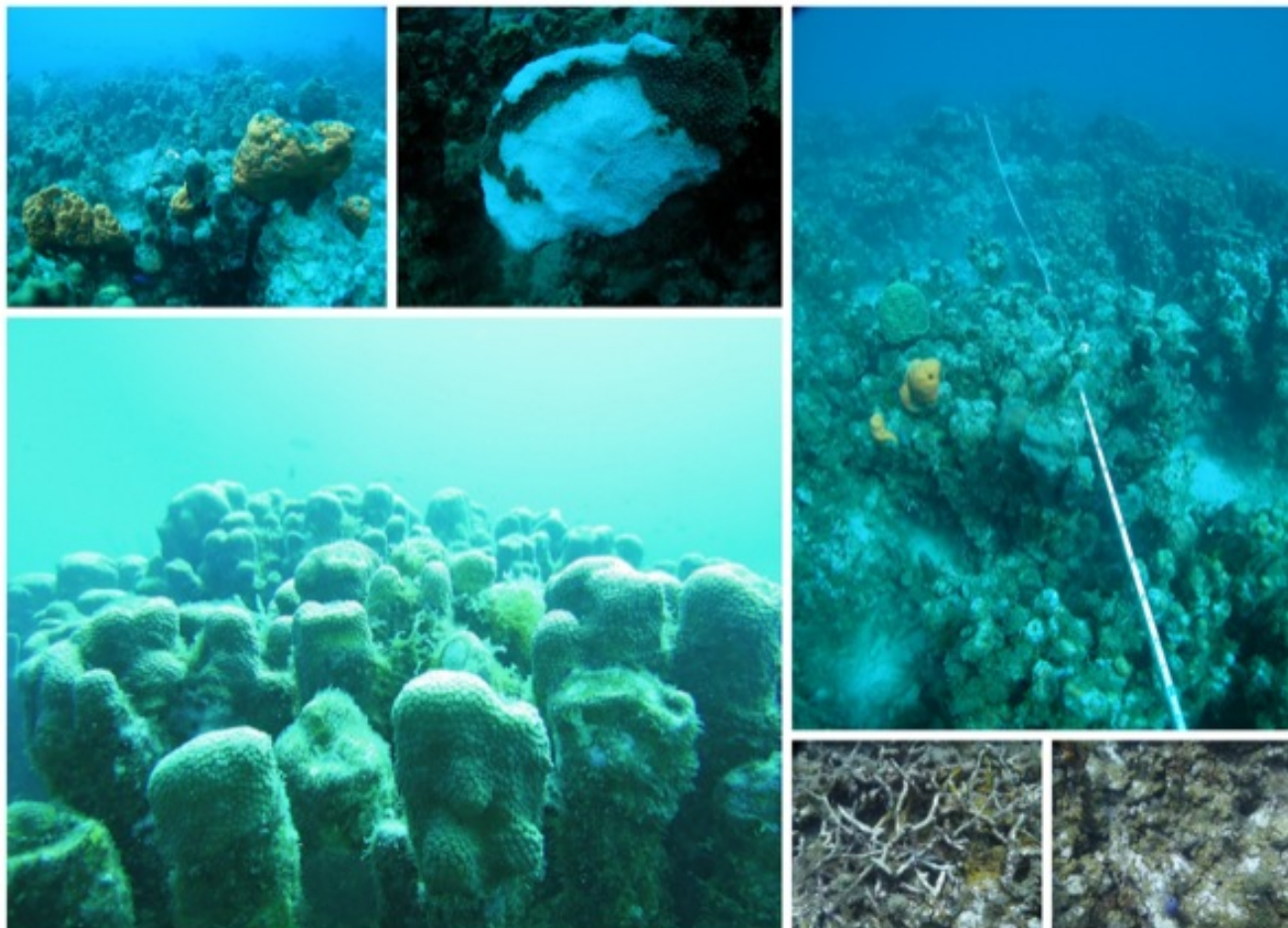


Figure 82 : Illustrations de la station "communautés coralliennes" de Pointe Borgnesse (Type 6)

2.14.2 La communauté corallienne en 2013

93% de la couverture benthique est vivante (Figure 83).

Les coraux

Les coraux ne représentent que 12% de la couverture benthique. Plusieurs genres sont représentés, mais *Orbicella* est dominant à plus de 75% (Figure 84). La densité maximale en adultes est de 1,9 colonies.m⁻². La densité en juvénile est de 0,45 ± 0,88 indiv.m⁻².

Les macroalgues

Les algues sont majoritaires avec 74% de la couverture benthique (Figure 85). Ces dernières sont constituées à 40% de macroalgues non calcaires, 23% de turf algaux, 6% d'algues calcaires encroûtantes et 5% de macroalgues calcaires.

L'indice « quadrat macroalgues » est de 2,35 ± 0,5 avec une dominance de la classe 2, suivie de la 3 et de la 1. Les genres dominants sont les *Dictyota* et les *Halimeda*. Ces organismes colonisent majoritairement du substrat dur (plus de 80%).

Les autres organismes sessiles

Les autres invertébrés sont principalement composés d'éponges qui représentent 4% de la couverture benthique.

Les oursins

La densité en oursins est de $0,2 \pm 0,15 \text{ indiv.m}^{-2}$ (Figure 85). Ce sont majoritairement des Diadèmes (plus de 90%) et les *L. variegatus* représentent moins de 10%.

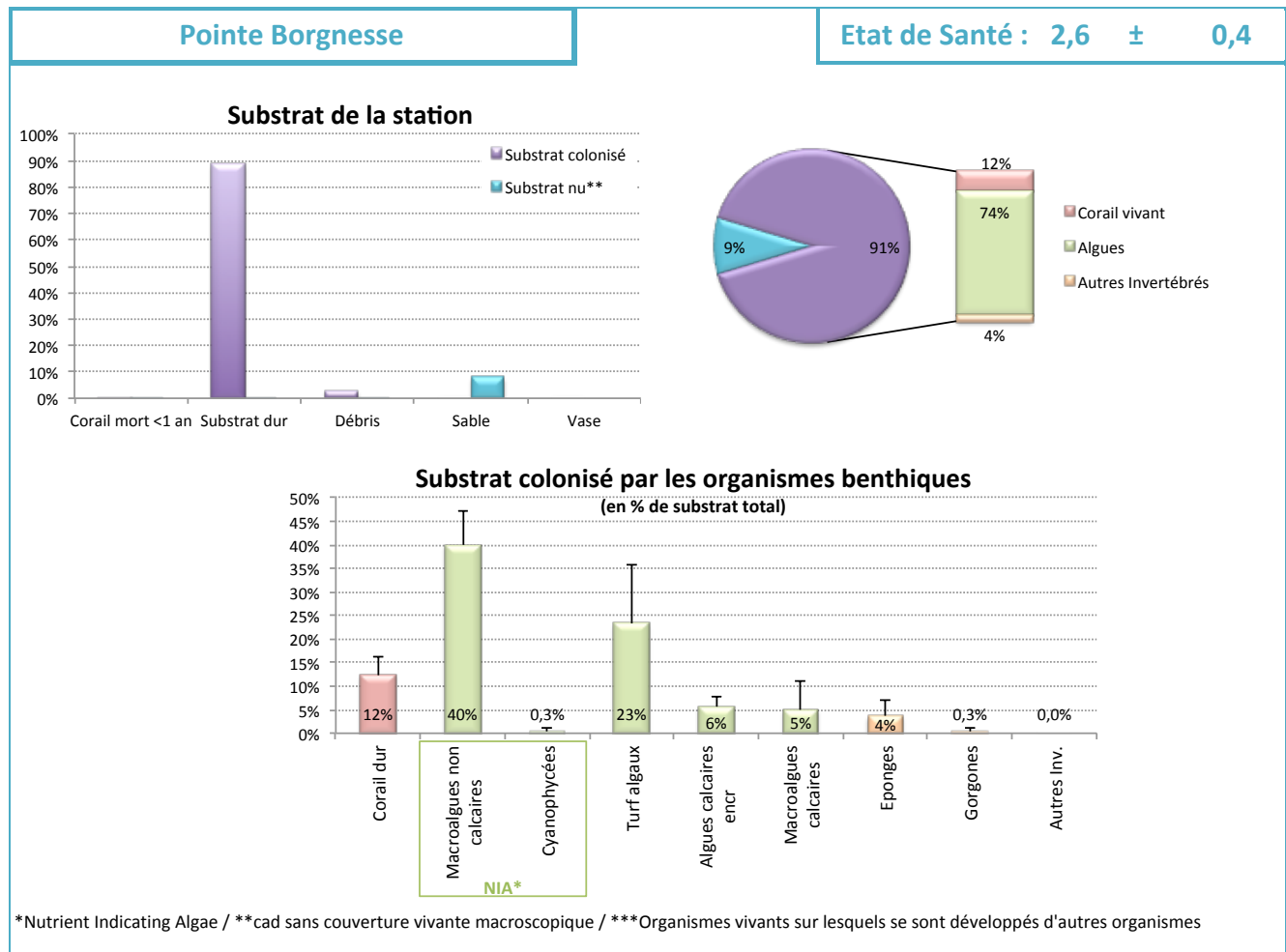


Figure 83 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Pointe Borghesse en 2013

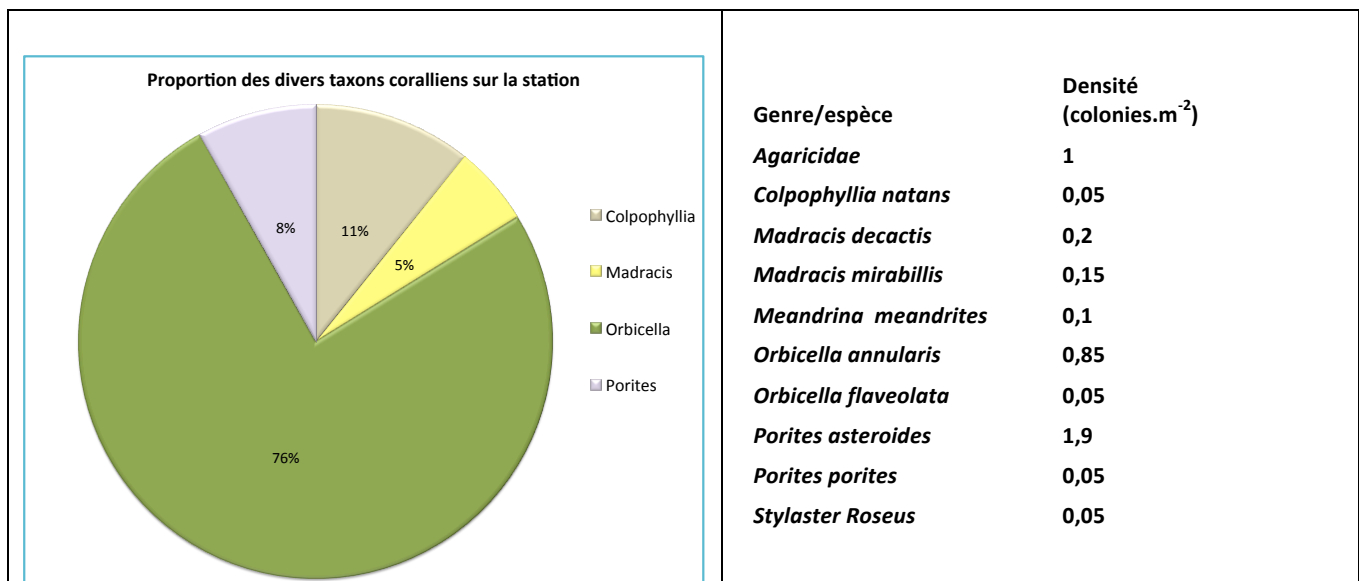


Figure 84 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Pointe Borghesse en 2013

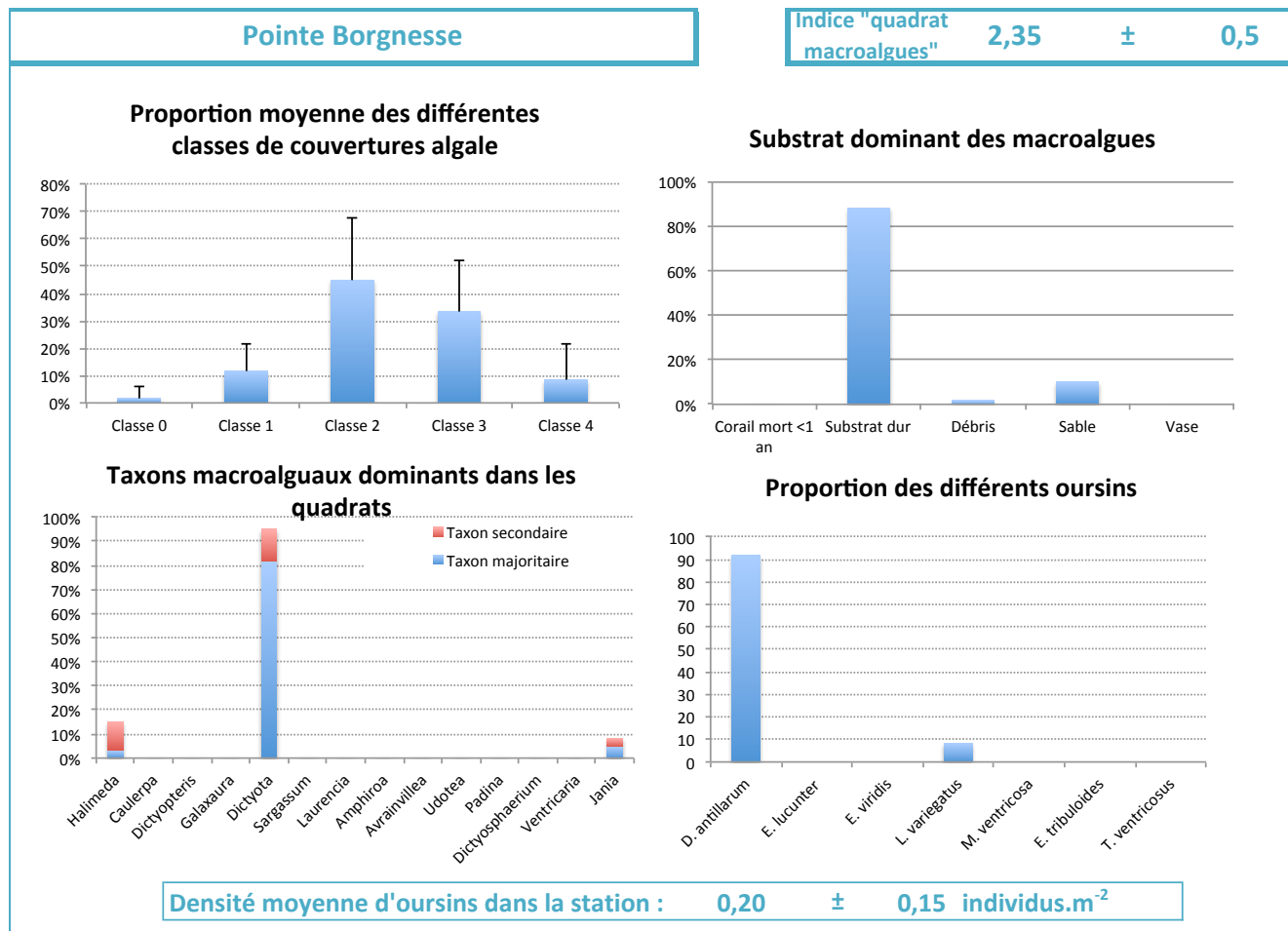


Figure 85 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Pointe Borghesse

2.14.3 La communauté corallienne depuis 2007

Les proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de la Pointe Borghesse semblent varier fortement en 2010 (Figure 86). La couverture corallienne varie entre 12,3 et 15,3% (2007, 2012, 2013) et la couverture algale entre 63,3 et 74,3% alors que ces deux éléments présentent des proportions différentes en 2010 (18,7% et 42,7% respectivement pour les coraux et les algues).

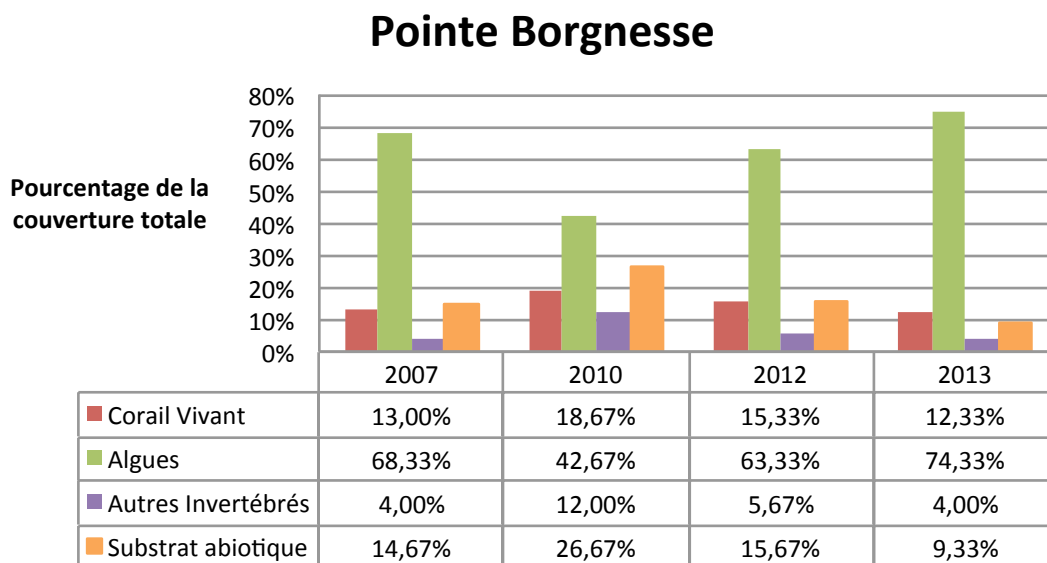


Figure 86 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Pointe Borghesse (Type 6) (Type 6): années 2007 et 2013

2.15 Rocher du Diamant (Type 7)

2.15.1 Description générale

La station sélectionnée pour le Rocher du Diamant est représentative du site (Figure 87). En effet, le Rocher présente 2 communautés principales : une communauté corallienne et une communauté algale, ce qui est le cas de la station sélectionnée (4 transects majoritairement coralliens et 2 transects algaux).

La station est localisée en bordure de plateau à 16 m de fond.

Les piquets et crampillons étaient installés pour la première fois cette année précisément en cette station.

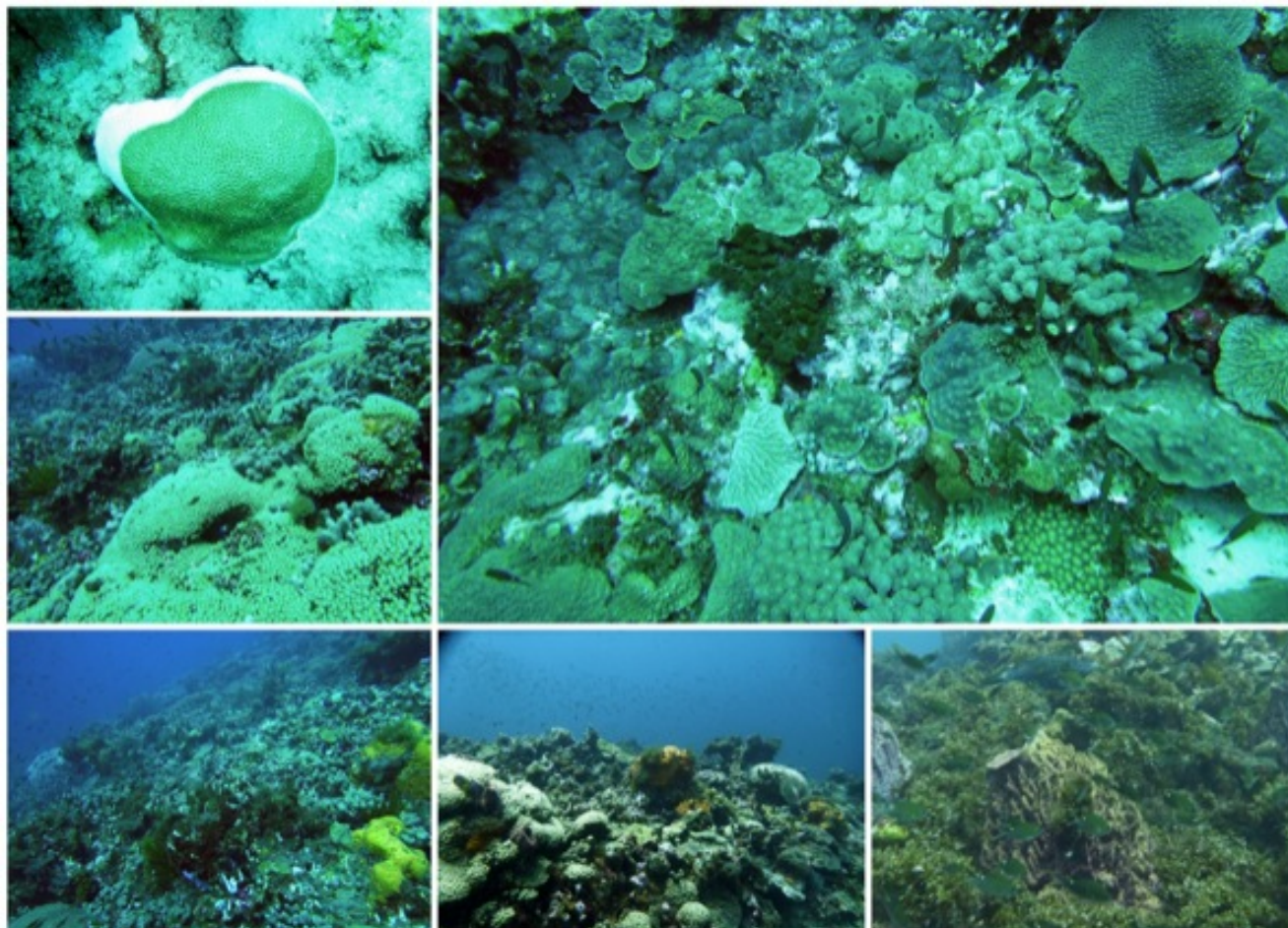


Figure 87 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Rocher du Diamant (Type 7)

2.15.2 La communauté corallienne en 2013

Le substrat de la station est colonisé à 92% (Figure 88).

