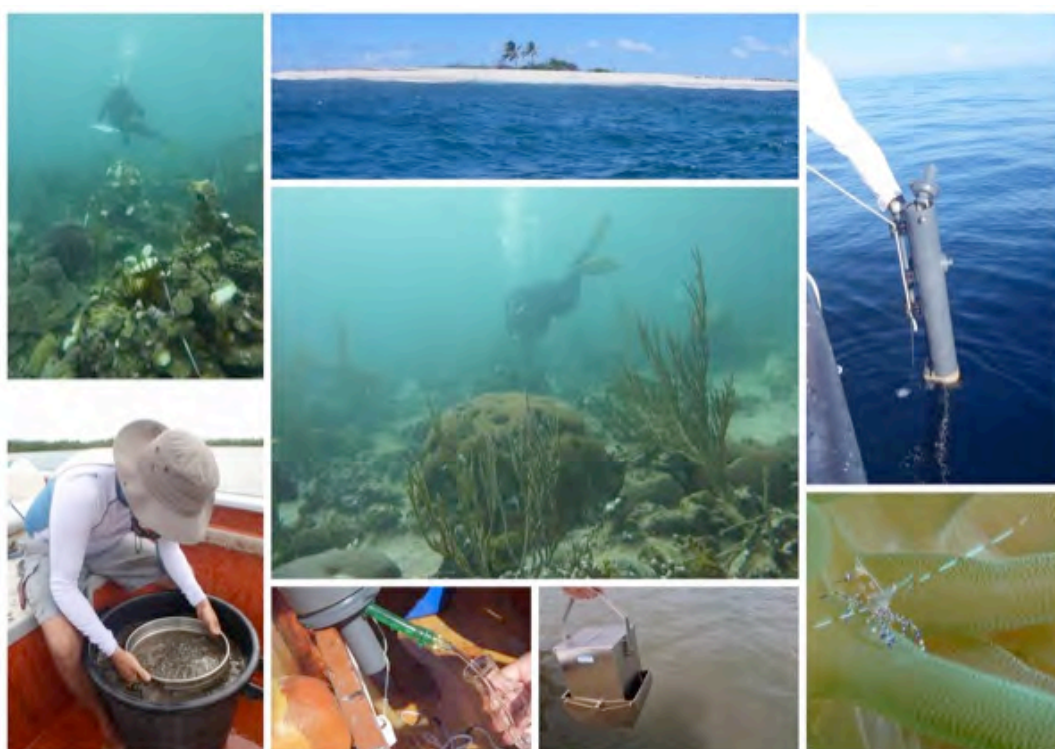


## Directive Cadre européenne sur l'Eau

### 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

Août 2011  
Version 2

Référence dossier : 1007\_06\_DIREN972\_DCE2010\_Ref&Surv

Note : Pour une communication éco-reposable : ce rapport est imprimé en recto verso sur du papier recyclé ou issu de la gestion de forêts durables, avec une imprimante respectueuse de l'environnement. La mise en page est conçue pour limiter le nombre de pages et la consommation d'encre. [www.ademe.fr/eco-conception](http://www.ademe.fr/eco-conception)



## 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  
[diren@developpement-durable.gouv.fr](mailto:diren@developpement-durable.gouv.fr)  
Contact : Corinne Figueras

## Rapport à citer sous la forme :

Impact-Mer, Pareto Ecoconsult, 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 référence. Rapport pour: DEAL Martinique, 203 p (annexes incluses).

### Rédaction :

Adeline Pouget-Cuvelier

### Coordination générale :

Christophe Yvon

### Contrôle qualité :

Marie Duflos - Christelle Batailler

### Terrain :

Guillaume Tollu - Jérôme Letellier- Christelle Batailler -  
Béatrice de Gaulejac - Adeline Pouget-Cuvelier

### Traitement des données / bio-statistiques

Claire Bissery  
Adeline Pouget-Cuvelier

### Cartographie :

Adeline Pouget-Cuvelier

### Crédits photographiques :

Guillaume Tollu - Christelle Batailler- Adeline Pouget-  
Cuvelier

### Expertises complémentaires (Endofaune)

Lionel Bigot



Bel évent - 97221 Le Carbet  
Tel-Fax 05 96 63 31 35  
Siret : 394 052 286 00033

[contact@impact-mer.fr](mailto:contact@impact-mer.fr)



# Sommaire

<b>A. CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE .....</b>	<b>1</b>
1 Présentation de la Directive Cadre sur l'Eau et mise en œuvre dans les eaux littorales martiniquaises .....	1
2 La notion de « bon état » pour les masses d'eau littorale .....	2
3 Classification de l'état écologique partiel d'une masse d'eau : principe et mise en œuvre .....	4
4 L'application de la DCE en Martinique : rappels .....	5
4.1 Spécificités du milieu littoral Martiniquais .....	5
4.2 La délimitation des masses d'eau littorales en Martinique.....	7
4.3 Le choix des sites de référence et de surveillance .....	8
4.4 Le choix des paramètres / bioindicateurs et des protocoles de suivis.....	8
4.5 Classification des paramètres et définition de seuils provisoires de qualité.....	8
5 Bilan 2007/2008/2009 et objectifs 2010 .....	9
<b>B. METHODOLOGIES DE SUIVIS DCE ADAPTEES AU CONTEXTE INSULAIRE TROPICAL MARTINIQUAIS.....</b>	<b>11</b>
1 Les réseaux de référence et de surveillance.....	11
1.1 Notion d'échelle de suivi (secteur / site / station) .....	11
1.2 Les sites et stations de référence et de surveillance.....	12
2 Protocoles d'échantillonnage des paramètres biologiques et physicochimiques.....	15
2.1 Éléments de qualité biologiques.....	15
2.1.1 Phytoplancton (MEC) : chlorophylle a .....	15
2.1.2 Les communautés benthiques coralliennes (MEC).....	15
2.1.3 Les herbiers de phanérogames marines (MEC).....	20
2.1.4 Macrofaune des sédiments meubles (MET) et paramètres complémentaires.....	22
2.2 Paramètres physicochimiques généraux soutenant les paramètres biologiques.....	25
2.2.1 Température, salinité, pH, oxygène.....	25
2.2.2 Turbidité, concentration en nutriments .....	25
2.3 Les données .....	26
2.4 Les métriques, indices et indicateurs retenus en 2009/2010.....	27
2.5 Les grilles de qualité et règles d'agrégation des indices retenues en 2009/2010 : fiches par type de masses d'eau	28
2.6 Combinaison des indicateurs.....	37
2.7 Extrapolation spatiale .....	37
2.8 Fiches « site - masse d'eau ».....	38
<b>C. VOLET 1 : RESULTATS DES SUIVIS DU RESEAU REFERENCE POUR L'ANNEE 2010 ET PREMIERES ANALYSES ...</b>	<b>39</b>
1 Déroulement de la campagne 2010 .....	40
2 Données météorologiques .....	41
3 Éléments de qualité physicochimique : paramètres généraux .....	46
4 Éléments de qualité biologique : phytoplancton (chlorophylle a) & paramètres explicatifs.....	53
4.1 Données et évaluation 2010.....	53
4.2 Evolution temporelle.....	55
5 Éléments de qualité biologique : communautés coralliennes.....	57
5.1 Baie du Trésor (Type 1).....	58
5.2 Pinsonnelle (Type 2).....	62
5.3 Loup Garou (Type 3).....	66
5.4 Loup Caravelle (Type 4) .....	70
5.5 Cap Salomon (Type 5) .....	74
5.6 Corps de Garde (Type 6).....	78

5.7	<b>Rocher du Diamant (Type 7)</b> .....	82
5.8	<b>Bilan</b> .....	86
<b>6</b>	<b>Élément de qualité biologique : herbier (MEC)</b> .....	<b>87</b>
6.1	<b>Baie du Trésor (Type 1)</b> .....	88
6.2	<b>Pinsonnelle (Type 2)</b> .....	88
6.3	<b>Cap Salomon (Type 5)</b> .....	91
6.4	<b>Corps de Garde (Type 6)</b> .....	93
<b>7</b>	<b>Élément de qualité biologique : macrofaune endogée (MET)</b> .....	<b>95</b>
7.1	<b>Structure des communautés des stations DCE en 2010</b> .....	95
7.2	<b>Comparaison de la structure des communautés 2008 – 2009 et 2010</b> .....	97
7.3	<b>Analyse spatio-temporelle des communautés sur trois ans</b> .....	98
7.4	<b>Approche écologique basée sur les indices « AMBI » et « M-AMBI »</b> .....	99
7.4.1	Calcul des indices biotiques 2010 .....	99
7.4.2	Evolution des indices biotiques au cours des 3 dernières années .....	101
7.4.3	Synthèse des indices sur 3 ans.....	102
<b>D. VOLET 2 &amp; 3 : REEVALUATION DES ELEMENTS NECESSAIRES A LA DEFINITION DE L'ETAT ECOLOGIQUE PARTIEL D'UNE ME LITTORALE EN MARTINIQUE</b> .....		<b>104</b>
<b>1</b>	<b>Approche méthodologique</b> .....	<b>104</b>
1.1	<b>Rappels</b> .....	105
1.2	<b>Mise en œuvre</b> .....	105
<b>2</b>	<b>Analyse globale et traitements statistiques</b> .....	<b>108</b>
2.1	<b>Éléments physicochimiques et chlorophylle a</b> .....	<b>108</b>
2.1.1	Comparaison des moyennes .....	108
2.1.2	Analyse en Composantes Principales (ACP) .....	111
2.2	<b>Communautés coralliennes</b> .....	<b>112</b>
2.2.1	Comparaison des moyennes .....	112
2.2.2	Analyse en Composantes Principales (ACP) .....	114
2.3	<b>Corrélations des indices biologiques et physicochimiques</b> .....	<b>116</b>
2.4	<b>Bilan et recommandations</b> .....	<b>117</b>
<b>3</b>	<b>Test et redéfinition éventuelle des éléments définis en 2009/2010</b> .....	<b>118</b>
3.1	<b>Analyse générale</b> .....	<b>118</b>
3.2	<b>Élément de qualité phytoplancton (MEC)</b> .....	<b>120</b>
3.2.1	Paramètre retenu.....	120
3.2.2	Métrique, indice et indicateur .....	120
3.2.3	Valeurs de référence, valeurs seuils et EQR : construction des grilles de qualité .....	121
3.3	<b>Élément de qualité : faune benthique invertébrée – Communautés coralliennes (MEC)</b> .....	<b>122</b>
3.3.1	Paramètres, métriques, indices et grilles de qualité .....	123
3.3.2	Métriques .....	125
3.3.3	Agrégation des indices et mise au point de l'indicateur « communautés coralliennes » .....	125
3.4	<b>Élément de qualité : flore aquatique – Herbier (MEC)</b> .....	<b>126</b>
3.4.1	Paramètres/métriques/indices retenus et pressions associées.....	126
3.4.2	Valeur de référence et valeurs seuils .....	127
3.4.3	Construction de l'indicateur.....	128
3.5	<b>Élément de qualité : faune endogée (MET)</b> .....	<b>128</b>
3.5.1	Paramètres, métriques, indices .....	128
3.5.2	Indicateur.....	128
3.5.3	Valeurs de référence, valeurs seuils et EQR.....	129
3.6	<b>Éléments de qualité physicochimique (MEC + MET)</b> .....	<b>131</b>
3.6.1	Indicateur oxygène.....	131
3.6.2	Indicateur nutriments.....	133
3.6.3	Indicateur de transparence .....	135

3.6.4	Indicateurs température et salinité .....	136
<b>3.7</b>	<b>Règles d'agrégation .....</b>	<b>136</b>
3.7.1	Évaluation de l'état des éléments de qualité.....	136
3.7.2	Agrégation des éléments de qualité dans la classification de l'état écologique « partiel ».....	138
3.7.3	Agrégation des éléments de qualité écologiques et chimiques dans la classification de l'état global d'une masse d'eau .....	139
<b>3.8</b>	<b>Extrapolation spatiale .....</b>	<b>140</b>
<b>3.9</b>	<b>Bilan : Fiches « Indicateurs » par type de Masses d'eau.....</b>	<b>140</b>
<b>4</b>	<b>Evaluation écologique des sites de référence selon les critères 2010/2011 (fiches « Site », données 2007-2010).....</b>	<b>149</b>
<b><i>DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS.....</i></b>		<b>167</b>
<b>5</b>	<b>Découpage des masses d'eau et pertinence des sites de référence et de surveillance.....</b>	<b>167</b>
<b>6</b>	<b>Méthodologies de suivis des sites : remarques et propositions.....</b>	<b>168</b>
6.1	Stations d'échantillonnage et répliqués .....	168
6.2	Échelle temporelle.....	169
6.3	Protocole d'échantillonnage terrain .....	170
6.4	Pré-traitement des données et seuils de quantification.....	171
6.5	Bancarisation des données brutes 2010.....	171
<b>7</b>	<b>Pertinence des paramètres, des métriques et des indices.....</b>	<b>171</b>
<b>8</b>	<b>Conditions de référence et définition des grilles de qualité (valeurs seuils) .....</b>	<b>172</b>
<b>9</b>	<b>Méthodes d'agrégation .....</b>	<b>175</b>
9.1	Indicateurs Communautés Coralliennes et Nutriments .....	175
9.2	Indicateurs M-AMBI .....	175
<b>E.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>176</b>
<b>F.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>178</b>
<b>G.</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>183</b>
<b>Annexe 1 : Paramètres et fréquences pour le contrôle de surveillance des eaux de surface de Martinique et de Guadeloupe .....</b>		<b>184</b>
<b>Annexe 2 : Coordonnées des stations DCE littorales .....</b>		<b>185</b>
<b>Annexe 3 : Données physicochimiques mesurées sur toute la colonne d'eau durant la campagne d'octobre 2010 sur les sites de référence.....</b>		<b>187</b>
<b>Annexe 4 : Résultats des campagnes hydrologiques d'octobre 2007 à 2010 : paramètres physicochimiques et Chlorophylle <i>a</i>.....</b>		<b>188</b>
<b>Annexe 5 : Simulation du classement écologique partiel des ME selon les grilles et méthodologies <u>définies en 2009/2010</u> .....</b>		<b>190</b>
<b>Annexe 6 : Proposition de seuils pour les paramètres température et salinité dans le cadre du contrôle opérationnel.</b>		<b>198</b>
<b>Annexe 7 : Règles d'agrégation entre paramètres et éléments de qualité de l'état écologique pour les eaux de surface.</b>		<b>199</b>
<b>Annexe 8 : Règles de prise en compte de plusieurs sites de suivi au sein d'une masse d'eau et règles d'extrapolation spatiale .....</b>		<b>202</b>

# Liste des figures

Figure 1 : Éléments à prendre en compte pour définir l'état écologique et chimique d'une masse d'eau littorale .....	2
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
Figure 3 : Conditions d'évaluation d'une masse d'eau en « bon état » au sens de la DCE et codes couleur correspondants.....	3
Figure 4 : 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 .....	5
Figure 5 : Carte générale de la Martinique et du plateau insulaire. Limite bathymétrique bleue : 20 m de profondeur, limite bathymétrique verte : 50 m de profondeur .....	6
Figure 6 : Carte représentant les masses d'eau du littoral martiniquais appartenant aux huit types de masses d'eau littorales.....	7
Figure 7 : Échelle de suivi appliquée aux suivis DCE .....	11
Figure 8 : Cartographie des sites DCE du réseau de référence et de surveillance pour l'année 2010 .....	12
Figure 9 : Schéma de la mise en œuvre du suivi des peuplements récifaux et de la couverture macroalgale .....	17
Figure 10 : Synthèse des paramètres, indices, métriques et indicateurs retenus pour les masses d'eau côtières.....	27
Figure 11 : Synthèse des paramètres, indices, métriques et indicateurs retenus pour les masses d'eau de transition.....	27
Figure 12 : Rôles respectifs des éléments de qualité biologique et physicochimique dans la classification de l'état écologique partiel d'une masse d'eau (réinterprétation du schéma issu de Working Group 2a 2005).....	37
Figure 13 : Exemple d'une fiche « site » type .....	38
Figure 14 : Cumul mensuel des précipitations mesurées en septembre, octobre, novembre et décembre 2010 (Source :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010).....	42
Figure 15 : Cumul quotidien des précipitations mesurées en octobre et novembre 2010 (Source :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010).....	42
Figure 16 : Pluies cumulées sur 24 H (mm) au 31/10/2010 à 00:00 ((Extrait de :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010) .....	43
Figure 17 : Bilan des températures de l'air mesurées en septembre, octobre, novembre et décembre 2010 (Source :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010).....	44
Figure 18 : Bilan des vitesses de vent mesurées durant l'année 2010 (Source :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010).....	44
Figure 19 : Bilan du rayonnement mesuré durant l'année 2010 (Source :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010).....	45
Figure 20 : Résultats des paramètres physicochimiques généraux mesurés durant la campagne d'octobre 2010 (moyenne sur la hauteur de la colonne d'eau pour la température, la salinité, le pH et l'oxygène) .....	47
Figure 21 : Comparaison des températures (moyennes sur la colonne d'eau) mesurées dans les sites de référence durant les campagnes d'octobre 2007 à 2010 .....	48
Figure 22 : Comparaison des valeurs de DIN mesurées dans les sites de référence durant les campagnes d'octobre 2007 à 2010. ....	49
Figure 23 : Bilan des concentrations en nutriments mesurées dans les stations de référence au cours des campagnes d'octobre 2007 à 2010 .....	51
Figure 24 : Bilan des concentrations en pigments chlorophylliens (= indice biomasse) mesurées dans les stations de référence au cours de la campagne d'octobre 2010.....	53
Figure 25 : Concentrations en chlorophylle <i>a</i> , en nutriments et turbidité de l'ensemble des sites de référence (croix rouge) et de surveillance appartenant à une MEC mesurés lors de la campagne 2010 .....	54
Figure 26 : Evolution de la concentration en chlorophylle <i>a</i> et des paramètres explicatifs dans les stations de référence au cours des campagnes 2007 à 2010 .....	55
Figure 27 : Moyennes des concentrations en chlorophylle <i>a</i> , en nutriments et en turbidité calculées sur la période 2007/2010 .....	56
Figure 28 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Baie du Trésor (Type 1).....	60
Figure 29 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de la Baie du Trésor : années 2007 et 2010.....	61

Figure 30 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Pinsonnelle (Type 2) .....	64
Figure 31 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Pinsonnelle : années 2009 et 2010.....	65
Figure 32 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Loup Garou (Type 3) .....	68
Figure 33 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Garou (Type 3) : années 2009 et 2010 .....	69
Figure 34 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Loup Caravelle (Type 4).....	72
Figure 35 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Caravelle (Type 4) : années 2007 à 2010.....	73
Figure 36 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Cap Salomon (Type 5).....	76
Figure 37 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Cap Salomon (Type 5) : années 2007 et 2010.....	77
Figure 38 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Corps de Garde (Type 6).....	80
Figure 39 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Corps de Garde (Type 6) : années 2009 et 2010.....	81
Figure 40 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Rocher du Diamant (Type 7).....	84
Figure 41 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Rocher du Diamant (Type 7) : années 2009 et 2010.....	85
Figure 42 : Comparaison interannuelle de la couverture corallienne et macroalgale dans les sites de référence.....	86
Figure 43 : Paramètres densité et hauteur de la canopée mesurés dans les stations herbiers des sites de référence.....	87
Figure 44 : Illustrations de la station « herbier » de Baie du Trésor (Type 1).....	89
Figure 45 : Illustrations de la station « herbier » de Pinsonnelle (Type 2).....	90
Figure 46 : Illustrations de la station « herbier » de Cap Salomon (Type 5) .....	92
Figure 47 : Illustrations de la station « herbier » de Corps de Garde (Type 6).....	94
Figure 48 : Répartition de l'abondance globale (Ind.m <sup>-2</sup> , à gauche) et biomasses (g.m <sup>-2</sup> , à droite) de la macrofaune benthique .....	95
Figure 49 : Répartition taxonomique de la macrofaune sur les 3 réplicats des 4 stations en 2010 (en nombre d'individus, VAR : varia ; PLA : Plathelminthes, OPI : Opisthobranches ; SIPU : Sipunculidae ; NEM : Némertiens ; SCA : Scaphopodes ; GAS : Gastéropodes ; ECH : Echinodermes ; CRU : Crustacés ; CNI : Cnidaires ; BIV : Bivalves ; ANN : Annélides).....	96
Figure 50 : Comparaison de la répartition taxonomique de la macrofaune sur les 4 stations entre 2008 et 2010 (VAR : varia ; PLA : Plathelminthes, OPI : Opisthobranches ; SIPU : Sipunculidae ; NEM : Némertiens ; SCA : Scaphopodes ; GAS : Gastéropodes ; ECH : Echinodermes ; CRU : Crustacés ; CNI : Cnidaires ; BIV : Bivalves ; ANN : Annélides).....	97
Figure 51 : Analyse multidimensionnelle (nMDS) et Classification hiérarchique (CAH) sur les communautés benthiques des 3 stations de suivi DCE en 2008 -2010 .....	99
Figure 52 : Calculs des indices AMBI et M-AMBI effectués en 2010 sur les stations DCE des MET .....	100
Figure 53 : Exemple de calcul de l'indice AMBI sur la station de référence «Baie des Requins 2010» .....	100
Figure 54 : Evolution des indices AMBI, M-AMBI (en haut), de la diversité (H') et de la richesse spécifique (en bas) au cours des 3 dernières années .....	101
Figure 55 : Evolution des indices et des groupes trophiques (de I à V) sur les différentes stations DCE .....	102
Figure 56 : Valeur des indices AMBI pour DCE pour les 3 dernières années sur les quatre stations DCE .....	103
Figure 57 : Calcul de l'indice « M-AMBI » sur les stations de suivi DCE pour les 3 dernières années et situation en terme de qualité du milieu (sens DCE).....	103
Figure 58 : Représentations en box-plots des données 2008 (toutes campagnes, n=95) et d'octobre 2007 à 2010 (n=74) de DIN pour la totalité des sites DCE .....	109
Figure 59 : Représentations en box-plots des données 2008 de phosphates .....	109
Figure 60 : Représentations en box-plots des données 2008 et d'octobre 2007 à 2010 de turbidité et chlorophylle a110	
Figure 61 : Résultats de l'ACP effectuée sur l'ensemble des données 2007/2010 des paramètres turbidité, nitrates, nitrites, ammonium, oxygène dissous, phosphates et chlorophylle a en excluant le type de ME 8 .....	111
Figure 62 : Représentations en boîtes à moustache des données 2007,2009 et 2010 de couvertures coralliennes.....	113
Figure 63 : Représentations en boîtes à moustache des données 2007 à 2010 de couvertures coralliennes (en haut) et de couvertures macroalgales totales (en bas) .....	114