Les coraux

Les coraux représentent 16% de la couverture benthique avec le genre *Porites* largement dominant. D'autres genres sont présents parmi lesquels les *Madracis*, les *Millepora*, les *Orbicella*, les *Siderastrea* et les *Stephanocoenia*. La densité maximale en adultes est de 8,9 colonies.m⁻² (cas de *P. astreoides*). La densité en juvéniles est de 1,65 ± 1,87 indiv.m⁻².

Les macroalgues

Les algues sont dominantes (55%) avec 37% de macroalgues non calcaires, 11% d'algues encroûtantes calcaires et 5% de turf (Figure 89).

L'indice « quadrat macroalgues » de la station est de 2,13 ± 0,7. Les classes 1, 2 et 3 sont représentées de manière équivalente sur cette station. Les genres majoritaires sont les *Dictyota*, les *Sargassum* et dans une moindre mesure les algues rouges calcaires *Amphiroa* et *Jania*.

Les autres organismes sessiles

Les autres invertébrés représentent 21% de la couverture benthique avec 19% d'éponges, 0,7% de gorgones et 1,3% d'autres invertébrés.

Les oursins

La densité en oursins (uniquement des Diadèmes) est de $0,8 \pm 0,67 \text{ indiv.m}^{-2}$.

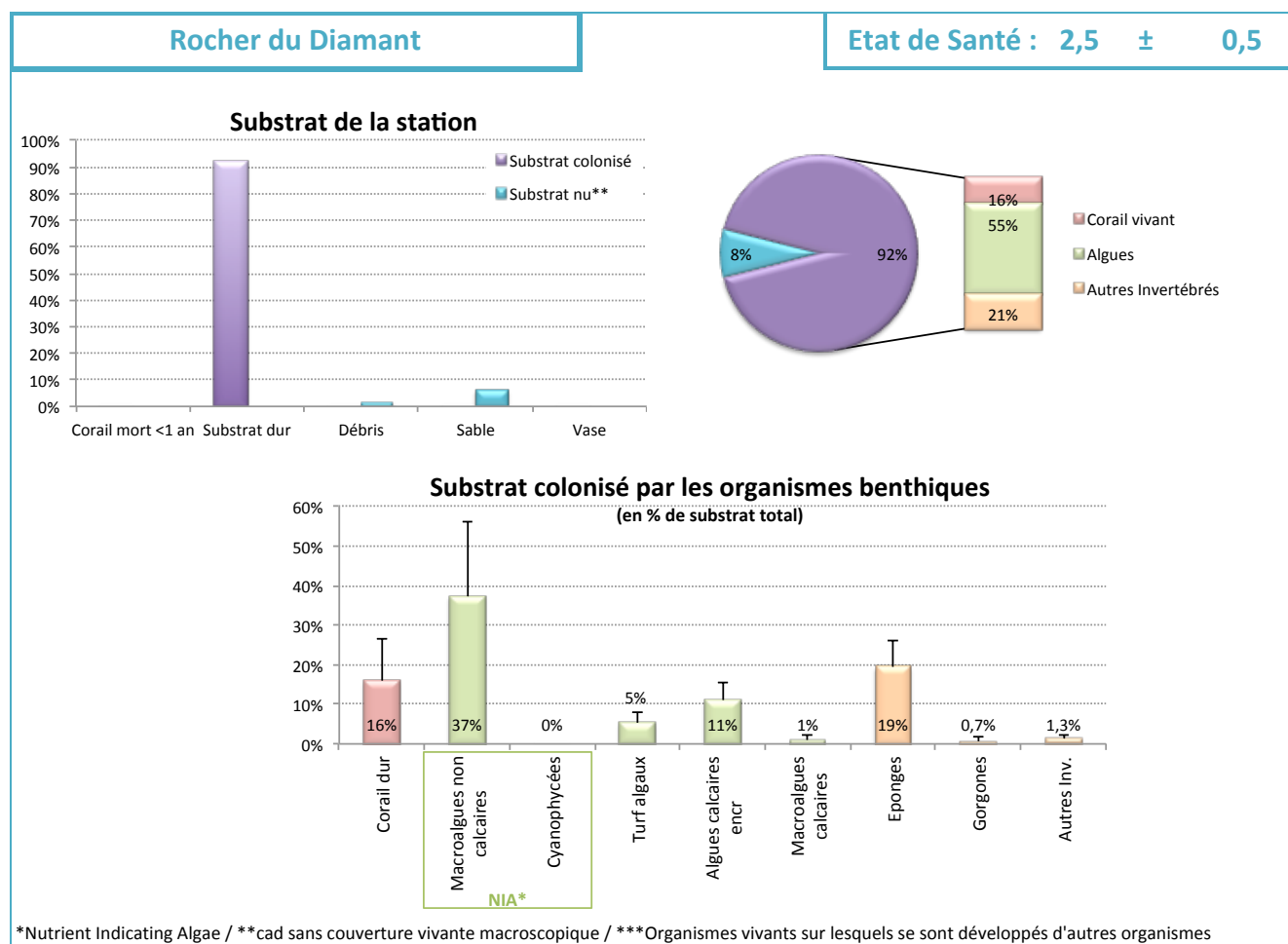


Figure 88 : Proportions des éléments de la communauté corallienne (PIT) et des autres substrats de Rocher du Diamant en 2013

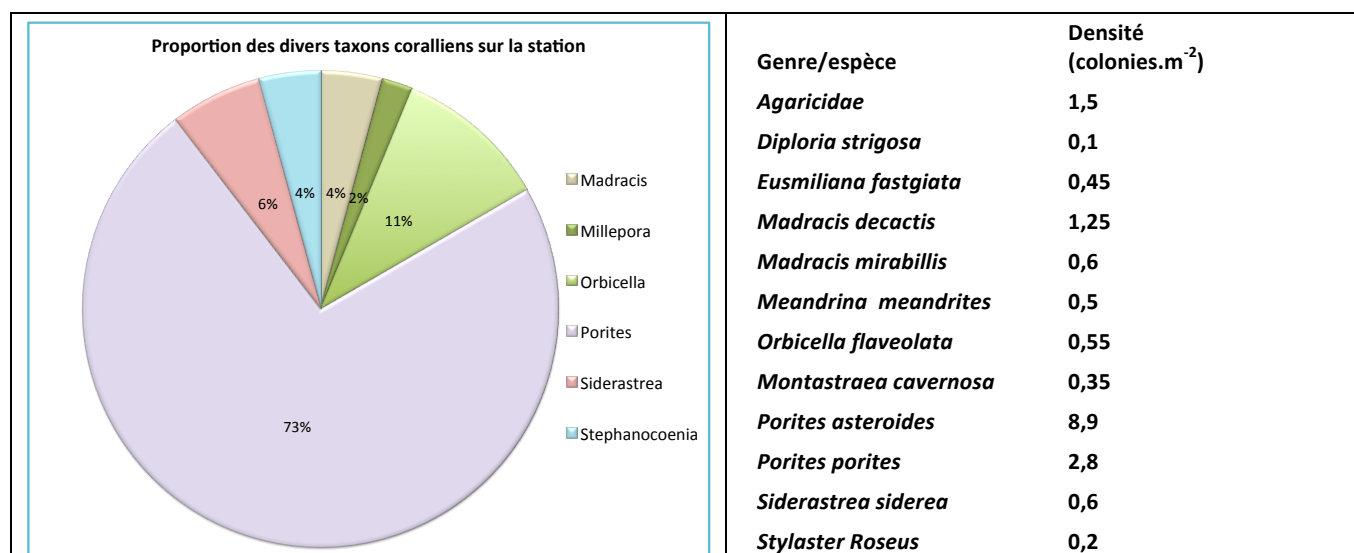


Figure 89 : Proportions des divers genres coralliens (PIT) et densité corallienne (dans couloir de 20 m x 1 m) à Rocher du Diamant en 2013

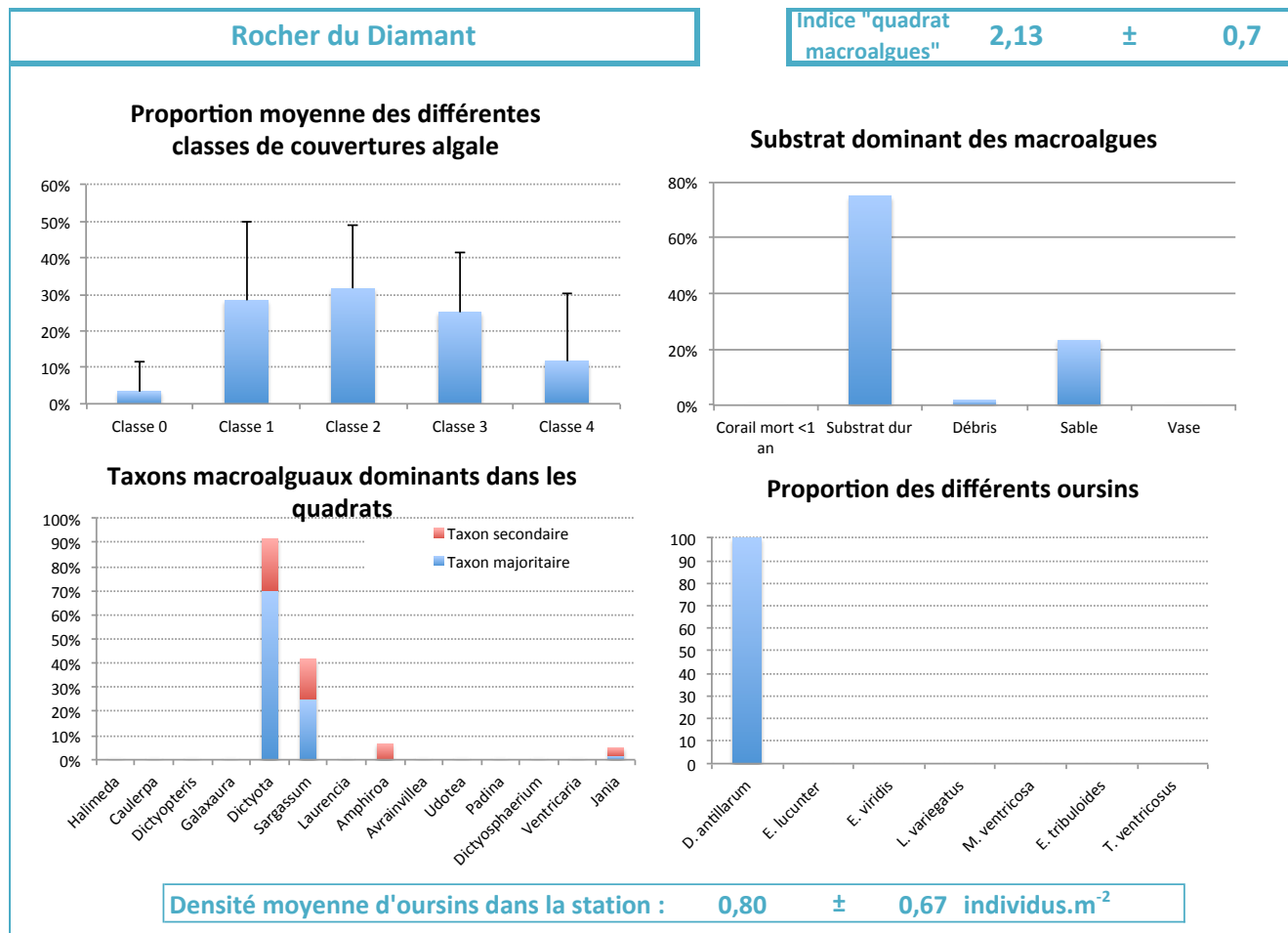


Figure 90 : Proportions des éléments de la communauté macroalgale (quadrat) et des oursins de Rocher du Diamant

2.15.3 La communauté corallienne depuis 2007

Il est impossible de conclure quant à l'évolution des peuplements benthiques à cette station dans la mesure où cette dernière a été repositionnée plusieurs fois depuis 2007 (Figure 91).

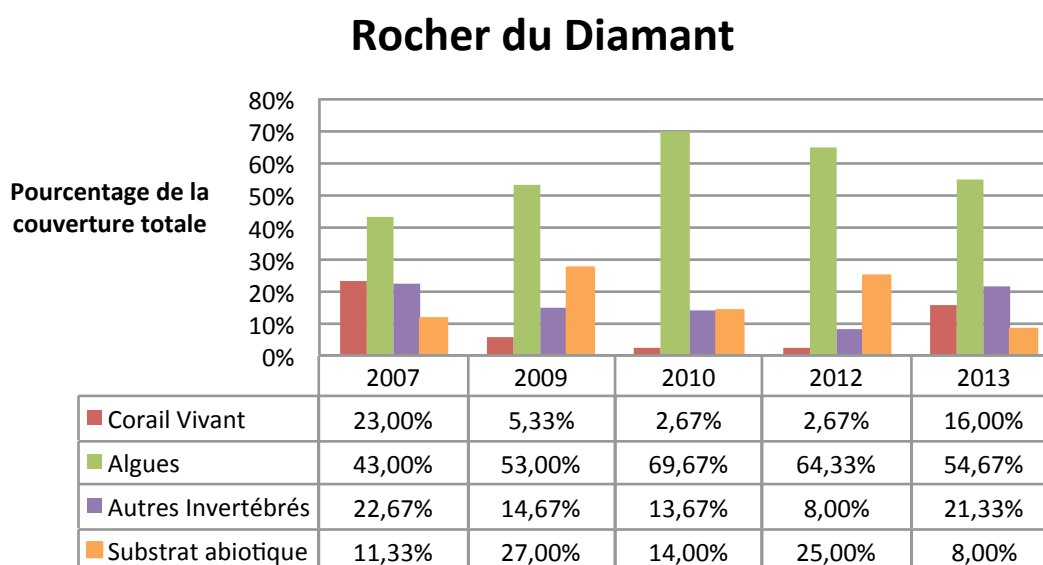


Figure 91 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Rocher du Diamant (Type 7) : années 2007 et 2013

2.16 Bilan 2013

La carte ci-dessous reprends les proportions des divers éléments notés pour chaque station corallienne en 2013.

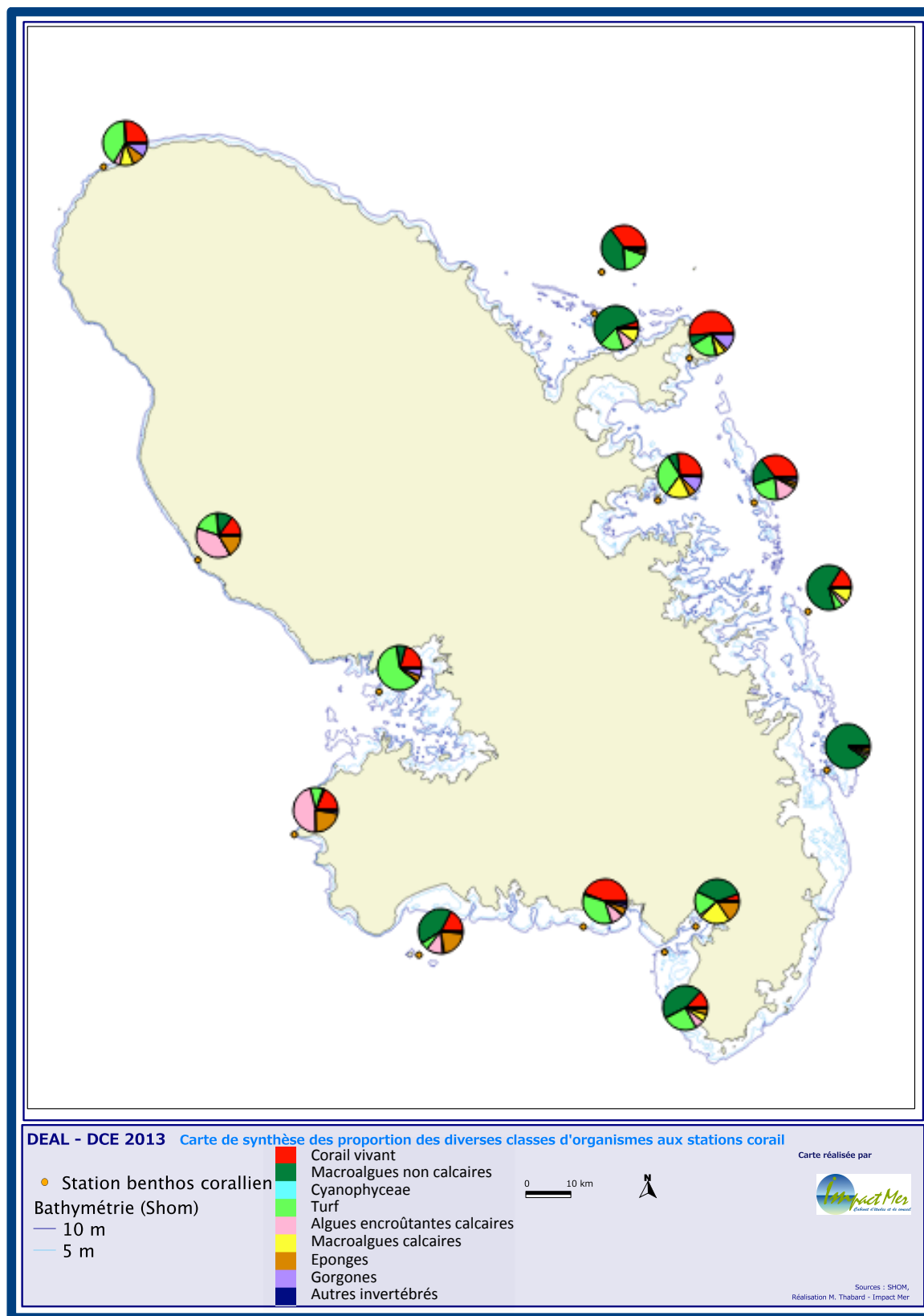


Figure 92 : Composition benthique des sites échantillonnés en 2013.

3 Éléments de qualité biologique des MET : endofaune

L'échantillonnage de l'endofaune et des paramètres complémentaires des sites de suivi des MET s'est déroulé entre le 22 et le 24 juillet 2013. La macrofaune endogée est suivie depuis 2008 à ces 3 stations.

La Baie des Requins est la station de référence des masses d'eau de type 8 (masses d'eau de transition = mangroves et lagunes côtières) en Martinique. Elle se caractérise par la présence d'une mangrove soumise à une faible pression anthropique. Eloignée des sources de pollution, elle pourrait cependant être sous l'influence des eaux chargées (diluées) de la rivière du Galion.

La météorologie des 3 jours précédents les échantillonnages a été marquée par des précipitations, une houle faibles, et un vent d'est-nord-est faible à modéré. Les stations endofaune ne semblent pas avoir subi de remaniement sédimentaire les jours précédents l'échantillonnage.

L'ensemble des analyses faunistiques a été effectué par Lionel Bigot (Equilibre/ECOMAR, spécialiste de l'Endofaune). Ces résultats ont fait l'objet **d'un rapport annexe (Bigot & Amouroux, 2013). Ce chapitre reprend les principaux résultats des analyses faunistiques et certains éléments du rapport Bigot & Amouroux (2013).**

Les autres analyses (carbonates, matières sèches, carbone organique, granulométrie) ont été réalisées par le Laboratoire de Rouen qui possède l'accréditation COFRAC et l'agrément du Ministère de l'Environnement pour les paramètres matières sèches, carbone organique et granulométrie.

3.1 Structure des communautés en 2013

L'étude du milieu marin comprend les communautés macro-benthiques et leur milieu de vie (sédiment). L'analyse effectuée en 2013 sur les 3 stations d'échantillonnage (avec 3 répliquats / station) a permis de recenser **40 espèces et 168 individus** (n = 9), tous taxons confondus (Tableau 18).

Tableau 18 : Nombre d'espèces et d'individus recensés depuis 2008

Année	Nb d'échantillons (nb stations x nb répliquats)	Nb d'espèces	Nb d'individus
2008	49	85	907
2009	20	61	522
2010	12	38	304
2011	18	55	401
2013	9	40	168

Abondance, biomasse et richesse spécifique globale : structure générale des peuplements

La Figure 93 illustre la distribution de l'abondance moyenne (A), de la biomasse moyenne (B) et de la richesse spécifique totale (C) aux 3 stations échantillonnées. L'abondance moyenne en 2013 varie de $126,7 \pm 47,3$ ind m^{-2} (REQ) à $273,3 \pm 20,8$ ind m^{-2} (TMA). La biomasse moyenne varie de $5,0 \pm 4,0$ (REQ) à $19,00 \pm 12,1$ (TMA) AFDW $g m^{-2}$. La richesse spécifique totale ($n = 3$) est comprise entre 19 espèces (LAM) et 24 espèces (TMA). La richesse spécifique moyenne varie de $8,3 \pm 1,5$ (REQ) à $13,7 \pm 3,1$ espèces (TMA).

- La station « Baie des Requins » (REQ), bien que choisie comme référence, présente les valeurs moyennes d'abondance et de biomasse les plus faibles en 2013 ($126,7 \pm 47,3$ ind m^{-2} et $5,0 \pm 4,0$ AFDW $g m^{-2}$, respectivement) ; ce qui était déjà le cas en 2010 et 2011. La richesse spécifique totale à REQ est également relativement faible (20 espèces, $n = 3$).
- « Trou Manuel » (TMA) présente l'abondance, la biomasse moyennes et la richesse spécifique totale les plus importantes ($273,3 \pm 20,8$ ind m^{-2} , $19,0 \pm 12,1$ AFDW $g m^{-2}$, 24 espèces, respectivement).
- L'abondance et la biomasse moyennes mesurées à la station « Baie du Lamentin » (LAM) sont de $160 \pm 55,7$ ind m^{-2} et $6,3 \pm 3,4$ AFDW $g m^{-2}$, respectivement ; et la richesse spécifique totale est de 19 espèces.

Remarque : pour ces paramètres, les coefficients de variation entre les trois réplicats d'un même site peuvent être importants et supérieurs à 33,3 %. Dans ces cas, les moyennes sont peu fiables et les comparaisons inter-sites et inter-annuelles à considérer avec précaution.

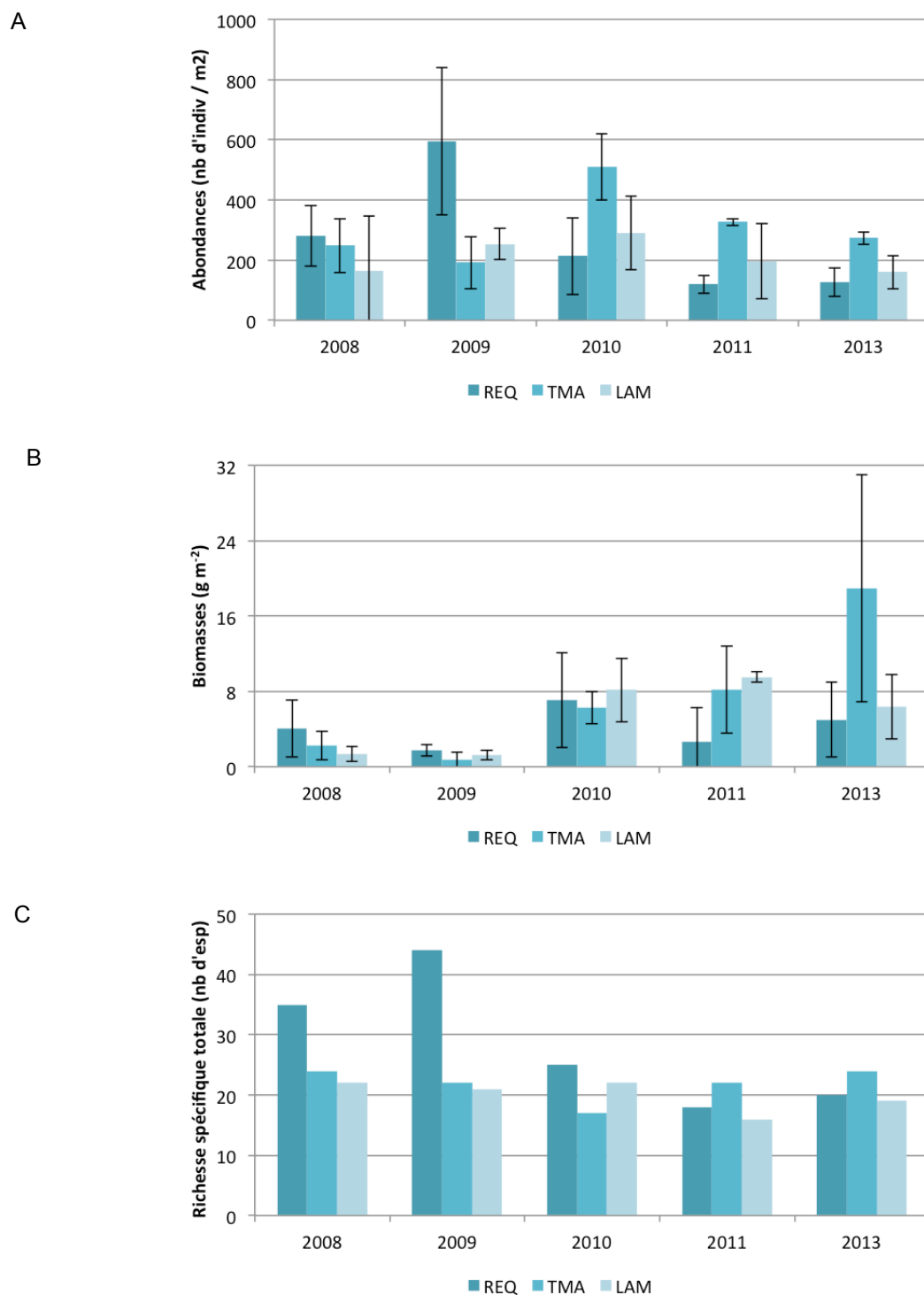


Figure 93 : Abondances moyennes (A), biomasses moyennes (B) et richesses spécifiques totales (C) aux stations DCE des MET, depuis 2008. Les barres d'erreur représentent l'écart-type entre les répliqués (n = 5 en 2008 et 2009, n = 3 en 2010, 2011, 2013). Les richesses spécifiques totales sont mesurées sur l'ensemble des répliqués.

Analyse taxonomique

Comme pour les suivis des années précédentes, l'analyse taxonomique par station (Figure 94) confirme la dominance des annélides, des bivalves et des crustacés en 2013 (Bigot & Amouroux, 2013). Ces taxons représentent 66 à 94 % des taxons identifiés aux trois stations.

Les polychètes sont dominés par des familles caractéristiques telles que des Eunicidae (*Lumbrineris emandibulata*), des Ophelidae (*Armandia longicaudata*), des Terebellidae (*Loimia medusa*) bien représentés à la station Trou Manuel.

Les mollusques bivalves sont bien représentés aux trois stations ($11,4 \pm 7,4$ à $39,4 \pm 3,8$ % des taxons identifiés). Les principales espèces rencontrées sont des Corbulidae (*Corbula cf. dietziana*, *C. caribea*), des Nuculidae (*Nucullana verilliana*), des Veneridae (*Cyclinella tenuis*) et des Solenidae (*Tagelus divisus*).

Les Crustacés constituent également un groupe taxonomique important en terme de biomasse aux trois stations ($17,5 \pm 6,9$ à $39,1 \pm 25,1$ % des taxons identifiés), les principales espèces rencontrées étant des crevettes Alpheidae (*Alpheus bouvieri*) et des Palaemonidae (*Palaemonella atlantica*) (Bigot & Amouroux, 2012).

A la station Baie des Requets, les bivalves sont majoritaires ($27,6 \pm 16,7$ % des taxons identifiés) ; les échinodermes sont également bien représentés ($19,7 \pm 9,6$ % des taxons identifiés). A la station Trou Manuel, les annélides dominent ($43,2 \pm 21,4$ % des taxons identifiés) avec les crustacés ($39,1 \pm 25,1$ % des taxons identifiés). Enfin à la station Baie du Lamentin, les bivalves et les crustacés sont majoritaires ($39,4 \pm 3,8$ et $17,5 \pm 6,9$ % des taxons identifiés, respectivement). Les autres taxons, bien que moins représentés, peuvent contribuer de façon significative à la richesse spécifique de certaines stations. Les némeritiens par exemple représentent jusqu'à $19,1 \pm 10,3$ % des taxons identifiés à la station Baie du Lamentin.

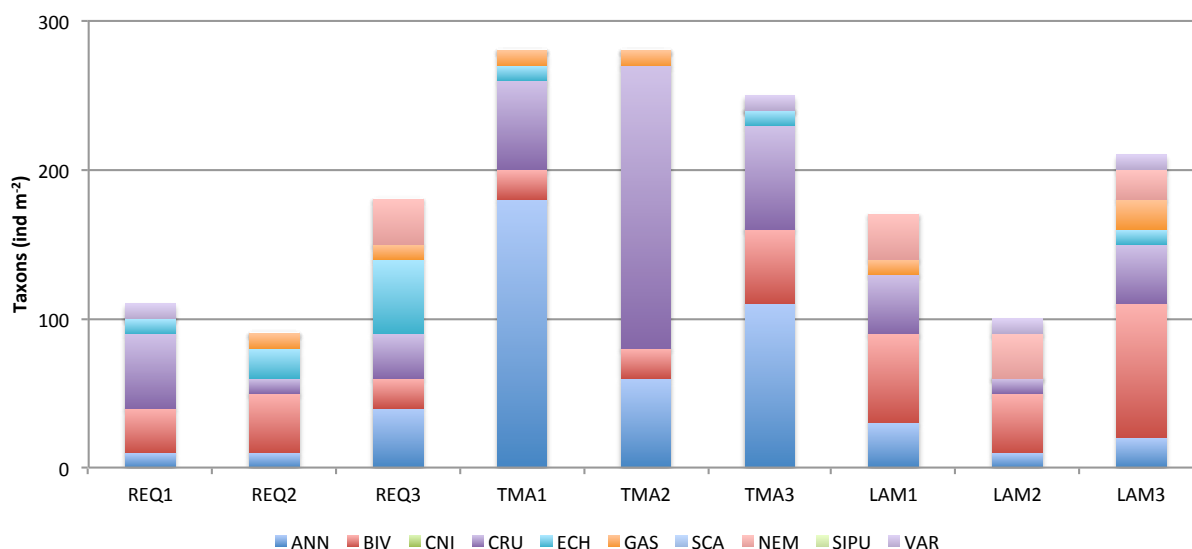


Figure 94 : Répartition taxonomique de la macrofaune benthique par répliquat, aux 3 stations MET échantillonnées en 2013 (ind m⁻²).

3.2 Structure des communautés depuis 2008

La structure taxonomique des communautés (représentativité des différents groupes) est relativement homogène d'une année à l'autre (Figure 95).

En revanche, des variations d'abondance et de biomasse moyennes, ainsi que de richesses spécifiques sont observées.

- A la station Baie des Requins (REQ), l'abondance moyenne et la richesse spécifique totale ont présenté une augmentation importante en 2009 ($596 \pm 245,4$ ind m^{-2} et 44 espèces ($n=5$), respectivement) par rapport à la campagne de 2008 ($280 \pm 100,3$ ind m^{-2} et 35 espèces ($n=5$), respectivement). Ce phénomène ne s'est pas confirmé les années suivantes et ces paramètres ont même légèrement diminué en 2010, 2011 et 2013 par rapport à 2008. La biomasse moyenne montre également des fluctuations importantes selon l'année d'échantillonnage ($1,7 \pm 0,6$ à $7,1 \pm 5,0$ AFDW g m^{-2}). En 2013, ce paramètre a augmenté par rapport à 2011 ($5,0 \pm 4,0$ et $2,6 \pm 3,6$ AFDW g m^{-2} en 2013 et 2011, respectivement). La structure taxonomique des communautés se serait cependant maintenue en 2013 (Bigot & Amouroux, 2013).
- A la station Trou Manuel (TMA), seule l'année 2010 était marquée par un accroissement de la densité faunistique moyenne ($510,0 \pm 110,0$ ind m^{-2}) lié à une recrudescence des communautés de bivalves (*Nucullana verilliana*, *Corbula diertiana*, *Tagelus divisus*) et de polychètes (*Polycirrus sp.*, *Lumbrineris emandibulata*) (Bigot & Amouroux, 2013). La richesse spécifique totale était la plus faible en 2010 (17 espèces ($n = 3$), soit une richesse spécifique moyenne de $5,6 \pm 5,6$ espèces). Les autres années de suivi, l'abondance moyenne de la communauté a varié entre 192 ± 87 (2009) et $326,7 \pm 11,6$ ind m^{-2} (2011) et la richesse spécifique totale entre 22 et 24 espèces ($n= 3$ et $n= 5$), avec une dominance des crustacés. Les biomasses moyennes ont augmenté de façon importante en 2010 puis en 2011, par rapport aux années 2008-2009. Cette tendance se confirme en 2013 (Figure 93).
- Depuis 2008, les variations de l'abondance moyenne sont de moindre amplitude à Baie du Lamentin (LAM) ($160 \pm 55,7$ à $290 \pm 121,7$ ind m^{-2}). Les populations de Bivalves sont stables depuis 2009 sur cette station et les espèces observées sont identiques (*Tellina spp*, *Nucullana verilliana*, *Cyclinella tenuis*). Une légère diminution des communautés de polychètes est notée en 2011, associée à une diminution de la richesse spécifique totale. Comme à TMA, les biomasses moyennes ont augmenté en 2010, puis en 2011 par rapport aux valeurs mesurées en 2008-2009. Cependant cette augmentation ne se confirme pas en 2013 (Figure 93 ; $8,1 \pm 3,4$; $9,5 \pm 0,6$ et $6,3 \pm 3,4$ AFDW g m^{-2} en 2010, 2011 et 2013, respectivement).

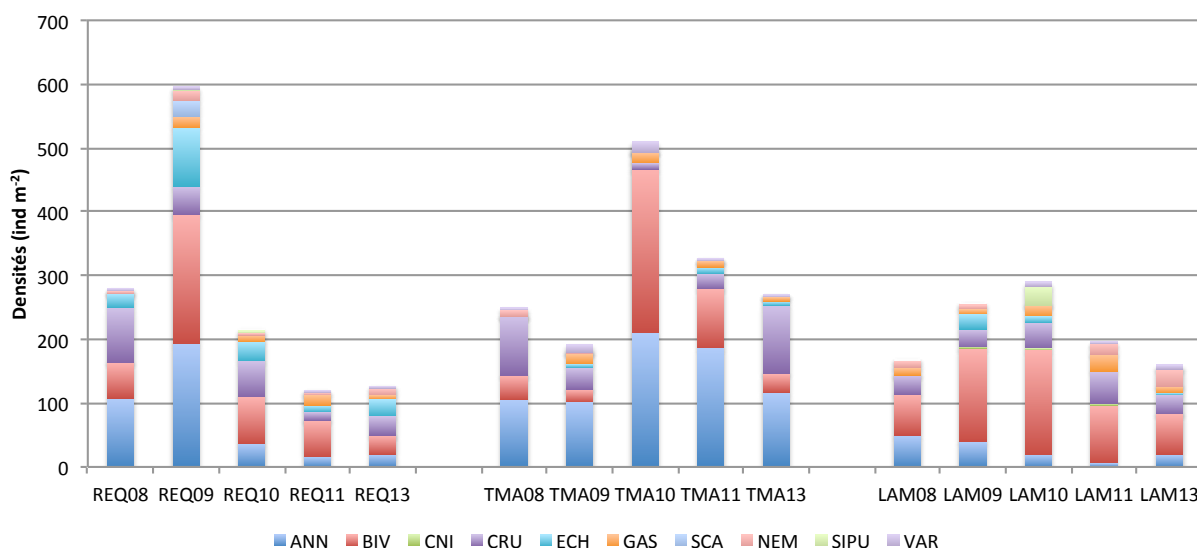


Figure 95 : Répartition taxonomique moyenne ($n = 5$ pour 2008 et 2009, $n = 3$ pour 2010, 2011, 2013) de la macrofaune benthique entre 2008 et 2013 (ANN : Annélides, BIV : Bivalves, CNI : Cnidaires, CRU : Crustacés, ECH : Echinodermes, GAS : Gastéropodes, SCA : Scaphopodes, NEM : Némertiens, SIPU : Sipunculidae, VAR : varia).

Du point de vue de la diversité : les paramètres biocénotiques présentent des variations temporelles, sans tendance nette (Tableau 19).

- A la station Baie des Requins, la diversité est de 4,10 en 2013, ce qui est dans la gamme des mesures depuis 2008 (H' a varié entre 3,85 en 2011 et 4,63 en 2009). La biodiversité serait donc relativement stable, avec une abondance homogène (120 ind m^{-2} (2011, $n = 3$) à 298 ind m^{-2} (2009, $n = 5$);).
- A la station Trou Manuel, l'analyse de la diversité globale montre une diminution des paramètres diversité (H') et équitabilité (J') en 2009 (2,54 et 0,66, respectivement). L'amélioration des conditions est observée depuis (4,00 et 0,87 pour H' et J' , respectivement, en 2013).
- A la station Baie du Lamentin, ces paramètres sont relativement stables depuis le début du suivi (3,51 à 3,64 pour H' et 0,82 à 0,89 pour J').

La structure générale des peuplements présente des variations spatiales et temporelles. Cependant, aucune tendance ne peut être dégagée et ces variations ne reflètent pas les contrastes attendus entre la station de référence (REQ) faiblement anthropisée et les stations TMA et LAM, soumises aux apports de bassins versants plus anthropisés.

Tableau 19 : Paramètres biocénotiques des stations étudiées (S : richesse spécifique ; N : abondance en nbre ind. m^{-2} ; J' : indice d'équitabilité de Pielou ; H' : diversité de Shannon Weaver) correspondant à des surfaces échantillonnées de 0,5 m^2 en 2008-2009 ($n=5$) et de 0,3 m^2 en 2010 ($n=3$)

Stations	S	N	Equitabilité	Shannon
			J'	$H'(\log 2)$
REQ 2008 ($n=5$)	43	140	0,90	4,19
REQ 2009 ($n=5$)	35	298	0,77	4,63
REQ 2010 ($n=3$)	24	214	0,88	4,07
REQ 2011 ($n=3$)	18	120	0,92	3,85
REQ 2013 ($n=3$)	20	127	0,94	4,10
TMA 2008 ($n=5$)	21	124	0,85	3,65
TMA 2009 ($n=5$)	22	96	0,84	3,79
TMA 2010 ($n=3$)	15	510	0,66	2,54
TMA 2011 ($n=3$)	20	323	0,79	3,44
TMA 2013 ($n=3$)	24	273	0,87	4,00
LAM 2008 ($n=5$)	21	83	0,82	3,61
LAM 2009 ($n=5$)	22	127	0,86	3,86
LAM 2010 ($n=3$)	21	290	0,82	3,57
LAM 2011 ($n=3$)	15	194	0,89	3,51
LAM 2013 ($n=3$)	17	154	0,89	3,64

Remarque :

Depuis 2008, la richesse spécifique a été calculée sur l'ensemble des répliquats analysés (richesse spécifique totale) et non pas moyennée. Cependant, le nombre de répliquats a varié entre les années 2008-2009 ($n = 5$) et 2010-2013 ($n = 3$). Selon le modèle théorique présenté par Bigot et Amouroux (2008, Figure 96), permettant d'optimiser l'effort d'échantillonnage en fonction d'un niveau de richesse spécifique théorique maximal, le nombre d'espèces identifiées peut varier significativement entre 3 et 5 échantillons. Il convient d'en tenir compte lors de l'interprétation des différences observées au cours du temps pour ce paramètre.