Figure 64 : Résultats de l'ACP effectuée sur l'ensemble des données 2007/2010 des paramètres GO, HC, MA, MAC, AC, SP, TU en excluant le site «Ilet à rats ».....	115
Figure 65 : Corrélations deux à deux entre variables physicochimiques et variables biologiques (HC : couverture corallienne / MAT : couverture macroalgale totale.....)	116
Figure 66 : Exemples de règles d'agrégation des paramètres / indices pour obtenir l'état biologique d'une masse d'eau selon leur relation avec les pressions identifiées (extrait de : Working Group 2a 2005) .....	137
Figure 67 : 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) .....	138
Figure 68 : Méthode d'agrégation des éléments DCE permettant d'obtenir l'état général d'une masse d'eau. L'encadré rouge concerne l'état écologique partiel (extrait de : Ximénès 2009) .....	139
Figure 69 : Localisation des récifs coralliens martiniquais. 1 : Récifs frangeants, 2 : récif barrière (Extrait de : Battistini 1978).....	168
Figure 70 : Arbre de décision « provisoire » pour l'évaluation de l'indice DIN en France métropolitaine (extrait de : Daniel & Soudant 2009b).....	174

# Liste des tableaux

Tableau 1 : Description des sites de référence et de surveillance et éléments de qualité échantillonnés en 2010 .....	14
Tableau 2 : État de santé général des communautés coralliennes réparti en cinq classes .....	16
Tableau 3 : Code DCE utilisés pour le suivi des communautés coralliennes (version 2008).....	17
Tableau 4 : Classification de l'abondance en macroalgues.....	18
Tableau 5 : Liste des espèces de macroalgues communes en Martinique (* : espèces pouvant être proliférantes) .....	18
Tableau 6 : Grille de qualité « Diadèmes » (Source : McField & Kramer 2007).....	19
Tableau 7 : Classification du niveau de blanchissement d'une colonie corallienne et Grille de l'indice « stress corallien » .....	19
Tableau 8 : Indice de composition/perturbation de l'herbier. Classification de l'état de santé de l'écosystème herbier	20
Tableau 9 : Classification de l'indice de densité / hauteur de la canopée.....	20
Tableau 10 : Groupes écologiques de sensibilités différentes au stress (d'après Grall & Glémarec 1997) .....	23
Tableau 11 : Détails méthodologiques et précisions pour l'analyse des paramètres généraux .....	25
Tableau 12 : Dates d'échantillonnage des différentes stations DCE 2010.....	40
Tableau 13 : Bilan des stations météorologiques potentiellement pertinentes pour l'interprétation des résultats DCE	41
Tableau 14 : Bilan des indices, indicateurs (en rouge), EQR et classements correspondants des sites de référence évalués uniquement pour la <u>campagne d'octobre 2010</u> (d'après les <u>seuils 2009/2010</u> ) .....	52
Tableau 15 : Rappel : grilles de qualité DCE retenues pour l'indice biomasse en Martinique en 2009/2010 (paramètre chlorophylle <i>a</i> en µg/l).....	54
Tableau 16 : Paramètres état de santé, composition et macroalgues relevés dans les stations herbiers des sites de référence.....	87
Tableau 17 : Paramètres biocénotiques des stations étudiées (S : richesse spécifique ; N : abondance en nbre ind.m <sup>-2</sup> ; J : indice d'équitabilité de Pielou ; H' : diversité de Shannon Weaver) correspondant à des surfaces échantillonnées de 0,5 m <sup>2</sup> en 2008-2009 (n=5) et de 0,3 m <sup>2</sup> en 2010 (n=3) .....	97
Tableau 18 : Composantes du milieu sédimentaire (C.org moyen et particules fines en %) en 2008, 2009 (n=5) et en 2010 (n=3).....	98
Tableau 19 : Éléments à valider et ou à mettre au point en 2010/2011.....	104
Tableau 20 : Tableau de correspondance des numéros de campagnes.....	108
Tableau 21 : Résultats du modèle de comparaison des moyennes avec hypothèse de non homogénéité des variances (modèle sur le log des données) .....	108
Tableau 22 : Résultats du modèle de comparaison des moyennes avec hypothèse de non homogénéité des variances (modèle sur le log des données) .....	112
Tableau 23 : Simulation de l'état biologique, physicochimiques et écologique partiel des sites DCE (Données : 2007 à 2010, grilles : 2009/2010).....	118
Tableau 24 : Résultats du calcul de différentes métriques pour les données de chlorophylle <i>a</i> (en µg/l) des stations de référence et de surveillance (toutes campagnes 2007 à 2010).....	121
Tableau 25 : Données de la littérature pour la chlorophylle <i>a</i> , les nutriments et la turbidité : seuils au delà desquels les écosystèmes coralliens et/ou les herbiers sont considérés comme altérés (blooms de macroalgues / eutrophisation).....	121
Tableau 26 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice biomasse en Martinique (paramètre chlorophylle <i>a</i> en µg/l).....	122
Tableau 27 : Grilles de qualité DCE retenues pour la couverture corallienne (% de la couverture totale).....	123
Tableau 28 : Grilles de qualité DCE retenues pour le ratio corail : macroalgues (sans unité).....	124
Tableau 29 : Grille de qualité « Diadèmes » (Source : McField & Kramer 2007).....	125
Tableau 30 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indicateur nutriments en Martinique (=EQR).....	125
Tableau 31 : Paramètres quantitatifs proposés et causes de dégradations (à confirmer avec études complémentaires) .....	127
Tableau 32 : Densités des plants de <i>Thalassia testudinum</i> relevées dans la littérature et lien avec le niveau d'eutrophisation.....	127
Tableau 33 : Grilles de qualité « provisoires » DCE retenues pour l'indice AMBI (issue de Borja <i>et al.</i> 2000* et du jeu de donnée 2008/2010).....	130
Tableau 34 : Etat d'avancement des indicateurs physicochimiques en métropole (Source : Daniel 2009a).....	131

Tableau 35 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice/indicateur oxygène en Martinique (mg/l) .....	132
Tableau 36 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice « orthophosphates » en Martinique (µmol/l).....	133
Tableau 37 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice DIN en Martinique (µmol/l) .....	134
Tableau 38 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indicateur « nutriments » exprimé sous forme d'EQR.....	134
Tableau 39 : Valeurs et états correspondants des indices DIN et orthophosphates et de l'indicateurs nutriments pour la totalité des stations DCE (données 2007/2010 : grilles de qualité 2009/2010) .....	134
Tableau 40 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice turbidité .....	135

# Abréviations

AFDW	Ash-Free Dry Weight
AMBI	AZTI Marine Biotic Index
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CoReMo	Coral Reef Monitoring
DCE	Directive Cadre européenne sur l'Eau
DCP	Dispositif de Concentration de Poissons
DDE	Direction Départementale de l'Equipement
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
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
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° 2010 0531030011 00, ce document constitue une partie du rendu attendu : **le rapport de référence 2010**. Un rapport « surveillance 2010 » est livré parallèlement au présent document. Les données brutes relatives à ces deux volets 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 2010. **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 → objet d'une première étude en 2007/2008 en Martinique puis de celle de 2009 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2008b, 2009b, 2010a) → **à affiner dans l'étude 2010** ;
- 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) → objet de rapports définissant l'état écologique des Masses d'eau Côtières (MEC) et de Transition (MET) en Martinique pour les années 2007, 2008 et 2009 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2008a, 2009a, 2010b).

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.

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

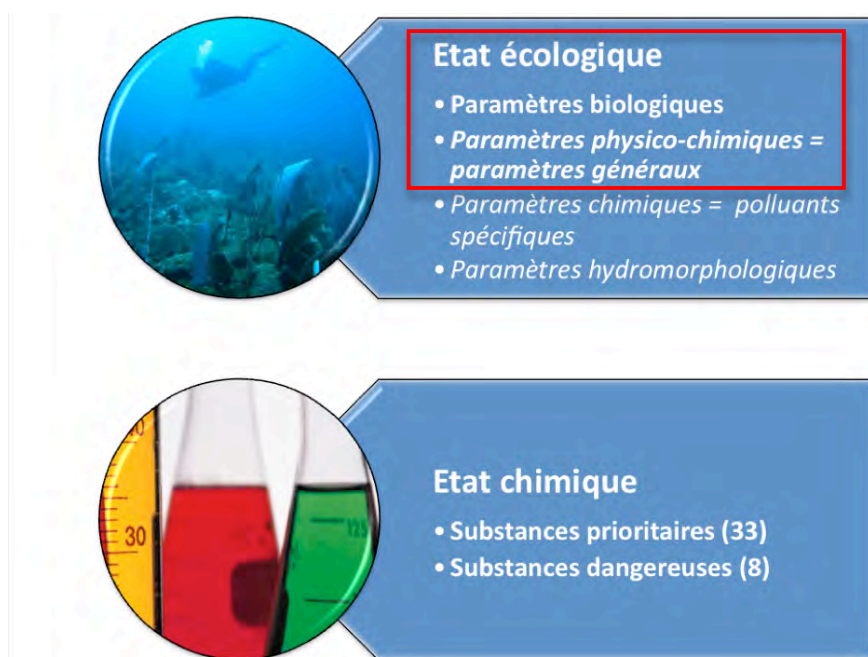
En matière d'évaluation de l'état des eaux, la DCE considère pour les eaux de surface deux notions (Définition 2 et Figure 1) :

- **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 hydromorphologiques<sup>1</sup> (Figure 2). Les paramètres chimiques (polluants spécifiques<sup>2</sup> 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 des éléments de qualité biologique et physicochimique sont demandés dans cette étude**. 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, Figure 3). 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**

<sup>1</sup> Les éléments hydromorphologiques et physicochimiques sont aussi désignés comme éléments de soutien.

<sup>2</sup> 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).

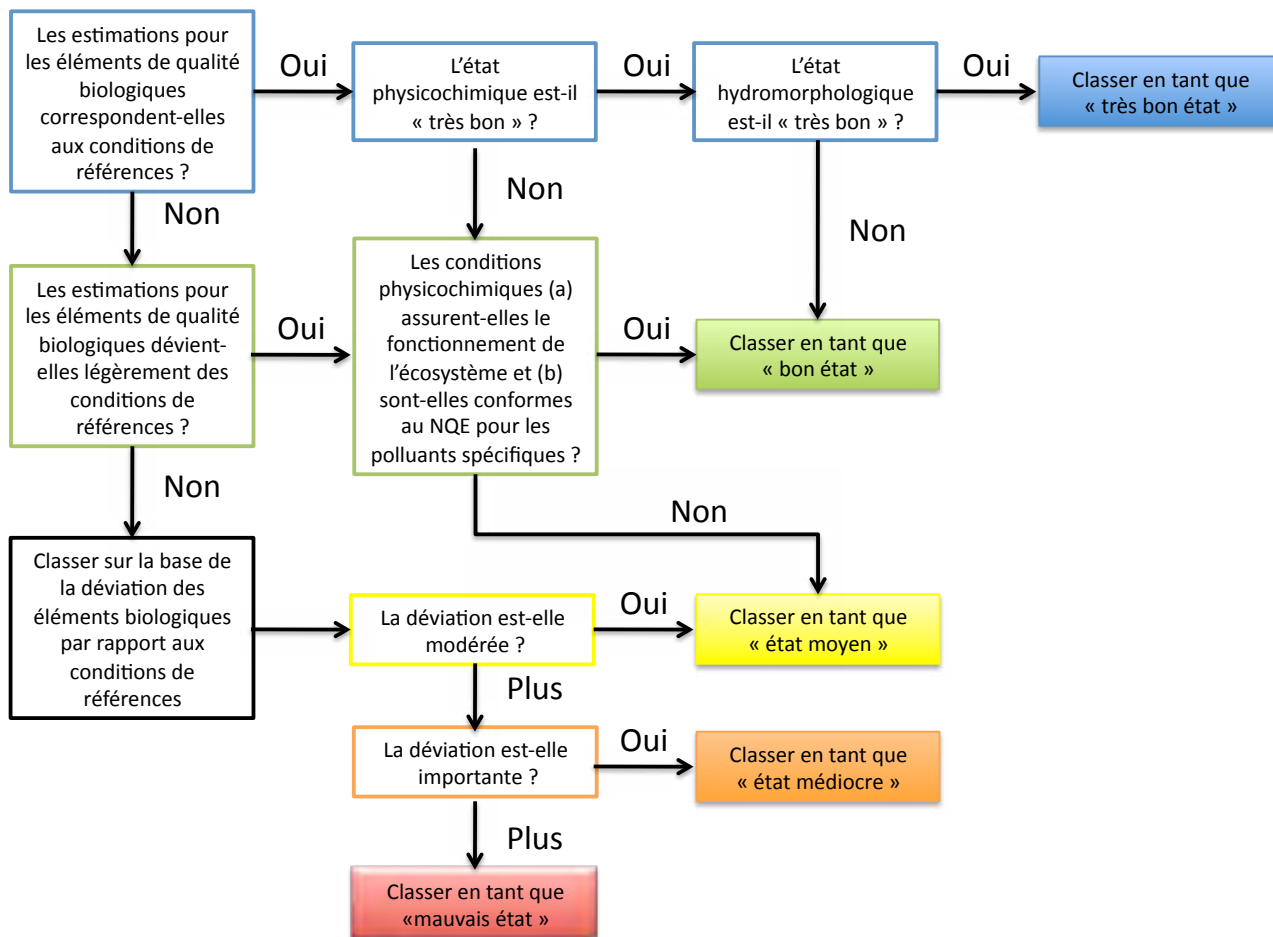


Figure 2 : Rôles respectifs des éléments de qualité biologique, hydromorphologique et physicochimique dans la classification de l'état écologique d'une masse d'eau (schéma issu de Working Group 2a 2005)

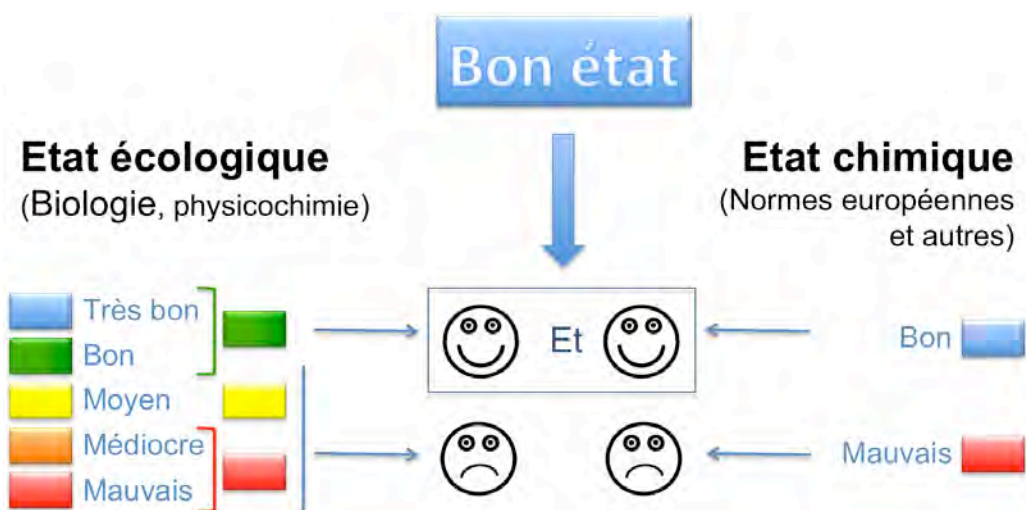


Figure 3 : Conditions d'évaluation d'une masse d'eau en « bon état » au sens de la DCE et codes couleur correspondants

### 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 4).

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

Métriques, indices, indicateur, grilles et EQR (extrait de Soudant & Belin 2009) :

Le terme métrique désigne une méthode de calcul mais aussi le résultat de son application à l'ensemble des données d'un paramètre.

Un indice est une composition d'une ou plusieurs métriques pour caractériser un niveau intermédiaire de l'évaluation pour un élément de qualité.

La métrique et l'indice sont quelquefois une même grandeur.

Un indicateur est la combinaison de plusieurs indices pour évaluer un élément de qualité.

Une grille 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.

Une valeur de référence est la valeur de très bon état fixée par expertise d'une métrique, indice ou indicateur hors influence anthropique.

Métrique, grille et valeur de référence devraient être définies conjointement.

Une métrique ou un indice sont transformés en Ecological Quality Ratio (EQR ou RQE) 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.

*Un paramètre étant : une propriété mesurée ou observée*

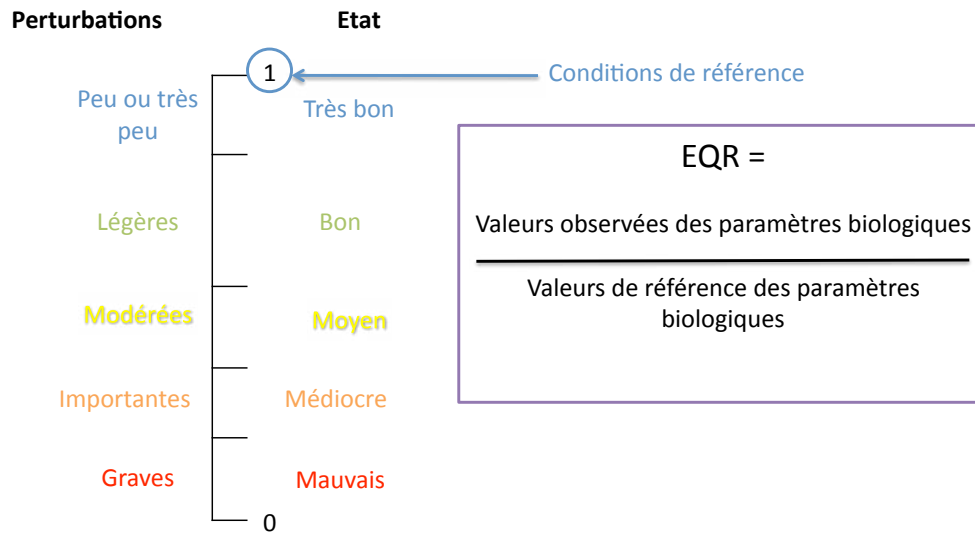


Figure 4 : Conditions de référence et Ratio de Qualité Écologique (Annexe V, 1.4.1) : cas où les valeurs de paramètres croissent avec l'amélioration de la qualité de l'eau

## 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.
- 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 km<sup>2</sup>. D'après Bouchon & Bouchon-Navarro 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.
- 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.

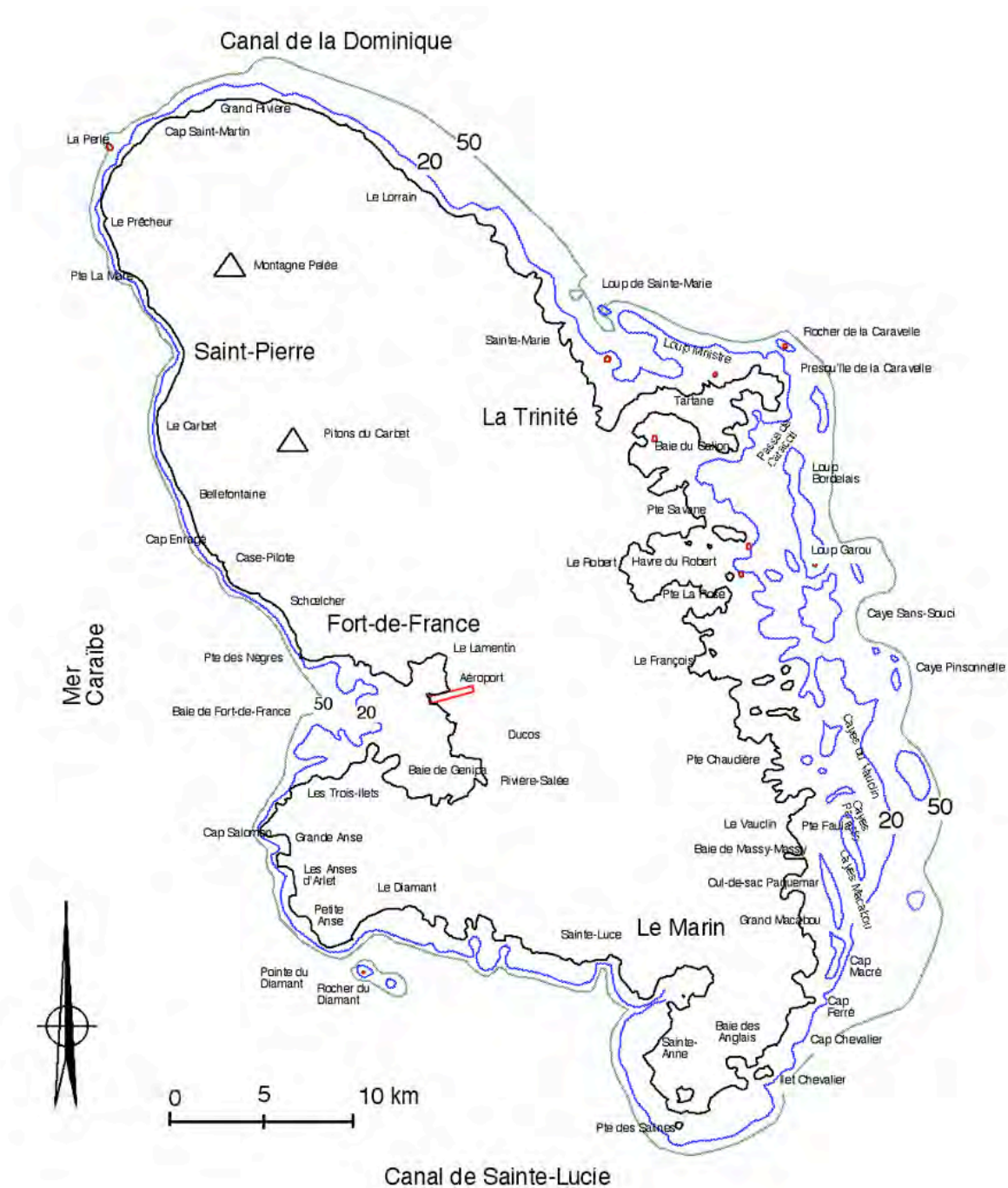


Figure 5 : Carte générale de la Martinique et du plateau insulaire. Limite bathymétrique bleue : 20 m de profondeur, limite bathymétrique verte : 50 m de profondeur

## 4.2 La délimitation des masses d'eau littorales en Martinique

L'état des lieux du district hydrographique de la Martinique (Asconit Consultants & Impact-Mer 2005a) 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 6). 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).