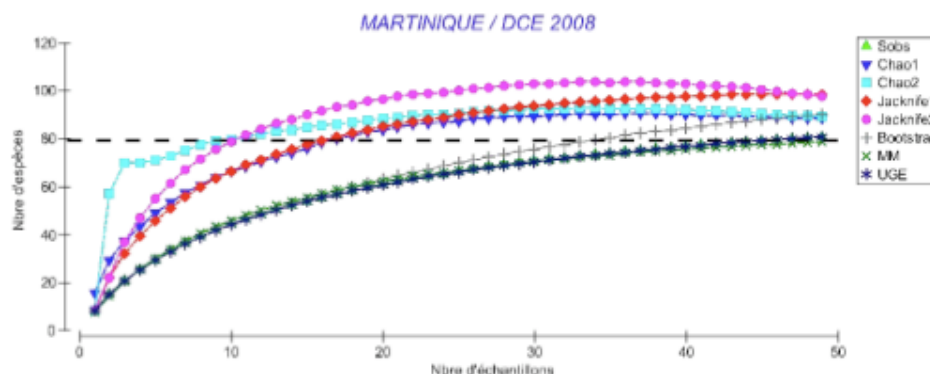


Figure 96 : évolution de la richesse spécifique observée (Sobs) en fonction de l'effort d'échantillonnage et modèles de diversité théoriques (Bigot & Amouroux, 2008).

L'analyse du milieu sédimentaire depuis 2008 confirme la relative stabilité du milieu benthique en termes de composition sédimentaire (Tableau 20). A toutes les stations, les sédiments sont dominés par les vases (56,6 à 80,5 %) et les sables très fins (16,9 à 34,8 %).

Tableau 20 : Composantes du milieu sédimentaire (moyennes des teneurs en carbone organique et particules fines, %) en 2008, 2009 ($n=5$) et 2010, 2011, 2013 ($n=3$)

	Année	Carbone organique (%)	Fractions fines < 63 μm (%)
REQ	2008	4,2	56,6
	2009	4,0	61,7
	2010	5,4	76,4
	2011	4,8	70,3
	2013	8,6	57,5
TMA	2008	3,5	59,2
	2009	5,6	68,4
	2010	5,0	70,0
	2011	6,2	66,2
	2013	4,6	67,5
LAM	2008	4,4	58,6
	2009	5,0	79,8
	2010	4,8	80,5
	2011	5,1	68,3
	2013	3,7	79,6

3.3 Analyse spatio-temporelle des communautés sur trois ans

Une analyse multidimensionnelle (nMDS et Classification hiérarchique) a été effectuée sur les données faunistiques (matrice de contingence « espèce / échantillons ») des 3 stations suivies annuellement depuis 2008 (Figure 97). Les principaux résultats sont les suivants :

- Les communautés benthiques des 3 stations se caractérisent par des « signatures » faunistiques différentes (ANOSIM à 2 facteurs, $R = 0,64$; $p < 0,1$).
- Les communautés benthiques des 3 stations présentent également des différences entre les années de suivi (ANOSIM à 2 facteurs, $R = 0,49$; $p < 0,1$).
- La spécificité structurelle de la station Baie des Requins reste marquée en 2013, ce qui semble être moins le cas pour les stations Baie du Lamentin et Trou Manuel, qui présentent des communautés assez proches (Bigot & Amouroux, 2013),
- La station Baie des Requins est caractérisée par une certaine variabilité inter-annuelle de ses peuplements entre 2008 et 2009. Cette variabilité n'est plus visible ensuite.
- Les stations Trou Manuel et Baie du Lamentin sont caractérisées par des communautés homogènes et assez proches d'un point de vue taxonomique. Bien que des fluctuations interannuelles soient observées, la situation du milieu sédimentaire demeure stable en l'état actuel (Bigot & Amouroux, 2013).

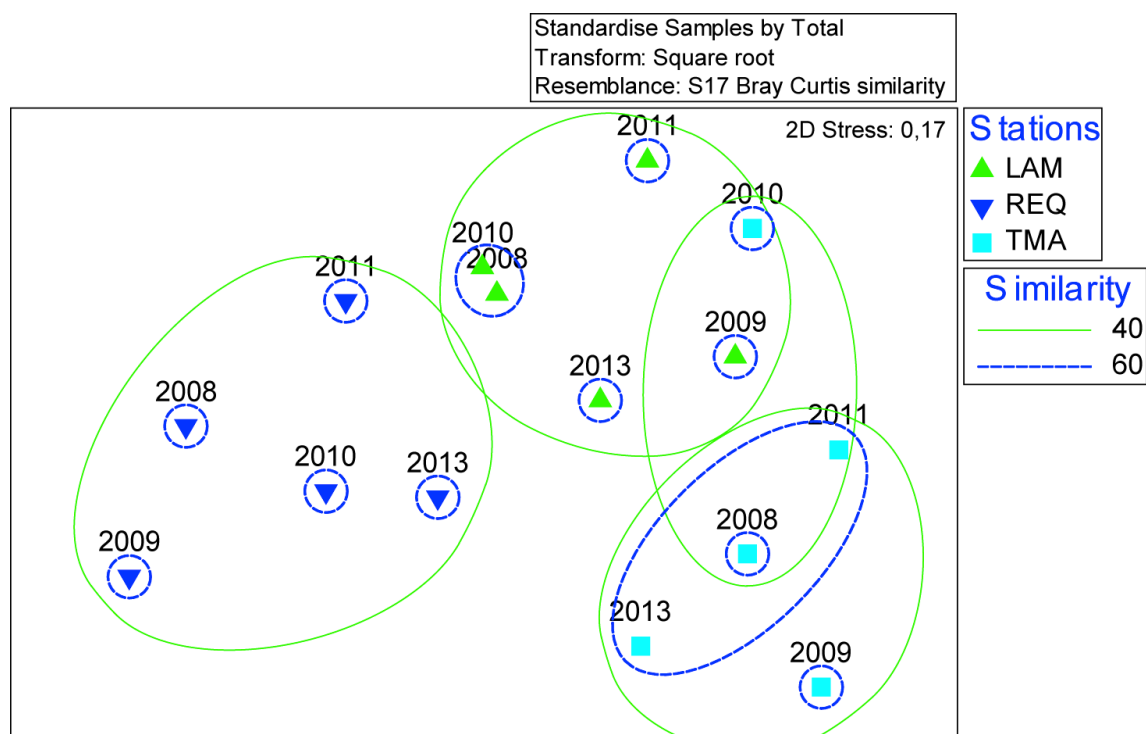


Figure 97 : Analyse multidimensionnelle (nMDS) et classification hiérarchique (CAH) sur les communautés benthiques des trois stations LAM, TMA et REQ de milieu subtidal (2008 à 2013).

3.4 Approche écologique basée sur les indices « AMBI » et « M-AMBI »

Le calcul des indices « AMBI et M-AMBI » testés dans le contexte de la Martinique lors des suivis précédents (Bigot & Amouroux, 2008, 2009, 2010, 2012) a été adapté au contexte local. Il est maintenant utilisé de manière régulière dans le cadre du suivi DCE.

3.4.1 Calcul des indices biotiques en 2013

L'analyse des indices AMBI calculés sur les données 2013 met en évidence plusieurs points principaux :

- Les indices AMBI calculés en 2013 sur LAM, TMA et REQ sont globalement proches et correspondent à des états non à très peu perturbés (Figure 98). Ces résultats caractérisent des habitats homogènes, et ne présentant pas de changements fondamentaux de leurs communautés.
- En terme de **groupes fonctionnels**, les 3 stations présentent une forte proportion d'espèces appartenant au groupe I (espèces très sensibles aux perturbations) et II (espèces moyennement sensibles). Les espèces se rapportant au groupe IV représentent moins de 30 % des communautés.
- Le calcul de l'indicateur M-AMBI, basé sur une intégration des composantes de l'AMBI, de la diversité H' (Shannon) et de la richesse spécifique (S), confirme les résultats précédents. **Toutes les stations sont en « bon état » pour M-AMBI en 2013** (Tableau 21), ce qui reflète une grande stabilité des communautés et un schéma environnemental peu perturbé du point de vue de la macrofaune sédimentaire.

Tableau 21 : Indices AMBI et M-AMBI aux stations échantillonnées en 2013

Stations	AMBI	Diversité	Richesse	M-AMBI	Statut DCE
REQ 13	1.53	4.10	20	0.75	Bon
TMA 13	1.50	4.00	24	0.77	Bon
LAM 13	1.89	3.65	17	0.67	Bon

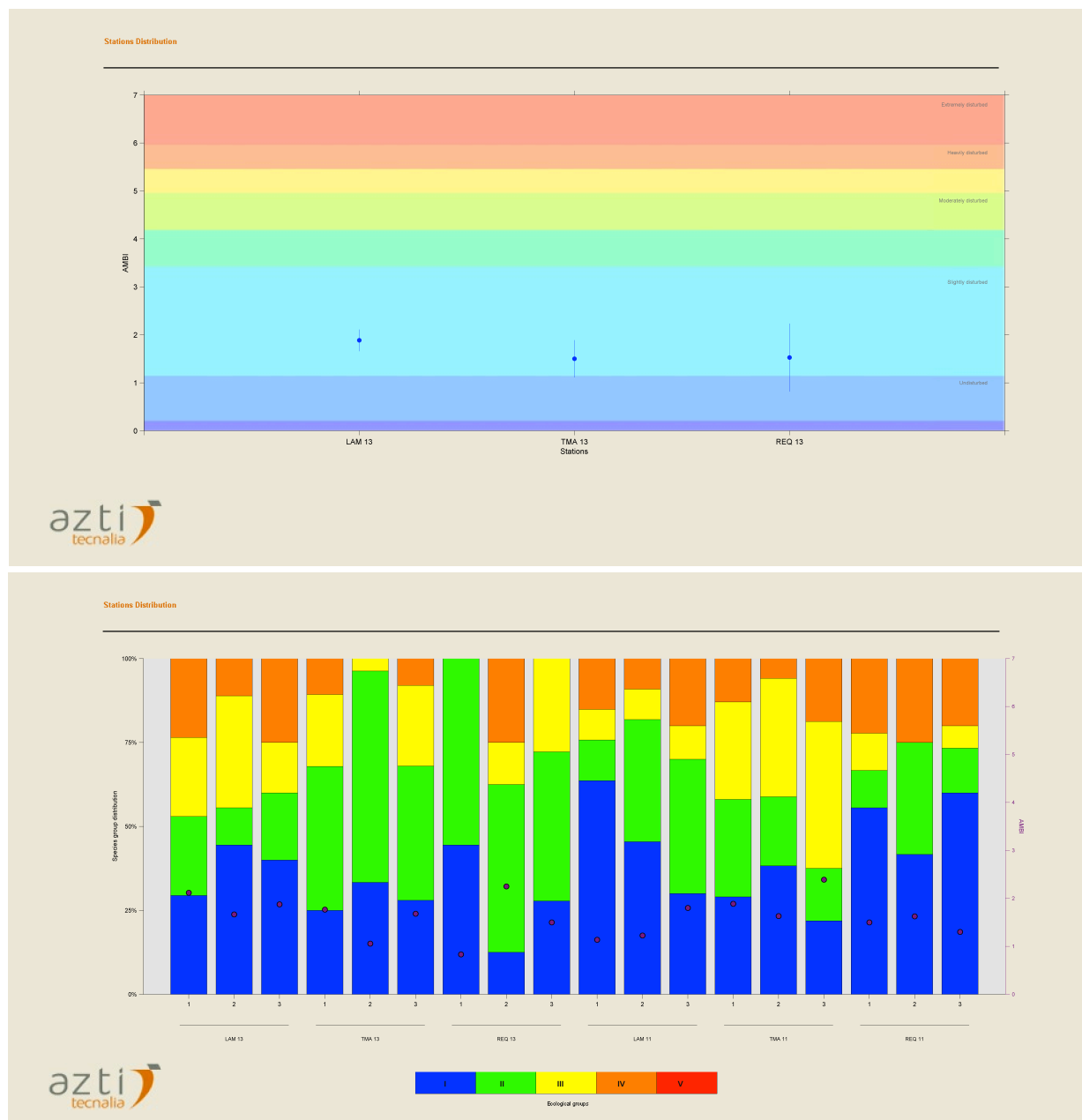


Figure 98 : Indices AMBI (haut) et répartition des principaux groupes fonctionnels (I à V) (bas) sur les 3 stations échantillonnées en 2013.

3.4.2 Evolution des indices biotiques depuis 2008 (5 campagnes)

Les indices AMBI et M-AMBI ont été calculés pour la période 2008 à 2013, sur la base du logiciel AZTI (v4), et des bornes « espagnoles » proposées pour les différents statuts écologiques (Borja *et al.*, 2007). Les principaux éléments qui se dégagent de cette analyse sont les suivants :

- L'état biologique de la station Baie des Requins, calculé par campagne, est passé de « très bon » en 2008 et 2009 à « bon » les années suivantes (Tableau 22). Ainsi, les variations d'abondance, de biomasse et de richesse spécifique mesurées à cette station (notamment la forte diminution entre 2009 et 2010) ne semblent pas avoir affecté la structure des communautés. La majorité des espèces rencontrées sont associées à des groupes trophiques de niveau I et II, et peu d'espèces se réfèrent à des groupes de polluo-sensibilité faible (III à V).
- La station Baie du Lamentin est en « bon » état pour cet indicateur depuis 2008. La station Trou Manuel également, excepté en 2010 (état « moyen »). Ceci reflète une grande stabilité des communautés au cours des 5 dernières campagnes et un schéma environnemental relativement peu perturbé du point de vue de la « macrofaune ». Les valeurs des indices AMBI et M-AMBI restent élevées et correspondent à des états écologiques stables.

Les indices calculés entre 2008 et 2013 ne reflètent pas ou peu de modification du milieu au cours du temps, ni entre les sites.

Tableau 22 : Etat biologique des stations DCE des MET entre 2008 et 2013

Stations	AMBI	Diversity	Richness	M-AMBI	Status
Bad	6	0	0	0	Bad
High	0.74	4.63	43	1	High
LAM 08	0.74425	3.6147	21	0.769	Good
REQ 08	1.392	4.1862	43	0.92287	High
TMA 08	2.2793	3.6534	21	0.67224	Good
LAM 09	1.5596	3.8604	22	0.7421	Good
TMA 09	1.6233	3.7901	22	0.73245	Good
REQ 09	1.0223	4.6307	35	0.9267	High
LAM 10	0.8842	3.5734	21	0.75667	Good
TMA 10	3.055	2.543	15	0.49364	Moderate
REQ 10	1.5833	4.0654	24	0.77036	Good
LAM 11	1.3879	3.5105	15	0.67775	Good
TMA 11	1.97	3.4466	20	0.66928	Good
REQ 11	1.475	3.8599	18	0.72006	Good
LAM 13	1.8864	3.6472	17	0.66979	Good
TMA 13	1.5011	4.0041	24	0.7709	Good
REQ 13	1.5278	4.1029	20	0.7494	Good

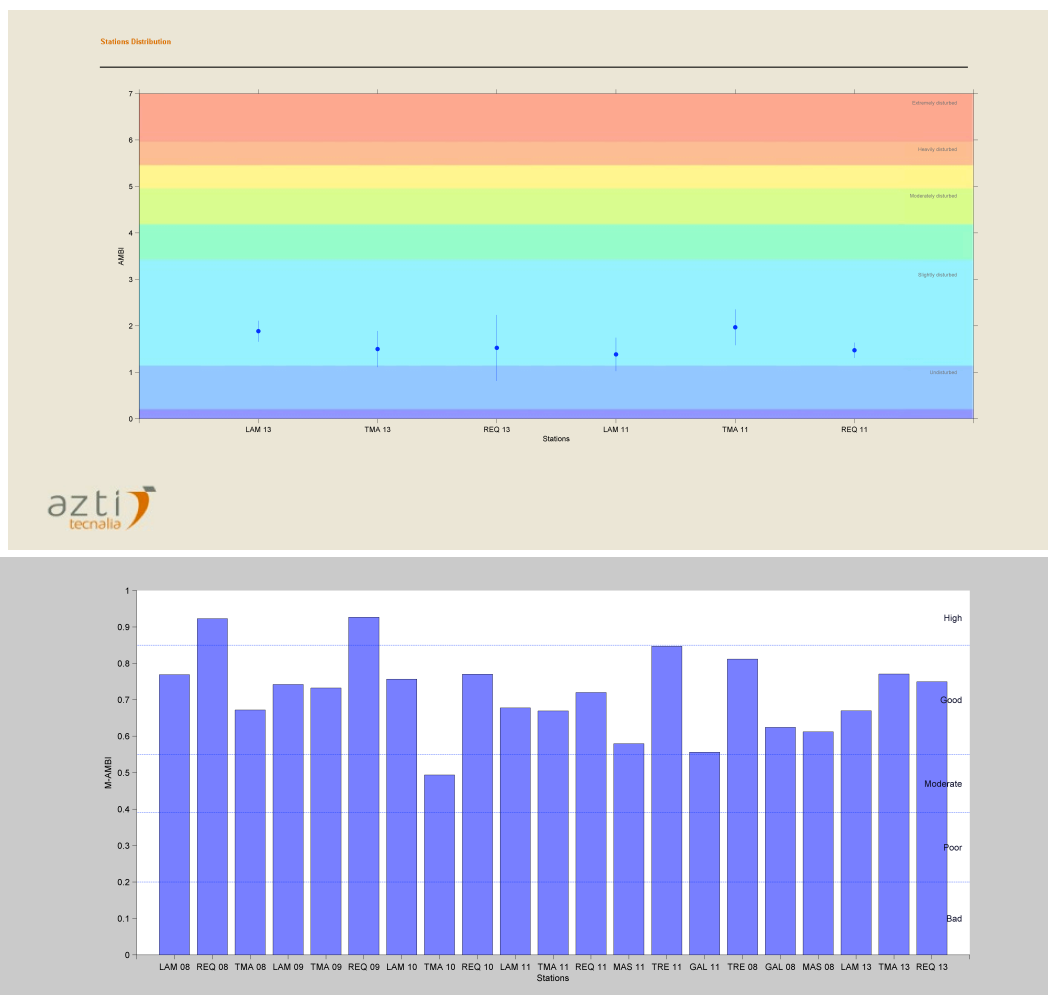


Figure 99 : Evolution spatio-temporelle des indices AMBI (haut), M-AMBI (bas) sur les stations DCE entre 2008 et 2013

3.4.3 Etat biologique des MET : intégration des données 2008-2013 pour le calcul des indices biotiques

L'état biologique des stations des MET, basé sur l'élément de qualité « macrofaune endogée » a été défini sur la base des données acquises de 2008 à 2013 (Tableau 23).

- L'état biologique est « Très Bon » aux stations Baie des Requins et Baie du Lamentin. Il est « Bon » à la station Trou Manuel.
- Selon notre connaissance des sites, M-AMBI ne serait donc pas suffisamment sensible pour refléter les différences attendues entre la station de référence (Baie des Requins) faiblement anthropisée et les stations Trou Manuel et Baie du Lamentin, soumises aux apports de bassins versants plus anthropisés.

Tableau 23 : Indices AMBI et M-AMBI sur les données intégrées depuis 2008

Stations	AMBI	Diversité	Richesse	M-AMBI	Statut DCE
REQ	1.38	4.94	66	0.99	Très Bon
TMA	2.06	4.36	44	0.79	Bon
LAM	1.26	4.26	46	0.85	Très Bon

4 Eléments de qualité physico-chimique des MET

« Les paramètres physico-chimiques sont considérés par la DCE comme des paramètres de soutien et d'interprétation des paramètres biologiques. Ils sont également des paramètres indispensables pour l'interprétation des résultats de mesures de contaminants chimiques, comme traceur des masses d'eau dans les estuaires par exemple » (extrait de : Pellouin-Grouhel *et al.* 2006).

À ce titre, ce chapitre présente une analyse des résultats des paramètres physicochimiques mesurés durant la campagne de juillet 2013 dans les MET. Les campagnes antérieures (2007 à 2011) ayant été réalisées à des saisons différentes, aucune comparaison ne peut être effectuée avec les données des années précédentes.

Attention !

- 1) *Ce chapitre ne concerne que la campagne de juillet 2013.*
- 2) *Les années précédentes, les campagnes ont été réalisées aux mois d'octobre-novembre (2009 – 2011) ou de façon pluriannuelle (2007-2008). Dans la mesure où les campagnes précédentes n'ont pas été réalisées à la même période de l'année, l'état physicochimique global des sites (indices et indicateurs DCE calculés sur 2007/2013) ne peut donc pas être calculé.*

Dans le cadre des suivis littoraux DCE en Martinique, les paramètres physico-chimiques mesurés sont : la température, la salinité, la concentration en oxygène dissous, la saturation en oxygène, la transparence (turbidité), l'azote inorganique dissous (ou DIN qui est calculé en additionnant les concentrations en ammonium, nitrates et nitrites) et le phosphate dissous. Le paramètre silicate s'étant révélé peu pertinent lors des suivis 2007/2008, il a été écarté du suivi DCE en 2009.