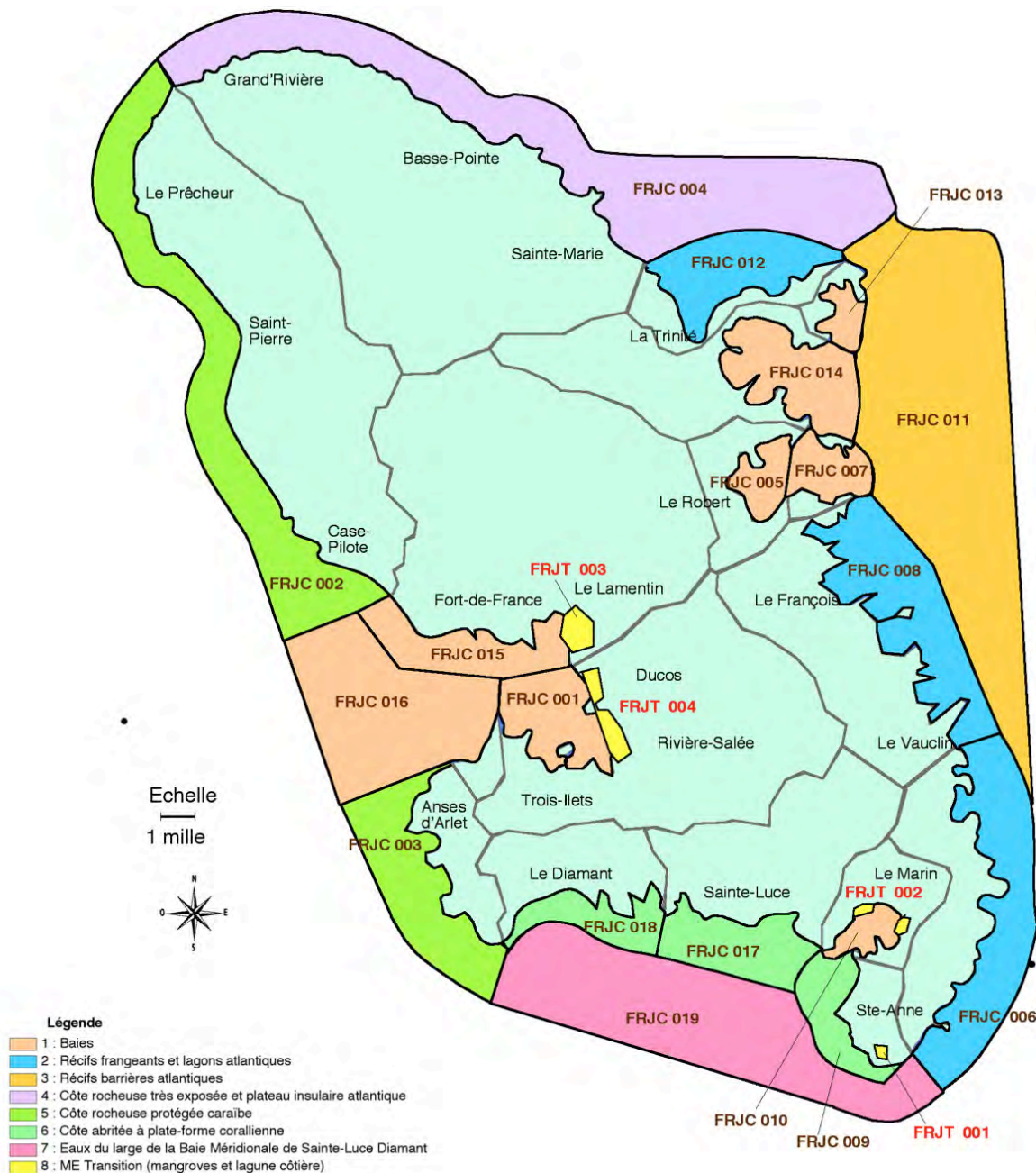


Figure 6 : Carte représentant les masses d'eau du littoral martiniquais appartenant aux huit types de masses d'eau littorales

### 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 / bioindicateurs 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, Cf. 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 paramètres 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 2010a). 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 2009/2010, la présente étude 2010/2011 s'inscrit dans cette démarche.

## 5 Bilan 2007/2008/2009 et objectifs 2010

Les suivis 2007/2008/2009 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,**
- ❖ **le manque d'éléments de cadrage destinés aux écosystèmes tropicaux<sup>3</sup> : intercalibrations réalisées entre états membres « continentaux », guide relatif à la définition du bon état des eaux littorales réalisé pour la métropole, etc.**

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

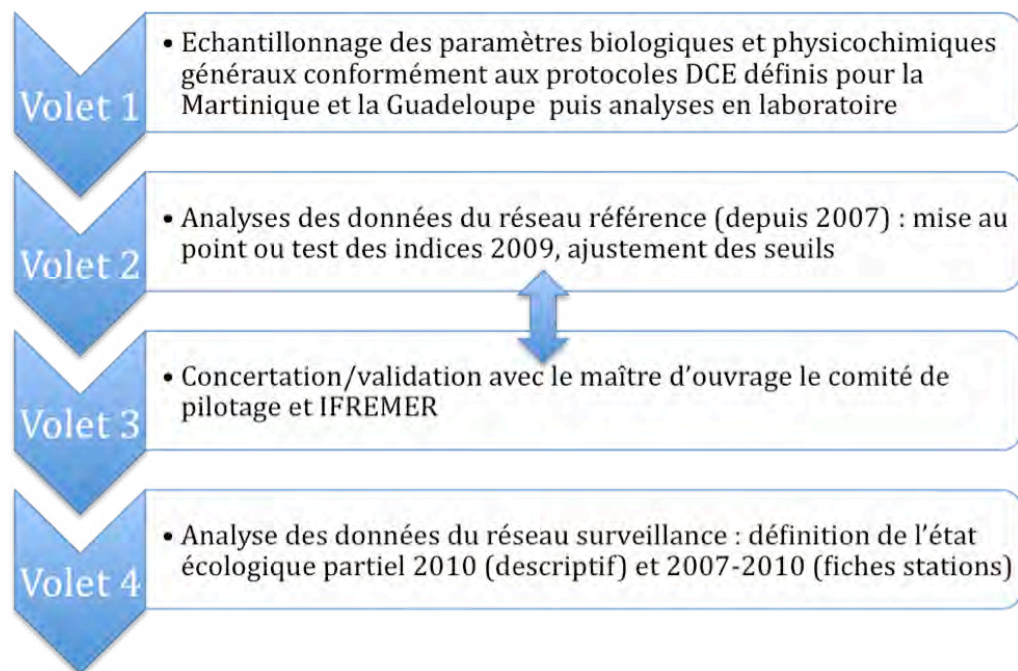
Dans ce contexte, et conformément au CCTP, l'objectif de l'étude proposée est d'acquérir des données sur le réseau de référence afin de :

- Compléter le travail réalisé en 2007/2008/2009 de définition des conditions de référence ;
- Développer et / ou affiner des méthodologies de traitement de données adaptées au contexte martiniquais et conformes aux prérogatives DCE (indice, grilles de classifications et EQR).
- Réaliser le suivi écologique partiel (paramètres de l'état écologique, sauf paramètres hydromorphologiques et polluants spécifiques) **2010** des stations du réseau de contrôle de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique dans la continuité du programme de surveillance 2007/2008/2009.

La présente étude s'inscrit dans la continuité du travail effectué en 2009/2010. Cette étude 2010/2011 doit permettre également :

- de mettre en pratique les protocoles des nouveaux paramètres proposés ;
- d'affiner les indices et seuils proposés précédemment afin de les adapter au mieux au contexte martiniquais ;

Pour ce faire, cette étude s'organise autour de quatre volets principaux :



<sup>3</sup> Concernant ce point, des efforts, à l'échelle nationale ont été consentis aux vues de l'adaptation de ces éléments aux DOM (IFREMER / ONEMA, Séminaire de mise en œuvre de la DCE dans les eaux littorales des DOM, 9 et 10 juin 2009, Centre IFREMER de l'Atlantique, Nantes).

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 côtières et de transition est échantillonné selon les protocoles utilisés durant les suivis précédents afin de permettre :

- une analyse temporelle des données : comparaison des différentes années de suivi ;
- une agrégation des résultats afin d'obtenir 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 l'IFREMER.

Ces deux volets sont interconnectés. Ce n'est qu'à l'issue de la validation par le comité de pilotage 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 de suivis 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 7).

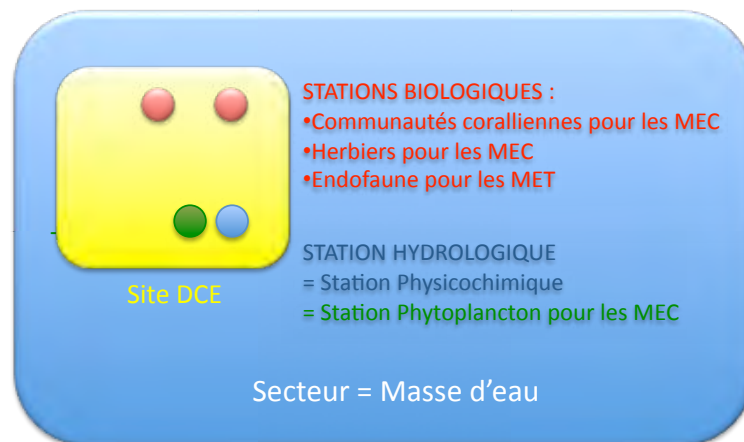


Figure 7 : Échelle de suivi appliquée aux suivis DCE

## 1.2 Les sites et stations de référence et de surveillance

Pour l'année 2010, 19 sites de suivis DCE doivent être échantillonnés parmi lesquels 8 appartiennent au réseau de référence et 15 au réseau de surveillance. Plusieurs de ces sites appartiennent aux deux réseaux (Figure 8).

*Remarque : Ecarté en 2009, le site de Cap St Martin a été réintégré au réseau de surveillance en 2010 alors que le site de Loup Caravelle en a été retiré.*

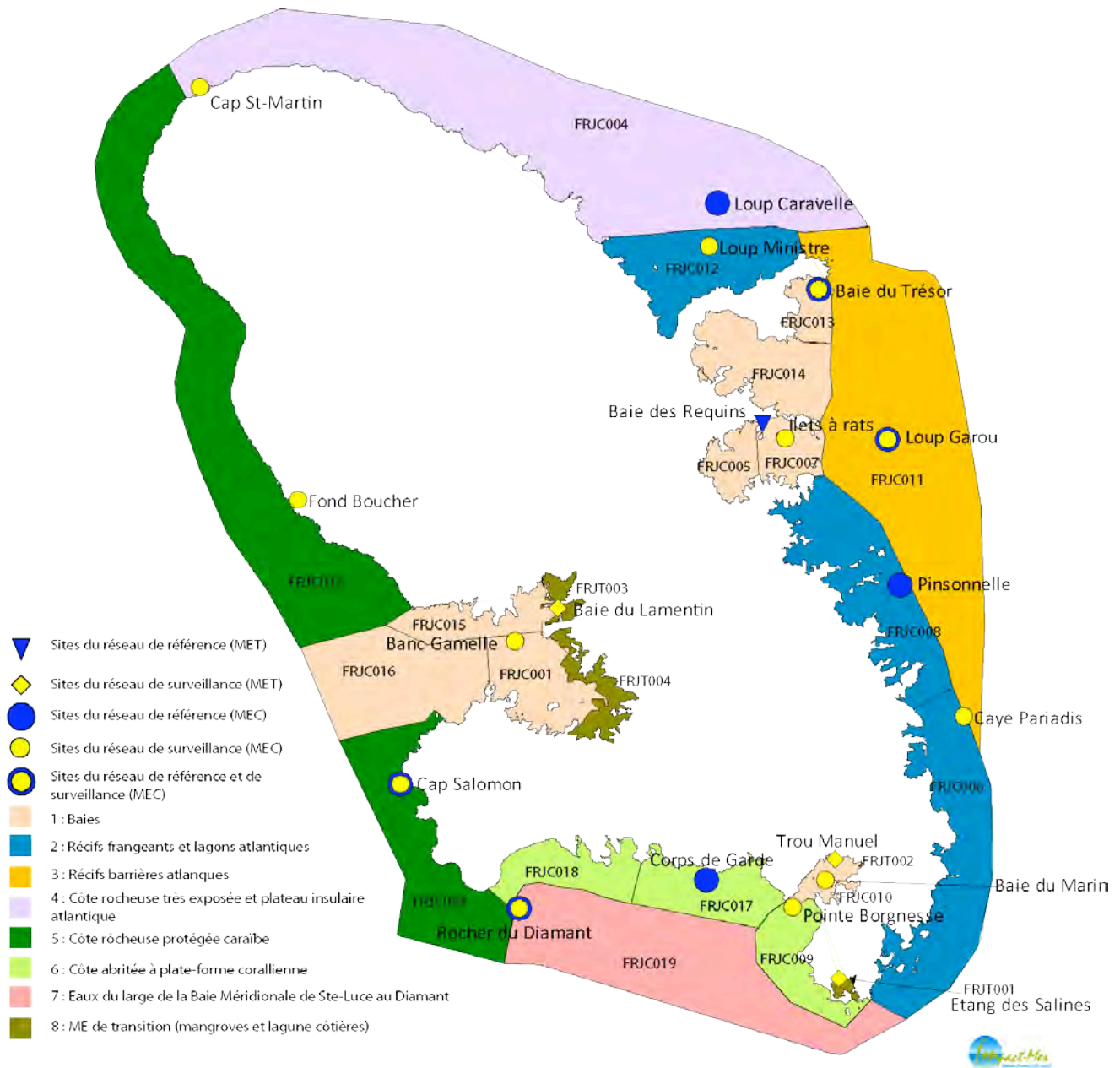


Figure 8 : Cartographie des sites DCE du réseau de référence et de surveillance pour l'année 2010

**Bilan des suivis à réaliser par site DCE**

L'ensemble des suivis à réaliser dans le cadre de l'étude DCE 2010 est présenté dans le Tableau 1.

Le site de Cap Saint-Martin est repris en 2010. C'est désormais un site de surveillance où tous les suivis des MEC seront réalisés. Il a été recalé pour respecter une profondeur équivalente aux autres sites.

Notons que, dans ce site, aucun herbier n'a pu être identifié.

En parallèle, le nouveau site de référence de cette masse d'eau, Loup Caravelle, a été déplacé conformément au CCTP. L'emplacement de la station sera aussi adapté pour obtenir une profondeur comparable aux autres sites de suivi des communautés coralliennes.

Concernant les MET, le site « Etang des Salines » est maintenu, mais le maître d'ouvrage est conscient du fait qu'il constitue une exception typologique. De ce fait, l'acquisition de données continue, mais sans exploitation commune avec les autres stations.

**En accord avec le maître d'ouvrage, lors de cette année 2010, certaines stations hydrologiques ont été repositionnées de manière à être le plus proche possible des stations biologiques (ou à équidistance entre les deux stations biologiques).**

**Certaines stations biologiques ont également été recalées afin de permettre une comparaison plus rigoureuse des stations référence et surveillance (profondeur équivalente).**

L'ensemble des coordonnées des stations DCE littorales (mises à jour en 2010, sauf pour l'herbier de Caye Pariadis non échantillonné en 2010 mais qui devra à l'avenir certainement être repositionné à une profondeur inférieure) sont présentées dans l'Annexe 2 du présent document.

Tableau 1 : Description des sites de référence et de surveillance et éléments de qualité échantillonnés en 2010

Masse d'eau	Code	Type de ME	Site	Code SANDRE	Type de site	X (WGS84 /UTM20 )	Y (WGS84/ UTM20)	Physico-chimique	Phytoplanc ton	Herbiers	Communau tés coralliennes	Endofaun e
Baie du Trésor	FRJC013	1	Baie du Trésor	08999502	Référence – surveillance	721795	1635198	X	X	X	X	
Baie de Génipa	FRJC001	1	Banc Gamelle	08999503	Surveillance	713080	1615427	X	X	X	X	
Est de la Baie du Robert	FRJC007	1	Ilets à rats	08999507	Surveillance	736034	1608547	X	X		X	
Baie du Marin	FRJC010	1	Baie du Marin	08999501	Surveillance	726444	1597797	X	X	X	X	
Littoral du François au Vauclin	FRJC008	2	Pinsonnelle	08999514	Référence	726045	1624367	X	X	X	X	
Littoral du Vauclin à Sainte Anne	FRJC006	2	Caye Pariadis	08999505	Surveillance	722295	1637668	X	X			
Baie de la Trinité	FRJC012	2	Loup Ministre	08999509	Surveillance	731745	1624237	X	X		X	
Récif Barrière Atlantique	FRJC011	3	Loup Garou	08999508	Référence – surveillance	728294	1599307	X	X		X	
Nord Atlantique, plateau insulaire	FRJC004	4	Loup Caravelle	08999517	Référence	704564	1604747	X	X		X	
Nord Atlantique, plateau insulaire	FRJC004	4	Cap St Martin	08999516	Surveillance	692800	1643750	X	X	*	X	
Anses d'Arlet	FRJC003	5	Cap Salomon	08999504	Référence – surveillance	698864	1620848	X	X	X	X	
Nord Caraïbes	FRJC002	5	Fond Boucher	08999506	Surveillance	710994	1612847	X	X			
Baie de Sainte Luce	FRJC017	6	Corps de Garde	08999518	Référence	727915	1632767	X	X	X	X	
Baie de Sainte Anne	FRJC009	6	Pointe Borgnesse	08999512	Surveillance	732954	1615492	X	X		X	
Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant	FRJC019	7	Rocher du Diamant	08999513	Référence – surveillance	721644	1599297	X	X		X	
*		8	Baie des Requins	08999404	Référence	724775	1625187	X				X
Étang des Salines	FRJT001	8	Étang des Salines	08999402	Surveillance	711600	1597777	X				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

En rouge les sites de référence

\* Le site de Cap St Martin ne présentant pas d'herbier aux profondeurs souhaitées, l'échantillonnage de cette station n'a pas pu être réalisé

## 2 Protocoles d'échantillonnage des paramètres biologiques et physicochimiques

*Rappel : dans la présente étude « l'état écologique partiel » d'une masse d'eau est évalué grâce à l'étude des éléments de qualité biologique et physicochimique (sauf polluants).*

*Les protocoles (sauf endofaune) décrits ci-après ont été validés lors de la réunion de démarrage de la DCE du 8 février 2007. Ces protocoles, en particulier pour la chlorophylle a, diffèrent quelque peu du CCTP mais correspondent aux recommandations énoncées dans Aminot & Kérouel (2004) et Daniel (2009b).*

### 2.1 Éléments de qualité biologiques

#### 2.1.1 Phytoplancton (MEC) : chlorophylle a

L'ensemble des prélèvements sera réalisé le matin (vent < 10 m/s le jour du prélèvement et le jour précédent), en parallèle aux prélèvements des paramètres physicochimiques. Les stations seront échantillonnées à des heures comparables à celles des campagnes précédentes (stations toujours effectuées dans le même ordre dans la matinée).

L'eau de mer destinée à l'analyse de la chlorophylle a est prélevée en sub-surface (0-1 m) grâce à une bouteille NISKIN (bouteille Free Flow HYDRO-BIOS, 2,5 L) et pré-filtrée sur un filet nylon de 300 µm. Les échantillons d'eau sont conservés dans des flacons de 2 litres en plastique recouverts d'aluminium au noir et au frais jusqu'à leur analyse.

Les dosages de la chlorophylle a et d'un indice phéopigments sont réalisés au LDA Martinique par spectrométrie d'absorption moléculaire (NF T 90-117 Scor Unesco, Seuil de quantification : 0,01 µg/l). Cette analyse comprend une filtration préalable de l'échantillon **sur 0,7 µm** (Whatman GF/F) en laboratoire qui sera réalisée dans un délai de 10 h.

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



**Concentration en chlorophylle a = Indice « biomasse »**

#### 2.1.2 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),**
- ❖ **d'une étude complémentaire concernant la couverture en macroalgues.**

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).

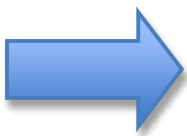
**État de santé des récifs**

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 tempéré 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**

**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".

Un plongeur (plongeur n°1 sur la Figure 9) déroule un **transect de 10 m** et l'attache en 2 points fixes tendu au-dessus du fond et au plus proche du substrat (moins de 50 cm). Le plongeur réalise un passage unique sur le transect et réalise un relevé de type « **point intercept** ». 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.*

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.



**Pourcentage relatif des différentes catégories d'organismes sur les 6 transects puis moyennes de ces 6 valeurs**

- **Indice « couverture corallienne »**
- **Indice « ratio couverture corail /macroalgue totale»**

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

	Saisie BD COREMO 3		Saisie DCE complémentaire		Pour mémoire	
	Code (niveau intermédiaire Reef Check)	Descripteur COREMO3	Descripteur DCE	Notes	Version 2007 des codes modifiés	Acronymes français 2007
Vivant	HC / SC	Hard Coral / Soft Coral	Corail vivant			CV
	HC	Hard Coral	Corail blanchi	CB		CB
	SP	Sponge	Éponge			EP
	OT	Other	Autres invertébrés	GO, AN, ...		INV
	NIA	Nutrient Indicator Algae	Macroalgues non calcaires	MA ou CYA	OT pour cyanophycées	MA
	OT	Other	Macroalgues calcaires	HAL, GAL, ...		AC
	RC	Rock	Turf algal ou algue calcaire encroûtante.	TU ou AC	OT	TU
Mort	RKC	Recent Killed Coral	Corail mort récemment (<1 an)			CM
	RC	Rock	Substrat dur			R
	RB	Rubble	Débris coralliens (<15cm)			DC
	SD	Sand	Sable (<0,5cm)			SA
	SI	Silt/Clay	Vase (<1mm)			VA

**Rappels concernant la saisie des données**

- Toutes les macroalgues non calcaires (type Dictyota, ...) doivent être saisies sous le code NIA. Le genre peut être éventuellement noté dans les remarques de la fiche terrain pour aider à l'interprétation.
- Les macroalgues calcaires (type Halimeda, ...) doivent être saisies sous le code OT. Les turfs algaux (gazons < 3cm) et algues calcaires encroûtantes (corallines) doivent être saisis sous le code RC. Il est important de noter dans la colonne "Notes" quel est le type d'algues (ou autre invertébré) concerné pour chacun de ces codes
- Les acronymes français ne doivent pas être utilisés.
- Lorsque le substrat est composé de macroalgues, de turf ou de cyanophycées la nature du substrat (vivant ou non) sur lequel ceux-ci se développent doit être précisée.
- Les coraux durs (Scleractinia) ainsi que les coraux de feu et coraux-dentelles (Hydrozoa) sont notés HC

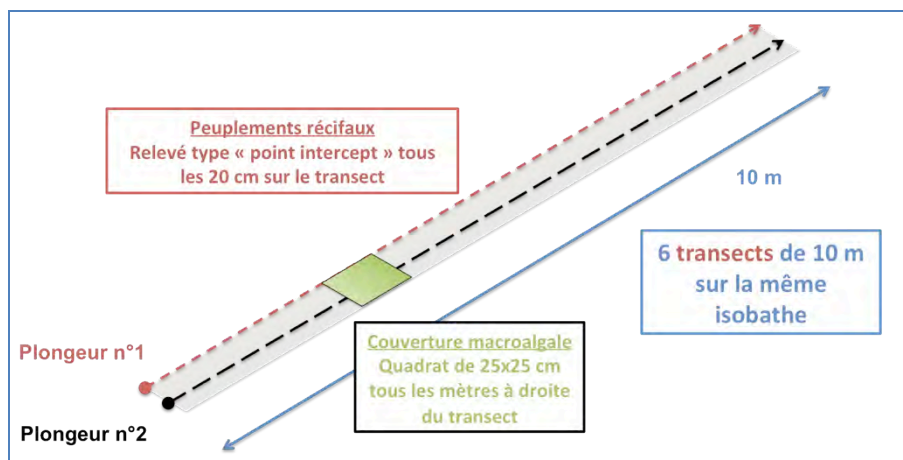


Figure 9 : Schéma de la mise en œuvre du suivi des peuplements récifaux et de la couverture macroalgale

### Étude complémentaire de la couverture macroalgale au sein de la communauté corallienne

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 m<sup>2</sup> par transect soit 3,75 m<sup>2</sup> 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 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).*



**Moyenne des classes de couverture sur tous les quadrats de la station = indice « macroalgue »**

**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 (Chlorophytes)	<i>Codium sp.</i> <i>Caulerpa racemosa</i> * <i>Rhipilia tomentosa</i> <i>Avrainvillea sp.</i> <i>Halimeda opuntia, H. discoidea, H. incrassata</i> <i>Enteromorpha sp.*</i> Ulvaes ( <i>Ulva</i> et <i>Ulvaria</i> )
Algues rouges (Chromophytes)	<i>Amphiora fragilissima</i> <i>Peyssonnelia sp.</i> <i>Acantophora sp.</i>
Algues brunes (Rhodophytes)	Sargasses* Dictyotales* <i>Padina sp.</i> <i>Turbinaria sp.*</i>

**Les oursins (élément testé en 2010)**

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 diadèmes est comptabilisée (soit 60 quadrats par station et 60 m<sup>2</sup> couverts).

Ces organismes étant vagiles il est important de réaliser l'échantillonnage à des heures standardisées (entre 10h00 et 14h00 ; McField & Kramer 2007). Une grille de qualité définie *a priori* est proposée ci-après (Tableau 29) et sera affinée lors de l'analyse des résultats.

**Tableau 6 : Grille de qualité « Diadèmes » (Source : McField & Kramer 2007)**

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



**Moyenne du nombre d'individu sur tous les quadrats de la station = densité des individus (Nombre d'individu / m<sup>2</sup>)**

**Blanchissement : indice stress corallien**

*Remarque : cet indice n'est pas utilisé pour l'évaluation de l'état global de la masse d'eau mais peut servir de variable explicative. Il est en outre suivi dans le cadre de la DCE Guadeloupe, mais n'est pas non plus intégré à la définition de la qualité des masses d'eau.*

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 ») et ajoute le pourcentage de corail blanchi sous la forme d'un indice de blanchissement en 5 classes comme indiqué dans le Tableau 7.

**Tableau 7 : Classification du niveau de blanchissement d'une colonie corallienne et Grille de l'indice « stress corallien »**

Classe	La colonie corallienne est blanchie à :	Classification du stress des colonies coralliennes	classification de l'indice « stress corallien » :
Classe 0	0 %	Très bon état	0 à 0,49 (≈ 0)
Classe 1	1 à 10 %	Bon état	0,5 à 1,49 (≈ 1)
Classe 2	11 à 50 %	État moyen	1,5 à 2,49 (≈ 2)
Classe 3	51 à 90 %	État médiocre	2,5 à 3,49 (≈ 3)
Classe 4	91 à 100 %	Mauvais état	3,5 et + (>3)



**Moyenne des classes de blanchissement sur les 6 transects de la station = indice « stress corallien »**

### 2.1.3 Les herbiers de phanérogames marines (MEC)

Pour chaque site présentant un herbier, un suivi de cet écosystème est réalisé.

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

- Un secteur comprenant une zone d'herbier homogène (*Thalassia testudinum* pur ou mixte c'est-à-dire avec du *Syringodium filiforme*)<sup>4</sup>
- Une surface d'échantillonnage équivalente à la totalité de l'herbier en évitant la périphérie de l'herbier (conditions écologiques différentes)

#### État de santé de l'écosystème herbier : estimation visuelle

La classification de l'état de santé d'un herbier peut être basée sur sa composition et l'observation de signes d'eutrophisation et de sédimentation. La typologie utilisée dans les suivis DCE a été établie par C. Bouchon (UAG) et adaptée par Impact-Mer pour être en conformité avec la DCE. Elle permet de déterminer 5 classes hiérarchisées conformément à la Directive Cadre sur l'Eau.

Cet état de santé est estimé visuellement grâce à la typologie établie (Tableau 8).

**Tableau 8 : Indice de composition/perturbation de l'herbier. Classification de l'état de santé de l'écosystème herbier**

Classification de l'état de Santé	Caractéristique de l'herbier de phanérogames
1 = Très bon état	Herbier de <i>Thalassia testudinum</i> pur
2 = Bon état	Herbier mixte à <i>Thalassia</i> et <i>Syringodium</i> ou Herbier à <i>Syringodium</i> pur
3 = État moyen	Signe d'eutrophisation ou de sédimentation
4 = État médiocre	Herbier avec macroalgues ou envasé. Eutrophisation ou hypersédimentation marquée
5 = Mauvais état	Herbier envahi par les macroalgues ou envasé



### Un indice de l'état de santé global de la station herbier

#### Densité / biométrie foliaire des plants de phanérogames

La densité des plants et la hauteur de la canopée seraient également liées à l'état de santé de l'écosystème herbier. À partir de cette constatation Bouchon *et al.* 2003 ont établi un protocole de suivi et une classification de l'état de santé du milieu. Ce protocole a été repris et la classification a été adaptée aux exigences DCE :

Un premier plongeur comptabilise le nombre de plants (ou faisceaux<sup>5</sup>) de *Thalassia testudinum* et de *Syringodium filiforme* dans 30 quadrats de 10 x 20 cm (soit 0,6 m<sup>2</sup>) positionnés aléatoirement dans une zone d'herbier homogène.

Un deuxième plongeur mesure la longueur de la plus grande feuille (de la base à l'extrémité non « broutée » si possible) de 100 plants de *Thalassia testudinum* pris au hasard dans la zone d'herbier homogène.

Ces données doivent permettre de :

- caractériser la canopée : indice de densité des plants / hauteur de la canopée (classification provisoire : Tableau 9, cet indice n'a pas encore été utilisé pour la classification de l'état écologique)
- calculer l'abondance relative des 2 espèces de phanérogames considérées

**Tableau 9 : Classification de l'indice de densité / hauteur de la canopée**

Classification	Caractéristiques des plants
1 = Très bon	Herbier dense et haut
2 = Bon	Herbier dense et court
3 = Moyen	Herbier peu dense et haut
4 = État médiocre	Herbier peu dense et court
5 = Mauvais état	Herbier clairsemé et très court



présenté ne convient pas aux herbiers à *Halophila*, qui ne sont par conséquent pas échantillonnés.

<sup>5</sup>Un plant ou faisceau peut être composé de plusieurs feuilles

- **Longueur moyenne des plus grandes feuilles de *Thalassia* (en cm) = hauteur de la canopée**
  - **Densité moyenne des plants de *Thalassia* (en nombre de plants / m<sup>2</sup>)**
  - **Densité moyenne des plants de *Syringodium* (en nombre de plants / m<sup>2</sup>)**
- à transformer en indice(s)

◆ **Étude complémentaire de la couverture macroalgale au sein des herbiers**

Un suivi des macroalgues au sein des herbiers a été ajouté en 2009 et se poursuit en 2010 conformément au CCTP. *Cet indice n'est cependant pas utilisé pour l'évaluation de l'état global de l'herbier.*

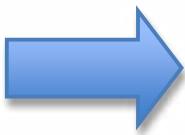
Un deuxième plongeur réalise 10 quadrats de 25 x 25 cm posés aléatoirement au sein de l'herbier.

Le recouvrement en macroalgues est évalué visuellement par quadrat selon les 5 classes du Tableau 4.

Pour chaque quadrat, sont indiqués :

- le genre ou l'espèce de macroalgue dominante. Les algues les plus communes du littoral martiniquais qu'il est important d'identifier sont mentionnées, à titre indicatif (liste non exhaustive) dans le Tableau 5,
- la nature du substrat (substrat majoritaire présent dans le quadrat).

Ces deux dernières 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 (taux de recouvrement) car les proportions exactes de ces éléments au sein du quadrat ne sont pas indiquées.



**Moyenne des classes de couverture sur tous les quadrats de la station = indice « macroalgue »**

### 2.1.4 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 réplikat résulte de la fusion de 3 bennes pleines, soit une surface échantillonnée de 0,1 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup>) en sub-surface du sédiment (< 10 - 15 cm). Le sédiment issu de ces 3 coups de benne est tamisé délicatement avec de l'eau de mer (maille de 1 mm) afin d'éliminer le maximum de particules fines et de garder les organismes (la présence de vase en trop grande quantité peut entraver la bonne fixation de la matière vivante). La totalité du refus de tamis est lavée soigneusement vers le bord du tamis et conditionnée dans des bocaux en plastique étiquetés puis recouvert d'alcool à 70<sup>o</sup>.

#### Précisions sur le choix de fixation à l'alcool

Le choix de l'alcool à 70° a été fait en 2009 pour le suivi de l'endofaune des masses d'eau de transition (MET) de la DCE. Le formol boraté est en effet suspecté d'être cancérigène, et son utilisation est de plus en plus limitée et controversée.

L'usage de l'alcool à 70° a été validé avec Lionel Bigot, notre spécialiste de l'endofaune, pour une conservation de quelques semaines avant traitement par son laboratoire.

Parallèlement, 3 autres coups de bennes sont effectués. Le contenu est mélangé dans une bassine propre et un sous-échantillon de sédiment brut de 500 ml est conditionné dans un bocal en plastique étiqueté. De l'aluminium est placé entre le couvercle et l'échantillon Ce flacon est ensuite placé dans une glacière rigide (+ glace ou eustatique) durant le transport (bateau + voiture). De retour du terrain, les flacons sont placés au congélateur à - 20°C.

Soulignons que le matériel (benne, récipient, etc.) est abondamment rincé à l'eau de mer avant chaque prélèvement.

L'ensemble des échantillons est envoyé dans des glacières en polystyrène incluses dans des cartons sécurisés via Chronopost. Les échantillons de sédiments bruts sont recouverts de carboglace durant le transport afin de les conserver à une température < 4°C.

#### 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)

<sup>6</sup> L'alcool étant moins nocif que le Formol sur le terrain, il a substitué ce dernier lors de la dernière campagne 2009. Les essais étant concluants, il est conservé pour l'échantillonnage 2010

- 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 des auteurs (Bigot *et al.* 2008). 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, Tableau 10).

**Tableau 10 : Groupes écologiques de sensibilités différentes au stress (d'après Grall & Glémarec 1997)**

Groupe	Type d'espèces	Caractéristiques	Groupes trophiques
I	sensibles à l'enrichissement organique	présentes en conditions non polluées (état initial)	carnivores sélectifs, quelques polychètes dépositives tubicoles
II	Indifférentes à l'enrichissement organique	espèces toujours présentes en faible densité sans variations temporelle significatives (état initial à un faible déséquilibre du système)	suspensivores, carnivores peu sélectifs et nécrophages
III	Tolérantes à l'enrichissement organique	naturellement présentes dans des conditions normales mais leurs populations sont stimulées par un enrichissement organique (faible déséquilibre du système)	dépositives tubicoles de surface comme les Spionidae tubicoles
IV	Opportunistes de second ordre	déséquilibre faible à prononcé du système	Principalement des polychètes de petites tailles : dépositives de subsurface, comme les Cirratulidae
V	Opportunistes de premier ordre	prolifèrent dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface (déséquilibre prononcé du système)	dépositives

#### Coefficient benthique AMBI (Grall & Coïc 2006) :

Basé sur le modèle de l'Indice Biotique (IB), le Coefficient Benthique (CB ou AMBI) a été créé pour le programme AZTI le long côte basque par Borja *et al.* (2000). Il consiste à pondérer le pourcentage de chaque groupe écologique présent par le poids de sa contribution dans la représentation du niveau de perturbation :

$$CB = ((0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)) / 100$$

L'avantage de cette formule par rapport aux autres techniques est de transformer l'indice en variable continue, permettant l'utilisation de tests statistiques pour en vérifier la validité. De plus, elle permet de s'affranchir de la subjectivité pour attribuer une valeur lorsque 2 groupes écologiques sont en proportions équivalentes. Elle permet enfin de révéler d'infimes variations dans la composition faunistique du peuplement (Glémarec 2008). Une corrélation avec les États Écologiques définis par la Directive Cadre Eau a été proposée par Borja *et al.* (2004).

#### M-AMBI :

Le calcul de M-AMBI est basé sur une analyse factorielle effectuée à partir de 3 paramètres clés : Richesse spécifique, H' et AMBI. L'analyse M-AMBI est basée sur la mesure de la distance euclidienne existant entre un site donné et les conditions de référence. La distance entre la meilleure et la plus mauvaise des valeurs étant de 1, cet indice se présente déjà sous la forme d'un EQR.

Précisions sur le calcul des indices AMBI et M-AMBI

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 - Technalia's Team 2010). Les valeurs seuils par défaut utilisées dans ce logiciel sont, pour :

- AMBI<sup>7</sup> : 1,2-3,3-4,3-5,5 (Borja *et al.* 2000), cet indice décroît quand la qualité du milieu augmente
- M-AMBI<sup>8</sup> (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 & Amouroux 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.

---

<sup>7</sup> Seuils non modifiables dans le logiciel AZTI v4.1

<sup>8</sup> Seuils modifiables dans le logiciel AZTI v4.1

## 2.2 Paramètres physicochimiques généraux soutenant les paramètres biologiques

Lors des suivis DCE, les paramètres physicochimiques « viennent soutenir l'interprétation des paramètres biologiques » (Pellouin-Grouhel 2005).

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

L'ensemble des prélèvements est réalisé le matin, en parallèle aux prélèvements de chlorophylle *a*. Les stations sont échantillonnées à des heures comparables à celles des campagnes précédentes (stations toujours effectuées dans le même ordre dans la matinée).

### 2.2.1 Température, salinité, pH, oxygène

L'eau de mer est prélevée grâce à une bouteille NISKIN (bouteille Free Flow HYDRO-BIOS, 2,5 l) en sub-surface puis tous les 2 mètres (jusqu'à une profondeur équivalente à 2 m au-dessus de la profondeur maximale de la station). La température, la salinité, le pH, l'oxygène dissous et la saturation en oxygène sont analysés simultanément par une sonde multiparamètre (WTW Multi 350i) calibrée quotidiennement (Tableau 11).

Tableau 11 : 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

### 2.2.2 Turbidité, concentration en nutriments

L'eau de mer est prélevée grâce à une bouteille NISKIN (bouteille Free Flow HYDRO-BIOS, 2,5 l) en subsurface.

Pour le paramètre turbidité, 500 ml d'eau brute sont prélevés et flaconnés (flacons en plastique).

Pour les nutriments, l'eau est préalablement filtrée sur 10 µm (membrane de nylon) avant d'être flaconnée (flacons HDPE à col étroit avec capuchon fileté en polypropylène) par un opérateur muni de gants à usage unique. Auparavant, tous les flacons sont rincés (bouchés) 3 fois avec l'échantillon d'eau. Tous les flacons sont remplis seulement au ¾ et fermement bouchés.

Dès qu'ils sont remplis, les flacons sont immédiatement placés debout à l'obscurité et au frais (glacière rigide + eustatiques ou glace). L'ensemble des échantillons est livré au laboratoire d'analyse avant 14 h 00 le jour du prélèvement (LDA Martinique<sup>9</sup>).

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

Analyses des données et évaluation de l'état écologique partiel

En accord avec les prérogatives DCE, plusieurs propositions ont été réalisées 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 le rapport de référence 2009** (Impact-Mer & Pareto

<sup>9</sup> Le choix de ce laboratoire a été réalisé en accord avec le maître d'ouvrage

Ecoconsult 2010a). Ces méthodologies et seuils « provisoires » (à affiner au cours des années) doivent être testés et éventuellement affinés dans le présent document puis validés en comité de pilotage DCE.

**Ce sont ces éléments qui ont servi à l'évaluation de l'état écologique partiel des masses d'eau en 2009/2010.**

**Dans la présente étude (2010/2011), ces éléments vont être complétés et/ou affinés.**

### 2.3 Les données

Les métriques retenues doivent être calculées sur la durée du plan de gestion (6 ans). Pour permettre une évaluation **provisoire** de l'état écologique partiel, **les calculs sont effectués selon les modalités suivantes :**

#### ◆ Pour 2010

Dans un premier temps, seules les données de la campagne d'octobre 2010 sont extraites. Elles sont ensuite décrites et discutées. Tous les sites n'étant pas suivis pour tous les paramètres cette année, l'état écologique partiel 2010 ne peut pas être déterminé. En revanche, les indices et indicateurs suivis en 2010 sont calculés (selon les méthodologies 2009/2010) → Cf. Chapitre :C. Volet 1 : Résultats des suivis du réseau référence pour l'année 2010 et premières analyses p.39.

#### ◆ Pour 2007/2010

Les données de l'ensemble des campagnes 2007 à 2010 sont extraites (toutes profondeurs confondues) c'est à dire :

- **l'ensemble des données DCE disponibles pour les communautés coralliennes et les herbiers (1 à 3 campagnes : 2007 et/ou 2009 et/ou 2010)**
- **l'ensemble des données DCE disponibles pour le phytoplancton et les paramètres physicochimiques généraux (7 à 11 campagnes selon les sites)**
- **l'ensemble des données DCE disponibles pour l'endofaune (3 campagnes : 2008, 2009 et 2010)**

- L'état biologique, l'état physicochimique et les indicateurs relatifs sont déterminés à partir des modes de calcul retenus en 2009/2010 (percentiles, moyennes des indices, moyennes des EQR, etc. : Cf. Figure 10 et Figure 11).
- L'état écologique partiel 2007/2010 de chaque masse d'eau est enfin défini à partir de l'état biologique et physicochimique 2007/2010 selon les modalités décrites ci-après.

*Remarques : Ces modes de calcul d'agrégation sont testés et rediscutés à l'issue de cette campagne et à la lumière de données complémentaires. Si des modifications s'avèrent pertinentes, ces dernières seront intégrées à l'évaluation de l'état écologique partiel 2007/2010 → Cf. D. Volet 2 & 3 : Réévaluation des éléments nécessaires à la définition de l'état écologique partiel d'une ME littorale en Martinique p.104*

## 2.4 Les métriques, indices et indicateurs retenus en 2009/2010

L'ensemble des indices, métriques et mode de calcul de l'indicateur pour les masses d'eau côtières et les masses d'eau de transition est présenté respectivement dans la Figure 10 et la Figure 11.