L'échantillonnage de ces paramètres a eu lieu entre le 22 et le 24 juillet 2013.

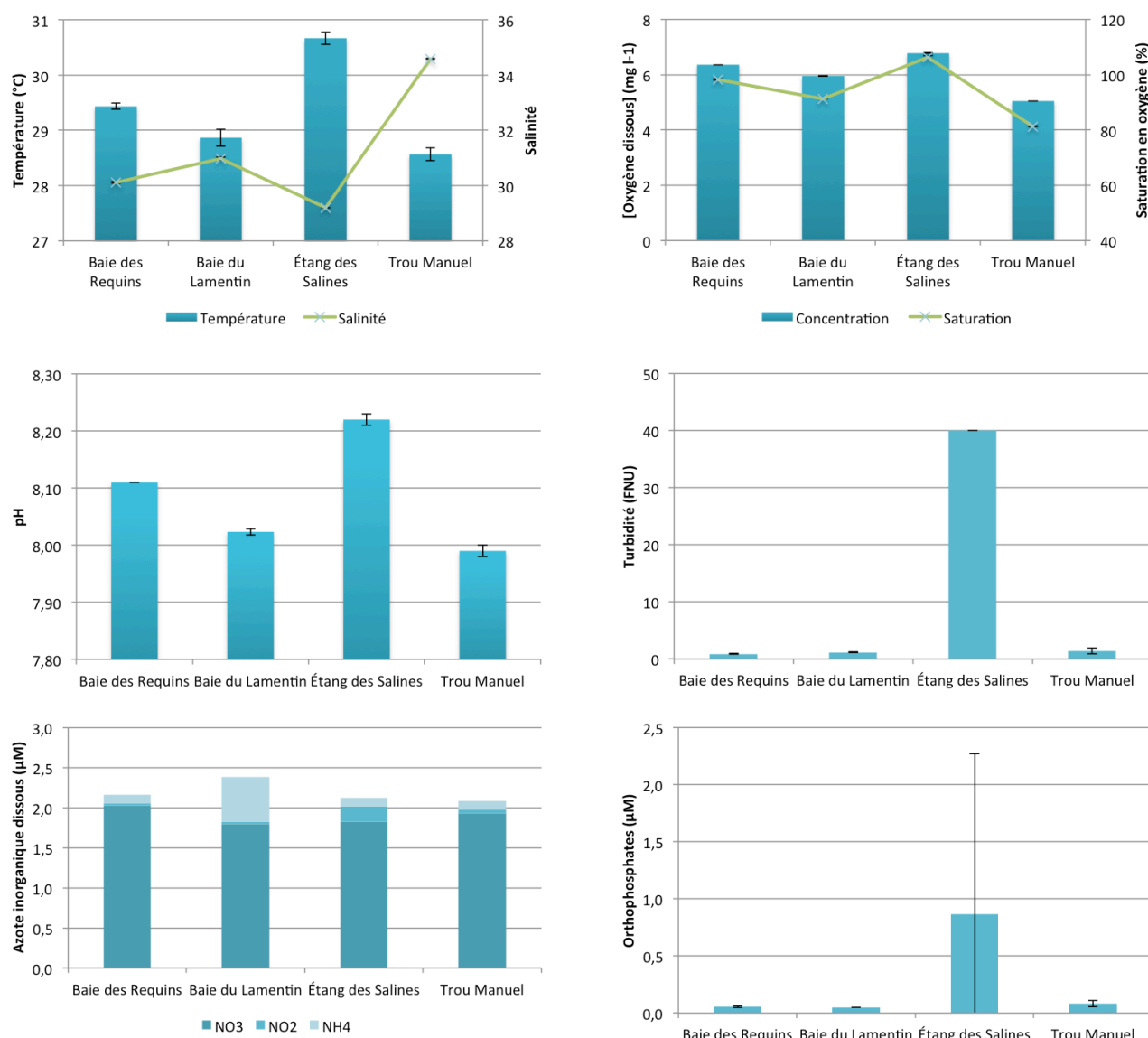


Figure 100 : Paramètres physicochimiques généraux mesurés aux stations DCE des MET durant la campagne de juillet 2013. Les valeurs moyennes sont calculées sur trois réplicats.

4.1 Température, salinité (paramètres non inclus dans l'évaluation de l'état écologique global)

Campagne 2013

En juillet 2013, les températures moyennes mesurées dans les MET (type 8) varient de $28,6 \pm 0,1$ °C (à Trou Manuel) à $30,7 \pm 0,1$ °C (à Étang des Salines) (Figure 100). Elles sont dans la gamme des températures mesurées depuis 2007 aux mêmes stations ($28,30 - 31,70$ °C en moyenne).

Les valeurs de salinité présentent des variations spatiales. En juillet 2013, les valeurs les plus faibles sont mesurées à la station Étang des Salines ($29,0 \pm 0,0$). Les autres mesures varient entre $30,1 \pm 0,02$ (station Baie des Requins) et $34,6 \pm 0,02$ (station Trou Manuel). Depuis 2007, les mesures de salinité sont comprises entre 27,2,1 et 36 aux stations Baie des Requins, Baie du Lamentin et Trou Manuel. Le delta est plus important à la station Étang des Salines : 26,6 – 43,9.

4.2 Indice / Indicateur Oxygène

Campagne 2013

Les concentrations en oxygène dissous et la saturation en oxygène suivent sensiblement le même profil.

Les concentrations moyennes varient entre $5,1 \pm 0,0 \text{ mg l}^{-1}$ (à la station Trou Manuel) et $6,8 \pm 0,02 \text{ mg l}^{-1}$ (à la station Etang des Salines). Les valeurs de saturation sont comprises entre $81,3 \pm 0,2$ et $106,3 \pm 0,6 \%$ à Trou Manuel et Etang des Salines, respectivement.

Indice / Indicateur 2013

D'après la grille de qualité définie en 2010/2011 pour cet indice/indicateur (Impact-Mer *et al.* 2011), les sites MET (référence et surveillance) sont, pour cette campagne 2013, en très bon état.

4.3 Indice / Indicateur Turbidité

Campagne 2013

En juillet 2013, les valeurs minimales de turbidité sont mesurées à la station Baie des Requins ($0,89 \pm 0,07$ FNU). Les valeurs maximales dépassent la limite de quantification (40 FNU) à la station Etang des Salines.

Depuis 2007, les mesures de turbidité varient dans une large gamme (0,4 – 40 FNU) aux stations des MET. Elles sont toujours maximales à la station Etang des Salines excepté en 2007 où elles dépassent la LQ (40 FNU) à la station Trou Manuel.

Indice / Indicateur 2013

D'après la grille de qualité définie en 2010/2011 pour cet indice/indicateur (Impact-Mer *et al.* 2011), les sites MET (référence et surveillance) sont, pour cette campagne 2013, en très bon état sauf la station Etang des Salines qui est en mauvais état.

4.4 Indice DIN

Campagne 2013

En juillet 2013, les concentrations en DIN sont très proches aux 4 stations MET suivies : elles varient de $2,1 \pm 0,1 \mu\text{M}$ (à Trou Manuel) à $2,4 \pm 0,2 \mu\text{M}$ (à la station Baie du Lamentin). L'ensemble des sites des MET présente donc des valeurs supérieures au seuil d'eutrophisation défini par Lapointe *et al.* (1993) pour le DIN ($1 \mu\text{mol l}^{-1}$).

Comme les années précédentes, ces concentrations sont essentiellement liées à la présence des nitrates (d'origine agricole et/ou eaux usées). Celles-ci sont comprises entre $1,8 \pm 0,1 \mu\text{M}$ (Baie du Lamentin) et $2,0 \pm 0,7 \mu\text{M}$ (Baie des Requins).

Les concentrations en nitrites sont généralement inférieures à la LQ ($0,03 \mu\text{M}$). Elles atteignent $0,2 \pm 0,3 \mu\text{M}$ à Etang des Salines. *Remarque* : les prélèvements ont été réalisés en triplicats. Seul un réplikat (N°3) présente une concentration en nitrites supérieure à la LQ, expliquant l'écart-type lié à cette moyenne.

Les concentrations en ammonium sont comprises entre la LQ ($0,1 \mu\text{M}$) et $0,6 \pm 0,3 \mu\text{M}$ (Baie du Lamentin).

Indice 2013

D'après la grille de qualité définie en 2010/2011 pour cet indice (Impact-Mer *et al.* 2011), l'ensemble des sites MET est, pour cette campagne 2013, en état moyen.

4.5 Indice phosphates

Campagne 2013

En juillet 2013, les concentrations moyennes en phosphates sont inférieures ou égales à la LQ ($0,05 \mu\text{M}$) aux stations Baie des Requins et Baie du Lamentin. Elles sont de $0,08 \pm 0,03 \mu\text{M}$ à la station Trou Manuel et de $0,86 \pm 1,41 \mu\text{M}$ à la station Etang des Salines.

Remarque : à Etang des Salines, un seul réplikat (N°3) présente une concentration supérieure à la LQ : $2,49 \mu\text{M}$.

Seuls deux répliquats (1 pour Etang des Salines et 1 pour Trou Manuel) présentent des concentrations supérieures au seuil d'eutrophisation défini par Lapointe *et al.* (1993) pour les orthophosphates ($0,1 \mu\text{mol l}^{-1}$).

Indice 2013

D'après la grille de qualité définie en 2010/2011 pour cet indice, les stations Baie des Requins, Baie du Lamentin et Trou Manuel sont, pour cette campagne 2013, en très bon état. La station Etang des Salines est en mauvais état pour cet indice.

4.6 Indicateur nutriments

L'indicateur nutriment est calculé en moyennant les indices DIN et phosphates préalablement transformés en EQR.

D'après la grille de qualité définie en 2010/2011, pour l'indicateur nutriments, les stations Baie des Requins et Baie du Lamentin sont, pour cette campagne 2013, en très bon état. La station Trou Manuel est en bon état. La station Etang des Salines est en état médiocre.

D. Volets 2 & 3 : Réévaluation des éléments nécessaires à la définition de l'état écologique partiel d'une ME littorale en Martinique

1 Rappels

L'évaluation de l'état écologique d'une masse d'eau nécessite la mise en place de différents éléments **adaptés à chaque type de masse d'eau** (Définition 3) :

1. Identification de **paramètres, de métriques et d'indices biologiques** représentatifs de l'état de santé de la masse d'eau
2. Identification de **paramètres** et de **métriques physicochimiques** soutenant ces éléments biologiques
3. Détermination de la **valeur de référence** c'est-à-dire de la valeur de l'indice en absence de perturbation anthropique
4. Classification de ces indices en 5 classes pour la biologie et en minimum 3 classes pour la physicochimie (grilles de lecture avec **valeurs seuils**)
5. Agrégation / combinaison de ces indices pour obtenir la classe de qualité de l'**indicateur** (1 pour chaque élément de qualité)

En outre, afin de pouvoir établir des comparaisons entre les états membres, les valeurs seuils doivent être « normées » sur une échelle allant de 1 (condition de référence) à 0 (mauvais état) ; ce sont les **EQR** (Ecological Quality Ratio).

Au niveau européen ces EQR ont fait l'objet d'une première phase d'inter-étalonnage des éléments biologiques qui s'est achevée en mars 2008. Cette première phase n'intégrait pas les DOM.

Remarque : Il n'existe pas de groupe d'intercalibration européen pour les paramètres physico-chimiques

Notons également que la notion d'indicateur au sens de la DCE est quelque peu différente de celle usuellement utilisée dans la littérature. Afin d'éviter toute confusion, on parlera, dans le présent document, de **bioindicateurs** lorsque l'on traitera « d'un organisme (ou d'un élément d'un organisme ou d'une communauté d'organismes) qui renseigne sur l'état et le fonctionnement d'un écosystème » et d'**indicateur** lorsque l'on traitera de « la combinaison de plusieurs indices pour évaluer un élément de qualité DCE ».

2 Historique :

L'analyse des données du réseau « référence » et de surveillance ainsi que l'analyse des quelques données historiques ont permis en 2009/2010 de mettre au point et de calculer des indices / indicateurs, des valeurs seuils, des valeurs de référence et enfin des EQR adaptés à chaque type de masse d'eau. Les éléments de qualité phytoplancton et physico-chimie générale ont été réévalués en 2010/2011 et les éléments de qualité communautés coralliennes ont été réétudiés et modifiés au cours de l'étude 2011/2012.

3 Méthodologie :

La méthodologie suivante a été appliquée :

- le test des seuils 2011/2012 pour les données de la campagne 2013
- le test des seuils 2011/2012 (grilles de qualité) pour les données de l'ensemble des campagnes de 2007 à 2013 : calcul des indices et indicateurs et agrégation des différents éléments
- l'analyse critique des classements obtenus (cohérence des classements des indices et indicateurs, cohérence par rapport aux observations de terrain et aux niveaux de pressions connus ou estimés)
- Réajustements éventuels des valeurs de référence, des valeurs seuils, des métriques et méthodes d'agrégation.

3.1 Test des seuils 2011/2012 pour les données de la campagne 2013

3.1.1 Eléments de qualité biologique des MEC : communautés coralliennes

Le Tableau 26 présente les résultats de la simulation du classement des différents sites DCE réalisée avec les **grilles et la méthodologie** (arbre de décision : Figure 13) **définies en 2012 pour les données de la campagne 2013**.

Rappel : le facteur « sédimentation » n'est pris en compte que pour les ME de type 1 (Baie)

Tableau 24 : Simulation de l'état biologique partiel des sites DCE (Données 2013, grilles de 2012)

Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Baie du Trésor (Type 1)			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,48	TBE	B → MOY
Indice « macroalgue »	0,10	B	
Sédimentation	Evaluation visuelle : FORTE → déclassement d'une classe		
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Banc Gamelle (Type 1)			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,19	MOY	MOY → MED
Indice « macroalgue »	0,05	TBE	
Sédimentation	Evaluation visuelle : FORTE → déclassement d'une classe		
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Ilet à Rat (Type 1)			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,26	BON	MOY
Indice « macroalgue »	0,24	MOY	
Sédimentation	Evaluation visuelle : « FAIBLE » → pas de déclassement		
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Baie du Marin (Type 1)			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,06	MED	MED → MAUV
Indice « macroalgue »	0,43	MOY	
Sédimentation	Evaluation visuelle : FORTE → déclassement d'une classe		
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Pinsonnelle			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,16	MOY	MED
Indice « macroalgue »	0,73	MAUV	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Caye Pariadis			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,003	MAUV	MAUV
Indice « macroalgue »	0,86	MAUV	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Loup Ministre			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,046	MAUV	MAUV
Indice « macroalgue »	0,67	MAUV	

Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Loup Garou			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,36	BON	MOY
Indice « macroalgue »	0,21	MOY	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Loup Caravelle			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,34	BON	MOY
Indice « macroalgue »	0,42	MED	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Cap Saint Martin			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,24	MOY	MOY
Indice « macroalgue »	0,08	TBE	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Cap Salomon			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,16	MOY	MOY
Indice « macroalgue »	0,01	TBE	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Fond Boucher			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,14	MOY	MOY
Indice « macroalgue »	0,10	B	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Corps de Garde			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,34	B	B
Indice « macroalgue »	0,016	TBE	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Pointe Borgnesse			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,14	MOY	MOY
Indice « macroalgue »	0,45	MED	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Rocher du Diamant			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,17	MOY	MOY
Indice « macroalgue »	0,38	MOY	

3.1.2 Eléments de qualité physico-chimique et biologique des MET : état écologique partiel des MET en 2013

A partir des grilles définies en 2010 (Impact Mer *et al.*, 2011) l'état écologique partiel des sites MET Baie des Requins, Trou Manuel, Baie du Lamentin a été défini pour la campagne 2013 (Tableau 25). L'état physico-chimique 2013 est donné à titre indicatif pour la station Etang des Salines.

Tableau 25 : Bilan des indices, indicateurs (en rouge), EQR et classements correspondants des sites de référence évalués uniquement pour la campagne de juillet 2013 (d'après les seuils 2010/2011)

Site	Code ME	Type ME	Type station	Nom indice indicateur	Valeur Indice ou indicateur	Valeur EQR	Classe	Etat écologique partiel 2013
Baie des Requins		8	Référence	M-AMBI		0,75	B	Bon
				Turbidité	0,89	1,12	TB	
				Oxygène dissous	6,36	0,76	TB	
				DIN	2,16	0,16	Moy	
				Phosphates	0,05	0,94	TB	
				Nutriments		0,55	TB	
Etang des Salines	FRJTC001	8	Surveillance	M-AMBI				Mauvais
				Turbidité	40,00	0,03	Mauvais	
				Oxygène dissous	6,77	0,81	TB	
				DIN	2,12	0,16	Moy	
				Phosphates	0,86	0,06	Mauvais	
				Nutriments		0,11	Méd	
Trou Manuel	FRJTC002	8	Surveillance	M-AMBI		0,77	B	Bon
				Turbidité	1,44	0,69	TB	
				Oxygène dissous	5,05	0,69	TB	
				DIN	2,08	0,60	Moy	
				Phosphates	0,08	0,17	TB	
				Nutriments		0,63	Bon	
Baie du Lamentin	FRJTC003	8	Surveillance	M-AMBI		0,67	B	Bon
				Turbidité	1,17	0,86	TB	
				Oxygène dissous	5,95	0,71	TB	
				DIN	2,38	0,15	Moy	
				Phosphates	0,05	1,00	TB	
				Nutriments		0,57	TB	

3.2 Test des seuils 2011/2012 (grilles de qualité) pour les données de l'ensemble des campagnes de 2007 à 2013

Rappel : Il n'est pas possible de déterminer l'état physico-chimique des MET pour 2007-2013 (cf. paragraphe B. 3.7.2 : Etat écologique partiel des ME pour 2007/2013).

3.2.1 Éléments de qualité biologique des MEC : communautés coralliennes

Le Tableau 26 présente les résultats de la simulation du classement des différents sites DCE réalisée avec les **grilles et la méthodologie** (arbre de décision : Figure 13) **définies en 2012 pour les données de l'ensemble des campagnes de 2007 à 2013.**

Rappel : le facteur « sédimentation » n'est pris en compte que pour les ME de type 1 (Baie)

Tableau 26 : Simulation de l'état biologique des sites DCE (Données : 2007 à 2013, grilles de 2012)

Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Baie du Trésor (Type 1)			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,46	TBE	TBE → BON
Indice « macroalgue »	0,068	TBE	
Sédimentation	Evaluation visuelle : FORTE → déclassement d'une classe		
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Banc Gamelle (Type 1)			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,21	BON	BON → MOY
Indice « macroalgue »	0,15	BON	
Sédimentation	Evaluation visuelle : FORTE → déclassement d'une classe		
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Ilet à Rat (Type 1)			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,32	BON	MOY
Indice « macroalgue »	0,27	MOY	
Sédimentation	Evaluation visuelle : « FAIBLE » → pas de déclassement		
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Baie du Marin (Type 1)			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,11	MOY	MOY → MED
Indice « macroalgue »	0,31	MOY	
Sédimentation	Evaluation visuelle : FORTE → déclassement d'une classe		
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Pinsonnelle			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,13	MOY	MED
Indice « macroalgue »	0,71	MAUV	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Caye Pariadis			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,03	MAUV	MAUV
Indice « macroalgue »	0,8	MAUV	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Loup Ministre			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,059	MED	MED
Indice « macroalgue »	0,69	MAUV	

Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Loup Garou

Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,32	BON	BON
Indice « macroalgue »	0,17	BON	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Loup Caravelle			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,34	BON	MOY
Indice « macroalgue »	0,42	MED	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Cap Saint Martin			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,24	MOY	MOY
Indice « macroalgue »	0,08	TBE	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Cap Salomon			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,19	MOY	MOY
Indice « macroalgue »	0,062	TBE	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Fond Boucher			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,18	MOY	MOY
Indice « macroalgue »	0,12	B	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Corps de Garde			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,41	B	B
Indice « macroalgue »	0,018	TBE	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Pointe Borgnesse			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,21	MOY	MOY
Indice « macroalgue »	0,40	MED	
Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes de la Station Rocher du Diamant			
Indices	Valeur de l'indice	Classe de l'indice	Valeur : Classe de l'indicateur
Indice « corail »	0,17	MOY	MOY
Indice « macroalgue »	0,38	MOY	

Remarque : En raison du changement de station effectué, les résultats de l'échantillonnage de la station Loup Caravelle (sauf suivi 2013), du Diamant (sauf suivi 2013), de Pinsonnelle 2009 et 2010 et de Ilet à Rat en 2010 n'ont pas été intégrés au calcul des différents indices « communautés coralliennes »

3.2.2 Éléments de qualité biologique des MET : endofaune

Le Tableau 27 présente les valeurs de l'indicateur M-AMBI et l'état biologique des stations considérées, sur la période 2008-2013. Pour rappel, les valeurs de la grille M-AMBI sont issues d'un travail de pré-intercalibration de l'écorégion nord-atlantique dans lequel les seuils pour l'Espagne ont été réajustés (Borja *et al.* 2007).

Tableau 27 : Indices AMBI et M-AMBI sur les données intégrées depuis 2008

Stations	AMBI	Diversité	Richesse	M-AMBI	Statut DCE
REQ	1.38	4.94	66	0.99	Très Bon
TMA	2.06	4.36	44	0.79	Bon
LAM	1.26	4.26	46	0.85	Très Bon

3.3 Analyse critique des classements obtenus et réajustements éventuels

3.3.1 Éléments de qualité biologiques des MEC : communautés coralliennes

L'analyse menée sur les données acquises entre 2007 et 2013 donne les résultats suivant pour les valeurs de classe de l'indicateur « communauté corallienne » :

- Bon : Loup Garou Baie du Trésor et Corps de Garde
- Moyen : Fond Boucher, Loup Caravelle, Rocher du Diamant, Cap Saint Martin, Cap Salomon, Banc Gamelle, îlet à Rat, Pointe Borgnesse
- Médiocre : Baie du Marin, Pinsonnelle, Loup Ministre
- Mauvais : Caye Pariadis

D'après notre connaissance des sites, et notre expertise, cette classification nous semble plutôt appropriée, sauf pour deux exceptions :

- Bien que présentant un indicateur de classe moyenne, les communautés de Cap Saint-Martin semblaient en moins bon état de santé que les autres stations de la même classe. Cela est dû au fait que l'indice « macroalgue » est très bon sur la station Cap Saint-Martin. Cependant, comme précisé dans les résultats, la communauté algale présentait beaucoup de spécimens dont la détermination a été difficile. En effet, de part leur taille <2 cm, il a été choisi de qualifier ces organismes de « turf » quand bien même certaines espèces macroalgales étaient différenciables, résultant par conséquent dans un indice « macroalgues » Très Bon. Il sera nécessaire dans le futur de travailler sur un indice turf, ou retravailler l'indice macroalgue de manière à ce que celui-ci prenne en considération ce groupe.
- Le site de Cap Salomon quant à lui présente un indicateur moyen, alors que son état de santé semble meilleur que les autres sites. Ceci est dû à la configuration géomorphologique du site. En effet, comme rappelé dans le matériel et méthode, ce site n'est pas bioconstruit, mais présente des communautés coralliennes qui croissent sur des blocs rocheux. Ce site est très différents des autres, et il semble difficile d'appliquer des calculs basés sur des métriques définies pour des récifs bioconstruits.

3.3.2 Éléments de qualité physico-chimique des MET

Le classement des sites MET pour les éléments de qualité physico-chimique 2013 peut sembler inadapté au regard de la nature des sites, en particulier pour l'indicateur turbidité (Tableau 25). En effet, en 2013 ce dernier n'est pas déclassant pour les sites Trou Manuel et Baie du Lamentin, généralement plus turbides que le site de référence Baie des Requins (Tableau 28).

Cette campagne 2013 n'est pas comparable aux suivis précédents, pour lesquels les grilles de qualité s'étaient révélées pertinentes. Aussi :

- le calcul des indicateurs n'a pas été réalisé sur l'ensemble des données 2007-2013
- les grilles ne peuvent pas être ré-évaluées cette année pour les MET.

D'autre part, ces résultats pour la campagne 2013 ne présument pas du classement des sites calculé sur la durée du plan de gestion.

(Rappel : une fréquence trimestrielle est recommandée pour le suivi des paramètres physico-chimiques).

Tableau 28 : Gamme de variation de la turbidité (FNU) aux sites MET lors des campagnes DCE 2007 à 2013

	Turbidité (FNU) : Min - Max (moyenne)	Période concernée
Baie des Requins	0,53 – 3 (1,41)	Juin 2007 – juillet 2013
Etang des Salines	20 – 40 (34,6)	Octobre 2007 – juillet 2013
Trou Manuel	0,39 – 40 (5,6)	Octobre 2007 – juillet 2013
Baie du Lamentin	1,10 – 15 (4,5)	Octobre 2007 – juillet 2013

Remarque : tout comme en métropole, l'indicateur phytoplancton a été jugé non pertinent pour les MET martiniquaises. L'ajout de cet élément de qualité biologique aux suivis des MET pourrait être re-discuté pour les campagnes à venir.

3.3.3 Eléments de qualité biologique des MET : endofaune

L'état des lieux 2013 effectué sur les 3 stations DCE des MET permet de compléter les connaissances sur les masses d'eaux de transition de la Martinique. L'étude 2013 permet de dégager les principaux points suivants :

- Le suivi DCE effectué au cours de 5 campagnes en Martinique permet de disposer d'un jeu de données de qualité et exploitable pour mener à bien une réflexion sur les masses d'eaux de transition étudiées.
- L'analyse de la structure des communautés (biomasse, densité, richesse spécifique, taxonomie) montre qu'il existe des variations spatiales et temporelles de la macrofaune endogée. En revanche, les indices AMBI et M-AMBI sont stables au cours du temps, ce qui indiquerait plutôt une certaine stabilité dans la structure des communautés.
- Selon notre connaissance des sites, M-AMBI ne serait pas suffisamment sensible pour refléter les différences attendues entre la station de référence (Baie des Requins) faiblement anthropisée et les stations Trou Manuel et Baie du Lamentin, soumises aux apports de bassins versants plus anthropisés. En effet, il classe les stations en bon ou en très bon état (qu'il soit calculé sur l'ensemble des données ou par campagne).

E. Discussion et recommandations

Remarque : certaines de ces recommandations ont déjà été exprimées dans les rapports précédents

1 Généralités sur les communautés coralliennes des stations DCE Martinique

1.1 Des forts pourcentages en recouvrement coralliens

Les communautés coralliennes échantillonnées en Martinique présentent pour certaines d'entre elles des pourcentages de recouvrement corallien forts en comparaison avec d'autres sites de la Caraïbe.

En effet, de nombreux suivis menés dans les Caraïbes ont montré une diminution des pourcentages de recouvrement corallien avec des taux maximums inférieurs à 30 % dans de nombreux pays : 29 % au Panama, 28 % au Mexique, 26.1 % dans les îles Vierges, 26 % au Costa Rica, 24.5 % à Anguilla, 24 % au Honduras, moins de 20% au Guatemala, à Antigua, à St Eustache et à Trinidad and Tobago (Wilkinson 2008) ; alors que sur les 15 stations échantillonnées dans le cadre de la DCE Martinique, 4 présentent des pourcentages de couvertures coralliennes > à 30% (Baie du Trésor : 42%, Loup Caravelle : 34%, Loup garou : 33% et Corps de Garde 32%).

1.2 Un phénomène de phase shift marqué

La dégradation des récifs coralliens entraîne parfois une diminution des recouvrements en coraux au profit de macroalgues. Ce phénomène est qualifié de phase shift dans la littérature (Knowlton 1992). Bien que cette dominance macroalgale ne soit pas la seule issue possible à la dégradation des récifs (Bruno *et al.* 2009), plusieurs sites échantillonnés dans le cadre de la DCE Martinique présentent des populations macroalgales particulièrement denses. C'est le cas de :

- Caye Pariadis (84% de macroalgues non calcaires) et Loup Ministre (57% de macroalgues non calcaires) qui présentent des populations de Sargasses importantes et pourraient désormais être qualifiés d'algues et non plus de récifs coralliens. Ce phénomène de colonisation d'anciens récifs par les Sargasses a été noté sur plusieurs côtes au vent des îles de la Caraïbe
- Pinsonnelle (63% de macroalgues non calcaires) ; Pointe Borgnesse (40% de macroalgues non calcaires) et Loup Caravelle (40% de macroalgues non calcaires), qui présentent des proportions importantes de Dictyota. Contrairement aux stations précédemment citées, ces dernières ne sont pas dans la configuration « champ » de macroalgues mais semblent plutôt dans un état intermédiaire
- Le Rocher du Diamant qui présente les deux faciès de « communauté dominée par les coraux » et « communauté dominée par les macroalgues ». Cette station présente, comme les stations Atlantique des « champs de Sargasses ».

2 Découpage des masses d'eau et pertinence des sites de référence et de surveillance

La **typologie des ME** a pour objectif « de regrouper des milieux aquatiques homogènes du point de vue de certaines **caractéristiques naturelles** (relief, géologie, climat, géochimie des eaux, débit, ...) qui ont une influence structurante sur la répartition géographique des organismes biologiques. Son principal enjeu concerne la définition des conditions de référence à partir desquelles seront établis les états écologiques (écarts à la référence), dont le bon état écologique » (Parlement Européen & Conseil De L'union Européenne 2000).

En outre, conformément aux prérogatives de la DCE, la **délimitation des ME** a été effectuée en Martinique sur la base des **caractéristiques naturelles** puis sur l'estimation des **pressions** subies par chaque secteur prédéfini. Il a également été pris en compte l'emprise spatiale de chaque ME afin que cette dernière soit compatible avec une échelle de gestion opérationnelle au sein de chaque district hydrographique. Ainsi, une masse d'eau doit représenter une entité géographique relativement « homogène » afin de constituer une unité de gestion cohérente.

Enfin, d'après le Meddtl 2011 :

« Les masses d'eau littorales rassemblent les masses d'eau côtières et les masses d'eau de transition :

- Masse d'eau côtière : entre **la côte et une distance d'un mille marin** ;

- Masse d'eau de transition : eaux partiellement salines, à proximité des embouchures de rivières ou de fleuves, mais qui restent fondamentalement influencées par des courants d'eau douce. »

Sur cette base différentes remarques peuvent être faites :

- Plusieurs sites et limites de ME côtières martiniquais sont à une **distance supérieure à 1 mille nautique des côtes**, en revanche elles sont à moins de 1 mille de la « ligne de base ».
- Les sites de **type 4** qui regroupent une seule ME (FRJC 004) semblent **peu homogènes en termes de caractéristiques naturelles** (géomorphologie notamment, Cf. Figure 101). Ainsi, les sites de Loup Caravelle (type 4) et Loup Ministre (type 2), distants de 2,5 km, semblent présenter des caractéristiques naturelles plus proches que les sites de Loup Caravelle et Cap St Martin appartenant pourtant à la même ME → nécessité de scinder la masse d'eau « FRJC004 » et de réétudier les caractéristiques naturelles du type 4 ?

Rappel : En octobre 2007, le site de référence des ME de type 4 était Cap St Martin et le site de surveillance était un site situé dans le Nord du Lorrain. En raison des conditions de mer rendant le site difficile à échantillonner, le site de Loup Caravelle a été préféré à celui de Nord Lorrain. En 2009, le site de Loup Caravelle a été intégré au réseau de référence à la place de Cap St Martin.

- Les sites de la masse d'eau FRJC002 présentent des divergences géomorphologiques, influençant probablement la composition benthique. Ils sont par conséquent difficilement comparables. Le site de Cap Salomon est un ensemble d'éboulis rocheux (type granitique) entremêlé de zones de sable, alors que le site de Fond Boucher est une pente rocheuse d'origine volcanique. La géomorphologie des sites sud et nord étant très différente, il paraît difficile d'avoir un site de référence dans le sud caraïbe pour l'ensemble de la masse d'eau.
- Enfin et surtout, il est nécessaire dans les plus brefs délais **d'acquérir des connaissances complémentaires sur la courantologie, la nature et le niveau de pression**, etc. des ME pour arrêter le choix des sites de référence et de surveillance.

Dans ces prochaines années, le découpage des ME devra être rediscuté à la lumière des nouvelles données acquises.

Le réseau de référence et surtout de surveillance doit être définitivement validé en Comité de pilotage.

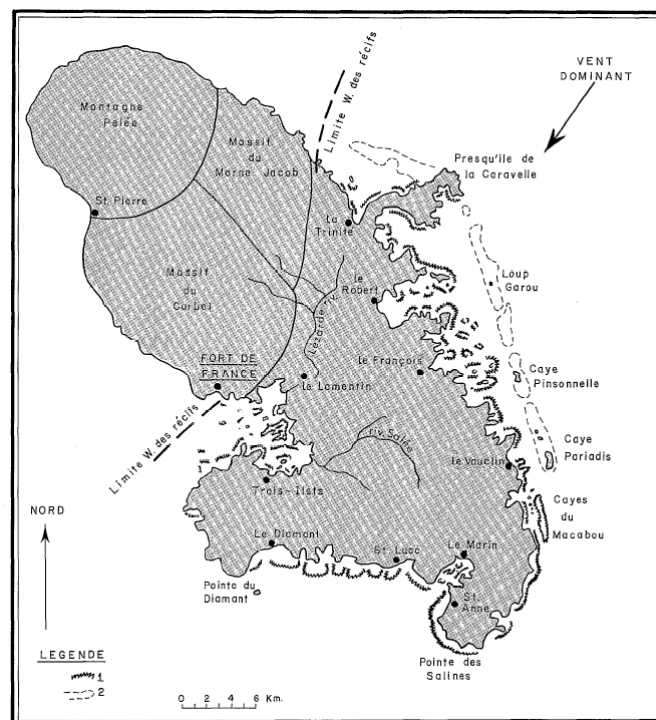


Figure 101 : Localisation des récifs coralliens martiniquais. 1 : Récifs frangeants, 2 : récif barrière (Extrait de : Battistini 1978)

3 Méthodologies de suivis des sites : remarques et propositions

3.1 Stations d'échantillonnage et répliqués

Mise en place de transects pérennes

Le suivi conduit en 2013 était le premier après la mise en place des transects pérennes en 2011/2012. Le bilan est plutôt positif dans la mesure où tous les transects (sauf Cap St Marin) ont été retrouvés. Seulement 2 d'entre eux ont été retrouvés partiellement. La technique choisie afin de permettre un marquage ne dénaturant pas le paysage sous marin semble donc intéressante. Les crampillons ont été retrouvés sur les sites coralliens et ont permis de réaliser un suivi robuste dans la mesure où ils permettent un marquage avec une fréquence de 1-2 m (ce qui n'est pas le cas avec l'installation classique de piquets). Cependant, les crampillons n'ont pas été retrouvés dans les algues où la canopée algale dense les recouvre.

Il est important de souligner que, pour assurer la pérennité des échantillonnages, ces transects devront être suivis et réparés régulièrement. Nous préconisons deux fois par an pour les stations soumises à un fort hydrodynamisme, c'est-à-dire les stations atlantique du large (Caye Pariadis, Pinsonnelle, Loup Ministre, Loup Caravelle et Loup Garou), et une fois par an pour les baies et les sites caraïbe. En effet, certaines stations du large Atlantique n'ont été que partiellement retrouvées et les autres présentaient des piquets fragilisés avec des fortes marques de corrosions (probablement dû au fait qu'ils bougent sous l'effet de la houle et sont abrasés par le récif à leur point d'ancrage).

Il serait également souhaitable de prévoir pour les sites les plus exposés l'installation d'un transect avec scellement physique + chimique et des piquets de diamètre plus gros. En effet, il avait été choisi dans un premier temps d'installer des transects peu onéreux et peu dénaturant pour le paysage, afin de préserver les sites de plongée (activité de loisir importante en Martinique). Cependant, les sites atlantiques ne sont pas fréquentés par les clubs de plongée (ou de manière très anecdotique).

Recaler la profondeur des différentes stations

Pour un type de masse d'eau donné, il est important de réaliser un échantillonnage à des profondeurs équivalentes afin de pouvoir comparer les stations référence et surveillance. En effet, la profondeur est un facteur important pour la structure et la composition des peuplements benthiques (herbiers et communautés coralliennes surtout). Si le réseau de référence subsiste, il est donc proposé de modifier, dans la mesure du possible, le positionnement de certaines stations surveillance (herbiers et communautés coralliennes) afin qu'elles soient à **des profondeurs comparables à celles des stations de référence**. Cette année, la station Cap Saint martin a été recalée pour être plus « DCE compatible » et comparable avec l'ensemble des stations (environ à 7 m de profondeur), mais la profondeur est plus faible qu'à la station de référence Loup Caravelle (16 m).

3.2 Échelle temporelle

Fréquence et période d'échantillonnage du benthos (communautés coralliennes, herbiers et endofaune)

En milieu corallien, la fréquence d'échantillonnage nécessaire à la détection de changement dans la couverture du substrat et la composition spécifique est de 6 mois. Cependant en cas d'événement exceptionnel (blanchissement, cyclone...), l'échantillonnage doit être réalisé le plus rapidement possible (Coyer *et al.* 2003).

Pour ces raisons :

- une étude complémentaire doit être effectuée pour identifier s'il y a en Martinique une variation saisonnière des éléments benthiques (macroalgues surtout) et ainsi sélectionner la période d'échantillonnage la plus adaptée. En particulier pour les sites exposés à de fortes pressions (bassin versant très arrosé et/ou sources de pollution plus ou moins saisonnières type distilleries) ;
- Pour limiter ce biais, il est recommandé¹ de réaliser les échantillonnages du benthos durant l'intersaison. Cette année, le suivi a eu lieu aux mois de juillet - août. Les conditions météorologiques étaient exceptionnellement bonnes pour la saison (faible houle, peu de pluies). Aussi, afin d'éviter également la période des alizés, **la période entre avril et juin semble la plus propice** ;
- en cas de blanchissement important durant l'échantillonnage DCE, un nouveau suivi doit être réalisé 6 mois après (ou 1 an après si la fréquence d'échantillonnage retenue est de 3 ans) pour permettre

¹ Recommandation également émise par les experts lors de l'atelier DCE de février 2012 (MNHN, ONEMA)

d'évaluer la capacité de résilience de l'écosystème à court terme (en lien avec son état de santé initial). Ce sont les résultats de cette 2^{ème} campagne qui seront intégrés au calcul des métriques DCE.

→ Cependant, la période la plus marquée par le blanchissement en Martinique est août-octobre (soit en dehors des périodes d'échantillonnage préconisées).

Ces mêmes recommandations sont valables pour l'étude de la faune endogée.

Ainsi, en l'absence de données historiques sur les éléments benthiques, **il est préconisé d'augmenter, dans les premières années de la DCE, la fréquence d'échantillonnage du benthos des stations référence ET surveillance (au moins 1 fois par an)**. Ceci permettra également un traitement statistique plus robuste.

Respecter un pas de temps trimestriel pour les paramètres physicochimiques des MET

Les campagnes devraient être réalisées tous les trimestres (mars, juin, septembre et décembre), comme pour les MEC.

En effet, le milieu marin tropical insulaire est un système où il est observé, par exemple, des pulses de nutriments liés notamment à de gros épisodes pluvieux. La fréquence actuelle d'échantillonnage des paramètres physico-chimiques dans les MET ne permet pas de rendre compte de la qualité du milieu.

Pour certains paramètres mesurés *in situ*, comme la température, la salinité, ou la turbidité, une fréquence plus importante (voire des mesures en continu) pourrait être envisagée afin de détecter un phénomène de blanchissement ou les apports du bassin versant.

3.3 Protocole d'échantillonnage terrain

Communautés Coralliennes

Plusieurs hypothèses sont envisageables pour expliquer les disparités observées entre les années 2007 à 2013 pour les communautés coralliennes : variations inter-annuelles d'origines naturelles et/ou anthropiques, variation intra-site, biais opérateur, passage des données formatées IFRECOR au format DCE, etc. L'expérience acquise au cours de ces dernières années et l'adaptation progressive du protocole (passage à un échantillonnage *stricto sensu* DCE) devraient permettre de limiter les biais de l'échantillonnage dans l'avenir.

La mise en place des transects pérennes en 2012 a permis sur la plupart des stations de limiter le biais lié à une variation intra-site. La pérennisation de ces transects est primordiale pour le suivi des années à venir.

En accord avec les observations terrain et les recommandations des experts, de nouveaux paramètres ont été échantillonnés afin de qualifier au mieux l'état de santé des récifs coralliens martiniquais. Le nouveau protocole a donc intégré :

- Une détermination systématique de tous les genres (algues + coraux) rencontrés le long du transect (réalisée par nos experts benthologues). Quelques espèces ont été identifiées sur support photographique lorsque des doutes subsistaient.
- La méthode du point intercept ne donnant qu'une idée du pourcentage de recouvrement des espèces (une espèce peut être présente sur plusieurs points échantillonnés), il a été choisi cette année de comptabiliser les colonies adultes dans un couloir le long du transect¹. Cependant cette méthode ne semble pas convenir pour les sites étudiés. En effet, plusieurs problèmes ont été rencontrés :
 - Il est impossible de distinguer des colonies distinctes dans des « champs » de *Porites porites* ou *Madracis mirabilis*. Par défaut ces « champs » ont été considérés comme une seule et même colonie. Ainsi, sur le site de la Baie du Trésor, la densité corallienne est très faible alors que de nombreuses colonies de *M. mirabilis* et *P. porites* sont probablement présentes. Par conséquent, cet échantillonnage semble peu fiable dans certains cas.
 - Il est impossible lorsqu'une colonie corallienne est dégradée et présente des « patches » de tissus encore vivants de déterminer si ces derniers sont en fait issus d'une seule colonie qui s'est nécrosée au cours du temps (soit 1 colonie) ou s'ils sont le résultat d'une colonisation récente des parties nécrosées par de nouveaux juvéniles (plusieurs colonies). Il est par conséquent impossible de déterminer si cela forme une ou des colonies coralliennes. Ce cas de figure est présent sur de nombreux sites, notamment sur le site de Pointe Borgnesse où d'anciennes colonies de *O. annularis* sont presque complètement mortes mais présentent encore quelques petits « patches » vivants.