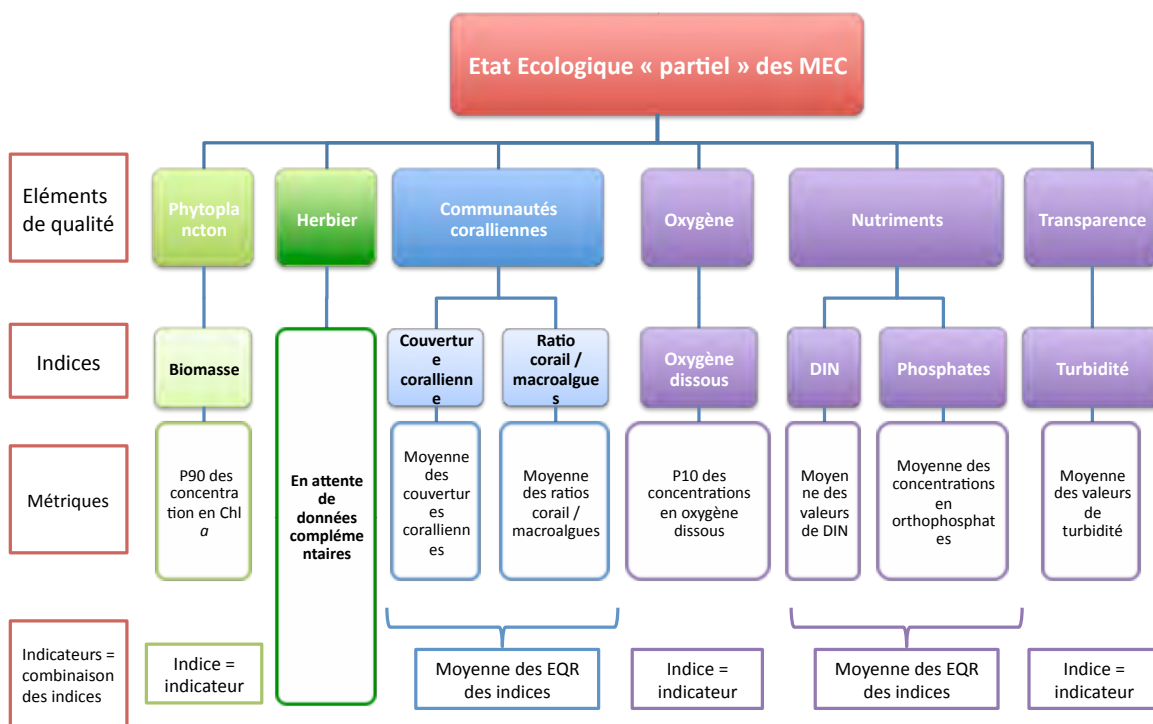


Figure 10 : Synthèse des paramètres, indices, métriques et indicateurs retenus pour les masses d'eau côtières

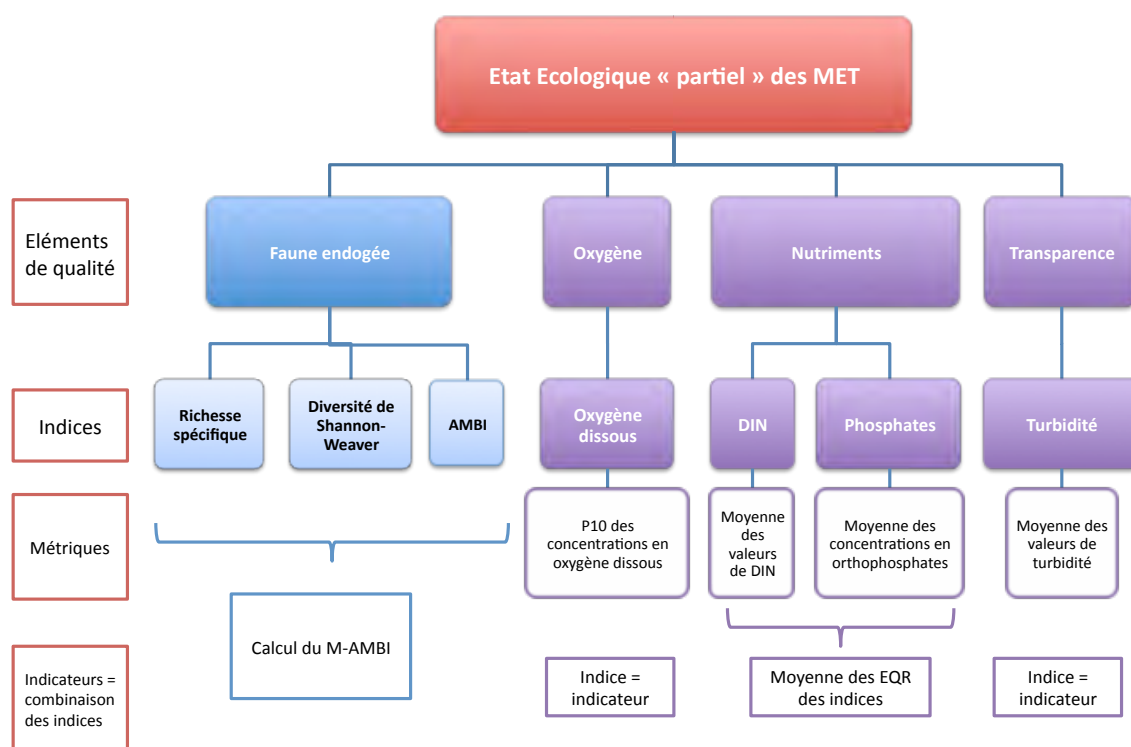


Figure 11 : Synthèse des paramètres, indices, métriques et indicateurs retenus pour les masses d'eau de transition

## 2.5 Les grilles de qualité et règles d'agrégation des indices retenues en 2009/2010 : fiches par type de masses d'eau

Le bilan des grilles de qualité des indices, des EQR et indicateurs ainsi que les règles d'agrégation des indices est présenté ci-après sous la forme de fiche par masse d'eau. Ces fiches sont issues du travail effectué en 2009/2010 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2010a). Il a été choisi arbitrairement que, pour toutes ces grilles, **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).

*Remarques : en l'absence de données et de connaissances suffisantes sur les herbiers, il a été choisi de ne pas intégrer, pour l'instant, les données herbiers à la définition de l'état biologique.*



Application de la **DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU** en  
**Martinique**

Date : Mars 2010

**Masses d'Eau Côtières**

Expert :



**Type de masse d'eau N° 1**  
**Baies**

**Site de "référence" associé :** Baie du Trésor

**Masses d'eaux concernées :** FRJC001 ; FRJC007 ; FRJC010 ; FRJC013 ; FRJC015 ; FRJC016

**Indicateur Phytoplancton**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse (µg/l)	0,18	0,275-0,55-1,1-2,2	0,66-0,33-0,165-0,083	Indice = Indicateur

**Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	53,33	42,7-21,3-10,7-5,3	0,8-0,4-0,2-0,1	Moyenne des EQR Grille : 1-0,73-0,37-0,18
Ratio Corail : Macroalgues Totales (sans unité)	12	7,9-4-2-1	0,7-0,3-0,2-0,1	

**Indicateur Angiospermes : Herbiers**

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

**Indicateurs Physicochimie**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température (°C)	Eléments non déclassants			Indice = Indicateur
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,2	1-2-5-8	0,2-0,1-0,04-0,03	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,4-0,093-0,046-0,033
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,69-0,57-0,46-0,34	
DIN (µmol/l)	0,15	0,5-2,5-5-10	0,3-0,06-0,03-0,015	
Phosphates (µmol/l)	0,05	0,1-0,4-0,8-1	0,5-0,125-0,063-0,05	

**Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :**

**l'état biologique :** Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique :** Élément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Date : Mars 2010

Masses d'Eau Côtières

Expert :



### Type de masse d'eau N° 2 *Récifs frangeants et lagons Atlantique*

Site de "référence" associé : Pinsonnelle

Masses d'eaux concernées : FRJC006 ; FRJC008 ; FRJC012

#### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,13	0,2-0,4-0,8-1,6	0,66-0,33-0,165-0,083	Indice = Indicateur

#### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	32	25,6-12,8-6,4-3,2	0,8-0,4-0,2-0,1	Moyenne des EQR Grille : 1-0,73-0,37-0,18
Ratio Corail : Macroalgues Totales (sans unité)	1,3	0,9-0,4-0,2-0,1	0,7-0,3-0,2-0,1	

#### Indicateur Angiospermes : Herbiers

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

#### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eléments non déclassants			Indice = Indicateur
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,1	0,5-2-5-8	0,2-0,05-0,02-0,01	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,4-0,093-0,046-0,033
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,69-0,57-0,46-0,34	
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,5-2,5-5-10	0,3-0,06-0,03-0,015	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,4-0,8-1	0,5-0,125-0,063-0,05	

#### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

l'état biologique : Élément de qualité le plus déclassant

l'état physicochimique : Élément de qualité le plus déclassant



Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en  
Martinique

Masses d'Eau Côtières

Date : Mars 2010

Expert :



**Type de masse d'eau N° 3**  
**Récifs-barrières Atlantique**

Site de "référence" associé : **Loup Garou**

Masses d'eaux concernées : FRJC011

**Indicateur Phytoplancton**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,2	0,3-0,6-1,2-2,4	0,66-0,33-0,165-0,083	Indice = Indicateur

**Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	60,00	48-24-12-6	0,8-0,4-0,2-0,1	Moyenne des EQR Grille : 1-0,73-0,37-0,18
Ratio Corail : Macroalgues Totales (sans unité)	10	6,6-3,3-1,7-0,8	0,7-0,3-0,2-0,1	

**Indicateur Angiospermes : Herbiers**

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

**Indicateurs Physicochimie**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eléments non déclassants			Indice = Indicateur
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,1	0,5-2-5-8	0,2-0,05-0,02-0,01	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,4-0,093-0,046-0,033
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,69-0,57-0,46-0,34	
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,5-2,5-5-10	0,3-0,06-0,03-0,015	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,4-0,8-1	0,5-0,125-0,063-0,05	

**Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :**

**l'état biologique :** Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique :** Élément de qualité le plus déclassant



Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en  
Martinique

Date : Mars 2010

Masses d'Eau Côtières

Expert :



**Type de masse d'eau N° 4**

*Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire Atlantique*

Site de "référence" associé : Loup Caravelle

Masses d'eaux concernées : FRJC004

**Indicateur Phytoplancton**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,07	0,1-0,2-0,4-0,8	0,66-0,33-0,165-0,083	Indice = Indicateur

**Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	64,29	51,4-25,7-12,9-6,4	0,8-0,4-0,2-0,1	Moyenne des EQR Grille : 1-0,73-0,37-0,18
Ratio Corail : Macroalgues Totales (sans unité)	10	6,6-3,3-1,7-0,8	0,7-0,3-0,2-0,1	

**Indicateur Angiospermes : Herbiers**

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

**Indicateurs Physicochimie**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eléments non déclassants			
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,1	0,5-2-5-8	0,2-0,05-0,02-0,01	Indice = Indicateur
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,69-0,57-0,46-0,34	
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,5-2,5-5-10	0,3-0,06-0,03-0,015	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,4-0,093-0,046-0,033
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,4-0,8-1	0,5-0,125-0,063-0,05	

**Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :**

**l'état biologique :** Elément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique :** Elément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Masses d'Eau Côtières

Date : Mars 2010



### Type de masse d'eau N° 5 Côte rocheuse protégée Caraïbe

Site de "référence" associé : Cap Salomon

Masses d'eaux concernées : FRJC002 ; FRJC003

#### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,11	0,16-0,32-0,64-1,28	0,66-0,33-0,165-0,083	Indice = Indicateur

#### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	62,50	50-25-12,5-6,3	0,8-0,4-0,2-0,1	Moyenne des EQR Grille : 1-0,73-0,37-0,18
Ratio Corail : Macroalgues Totales (sans unité)	10	6,6-3,3-1,7-0,8	0,7-0,3-0,2-0,1	

#### Indicateur Angiospermes : Herbiers

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

#### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eléments non déclassants			Indice = Indicateur
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,1	0,5-2-5-8	0,2-0,05-0,02-0,01	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,4-0,093-0,046-0,033
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,69-0,57-0,46-0,34	
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,5-2,5-5-10	0,3-0,06-0,03-0,015	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,4-0,8-1	0,5-0,125-0,063-0,05	

#### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique :** Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique :** Élément de qualité le plus déclassant



Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en  
Martinique

Date : Mars 2010

Masses d'Eau Côtières

Expert :



**Type de masse d'eau N° 6**  
**Côte abritée à plate-forme corallienne**

Site de "référence" associé : Corps de Garde

Masses d'eaux concernées : FRJC009 ; FRJC017

**Indicateur Phytoplancton**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,13	0,2-0,4-0,8-1,6	0,66-0,33-0,165-0,083	Indice = Indicateur

**Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	64,29	51,4-25,7-12,9-6,4	0,8-0,4-0,2-0,1	Moyenne des EQR Grille : 1-0,73-0,37-0,18
Ratio Corail : Macroalgues Totales (sans unité)	35	23,1-11,6-5,8-2,9	0,7-0,3-0,2-0,1	

**Indicateur Angiospermes : Herbiers**

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

**Indicateurs Physicochimie**

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eléments non déclassants			
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,1	0,5-2-5-8	0,2-0,05-0,02-0,01	Indice = Indicateur
Oxygène dissous ( $\text{mg/l}$ )	8,72	6-5-4-3	0,69-0,57-0,46-0,34	
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,5-2,5-5-10	0,3-0,06-0,03-0,015	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,4-0,093-0,046-0,033
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,4-0,8-1	0,5-0,125-0,063-0,05	

**Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :**

**l'état biologique :** Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique :** Élément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Date : Mars 2010

Masses d'Eau Côtières



### Type de masse d'eau N° 7

*Eaux du large de la baie méridionale de Sainte-Luce / Diamant*

Site de "référence" associé : Rocher du Diamant

Masses d'eaux concernées : FRJC019

#### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,1	0,15-0,3-0,6-1,2	0,66-0,33-0,165-0,083	Indice = Indicateur

#### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	60,00	48-24-12-6	0,8-0,4-0,2-0,1	Moyenne des EQR Grille : 1-0,73-0,37-0,18
Ratio Corail : Macroalgues Totales (sans unité)	15	9,9-5-2,5-1,2	0,7-0,3-0,2-0,1	

#### Indicateur Angiospermes : Herbiers

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

#### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eléments non déclassants			
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,1	0,5-2-5-8	0,2-0,05-0,02-0,01	Indice = Indicateur
Oxygène dissous ( $\text{mg/l}$ )	8,72	6-5-4-3	0,69-0,57-0,46-0,34	
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,5-2,5-5-10	0,3-0,06-0,03-0,015	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,4-0,093-0,046-0,033
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,4-0,8-1	0,5-0,125-0,063-0,05	

#### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique :** Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique :** Élément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Date : Mars 2010

### Masses d'Eau de Transition



## Type de masse d'eau N° 8 Mangroves et lagune côtière

Site de "référence" associé : **Baie des Requins**

Masses d'eaux concernées : FRJT001 ; FRJT002 ; FRJT003 ; FRJT004

### Indicateur Invertébrés Benthiques : Faune endogée

Indices	Valeur de « référence » 2009 <sup>10</sup>	Limite inférieure du mauvais état <sup>1</sup>	Grille de l'indice	Règle d'agrégation des indices
Diversité (Shannon-Weaver)	4,19	0	NR	Calcul du M-AMBI Grille : 0,77-0,53-0,39-0,20 (issue de l'exercice d'intercalibration européen Nord Est)
Richesse spécifique (nombre d'espèces)	43	0	NR	
AMBI	0,8	6	1,2-3,3-4,3-5,5 (Borja <i>et al.</i> 2000)	

### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température (°C)	Eléments non déclassants			Indice = Indicateur
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,5	1,5-5-10-20	0,33-0,1-0,05-0,03	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,4-0,093-0,046-0,033
Oxygène dissous (mg/l)	8,4	5-4-3-2	0,6-0,48-0,36-0,24	
DIN (µmol/l)	0,15	0,5-2,5-5-10	0,3-0,06-0,03-0,015	
Phosphates (µmol/l)	0,05	0,1-0,4-0,8-1	0,5-0,125-0,063-0,05	

### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique** : Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique** : Élément de qualité le plus déclassant

<sup>10</sup> Ces valeurs de référence n'ont pas été fixées en Martinique : les valeurs en rouge correspondent aux valeurs qu'utilisent par défaut le logiciel AZTI pour le calcul de M-AMBI. Les « valeurs de référence » sont ainsi fixées d'après le jeu de données traité (= valeurs les + hautes pour la diversité et la richesse spécifique / valeur la + basse pour M-AMBI) et peuvent donc varier d'une année à une autre ou si plusieurs années sont poolées

## 2.6 Combinaison des indicateurs

La règle d'agrégation des éléments de qualité biologique d'une part et physicochimique générale d'autre part répond au principe de l'**élément de qualité déclassant (conformément à l'arrêté ministériel : MEEDDM 2010b)**. C'est l'élément qui est dans le « moins bon état » qui détermine l'état biologique ou physicochimique général d'une masse d'eau.

Le schéma suivant (Figure 12) décrit le rôle respectif des différents éléments de qualité (combinaison de l'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.**

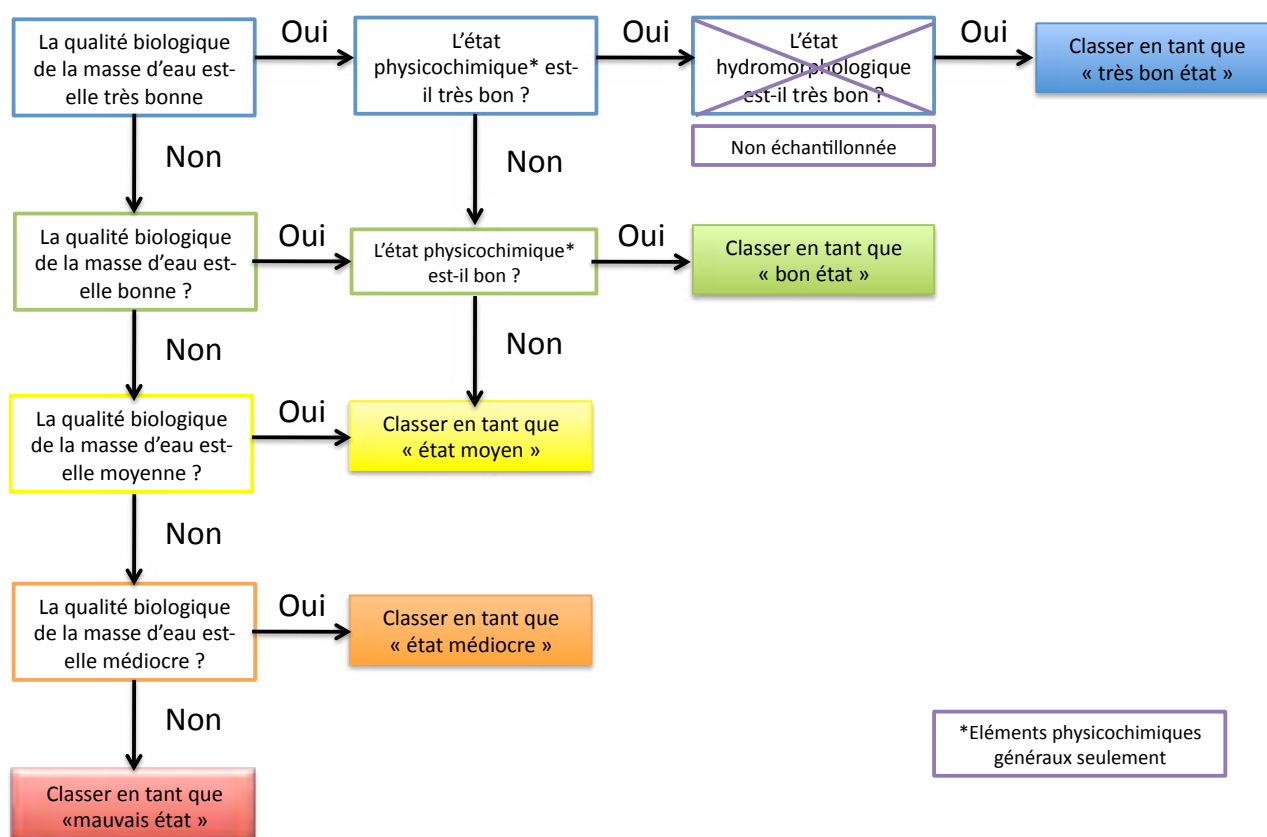


Figure 12 : Rôles respectifs des éléments de qualité biologique et physicochimique dans la classification de l'état écologique partiel d'une masse d'eau (réinterprétation du schéma issu de Working Group 2a 2005)

## 2.7 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). **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.**

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** (cas des sites de Pinsonnelle/FRJC008 et Corps de Garde/FRJC017).

## 2.8 Fiches « site – masse d’eau »

L’ensemble des résultats concernant la classification écologique partielle des masses d’eau obtenus pour les périodes décrites ci-dessus (Cf. p.27) est présenté sous forme de fiche « site – masse d’eau » (1 fiche par site).

Chaque site est identifié par son nom, son code SANDRE et sa position géographique. Au recto de la fiche sont indiquées les sources de pression que subit le site et son état écologique partiel ; au verso, les détails par éléments de qualité qui ont permis de déterminer cet état écologique partiel.

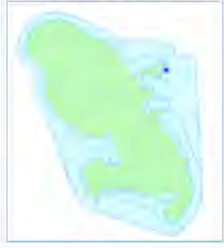
Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique - Réseau de Surveillance  
Date de l'échantillonnage : 2007 à 2009  
Masses d'Eau Côtières

**Informations Générales sur le Site**

Nom : **Baie du Trésor** Code SANDRE : 0899502  
 (appartenant aux réseaux) Référence : 031 Surveillance : 031

Localisation : Département : 972 - Martinique  
 Secteur : Sud Atlantique  
 Commune : Trinité  
 Bassin Versant adjacent : Caravelle  
 X / Y (Fort Desaix) : 727528 / 1632598  
 Bathymétrie : 6-32 m

DCE : Masse d'eau : **FRJC013** Baie du Trésor  
 Type de masse d'eau : Baie (Type 2)



**Sensibilité et Evolution des Pressions de la Masse d'eau**

Evolution des pressions :		2008	2009
du Bassin Versant	Habitat	Non	Pas d'évolution
	Agriculture	Oui	
	Ravine / Rivière	Oui	
	Industrie	Oui	
	Infrastructure routière	Non	
marines	Mouillage	Non	
	Pêche	Oui	
	Navigation	Non	
Mesures de protection :		Contrôlement de pêche	

Sensibilité biologique face à :

Sédimentation	Forte
Eutrophisation	Moyenne
Polluants spécifiques	NR
Nautisme	Faible
Pêche	Moyenne
Activités portuaires	Très faible

Intérêts :

Intérêt écologique :	Très bon
Intérêt halieutique :	Très bon

**Appréciation Globale du site**

Etat écologique partiel	
Etat biologique	Bon
Etat physicochimique	Bon
<b>Bon</b>	

Commentaire :

Indicateur Phytoplancton				
Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur / Classe de l'indicateur
Biomasse (µg/l)	0,41	0,43	Bon	<b>0,41 : Bon</b>

Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes				
Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur / Classe de l'indicateur
Couverture corallienne (%)	39,00	0,73	Bon	<b>0,60 : Bon</b>
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	5,66	0,47	Bon	

En attente de données complémentaires

Indicateurs Physicochimie				
Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur / Classe de l'indicateur
Turbidité (NTU)	0,38	0,53	Très bon	<b>0,53 : Très bon</b>
Oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	6,80	0,75	<b>0,75 : Très bon</b>
DN (µmol/l)	2,33	0,66	Bon	<b>0,11 : Bon</b>
Phosphates (µmol/l)	0,32	0,16	Bon	

Figure 13 : Exemple d’une fiche « site » type

## C. Volet 1 : Résultats des suivis du réseau référence pour l'année 2010 et premières analyses

**Attention : dans ce chapitre, les données 2010 sont comparées aux seuils établis dans le rapport référence du présent marché (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2011) 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.*

**Or, cette année, seule la campagne d'octobre a été réalisée. Cette campagne correspond généralement aux valeurs en nutriments et en phytoplancton les plus hautes c'est à dire en termes DCE aux valeurs en nutriments et en phytoplancton les plus « mauvaises ».**

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

## 1 Déroutement de la campagne 2010

La totalité des stations hydrologiques et biologiques du réseau de référence a pu être échantillonnée durant la campagne « octobre 2010 » (réalisée entre octobre et novembre 2010, Tableau 12).