¹ Recommandation également émise par les experts lors de l'atelier DCE de février 2012 (MNHN, ONEMA)

- Enfin cette méthode est difficilement applicable en cas de forte houle. En effet, il est possible dans des conditions de mer difficile de noter des PIT, ou de suivre dans des couloirs des espèces qui sont peu abondantes (cas des oursins), cependant cela s'avère compliqué pour ce qui est de la densité corallienne.

Bien que ce protocole semblait pertinent pour compléter l'échantillonnage les résultats présentés dans ce dossier ne nous semblent pas robustes pour être exploités. Il serait peut être nécessaire dans l'avenir d'abandonner cette méthode ou de ne se focaliser que sur certaines espèces. Parmi les espèces présentes, les coraux de type cerveau (*Diploria*, *Meandrina*...) sont ceux qui semblent les plus adaptés à l'application de ce protocole : facilité pour les identifier et identifier les contours de la colonie, présence sur de nombreux sites...

- La résilience récifale passe nécessairement par un recrutement corallien. Déterminer la densité en juvéniles permet de mieux appréhender la capacité de résilience de la station. Ce protocole a pu être réalisé sans problème sur le terrain. Cependant, l'intégration de ce paramètre quantitatif dans une évaluation type DCE est discutable dans la mesure où le recrutement ne dépend pas uniquement de la qualité de la masse d'eau mais également des flux larvaires.
- Le blanchissement corallien et toutes les nécroses ont été notées cette année. Le suivi le long du transect pérenne était réalisé par 3 observateurs. Il s'est avéré après les échantillonnages qu'il existait probablement un biais observateur. En effet, s'il est aisé de noter un blanchissement, il est moins facile de faire la distinction entre une nécrose récente et une un peu plus ancienne.

Les algueraies

Pour les écosystèmes de type « algueraie¹ », (ME de type 2 surtout), il semble nécessaire d'adapter /changer de protocole voire d'indices afin de refléter au mieux les changements de l'écosystème. En effet, le protocole appliqué, et par conséquent la détermination de l'état de santé de la communauté observée est adapté aux peuplements coralliens. Ces écosystèmes atlantiques semblent être désormais passés dans un état stable de communautés algales et ne retrouveront probablement pas un état dominé par le corail. L'application d'un protocole « corallien » dans ces écosystèmes entraîne nécessairement leur classification en mauvais état, alors que les algueraies (notamment de sargasse) sont des écosystèmes qui peuvent avoir un rôle « positif » de nurserie, de nourrissage, de substrat pour les épiphytes, de protection contre la prédation (Godoy & Coutinho 2002, Leite & Turra 2003, Mcclanahan *et al.* 1994, Rossier & Kulbicki 2000). La sargasse est considérée comme une espèce ingénieur de l'écosystème (organisme qui module directement ou indirectement les ressources pour les autres espèces, causant un changement de l'état physique des matériaux biotiques ou abiotiques.) En faisant cela, ils modifient, maintiennent ou créent des habitats (Jones *et al.*, 1994).

Les possibilités de réversibilité du phénomène de *phase shift* restent inconnues et il apparaît comme réducteur de classer les ME correspondant à ces écosystèmes en mauvais état pour des dégradations qui sont survenues il y a quelques dizaines d'années. En effet, Battistini (1978) avait déjà observé les champs de sargasses sur la côte atlantique. Ces zones ne sont peut-être plus soumises aux mêmes pressions anthropiques aujourd'hui. Un suivi adapté aux populations algales semble intéressant et nécessaire pour observer les changements temporels mais des paramètres complémentaires devraient être envisagés pour qualifier l'état de santé de ce type de masse d'eau.

Autres suivis possibles

Les récifs coralliens sont soumis à plusieurs stress, parmi lesquels les pressions de pêche, les apports terrestres (nutriments, sédimentation, ...), le changement climatique. L'importance relative de l'impact de ces facteurs sur les communautés coralliennes reste débattue, mais de nombreuses publications récentes, basées sur la modélisation, suggèrent que la diminution en herbivores serait le facteur le plus important (Renken *et* Mumby, 2009). Bien que l'abondance et la diversité en poissons ne soit pas pris en compte dans le suivi DCE dans les Antilles françaises, leur prise en compte est inévitable pour comprendre la dégradation récifale, discriminer les sources de pression et interpréter au mieux les données. La Martinique est victime de pression de pêche très forte qui pourrait en partie expliquer la dégradation du benthos récifal. Tenter de définir un état biologique de la masse d'eau sur la seule base de l'état de santé du benthos et du phytoplancton semble donc réducteur.

¹ c'est-à-dire que l'élément structurant n'est pas le corail mais les algues (Sargasses en général)

3.4 Bancarisation des données brutes 2013

QUADRIGE 2 étant en cours d'adaptation pour la bancarisation des données « communautés coralliennes » et « endofaune » dans les DOM, les données brutes sont stockées depuis 2007 dans des fichiers EXCEL qui ne sont pas directement exportables vers cette base de données. Une solution intermédiaire pourrait être envisagée pour la bancarisation des données de communautés coralliennes à travers le logiciel COREMO 3. En effet, QUADRIGE 2 devrait intégrer à terme un module d'importation des données stockées dans COREMO 3.

Quel que soit le moyen identifié, la quantité de données brutes commence à être préoccupante et une bancarisation efficace doit être rapidement mise en place afin de pouvoir comparer, combiner, et exploiter les données, et permettre d'affiner l'interprétation des données et la construction des indices, indicateurs et grilles de qualité.

4 Pertinence des paramètres, des métriques et des indices

Une multitude de paramètres / métriques / indices ont été identifiés dans la littérature pour les différents écosystèmes suivis. La question était de savoir lesquels de ces indices étaient les plus pertinents pour rendre compte des pressions existantes. Cependant, en l'absence de certitudes concernant les conditions de référence et la présence d'une ou de perturbation(s) avérée(s), cet exercice s'est révélé délicat. Pour ces raisons, l'approche bibliographique et l'expertise ont été privilégiées.

Ainsi, lors de cette étape, il a été retenu des éléments :

- Facilement applicables en Martinique d'une part (possibilité de traiter les échantillons localement notamment) ;
- Adaptés à un suivi pérenne (coût modéré des analyses, « facilité » de l'échantillonnage, etc.)
- Pertinents dans un contexte insulaire tropical
- Pouvant être reliés à une ou plusieurs pressions quand cela était possible.

Pour ce dernier point, la place et/ou la part des différentes pressions dans la dégradation des écosystèmes semble à l'heure actuelle très difficile à évaluer.

La pertinence de ces grandeurs avait déjà été discutée dans plusieurs précédents rapports DCE (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2010). L'application des métriques développées en 2009 ne donnait plus des résultats satisfaisants pour les communautés coralliennes en 2011. En effet, le site obtenant le meilleur indice était le site de Banc Gamelle qui est hypersédimenté. De nouveaux indices et nouvelles métriques ont été développés en 2011 pour les communautés coralliennes et ont été conservés cette année (Impact Mer et Pareto, 2012). La méthodologie développée en 2011 a été conservée cette année.

5 Conditions de référence et définition des grilles de qualité (valeurs seuils)

Même si *a posteriori* l'identification de certaines ME ne semble plus justifiée, le travail de définition des seuils a été réalisé, dans la mesure du possible par type de ME, conformément au CCTP. Cependant, des regroupements ont été réalisés afin d'avoir une certaine cohérence avec la vérité terrain.

Comme souligné les années précédentes, les sites identifiés dans le réseau de référence ne semblent pas être des sites « référence » au sens strict de la DCE : toutes ces stations montrent des signes de perturbations plus ou moins marqués.

Ainsi, à l'exception de l'endofaune, l'ensemble des valeurs de référence et des valeurs seuils définies dans le présent document ont été déterminées à partir de l'analyse conjointe des données bibliographiques de la région Caraïbe, de l'expérience DCE de métropole et d'une connaissance globale des écosystèmes martiniquais.

En effet, en l'absence de sites de référence, de données historiques disponibles et de connaissances plus approfondies sur les sources de pressions et surtout sur leur influence sur les éléments biologiques, cette démarche est la seule qui puisse être adoptée en Martinique.

Remarque : en métropole et dans les autres états membre, la problématique de « stations de référence » qui n'étaient pas « non perturbées » s'est également posée. Dans plusieurs cas, la définition des conditions de référence a tout de même été réalisée à partir des données recueillies dans ces stations (peu perturbées) en prenant :

- Les meilleures valeurs obtenues pour chaque métrique (notion de « site optimal théorique ») : démarche adoptée par Gobert et al. 2009 (herbiers, France-Méditerranée)
- Données historiques + avis d'expert pour ré-affiner les valeurs : démarche adoptée par Foden 2007 (Hollande) / même valeur de référence pour tous les types de masses d'eau.

Ce travail pourrait être éventuellement complété par des données historiques non publiées (peut-être disponibles au sein de l'UAG ou autres).

Le point sur les sites de « référence » :

- Le choix initial des stations de référence ne s'est pas basé sur un travail de prospection (travail très long et coûteux) mais sur les connaissances très ponctuelles en 2005 (bibliographie, expert) recueillies auprès des différents acteurs du milieu marin en Martinique (absence de cartographie des biocénoses, peu de données de terrain, connaissances ponctuelles des courants, connaissance partielle des pressions littorales, etc¹). Ainsi, il serait peut-être nécessaire de **réaliser ce travail de prospection** afin de sélectionner des stations en meilleur état et ainsi de se rapprocher au mieux des « conditions de référence » (voir par exemple si Caye d'Olbian, nouvelle station IFRECOR en 2010, ne serait pas en « meilleur état » que Corps de Garde).
Notons cependant que, même si ce travail de prospection est réalisé, il semble très difficile voire impossible qu'une station du proche littoral ne subisse pas d'influence anthropique². Par conséquent, il semble **très hasardeux de penser que l'on puisse trouver une station côtière de « référence » au sens de la DCE en Martinique**.
- Malgré ces éléments, il apparaît que le **suivi de ces stations reste un élément intéressant à poursuivre dans l'avenir** afin d'affiner les valeurs de référence, les valeurs seuils et les EQR. Même si l'on ne peut pas déduire directement de ces suivis les valeurs de référence, **ces stations restent un bon « référentiel »**.

Cas de l'endofaune

La limite de très bon état considérée par le logiciel AZTI est la « meilleure » valeur obtenue pour le jeu de donnée considéré. Dans la mesure où ces sites (référence et surveillance) subissent des pressions, les conditions de référence considérées ne correspondent pas à des conditions non perturbées. Avec ce réglage par défaut, la classification via AMBI des 3 stations DCE est donc « biaisée » et semble « favoriser » des sites peu perturbés.

De manière générale, pour l'ensemble de ces indices / indicateurs, il apparaît nécessaire d'adopter une démarche multivariée (analyse multifactorielle) pour permettre de relier tous ces éléments plus finement à l'état de santé du milieu.

Il apparaît particulièrement pertinent d'intégrer la Guadeloupe dans cette démarche de mise au point d'indice, d'indicateurs etc. De manière générale ce travail statistique et de collaboration inter-île ne pourra être réalisé qu'avec l'accumulation de données complémentaires fiables sur l'ensemble de ces éléments de qualité. Cela nécessite l'utilisation de méthodologies identiques :

- de suivi et de traitement des données : partenariat des DEAL, d'Impact Mer et de Pareto dans ce sens
- d'analyse des échantillons hydrologiques : l'inter-calibration entre les laboratoires d'analyse doit être réalisée et validée statistiquement pour permettre la mutualisation des données DCE

¹ Soulignons que les communautés coralliennes sont particulièrement sensibles à l'hydrodynamisme et que les courants côtiers sont très complexes sur une côte découpée comme celle de la Martinique.

² Rappelons que la Martinique est une île tropicale au littoral très urbanisé avec des bassins versants pentus soumis à des pluies saisonnières abondantes.

6 Méthodes d'agrégation

6.1 Indicateurs Communautés Coralliennes

En 2011/2012, l'indicateur « communautés coralliennes » a été construit selon un arbre de classification.

Ce mode d'agrégation semble, à l'heure actuelle, donner des résultats intéressants pour les données martiniquaises.

Ces méthodes d'agrégation devront être confirmées dans l'avenir car l'arrêté ministériel (Meeddm 2010b) précise que l'état d'un élément de qualité biologique (phytoplancton, communautés coralliennes et herbier) est défini selon le principe du **paramètre déclassant**, c'est-à-dire qu'il correspond à la plus basse des valeurs de l'état des paramètres/indices constitutifs de cet élément de qualité.

De plus, l'indice biologique (communauté corallienne) est intégrateur et représente une dégradation à long terme. Ce qui n'est pas le cas des observations ponctuelles de phytoplancton. Il est évident qu'une observation de ces communautés est primordiale pour suivre l'évolution des peuplements benthiques à l'échelle de la Martinique et envisager des mesures de protection. Cependant, leur agrégation avec les paramètres biologiques ponctuels devrait être discutée (poids de chaque indice dans la création de l'indice final).

6.2 Indicateurs M-AMBI

L'indicateur « Endofaune » retenu en Martinique est l'« l'indice¹ » M-AMBI (défini comme un EQR pouvant être inférieur à 0 et supérieur à 1) calculé grâce au logiciel AZTI développé à cet effet. M-AMBI est également utilisé en métropole comme indicateur DCE (Mer du Nord Manche et Atlantique : MEEDDM 2010b).

Cet indicateur a été calculé (analyse factorielle) pour la première fois en Martinique en 2009 et ne semble pas donner de résultats suffisamment discriminants pour détecter un certain niveau de pressions. Ceci pourrait être lié à l'utilisation :

- de valeurs de référence pour les indices AMBI, richesse spécifique et diversité ;
- ET/OU d'une grille de qualité M-AMBI

peu adaptées aux conditions locales.

¹ Au sens de la DCE, M-AMBI est un indicateur (synthèse d'indices) et non pas un indice.

F. Bibliographie

- Asconit Consultants, Impact Mer, 2005a. Etat des lieux du district hydrographique de la Martinique. Tome 1 Caractérisation du District. Rapport pour: DIREN Martinique, Comité de Bassin de la Martinique, ODE Martinique, 205 pp.
- Asconit Consultants, Impact Mer, 2005b. Etat des lieux du district hydrographique de la Martinique. Tome 2 Description des masses d'eau. Rapport pour: DIREN Martinique, Comité de Bassin de la Martinique, ODE Martinique, 56 pp.
- Battistini, R., 1978. Les récifs coralliens de la Martinique. Comparaison avec ceux du sud ouest de l'Océan Indien. Cahiers ORSTOM, Série Océanographie, 16 (2): 157-177.
- Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y., 1998. Etat des récifs coralliens en Martinique. In: Gabrié, C (Ed) Etat des récifs coralliens dans la région Caraïbe Université des Antilles et de la Guyane: 56.
- Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y., Louis, M., 2004. Critères d'évaluation de la dégradation des communautés coralliennes dans la région Caraïbe. Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie), 59 (1-2): 113-121.
- Bruno, J.F., Sweatman, H., Precht, W.F., Selig, E.R., Schutte, V.G.W., 2009. Assessing evidence of phase shifts from coral to macroalgal dominance on coral reefs. Ecology, 90 (6): 1478-1484.
- Coyer, J., Steller, D., Witman, J., 2003. The underwater catalog: a guide to methods in underwater research. Bull(US), 99: 72-80.
- Daniel, A., Soudant, D., 2009. Évaluation DCE avril 2009. Élément de qualité : température. DYNECO/PELAGOS/09.03. IFREMER / DYNECO / PELAGOS & VIGIES, 97 pp.
- Foden, J., 2007. Assessment metrics for littoral seagrass under the European Water Framework Directive; outcomes of UK intercalibration with the Netherlands. Hydrobiologia, 579 (1): 187-197.
- Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-Raimondino, V., Andral, B., Chery, A., Lejeune, P., Boissery, P., 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the Posidonia oceanica Rapid Easy Index: PREI. Marine Pollution Bulletin, 58 (11): 1727-1733.
- Godoy, E.a.S., Coutinho, R., 2002. Can artificial beds of plastic mimics compensate for seasonal absence of natural beds of *Sargassum furcatum*? J Mar Sc, 59: 111-115.
- Guillaumont, B., Gauthier, E., 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos marin. Rapport des projets REBENT et « Soutien à la DCE », . Ifremer/RST/Dyneco/Vigies/05-11, 27 (+ Annexes) pp.
- Impact Mer, 2006. Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique. Rapport Définitif. Rapport pour: DIREN Martinique, 76 (+ Annexes) pp.
- Impact Mer, 2011. Validation technique de la mise en place de 2 transects perennes. Rapport pour: DEAL Martinique, 16 pp.
- Impact Mer, Pareto, 2008. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Contrôle de Surveillance pour les masses d'eau littorales. Suivi des paramètres Biologiques, Physicochimiques et Hydromorphologiques. Rapport de synthèse 2007, Tranche Ferme. Juin 2008. Rapport pour: DIREN Martinique, 59 pp.
- Impact Mer, Pareto, 2009. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Définition de l'état de référence pour les Masses d'Eau Côtières et de Transition de la Martinique. Suivi des paramètres Biologiques, Physicochimiques et Hydromorphologiques. 2007/2008. Rapport final. Rapport pour: DIREN Martinique, 154 pp.
- Impact Mer, Pareto, 2010. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des Stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau côtières et de Transition au titre de l'année 2009. Volet Biologie. Rapport de synthèse : Réseau de référence. Rapport pour: DIREN Martinique, 166 (Annexes incluses) pp.
- Impact Mer, Pareto, 2011. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des Stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau côtières et de Transition au titre de l'année 2010. Volet Biologie. Rapport de synthèse : Réseau de surveillance. Rapport pour: DEAL Martinique, 159 (Annexes incluses) pp.
- Impact Mer, Pareto, Equilibre, 2011. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des Stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau côtières et de Transition au titre de l'année 2010. Volet Biologie. Rapport de synthèse : Réseau de référence. Rapport pour: DEAL Martinique, 203 (Annexes incluses) pp.

- Impact Mer, Pareto, Equilibre, 2012. Directive Cadre sur l'eau : Suivi des stations des réseaux de référence et de surveillance des masses d'eau côtières et de transition au titre de l'année 2011. - Volet Biologie. Impact Mer : Mandataire. Rapport pour: DEAL Martinique, ODE Martinique.
- Impact-Mer, 2006. Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique. Rapport Définitif. Rapport pour: DIREN Martinique, 76 (+ Annexes) pp.
- Impact-Mer, Pareto Ecoconsult, 2010. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des Stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau côtières et de Transition au titre de l'année 2009. Volet Biologie. Rapport de synthèse : Réseau de référence. Rapport pour: DIREN Martinique, 166 (Annexes incluses) pp.
- Knowlton, N., 1992. Thresholds and multiple stable states in coral reef community dynamics. *American Zoologist*, 32: 674-982.
- Le Moal, M., 2012. Document à l'attention des DEAL, des Offices de l'Eau et du Parc Naturel Marin de Mayotte. Recommandations pour l'échantillonnage des paramètres DCE des éléments de qualité « récifs coralliens » et « herbiers de phanérogames » dans les DOM. 10 pp.
- Leite, F.P., Turra, A., 2003. Temporal variation in *Sargassum* biomass, *Hypnea* epiphytism and associated fauna Brazilian. *Archives of Biol and Technol*, 46: 665-671.
- Mcclanahan, T.R., Nugues, M., Mwachireya, S., 1994. Fish and sea urchin herbivory and competition in Kenyan coral reef lagoon: the role of reef management. *J Exp Mar Biol Ecol*, 184: 237-254.
- Mcfield, M., Kramer, P.R., 2007. Healthy Reefs for Healthy People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Well-being in the Mesoamerican Reef Region. With contributions by M. Gorrez and M. McPherson. The Smithsonian Institution, 207 p.
- Meddtl, 2011. Mise en oeuvre de la DCE et politique locale de l'eau : DCE - Les masses d'eau superficielles et souterraines, [En ligne]. <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/article/240/1108/dce-masses-deau-superficielles-souterraines.html>. Consulté le: 10 avril 2011.
- Meeddm, 2010a. Arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement. *Journal Officiel de la République Française NOR : DEVO101031A*.
- Meeddm, 2010b. Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R.212-11 et R.212-18 du code de l'environnement. *Journal Officiel de la République Française NOR : DEVO101032A*.
- Parlement Européen, Conseil De L'union Européenne, 2000. Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. *Journal officiel des Communautés européennes n° L 327 du 22.12.2000*.
- Pellouin-Grouhel, A., 2005. Recommandations techniques pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Stratégies d'échantillonnages et protocoles. Volume 1 : contaminants chimiques, phytoplancton, hydrologie. R.INT.DYNECO/VIGIES 05-12. IFREMER, 58 pp.
- Rossier, O., Kulbicki, M., 2000. A comparison of fish assemblages from two types of algal beds and coral reefs in the south-west lagoon of New Caledonia. *Cybiurn*, 24: 3-26.
- Wilkinson, C., 2008. Status of coral reefs of the world : 2008. Global coral Reef Monitoring Network, Reef Rainforest Research Center, Townsville, Australia. 296.

G. Annexes

Annexe 1 : Paramètres et fréquences pour le contrôle de surveillance des eaux de surface de Martinique et de Guadeloupe

Extrait de : Meeddm 2010a

A3 - eaux côtières de Martinique et Guadeloupe

Eléments suivis	Nombre d'années de suivi par schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux	Fréquence des contrôles par année	Sites concernés
Biologie			
Phyto-Plancton	6	4 (Tous les trimestres)	Tous
Macro-algues et angiospermes	2	1	Tous
Invertébrés (coraux)	2	1	Tous
Physico-chimie			
Physico-chimie (paramètres généraux)	6	4 (Tous les trimestres)	Tous
Hydromorphologie			
Hydro-morphologie	1	1	Tous

B3- eaux de transition de Martinique et Guadeloupe

Eléments suivis	Nombre d'années de suivi par schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux	Fréquence des contrôles par année	Sites concernés
		Biologie	
Phytoplancton			Non pertinent
Macro-algues et angiospermes			Non pertinent
Invertébrés (faune endogée du sédiment)	2	1	Tous
Poissons	1	1	30 à 50% des sites
		Physico-chimie	
Physico-chimie (paramètres généraux)	6	4 (Tous les trimestres.)	Tous
		Hydromorphologie	
Hydro-morphologie	1	1	Tous

Remarques : Malgré leur inscription dans cet arrêté ministériel :

- les poissons ne font actuellement pas parti des éléments de suivis des MET en Martinique
- aucune MET n'a été identifiée en Guadeloupe

Annexe 2 : Proposition de seuils pour les paramètres température et salinité dans le cadre du contrôle opérationnel

Dans le cas du **contrôle opérationnel**, les indicateurs « température » et « salinité » pourrait être définis (métriques) comme le **pourcentage de mesures** (moyenne sur la hauteur de la colonne d'eau¹⁴ soit une valeur retenue par campagne de mesure) **au-delà ou au-deçà desquelles le bon fonctionnement de l'écosystème n'est plus assuré**. Les indicateurs « température » et « salinité » sont ainsi classés en deux états : **bon ou mauvais**.

La difficulté étant de définir cette ou ces limites. À la lumière des résultats acquis en Martinique les limites proposées sont les suivantes (Cf. Tableau a). Au-delà de ces limites les observations sont considérées comme « exceptionnelles » (en analogie à la terminologie utilisée en métropole).

Tableau a : Limites retenues pour les indicateurs « température » et « salinité » en Martinique

Type de ME	Limite Maximale de température (°C)	Limite Minimale de température (°C)	Limite Maximale de salinité (psu)	Limite Minimale de salinité (psu)
1 à 7 (MEC)	30	26	36	30
8 (MET)	31	25	38	28

Etant donné le faible nombre de données actuellement acquises (11 campagnes maximum) et la fréquence (trimestrielle), il a été choisi arbitrairement¹⁵ que si 15% des campagnes présentaient des valeurs de température et/ou de salinité exceptionnelles durant la durée du plan de gestion, la masse d'eau était considérée comme étant en mauvais état au regard de l'élément de qualité température et/ou salinité.

→ Nécessité d'acquérir des données complémentaires à une fréquence plus importante

Remarques : En métropole, « l'indicateur température » est défini comme le pourcentage de mesures (0-1 m) hors d'une enveloppe considérée comme assurant le bon fonctionnement écologique de l'écosystème. Il permet un classement en deux états : bon ou mauvais ». Cette enveloppe est définie autour de deux courbes « limites » construites autour d'une courbe « référence » (définie pour plusieurs groupes de masses d'eau) en forme de sinusoïde dont l'équation a été déterminée par modélisation des données de température acquises entre 1998 et 2007. Au-delà, de ces deux courbes, les valeurs observées sont désignées comme « exceptionnelles ». « Ainsi, si le nombre d'observations exceptionnelles dépasse un seuil de 5 %, la masse d'eau est désignée comme en « mauvais état » au regard de l'élément de qualité température » (Daniel & Soudant 2009).

¹⁴ Élément à confirmer

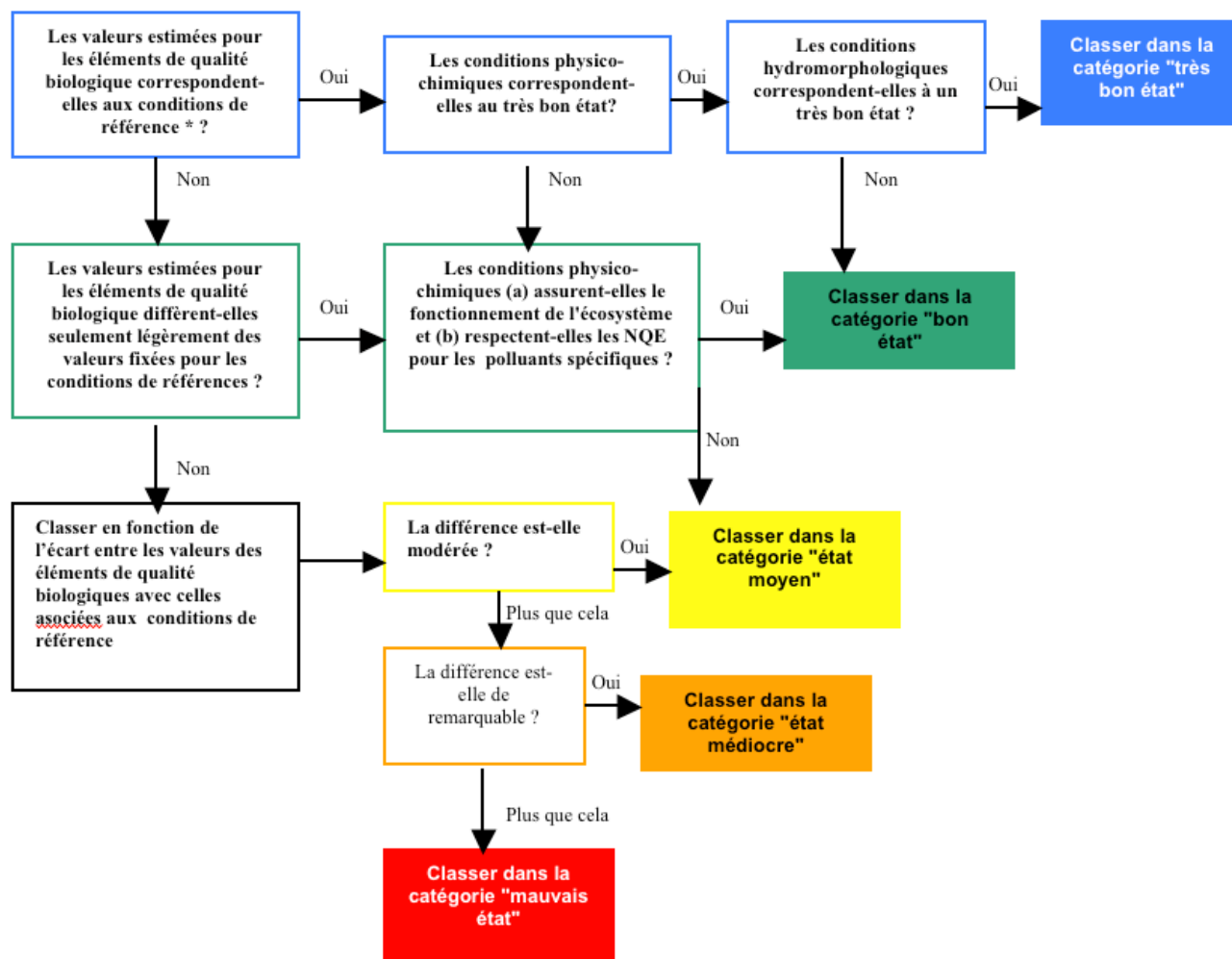
¹⁵ A affiner en fonction de la ou des pression(s) identifiée(s)

Annexe 3 : Règles d'agrégation entre paramètres et éléments de qualité de l'état écologique pour les eaux de surface

Extrait de l'annexe 2 de Meeddm 2010b

1. Agrégation des éléments de qualité dans la classification de l'état écologique

La règle d'agrégation des éléments de qualité dans la classification de l'état écologique est celle du **principe de l'élément de qualité déclassant**. Le schéma suivant¹⁶ indique les rôles respectifs des éléments de qualité biologiques, physico-chimiques et hydromorphologiques dans la classification de l'état écologique.



* Correspondre aux conditions de référence pour un élément de qualité biologique donné signifie que la valeur estimée pour cet élément de qualité biologique se situe au dessus de la limite inférieure du très bon état.

Ainsi :

L'attribution d'une classe d'état écologique « **très bon** » ou « **bon** », est déterminée par les valeurs des éléments **biologiques**, **physico-chimiques** (paramètres physico-chimiques généraux et substances spécifiques de l'état écologique) sur les éléments de qualité pertinents pour le type de masses d'eau considéré, et **hydromorphologiques** dans le cas où tous les éléments biologiques et physico-chimiques correspondent au très bon état.

L'attribution d'une classe d'état écologique « **moyen** » est obtenue :

- lorsqu'un ou plusieurs des éléments biologiques est classé moyen, les éventuels autres éléments biologiques étant classés bons ou très bons

¹⁶ Ce schéma est issu du document guide européen « approche générale de la classification de l'état écologique et du potentiel écologique, ECOSTAT, nov. 2003 ».

- ou lorsque tous les éléments biologiques sont classés bons ou très bons, et que l'un au moins des éléments physico-chimiques généraux ou des polluants spécifiques correspond à un état moins que bon¹⁷¹⁸

L'attribution d'une classe d'état écologique « **médiocre** » ou « **mauvais** » est déterminée par les seuls éléments de qualité biologique.

Lorsqu'au moins un élément de qualité biologique est en état moyen, médiocre ou mauvais, la classe d'état attribuée est celle de **l'élément de qualité biologique le plus déclassant**.

2. Agrégation des paramètres pour évaluer l'état des éléments de qualité

Les règles d'agrégation des paramètres à appliquer pour évaluer l'état des éléments de qualité sont les suivantes :

2.1. Au sein des éléments biologiques.

Lorsque les indices biologiques permettent l'attribution d'une classe d'état au niveau d'un paramètre, le principe du **paramètre déclassant** est appliqué pour l'attribution d'une classe d'état au niveau de l'élément de qualité. En d'autres termes, l'état d'un élément de qualité correspond à la plus basse des valeurs de l'état des paramètres constitutifs de cet élément de qualité.

2.2. Au sein des éléments physico-chimiques généraux.

Lorsque plusieurs paramètres interviennent pour le même élément de qualité physico-chimique général¹⁹, on applique pour l'évaluation de cet élément le principe du **paramètre déclassant** (l'état d'un élément de qualité correspond à la plus basse des valeurs de l'état des paramètres constitutifs de cet élément de qualité), **assoupli** suivant les modalités suivantes :

Un élément de qualité physico-chimique général, pour lequel plusieurs paramètres interviennent, est classé en état bon, en outre des cas résultant de l'application du principe du paramètre déclassant, lorsque les deux conditions suivantes sont réunies:

- tous les éléments de qualité biologiques et les autres éléments de qualité physico-chimiques sont classés dans un état bon ou très bon ;
- un seul paramètre constitutif de cet élément de qualité est classé dans un état moyen ;

Dans ce cas, le paramètre physico-chimique déclassant est classé en état moyen, et l'élément de qualité correspondant est classé en état bon.

L'assouplissement du principe du paramètre déclassant ne s'applique pas au paramètre relatif aux nitrates pour le classement en bon état. Ainsi, en d'autres termes, une masse d'eau dont le paramètre relatif aux nitrates est classé en état moins que bon (concentration supérieure à 50 mg l⁻¹) est classée en état écologique moins que bon.

¹⁷ c'est à dire moyen, médiocre ou mauvais pour un élément de qualité physico-chimique général ; non respect de la NQE pour un polluant spécifique de l'état écologique.

¹⁸ Pour les éléments de qualité physico-chimiques, les limites supérieure et inférieure de la classe « bon » suffisent pour la classification de l'état écologique, puisqu'un état écologique moins que bon est attribué sur la base des éléments biologiques, étant entendu que les valeurs-seuils des éléments physico-chimiques sont déterminées de manière à être cohérentes avec les limites de classes établies pour les éléments biologiques. Néanmoins, au regard des données et des outils aujourd'hui disponibles, l'état écologique de certaines masses d'eau peut être évalué en considérant avec comme unique base numérique les données relatives aux paramètres physico-chimiques généraux, issues de la surveillance ou d'outils de modélisation. Dans ces cas, on utilisera les valeurs des limites de classes entre l'état moyen et l'état médiocre ainsi qu'entre l'état médiocre et le mauvais état des paramètres physico-chimiques généraux indiquées dans la table générale ci-dessus.

¹⁹ Par exemple, oxygène dissous, taux de saturation en oxygène, DBO5 et carbone organique sont des paramètres de l'élément de qualité « bilan de l'oxygène ».

Les deux paramètres « oxygène dissous » et « taux de saturation en O₂ dissous » sont intimement liés et dépendants. De ce fait, ils peuvent être considérés comme un seul paramètre pour appliquer les modalités d'assouplissement décrites ci-dessus pour évaluer l'état de l'élément de qualité relatif au bilan en oxygène.

2.3. Au sein des polluants spécifiques de l'état écologique.

Le principe du **paramètre déclassant** est appliqué pour l'attribution d'une classe d'état au niveau des polluants spécifiques de l'état écologique. En d'autres termes, une classe d'état est respectée pour les polluants spécifiques de l'état écologique lorsque l'ensemble des polluants spécifiques de l'état écologique est classé au moins dans cette classe d'état ou en état inconnu.

Ainsi, les polluants spécifiques de l'état écologique dans leur ensemble sont classés en état bon lorsque tous les polluants spécifiques de l'état écologique sont classés en état bon, très bon ou inconnu.

Annexe 4 : Règles de prise en compte de plusieurs sites de suivi au sein d'une masse d'eau et règles d'extrapolation spatiale

Extrait de l'Annexe 10 de Meeddm 2010b

1. Règles de prise en compte de plusieurs sites de suivi au sein d'une masse d'eau.

1.1. Pour l'évaluation de l'état écologique.

Lorsqu'une **masse d'eau étendue** est munie de **plusieurs sites de suivi représentatifs** de l'état de la masse d'eau, la classe d'état écologique de la masse d'eau est déterminée par **la classe d'état la plus basse de ces sites**.

1.2. Pour l'évaluation de l'état chimique.

Pour les masses d'eau disposant de plusieurs stations de suivi, l'état chimique de la masse d'eau correspond :

- à l'état chimique de ces stations lorsqu'ils coïncident,
- sinon à l'état de la station pour laquelle il y a le moins de polluants d'état chimique inconnu,
- enfin, à l'état chimique de la station la plus déclassante lorsque l'on dispose de données de niveau de confiance équivalent pour plusieurs stations de suivi d'une même masse d'eau.

2. Règles d'extrapolation spatiale.

2.1. Etat écologique.

Pour évaluer l'état écologique d'une masse d'eau, on utilise des données conformes aux dispositions de l'Annexe 9 ci-dessus.

Lorsque de telles données ne sont pas disponibles pour tout ou partie des éléments de qualité pertinents pour le type de masse d'eau considéré, l'état écologique de la masse d'eau est attribué conformément aux définitions de l'Annexe 1 ci-dessus, sur la base des données conformes disponibles corroborées par l'ensemble des informations et connaissances mobilisables sur l'état de cette masse d'eau ou sur les pressions qui s'y exercent.

Les principes énoncés ci-dessous peuvent se combiner. Ils ne sont pas exclusifs l'un de l'autre et s'appliquent selon la disponibilité des connaissances, des données et des outils. L'objectif est d'aboutir à l'évaluation « la plus fine possible » de l'état écologique d'une masse d'eau, en exploitant au mieux l'ensemble des données et connaissances disponibles.

Il existe deux types de données exploitables :

- **les données « milieux »** : il s'agit des données des compartiments biologiques (invertébrés benthiques, diatomées, poissons, phytoplancton, etc), des données physico-chimiques ou chimiques (concentration en oxygène, en phosphore, etc) ;
- **les données dites de « pression »** : il s'agit par exemple de rejets d'un site industriel ou d'un obstacle de type barrage

2.1.1. Evaluation de l'état écologique des masses d'eau à partir des outils de modélisation.

En l'absence de données issues de la surveillance des milieux, les éléments ou paramètres physico-chimiques soutenant la biologie peuvent être évalués par l'utilisation d'un outil de modélisation mécanique/déterministe reconnu et validé.

2.1.2. Evaluation de l'état écologique des masses d'eau à partir de masses d'eau dans des contextes similaires.

C'est le cas des masses d'eau non suivies directement mais faisant partie d'un groupe homogène dans un contexte similaire du point de vue de la typologie et des pressions qui s'y exercent. L'état de ces masses d'eau n'est pas directement évalué avec des données « milieux », mais il est estimé, par assimilation, à partir de l'état

obtenu avec des données « milieux » (cf. Annexe 3) sur des masses d'eau situées dans un contexte similaire. La proportion de masses d'eau dans chaque classe d'état écologique est calculée.

L'état écologique de l'ensemble des masses d'eau non suivies du groupe homogène est déterminé par la classe d'état écologique dominante.

2.1.3. Evaluation de l'état écologique des masses d'eau à partir de données « pression ».

En l'absence de données « milieux » suffisantes pour attribuer un état à une masse d'eau et dans le cas où **il existe des données « pressions » suffisamment fiables**, l'état écologique est évalué sur la base des données « pressions » disponibles en prenant en compte à la fois les pressions physico-chimiques et les pressions hydromorphologiques.

La relation pression-état est appréciée en fonction du nombre de types de pressions identifiés sur la masse d'eau et le cas échéant de leur intensité, en suivant les principes énoncés ci-dessous :

- un état écologique « très bon » ou « bon » est attribué à une masse d'eau à la condition qu'aucune pression significative n'ait été identifiée sur cette masse d'eau ;
- un état écologique « médiocre » ou « mauvais » est attribué à une masse d'eau soumise :
 - soit à un grand nombre de types de pressions,
 - soit à au moins une pression identifiée comme forte ou très forte ;
- un état écologique « moyen » est attribué dans les autres cas

Pour suivre cette démarche, les pressions doivent être caractérisées par grand type, suivant leur nature ou leur origine. A titre indicatif, les typologies présentées ci-dessous peuvent être utilisées :

Exemple 1 :

- pression de pollution d'origine domestique ou industrielle (dominante matière organiques et oxydables, ou toxiques hors pesticides) ;
- pression de pollution d'origine agricole ;
- pression de nature hydrologique ou morphologique ;

Exemple 2 :

- pression de pollution ponctuelle (dominante matière organiques et oxydables),
- pression de pollution diffuse (dominante agricole ou ponctuelle dispersée, hors pesticides)
- pression de pollution par les pesticides
- pression de pollution par les toxiques (hors pesticides)
- pression (hydro)morphologique
- pression quantitative (prélèvements, dérivations, transferts ...)

2.1.4. Evaluation de l'état écologique des masses d'eau pour lesquelles il n'y a aucune information.

Dans un tel cas, l'information est insuffisante pour attribuer un état écologique à la masse d'eau.

2.2. Etat chimique

Pour évaluer l'état chimique d'une masse d'eau, on utilise des données conformes aux dispositions de l'Annexe 9 ci-dessus.

Lorsque de telles données ne sont pas disponibles pour tout ou partie des éléments de qualité pertinents pour le type de masse d'eau considéré, pour les paramètres manquants, il est fait appel à l'ensemble des informations disponibles ou modélisables. On peut par exemple procéder par analogie (regroupement par masses d'eau cohérentes - relation amont/aval), par modélisation des pressions ou encore s'appuyer sur du dire d'expert.