Tous les prélèvements hydrologiques ont été effectués entre 7h00 et 11h00. Chaque station a été échantillonnée à une heure proche de celle des campagnes précédentes, de manière à pouvoir réaliser des comparaisons temporelles les plus rigoureuses possibles.

**Tableau 12 : Dates d'échantillonnage des différentes stations DCE 2010**

Site	Date	Éléments échantillonnés	Site	Date	Éléments échantillonnés
Baie des Requins	21/10/10	Endofaune	Étang des Salines	20/10/10	Endofaune
	04/11/10	Physicochimie		28/10/10	Physicochimie
Baie du Lamentin	19/10/10	Endofaune	Fond Boucher	08/11/10	Physicochimie
	08/11/10	Physicochimie	Ilet à Rats	28/10/10	Communautés coralliennes
Baie du Marin	04/11/10	Communautés coralliennes		04/11/10	Physicochimie
	04/11/10	Herbier	Loup Caravelle	26/10/10	Communautés coralliennes
	09/11/10	Physicochimie		10/11/10	Physicochimie
Baie du Trésor	26/10/10	Herbier	Loup Garou	28/10/10	Communautés coralliennes
	27/10/10	Communautés coralliennes		10/11/10	Physicochimie
	04/11/10	Physicochimie	Loup Ministre	27/10/10	Communautés coralliennes
Banc Gamelle	02/11/10	Communautés coralliennes		10/11/10	Physicochimie
	02/11/10	Herbier	Pinsonnelle	28/10/10	Physicochimie
	08/11/10	Physicochimie		29/10/10	Communautés coralliennes
Cap Salomon	01/11/10	Communautés coralliennes	Pointe Borgnesse	29/10/10	Herbier
	01/11/10	Herbier		04/11/10	Communautés coralliennes
	08/11/10	Physicochimie	09/11/10	Physicochimie	
Cap St Martin	25/10/10	Communautés coralliennes	Rocher du Diamant	03/11/10	Communautés coralliennes
	08/11/10	Physicochimie		09/11/10	Physicochimie
Caye Pariadis	28/10/10	Physicochimie	Trou Manuel	20/10/10	Endofaune
Corps de Garde	03/11/10	Communautés coralliennes		09/11/10	Physicochimie
	04/11/10	Herbier			
	09/11/10	Physicochimie			

*en jaune : dates antérieures à la tempête Tomas et en vert dates postérieures*

## 2 Données météorologiques

Les données météorologiques intégrées à l'interprétation des résultats ont été extraites du site du Conseil Général (Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010). Plusieurs stations météorologiques ont été considérées (Tableau 13; carte des stations sur le site internet du Conseil Général). Ces stations ont été choisies selon les critères suivants : proximité aux sites DCE, topologie (influence potentielle des précipitations sur le milieu côtier : lessivage des pentes), etc. Quatre types de données sont disponibles : les précipitations, températures, (maximum et minimum), rayonnements et vents. Les données de houle ont été consultées quotidiennement sur le site de Météo France Antilles Guyane (<http://www.meteo.gp/Mer/index.php>) les jours précédents l'échantillonnage.

Un bilan des données extraites est présenté dans la Figure 14 à la Figure 19.

**Tableau 13 : Bilan des stations météorologiques potentiellement pertinentes pour l'interprétation des résultats DCE**

Type de données	Sites DCE	Noms des Stations météorologiques
<b>Précipitations et température</b>	Caye Pariadis	CHATEAU PAILLE
	Pinsonnelle	CHOPOTTE
	Trou Manuel/Baie du Marin/Corps de Garde	ENCAMÉE
	Fond Boucher/Cohé du Lamentin/Banc Gamelle	FORT SAINT LOUIS / LAMENTIN AÉROPORT / GENIPA
	Cap Salomon / Diamant	PETITE ANSE
	Ilet à Rats /Loup Garou /Baie des Requins	POINTE FORT
	Baie du Trésor/Loup Ministre/Loup Caravelle	RÉSERVOIR TRINITÉ
	Cap St Martin	GRAND RIVIERE
	Etang des Salines	SECI
<b>Vent et rayonnement</b>	Fond Boucher/Cohé du Lamentin/Banc Gamelle/Cap Salomon / Diamant	LAMENTIN AÉROPORT
	Trou Manuel/Baie du Marin/Corps de Garde/Etang des Salines	SECI
	Caye Pariadis/Pinsonnelle/Ilet à Rats /Loup Garou /(Baie des Requins)/Baie du Trésor/Loup Ministre/Loup Caravelle	CHATEAU PAILLE

Ce tableau est indicatif et des données mesurées dans d'autres stations météorologiques peuvent être combinées et intégrées à l'analyse des conditions météorologiques d'un site DCE donné.

Cette campagne 2010 a été marquée par un événement météorologique, la tempête tropicale Tomas, qui a traversée la Martinique les 30 et 31 octobre 2010. Cette tempête s'est caractérisée par des précipitations importantes (127,2 mm enregistrés à Encamée le 30/10/10, Figure 16) et de fortes rafales de vent (Figure 18).

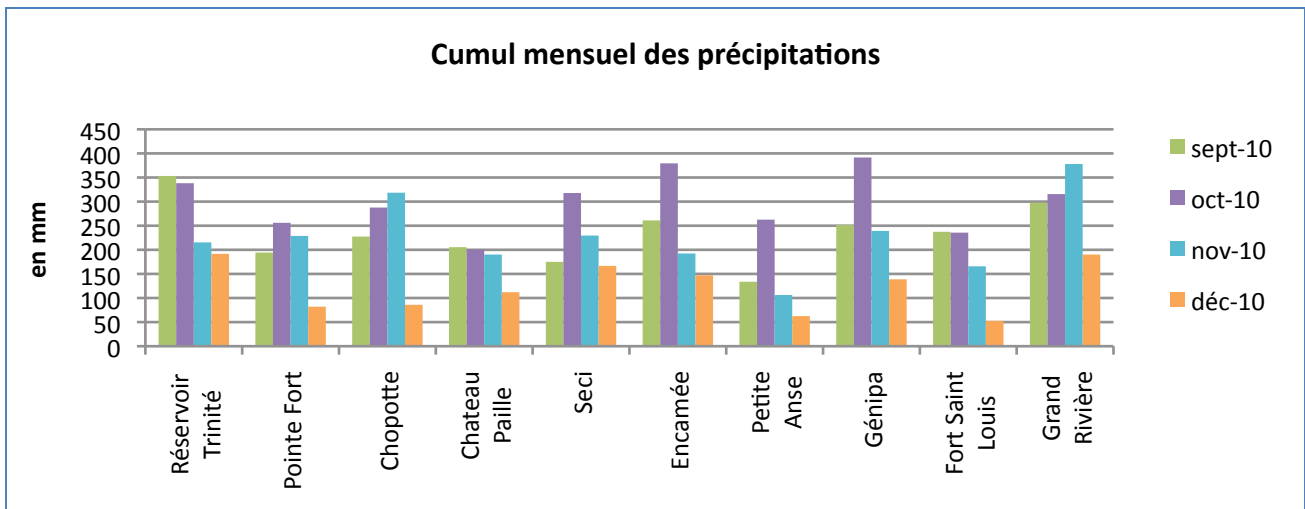


Figure 14 : Cumul mensuel des précipitations mesurées en septembre, octobre, novembre et décembre 2010 (Source :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010)

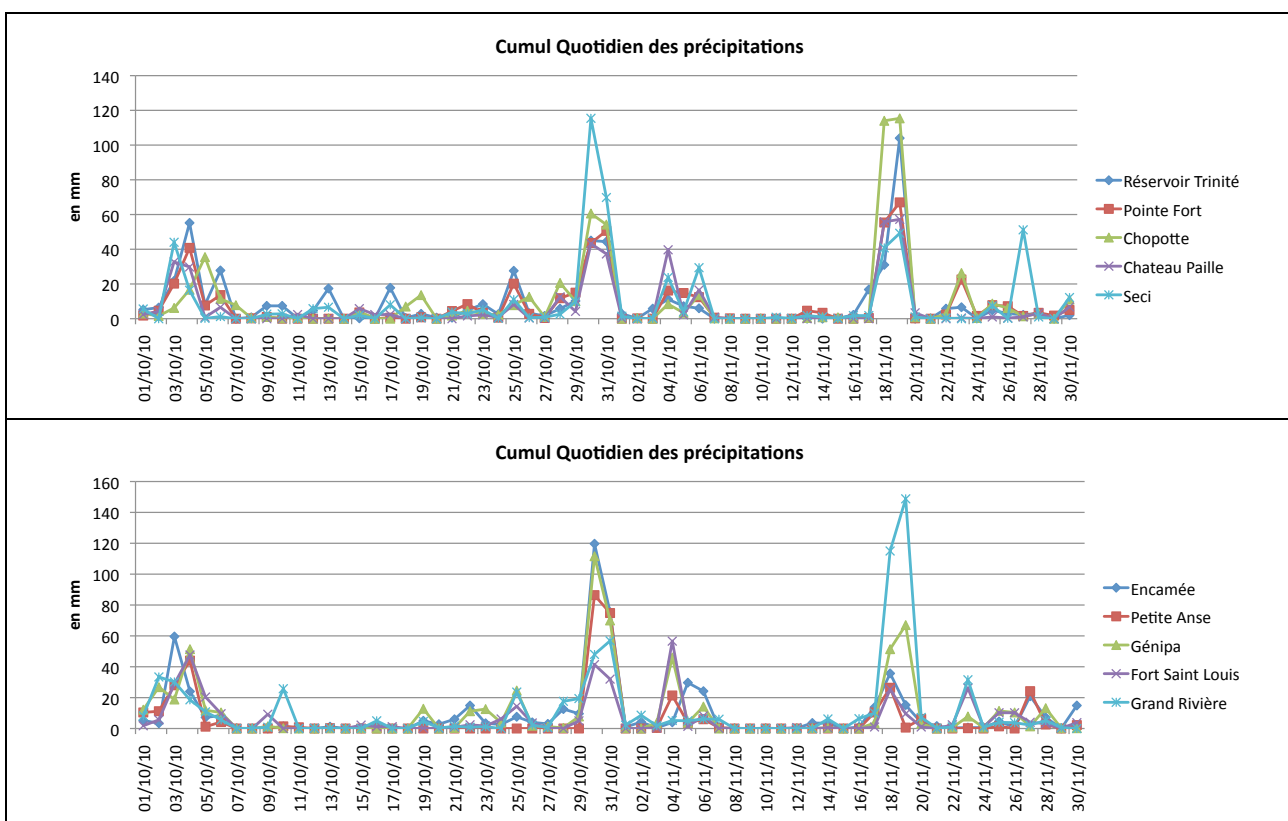


Figure 15 : Cumul quotidien des précipitations mesurées en octobre et novembre 2010 (Source :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010)

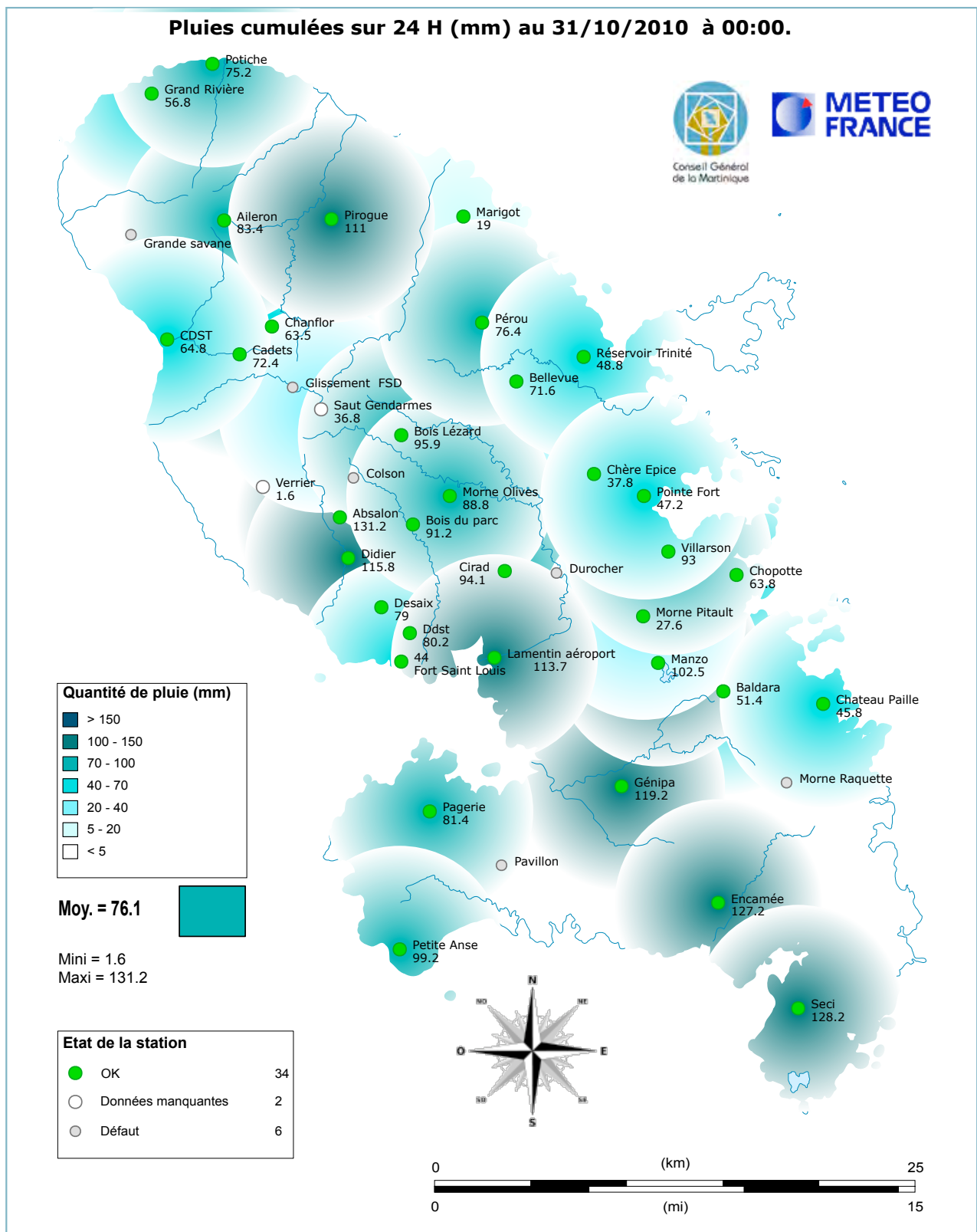


Figure 16 : Pluies cumulées sur 24 H (mm) au 31/10/2010 à 00:00 ((Extrait de :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010)

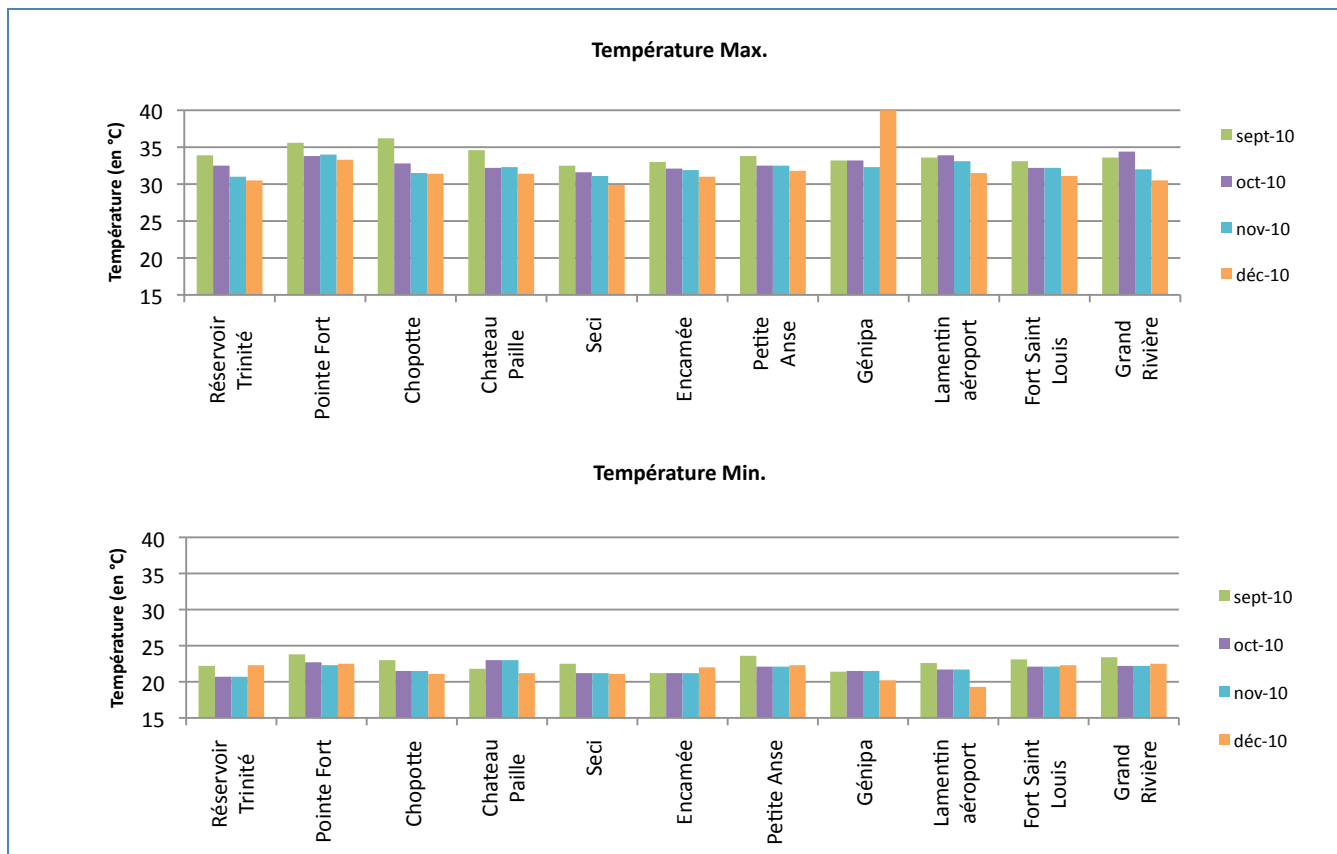


Figure 17 : Bilan des températures de l'air mesurées en septembre, octobre, novembre et décembre 2010 (Source :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010)

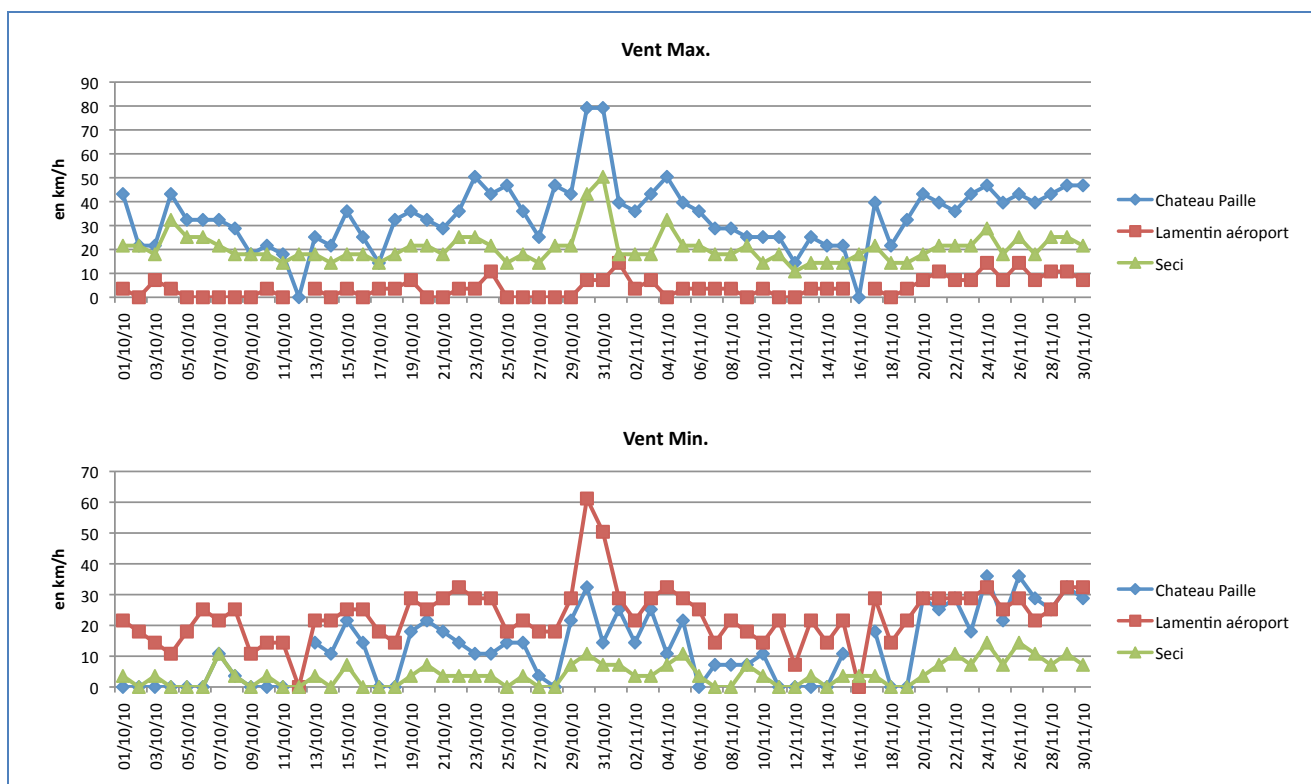


Figure 18 : Bilan des vitesses de vent mesurées durant l'année 2010 (Source :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010)

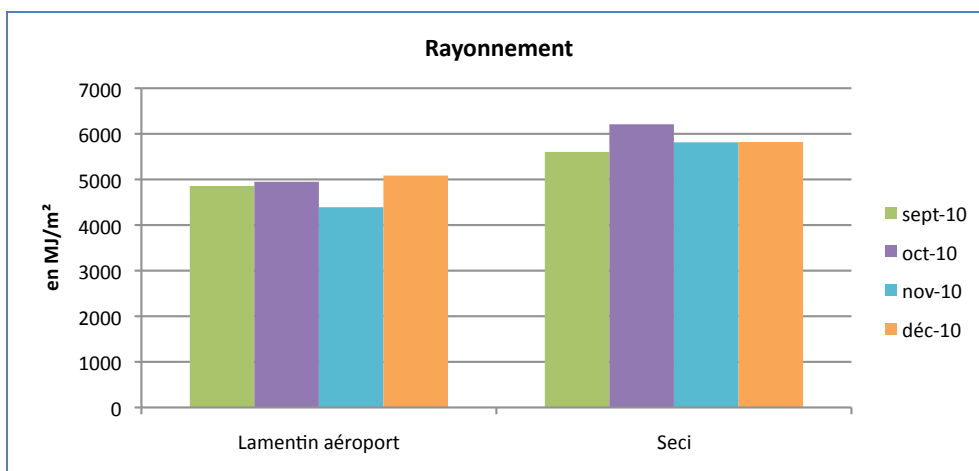


Figure 19 : Bilan du rayonnement mesuré durant l'année 2010 (Source :Conseil Général Service Techniques Et Economiques 2010)

### 3 Éléments de qualité physicochimique : paramètres généraux

« 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 mesure 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 2010 et une comparaison succincte avec les données d'octobre 2007, 2008 et 2009. Quelques une de ces données seront reprises lors de l'interprétation des résultats biologiques.

#### Attention !

- 1) *Ce chapitre ne concerne que la campagne d'octobre 2010. Les résultats de cette campagne ne reflètent pas systématiquement l'état physicochimique global (= toutes les campagnes 2007, 2008, 2009 et 2010) des sites. Cet état global (indices et indicateurs DCE calculés sur 2007/2010) est repris dans les fiches « sites/masses d'eau » présentées dans ce rapport (D. 10 Simulation du classement des sites de référence : Fiches « Site » p.128).*
- 2) *Cette campagne 2010 est comparée dans ce chapitre uniquement aux campagnes d'OCTOBRE 2007, 2008 et 2009. Les autres campagnes ne sont pas prises en compte dans l'analyse faite ci-après.*

Dans le cadre des suivis littoraux DCE en Martinique, les paramètres physico-chimiques mesurés sont : la température, la salinité, l'oxygène dissous, la saturation en oxygène, la transparence (turbidité), l'azote inorganique dissous (ou DIN qui est calculé en additionnant les concentration d'ammonium, de nitrates et de 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 28 octobre et le 10 novembre 2010 (détails dans le Tableau 12).

*Remarque : Parmi les sites du réseau de référence, seule la station physicochimie de Pinsonnelle a été échantillonnée avant la tempête Tomas.*

Les résultats de cette campagne 2010 pour les paramètres physicochimiques généraux sont présentés dans la Figure 20. Dans cette figure, les valeurs des paramètres mesurés *in situ* sur toute la colonne d'eau ont été moyennées. Le détail de ces mesures pour chaque profondeur échantillonnée est présenté en Annexe 3.

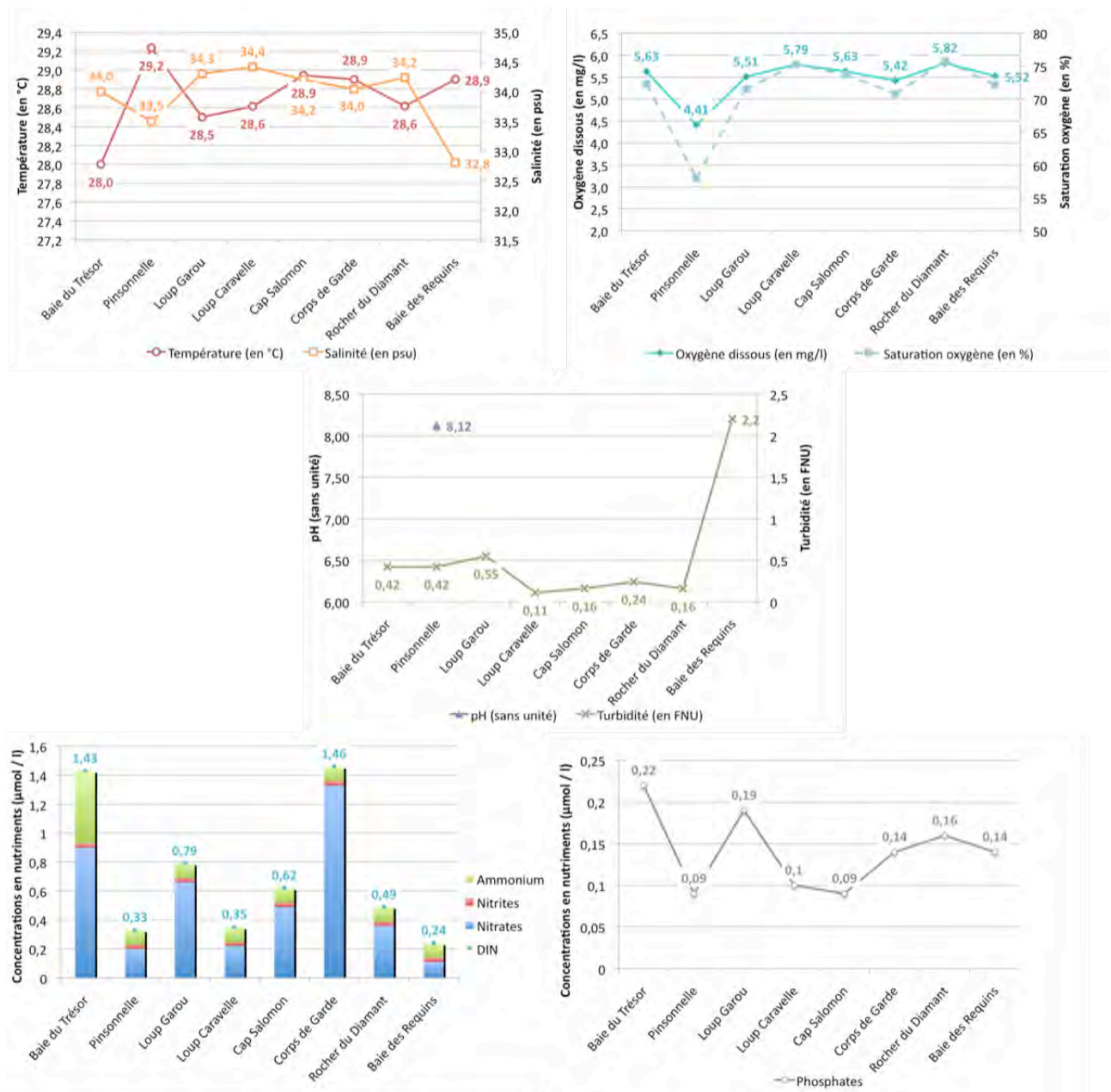


Figure 20 : Résultats des paramètres physicochimiques généraux mesurés durant la campagne d'octobre 2010 (moyenne sur la hauteur de la colonne d'eau pour la température, la salinité, le pH et l'oxygène)

### Température (paramètre non inclus dans l'évaluation de l'état écologique partiel)

☞ Parmi les stations « référence », le minimum de température est observé à Baie du Trésor (27,9 °C à 0 et 4 m, Annexe 3) et le maximum à Pinsonnelle (29,3 à 6 et 8 m).

☞ La température moyenne sur la colonne d'eau (Figure 20) est comprise entre 28 °C et 29,2 °C ce qui correspond à des valeurs couramment rencontrées dans les masses d'eau tropicales à cette saison. A l'exception de Pinsonnelle, les températures moyennes de l'eau des MEC coté caraïbe sont globalement plus élevées que celles coté Atlantique.

☞ Les températures des campagnes de 2009 et 2010 sont comparables. Ces deux dernières campagnes sont marquées par des températures inférieures à celles mesurées en 2007 et 2008 (Figure 21).

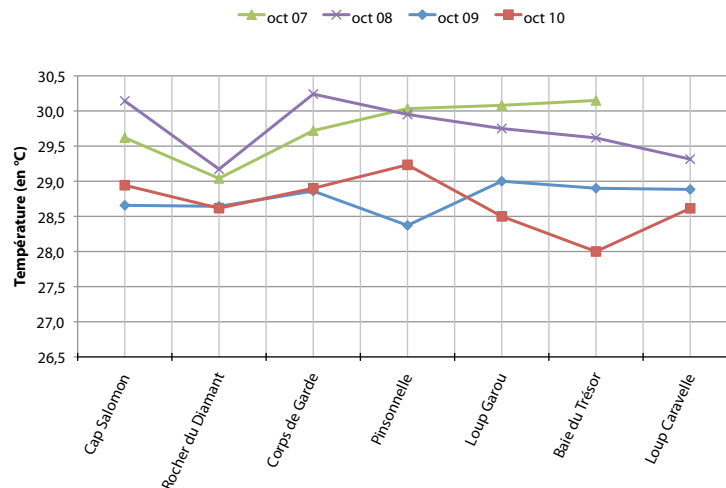


Figure 21 : Comparaison des températures (moyennes sur la colonne d'eau) mesurées dans les sites de référence durant les campagnes d'octobre 2007 à 2010

☞

### Salinité (paramètre non inclus dans l'évaluation de l'état écologique partiel)

☞ Au sein de la colonne d'eau, la salinité suit un profil inverse à celui de la température.

☞ La salinité moyenne dans les MEC, est comprise entre 34,4 (Loup Caravelle) et 33,5 (Pinsonnelle). Ces valeurs sont supérieures à celles observées en octobre 2008 et 2009 mais comparables à la campagne d'octobre 2007.

☞ La station référence des MET, Baie des Requins, se caractérise par une légère dessalure (32,8). Ce phénomène lié à un apport d'eau douce (certainement par ruissellement + accumulation dans la mangrove), est caractéristique de ce type de masse d'eau.

### Indice/ Indicateur Oxygène

☞ Les valeurs d'oxygène dissous et de saturation en oxygène suivent sensiblement le même profil.

☞ Les moyennes en oxygène dissous dans les sites de référence des MEC, sont comprises entre 4,41 mg l<sup>-1</sup> (Pinsonnelle) et 5,82 mg l<sup>-1</sup> (Rocher du Diamant). Ces valeurs sont peu élevées pour des MEC soumises à un brassage régulier.

☞ Pour Pinsonnelle, la valeur minimale est observée à 6 m c'est à dire à la profondeur où la température est maximale et la salinité minimale. Cette observation peut être liée au fait que, comme tous gaz atmosphériques, la solubilité de l'oxygène varie avec la température et la salinité des eaux. Cette diminution peut également être liée à la consommation locale de l'oxygène dans la colonne d'eau (activité bactérienne).

☞ Ainsi, une baisse importante par rapport à 2009 est constatée dans toutes les stations sauf à Loup Garou qui reste stable (environ 5,5 mg l<sup>-1</sup> les deux années). Notons, qu'une diminution importante de la concentration en oxygène avait déjà été constatée en 2009 par rapport à octobre 2007 et 2008.

**D'après la grille de qualité définie en 2009/2010 pour cet indice/indicateur toutes les stations de référence des MEC sont, pour cette campagne 2010, en bon état excepté Pinsonnelle qui est en état moyen. Baie des Requins est en très bon état pour cet indicateur oxygène (Tableau 14).**

### Indice/ Indicateur Turbidité

☞ La turbidité dans les masses d'eau côtières est comprise entre 0,11 FNU (Loup Caravelle) et 0,55 FNU (Loup Garou). Ces valeurs sont globalement plus élevées que les années précédentes au même mois. En particulier à Loup Garou, station à plus de 4 miles des côtes (sortie de la Baie du Robert), les mesures de turbidité étaient comprises entre 0,14 FNU (octobre 2007 et 2009) et 0,22 FNU (octobre 2008).

☞ De même, dans la station de Baie des Requins (MET), située dans la Baie du Robert, la turbidité est deux fois supérieures aux 2 années précédentes (2,2 FNU en 2010 contre 1 FNU en octobre 2008 et 2009)

☞ Cette augmentation générale de la turbidité pourrait être liée à la forte pluviométrie puis au lessivage des sols qui ont eu lieu durant les jours précédents l'échantillonnage (tempête Tomas). Elle peut également être liée aux vents forts entraînant le mélange de la colonne d'eau et donc la remise en suspension du sédiment.

**D'après la grille de qualité définie en 2009/2010 pour cet indice/indicateur toutes les stations de référence sont, pour cette campagne 2010, en très bon état exceptés Loup Garou et Baie des Requins qui sont en bon état (Tableau 14).**

### Indice DIN

☞ En octobre 2010, la concentration en DIN dans les MEC est comprise entre 0,33  $\mu\text{mol l}^{-1}$  (Pinsonnelle) et 1,46  $\mu\text{mol.l}^{-1}$  (Corps de Garde).

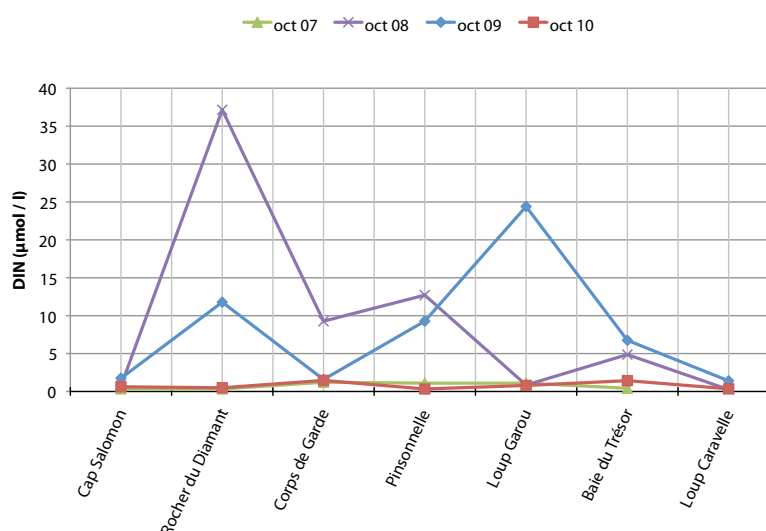
☞ Baie des Requins est le site de référence dans lequel cette valeur est la plus basse (0,24  $\mu\text{mol l}^{-1}$ )

☞ Seuls les sites de Corps de Garde et de Baie du Trésor dépassent le seuil d'eutrophisation défini par Lapointe *et al.* (1993) pour le DIN (1  $\mu\text{mol l}^{-1}$ ). Par rapport aux valeurs observées dans la région caraïbe en saison humide, ces valeurs sont relativement faibles (Lapointe *et al.* 2010 : exemple de Tobago avec mise en évidence d'une pollution en nutriments issue du bassin versant).

☞ Pour la totalité des sites de référence les concentrations en nitrites et ammonium sont inférieures ou égales aux seuils de quantification du laboratoire (0,03 et 0,1  $\mu\text{mol l}^{-1}$  respectivement) excepté pour Baie du Trésor pour lequel  $[\text{NH}_4^+] = 0,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ . Ainsi, ces concentrations en DIN sont essentiellement liées à la présence de l'élément **nitrates** (d'origine agricole et/ou eaux usées).

☞ Par rapport à 2009 (et 2008 pour certains sites, Figure 22), une baisse notable de la concentrations en DIN est observée (lié à une diminution en ammonium et en nitrates, Figure 22). Ces données 2010 sont comparables à celles de 2007.

**D'après la grille de qualité définie en 2009/2010 pour cet indice toutes les stations de référence sont, pour cette campagne 2010, en bon voire en très bon état (Tableau 14).**



**Figure 22 : Comparaison des valeurs de DIN mesurées dans les sites de référence durant les campagnes d'octobre 2007 à 2010.**

### **Indice phosphates**

☞ En octobre 2010, la concentration en orthophosphates dans les sites de référence est comprise entre  $0,09 \mu\text{mol l}^{-1}$  (Cap Salomon) et  $0,22 \mu\text{mol l}^{-1}$  (Baie du Trésor).

☞ Les valeurs de cette campagne 2010 sont inférieures ou égales à celles de 2009 excepté pour Corps de garde et Rocher du Diamant pour lesquels une augmentation a été observée (facteurs de 2,8 et 1,78, respectivement).

☞ Tous les sites présentent des concentrations égales ou supérieures au seuil d'eutrophisation défini par Lapointe *et al.* (1993) pour les orthophosphates de  $0,1 \mu\text{mol l}^{-1}$ . Ainsi, ces données sont comparables aux valeurs observées, en saison humide, dans des îles de la région caraïbe soumises à un enrichissement en nutriments issus du bassin versant (ex : Tobago dans Lapointe *et al.* 2010).

**D'après la grille de qualité définie en 2009/2010 pour cet indice toutes les stations de référence sont, pour cette campagne 2010, en bon voire en très bon état (Tableau 14).**

### **Indicateur nutriment**

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

**D'après la grille de qualité définie en 2009/2010 pour cet indicateur toutes les stations de référence sont, pour cette campagne 2010, en bon voire en très bon état (Tableau 14).**

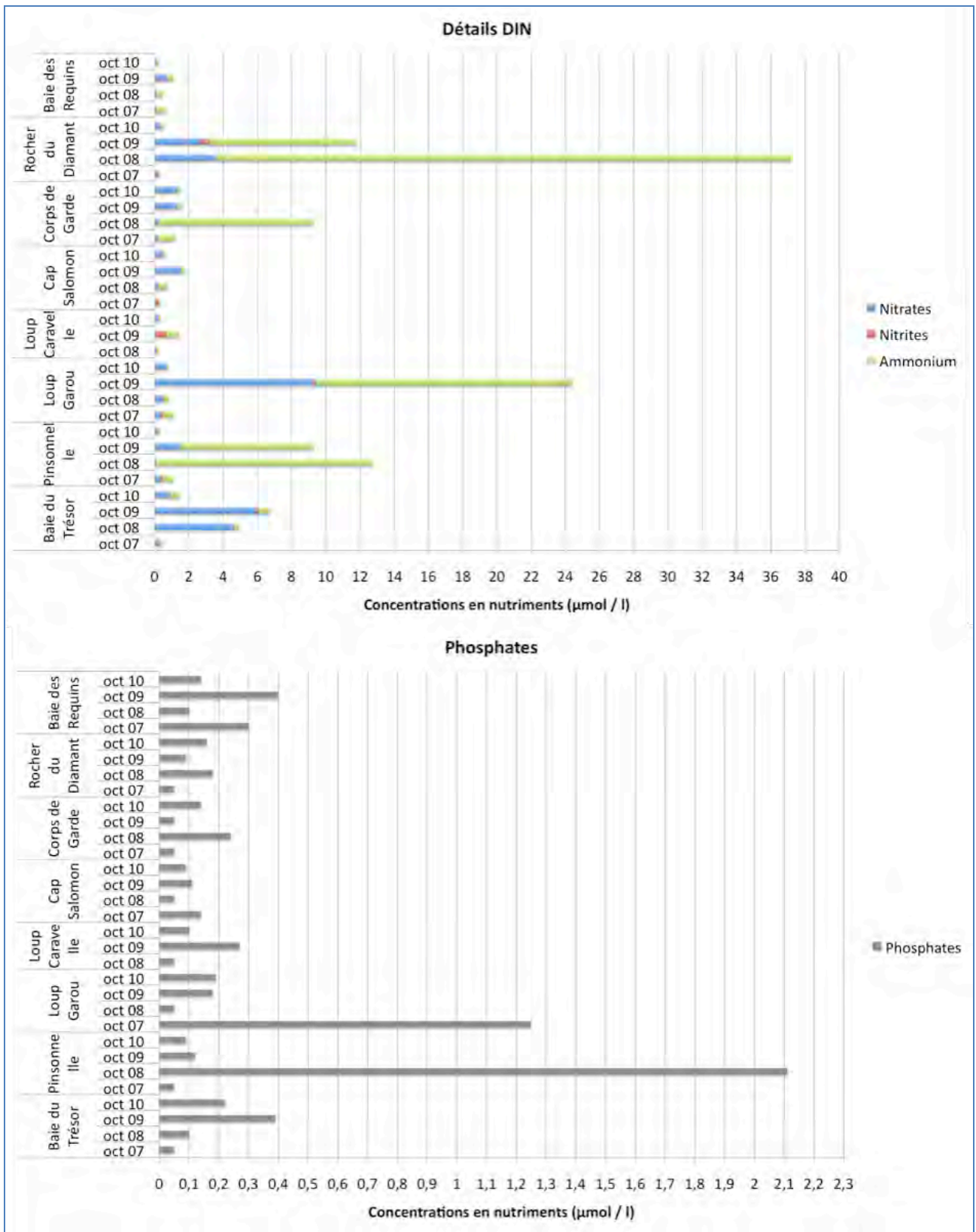


Figure 23 : Bilan des concentrations en nutriments mesurées dans les stations de référence au cours des campagnes d'octobre 2007 à 2010

**Tableau 14 : Bilan des indices, indicateurs (en rouge), EQR et classements correspondants des sites de référence évalués uniquement pour la campagne d'octobre 2010 (d'après les seuils 2009/2010)**

Site	Code Masse d'eau	Type ME	Nom indice indicateur	Valeur Indice ou indicateur	Valeur EQR	Classe	Etat Physicochimique 2010
Baie du Trésor	FRJC013	1	Oxygène	5,63	0,65	Bon	Bon
			Turbidité	0,42	0,48	Très Bon	
			Orthophosphates	0,22	0,23	Bon	
			DIN	1,43	0,10	Bon	
			Nutriments	0,17	0,17	Bon	
Pinsonnelle	FRJC008	2	Oxygène	4,41	0,51	Moyen	Moyen
			Turbidité	0,42	0,24	Très Bon	
			Orthophosphates	0,09	0,56	Très Bon	
			DIN	0,33	0,45	Très Bon	
			Nutriments	0,51	0,51	Très Bon	
Loup Garou	FRJC011	3	Oxygène	5,51	0,63	Bon	Bon
			Turbidité	0,55	0,18	Bon	
			Orthophosphates	0,19	0,26	Bon	
			DIN	0,79	0,19	Bon	
			Nutriments	0,23	0,23	Bon	
Loup Caravelle	FRJC004	4	Oxygène	5,79	0,66	Bon	Bon
			Turbidité	0,11	0,91	Très Bon	
			Orthophosphates	0,10	0,50	Bon	
			DIN	0,35	0,43	Très Bon	
			Nutriments	0,47	0,47	Très Bon	
Cap Salomon	FRJC003	5	Oxygène	5,63	0,65	Bon	Bon
			Turbidité	0,16	0,63	Très Bon	
			Orthophosphates	0,09	0,56	Très Bon	
			DIN	0,62	0,24	Bon	
			Nutriments	0,40	0,40	Bon	
Corps de Garde	FRJC017	6	Oxygène	5,42	0,62	Bon	Bon
			Turbidité	0,24	0,42	Très Bon	
			Orthophosphates	0,14	0,36	Bon	
			DIN	1,46	0,10	Bon	
			Nutriments	0,23	0,23	Bon	
Rocher du Diamant	FRJC019	7	Oxygène	5,82	0,67	Bon	Bon
			Turbidité	0,16	0,63	Très Bon	
			Orthophosphates	0,16	0,31	Bon	
			DIN	0,49	0,31	Très Bon	
			Nutriments	0,31	0,31	Bon	
Baie des Requins		8	Oxygène	5,52	0,66	Très Bon	Bon
			Turbidité	2,20	0,23	Bon	
			Orthophosphates	0,14	0,36	Bon	
			DIN	0,24	0,63	Très Bon	
			Nutriments	0,50	0,50	Très Bon	

### Conclusion

En 2010, l'ensemble des données montre une diminution des concentrations en nutriments des sites de référence, par rapport à 2009. Ceci concerne en particulier les composés azotés. En outre, la baisse de la concentration en oxygène dissous est un élément à surveiller pour les prochaines campagnes.

En outre, l'indice/indicateur oxygène est responsable de l'évaluation en **classe « moyenne » de la qualité physicochimique du site de Pinsonnelle** (alors que tout les autres indicateurs ont été évalués comme étant en très bon état). **Les autres stations de référence** échantillonnées peuvent être considérées, selon les critères 2009/2010, en **bon état physicochimique pour cette campagne 2010**.

Ainsi, durant cette campagne d'octobre 2010 la station physicochimique de Pinsonnelle semble se distinguer des autres sites de référence (température plus élevée, salinité et oxygénation moindres). Ceci pourrait être lié au fait qu'elle ait été échantillonnée avant la tempête Tomas contrairement aux autres stations physicochimiques.

## 4 Élément de qualité biologique : phytoplancton (chlorophylle a) & paramètres explicatifs

« Pour les sites de référence les mesures de chlorophylle en sub-surface doivent être accompagnées autant que possible des mesures des paramètres explicatifs sur toute la hauteur de la colonne d'eau » (Pellouin-Grouhel 2005). Les paramètres explicatifs étant la température, la salinité et la turbidité, une partie de ces résultats (paramètres physicochimiques généraux) seront repris dans le présent chapitre.

### 4.1 Données et évaluation 2010

L'échantillonnage du paramètre chlorophylle a dans les stations référence s'est déroulé simultanément à celui des paramètres physicochimiques c'est à dire entre le 28 octobre et le 10 novembre 2010 (détails dans le Tableau 12). L'ensemble des échantillons a été analysé par le LDA Martinique. Les résultats sont présentés dans la Figure 24.

Remarque : Parmi les sites du réseau de référence, seule la station physicochimie de Pinsonnelle a été échantillonnée avant la tempête Tomas.

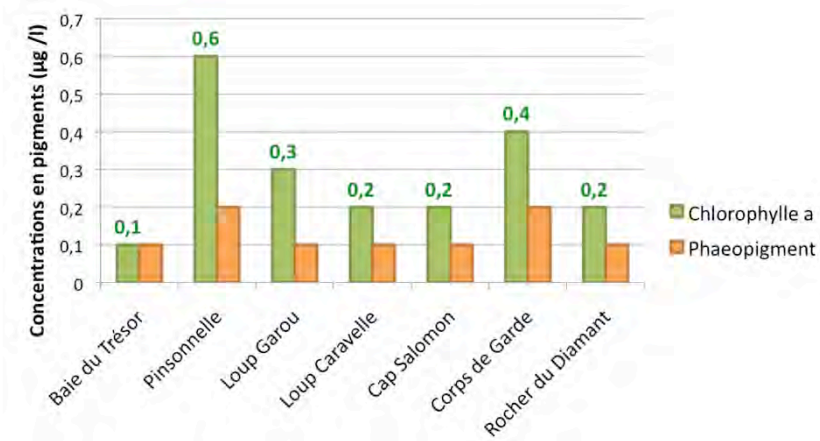


Figure 24 : Bilan des concentrations en pigments chlorophylliens (= indice biomasse) mesurées dans les stations de référence au cours de la campagne d'octobre 2010

Lors de la campagne d' « octobre » 2010, la concentration maximale en chlorophylle a est observée sur le site de Pinsonnelle ( $0,6 \mu\text{g l}^{-1}$ ) et la concentration minimale dans la Baie du Trésor ( $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ ). Les autres stations présentant des concentrations comprises entre  $0,2$  et  $0,4 \mu\text{g/l}$ .

Ces données sont comparables aux valeurs observées, en saison humide, dans des îles de la région caraïbe soumises à un enrichissement en nutriments issue du bassin versant (ex : Tobago dans Lapointe *et al.* 2010). En effet, d'après Lapointe *et al.* (2004) la concentration en chlorophylle a dans un récif corallien en bonne santé serait de  $0,10 \mu\text{g l}^{-1}$  et le seuil admis pour déterminer un récif « pollué » par les nutriments serait de  $0,2 \mu\text{g l}^{-1}$ . Ainsi, **d'après ces seuils, seule la station de la Baie du Trésor serait « non polluée »**. Or d'après la grille de qualité définie en 2009/2010 pour cet indice/indicateur pour CHAQUE TYPE de ME (Tableau 15), les stations de référence seraient, pour cette campagne 2010 :

- en très bon état : pour Baie du Trésor (Type 1) et Loup Garou (Type 3)
- en moyen état pour Pinsonnelle (Type 2) et Corps de Garde (Type 6)
- en bon état pour les trois autres stations

→ Il apparaît donc nécessaire de **réévaluer les seuils 2009/2010 pour l'indice chlorophylle a**

En outre, les concentrations « importantes » de chlorophylle a (en particulier à Pinsonnelle) sont accompagnées de valeurs en nutriments et en oxygène peu élevées. Ces faibles concentrations pourraient être liées à un phénomène de reminéralisation bactérienne entraînant une consommation d'oxygène. L'ensemble de ces paramètres pourraient ainsi signifier la présence d'un **phénomène d'eutrophisation**. Pour vérifier ce fait, des études plus approfondies de la production primaire, de la matière organique et de l'activité bactérienne seraient nécessaires.

**Tableau 15 : Rappel : grilles de qualité DCE retenues pour l'indice biomasse en Martinique en 2009/2010 (paramètre chlorophylle *a* en µg/l)**

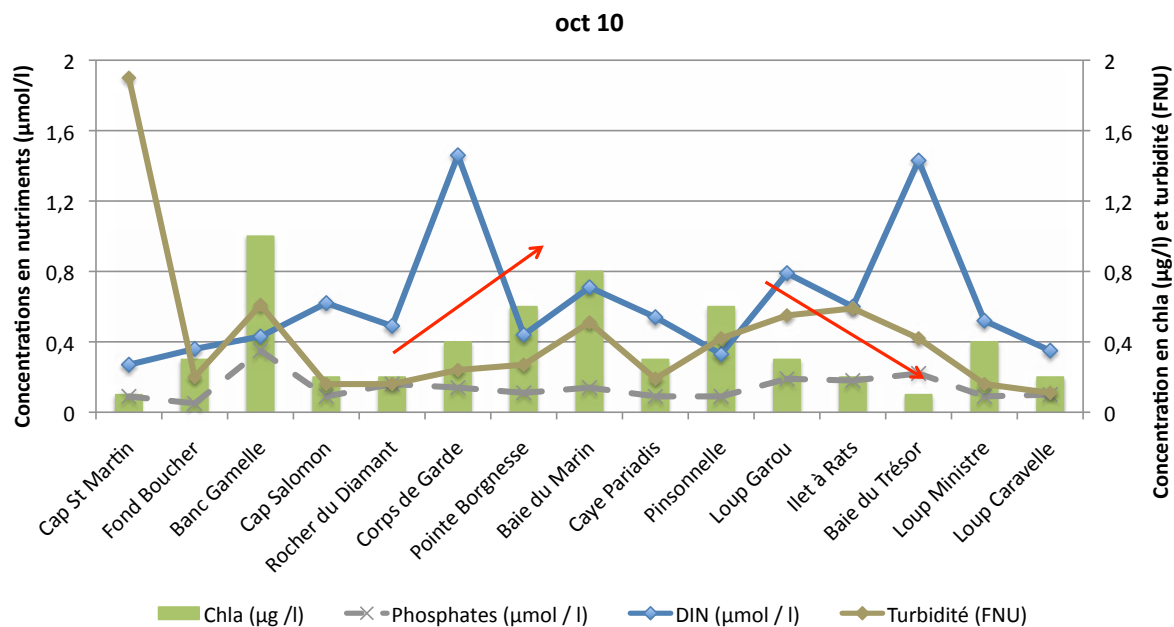
Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
1	0,18	0,275	0,550	1,100	2,200
2	0,13	0,200	0,400	0,800	1,600
3	0,20	0,300	0,600	1,200	2,400
4	0,07	0,100	0,200	0,400	0,800
5	0,11	0,160	0,320	0,640	1,280
6	0,13	0,200	0,400	0,800	1,600
7	0,10	0,150	0,300	0,600	1,200
<b>EQR</b>	<b>1</b>	<b>0,66</b>	<b>0,33</b>	<b>0,165</b>	<b>0,083</b>

La Figure 25, représentant les valeurs de chlorophylle *a* mesurées dans l'ensemble des sites DCE, semble montrer :

☞ Un gradient croissant Nord Sud sur la façade Caraïbe à partir de la sortie de la Baie de Fort-de-France (Cap Salomon) jusqu'à la Baie du Marin. Ce gradient de Chlorophylle *a* semble correspondre également à un gradient de turbidité

☞ Un gradient croissant Sud Nord sur la façade Atlantique à partir de Pinsonnelle jusqu'à la Baie du Trésor.

☞ Que le pas de temps de l'échantillonnage ne permet pas d'observer le lien existant entre les valeurs de Chlorophylle *a* et les concentrations en nutriments mesurées dans les différents sites DCE (fait déjà observés lors des précédentes campagnes). En effet, le développement phytoplanctonique s'appuyant sur la consommation des nutriments, il peut exister un déphasage temporel entre ces 2 paramètres (les pics de nutriments précédant généralement les pics de Chl<sub>a</sub>). Les mesures ponctuelles effectuées ne permettent donc pas de refléter l'activité biologique dans la colonne d'eau. .



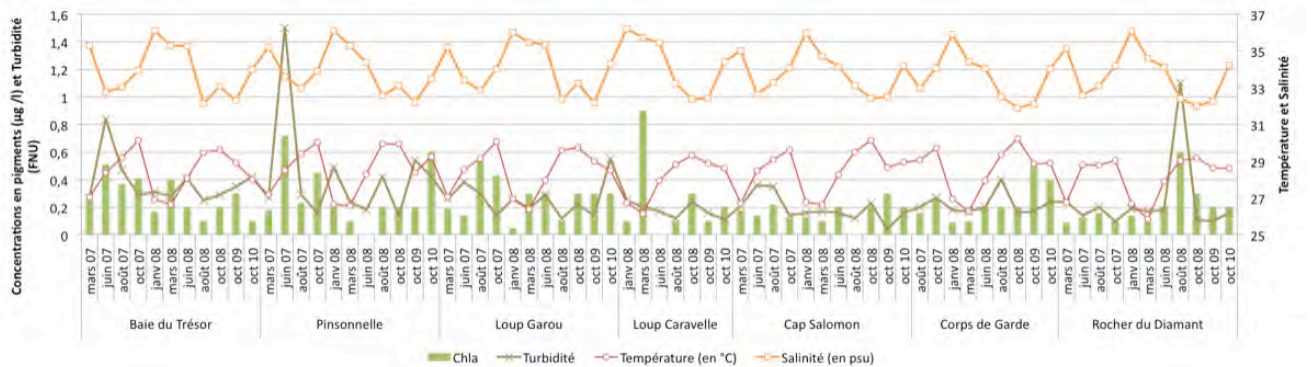
**Figure 25 : Concentrations en chlorophylle *a*, en nutriments et turbidité de l'ensemble des sites de référence (croix rouge) et de surveillance appartenant à une MEC mesurés lors de la campagne 2010**

## 4.2 Evolution temporelle

L'évolution des concentrations en chlorophylle *a* et des **paramètres explicatifs** mesurés au cours des campagnes DCE 2007 à 2010 dans les stations référence est synthétisée dans la Figure 26.

Ce graphique montre notamment :

- ☞ Que la température et la salinité (paramètres évoluant selon un schéma inverse) et dans une moindre mesure, la turbidité, répondent à un schéma saisonnier.
- ☞ Qu'aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre ces paramètres et les concentrations en chlorophylle *a*.



**Figure 26 : Evolution de la concentration en chlorophylle *a* et des paramètres explicatifs dans les stations de référence au cours des campagnes 2007 à 2010**

**L'analyse conjointe de l'ensemble des données de chlorophylle *a* et de nutriments** ne montre pas non plus de corrélation entre ces paramètres.

De manière générale, les concentrations en nutriments mesurées sur ces sites référence sont :

- élevées : 33 % des concentrations en DIN sont supérieures à  $1 \mu\text{mol l}^{-1}$  et 41 % des valeurs de phosphates sont supérieures à  $0,1 \mu\text{mol l}^{-1}$
- voire très élevée : 15 % des concentrations en DIN sont supérieures à  $2 \mu\text{mol l}^{-1}$  et 11% des valeurs de phosphates sont supérieures à  $1 \mu\text{mol l}^{-1}$ . Des valeurs exceptionnelles de DIN ont été mesurées en octobre 2009 à Loup Garou ( $24,4 \mu\text{mol l}^{-1}$ ) et en octobre 2008 au Rocher du Diamant ( $37,15 \mu\text{mol l}^{-1}$ ) ;

Les pics de DIN concernent majoritairement les campagnes d'octobre tandis que les pics de phosphates sont plutôt observés durant les campagnes d'août (Figure 26). Ceci se vérifie en moyennant les mesures par mois (Figure 27).

**En moyenne sur les 11 campagnes** (Figure 27), le Rocher du Diamant est le site dans lequel la concentration en DIN est la plus élevée ( $5,46 \pm 11,2 \mu\text{mol l}^{-1}$ ) et Corps de Garde se caractérise par la concentration moyenne en phosphates la plus haute ( $0,72 \pm 1,86 \mu\text{mol l}^{-1}$ ). Loup Caravelle et Cap Salomon sont les sites dans lesquels les concentrations moyennes en nutriments (DIN et phosphates) sont les plus basses (respectivement [DIN] =  $0,40 \pm 0,44 \mu\text{mol l}^{-1}$  ; [PO42] =  $0,13 \pm 0,11 \mu\text{mol l}^{-1}$  et [DIN] =  $0,88 \pm 0,86 \mu\text{mol l}^{-1}$  ; [PO42] =  $0,20 \pm 0,29 \mu\text{mol l}^{-1}$ ).

Cap Salomon est également le site dans lequel la concentration moyenne en chlorophylle *a* est la plus basse ( $0,16 \mu\text{g l}^{-1}$ )

Les valeurs de chlorophylle *a* mesurées au cours de ces 11 campagnes sont en cohérence avec celles décrites dans la littérature de la région caraïbe (Bell *et al.* 2007, Lapointe 2007, Lapointe *et al.* 2004, Wieggers 2007, Lapointe *et al.* 2010). Tout comme dans plusieurs de ces études, les ME littorales martiniquaises semblent soumises à la problématique de l'eutrophisation. Ces nutriments plus abondants en saison des pluies sont probablement d'origine terrigène. L'étude en cours sur les macroalgues et leur composition en azote isotopique devrait fournir des éléments quant à leurs sources (étude OMMM/DEAL).

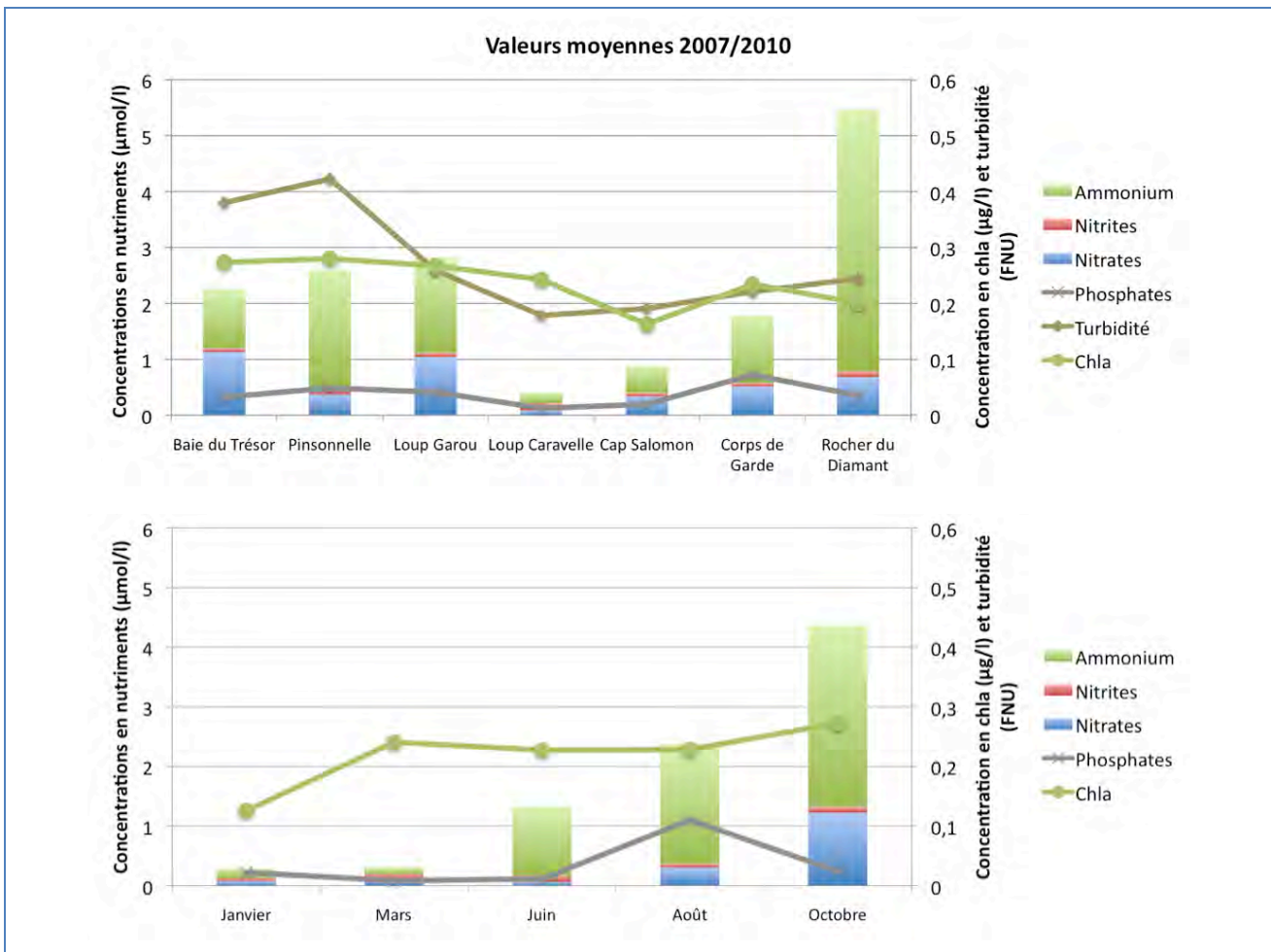


Figure 27 : Moyennes des concentrations en chlorophylle  $\alpha$ , en nutriments et en turbidité calculées sur la période 2007/2010

## 5 Éléments de qualité biologique : 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 calculée 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.

L'indice nommé « **indice Algues** » correspond à la moyenne de l'indice macroalgale des 6 transects (6 x 10 quadrats)

Le « **Ratio Corail : Macroalgues** » est calculé ainsi :

$$\frac{\text{Proportion moyenne de corail vivant sur les 6 transects}}{\text{Proportion moyenne de macroalgues (molles + calcaires) sur les 6 transects}}$$

*Remarques : sur les graphiques les proportions moyennes sont arrondies. Ce ratio étant basé sur les proportions moyennes exactes, le résultat du calcul du quotient à partir des pourcentages indiqués sur les graphiques peut parfois différer de la valeur « réelle » du ratio.*

*Si aucune macroalgue n'est observée sur une station ce ratio est considéré, arbitrairement, comme étant égal à 100*

## 5.1 Baie du Trésor (Type 1)

Cette station située au milieu de la Baie du Trésor (Caye centrale) a déjà été échantillonnée en 2007 et 2009. Cette station se caractérise en 2010 par :

- ❖ **Une couverture vivante moyenne (67 %) composé majoritairement de corail vivant (33 %) et d'algues (22 %).**

Ainsi, au sein du peuplement benthique :

- ❖ **Le corail vivant est uniquement composé de corail dur.** Le paysage corallien étant marqué notamment par d'importantes colonies de *Porites porites*, *Montastrea cavernosa*, *Porites astreoides*, etc.) et la présence ponctuelle d'*Acropora palmata*. Des signes de blanchissement corallien et de maladies sur les coraux et les gorgones sont observés (**Figure 28**). Ainsi 16 % des colonies observées sont blanchies. La classe 2 de blanchissement (=11 à 50 % de la surface de la colonie est blanchie) est la plus fréquente et concerne 6 % des colonies coralliennes
  - Les autres invertébrés observés sont majoritairement des gorgones éventail ou encroûtantes (*Erythropodium caribaerum*). Les **Gorgones** représentent **6,7 %** de la couverture totale du substrat.
  - Les **algues sont essentiellement représentées par le turf** (28 %, recouvert le plus souvent par du sédiment fin). Les **algues calcaires encroûtantes** représentent **2,7 %** de la couverture totale du substrat et les **cyanophycées 0,3%**.

La **couverture macroalgue** est faible : la **classe 0** (0 %) est majoritaire (70 % des quadrats) et la classe 1 (11 à 50 %) représente 30 % des quadrats. Ce peuplement macroalgal est dominé par les macroalgues molles représentées par l'algue calcaire *Halimeda spp.* (espèce dominante dans 18 % des quadrats) et le genre *Dictyota* (espèce dominante dans 12 % des quadrats).

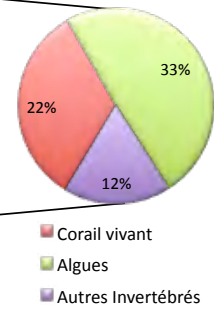
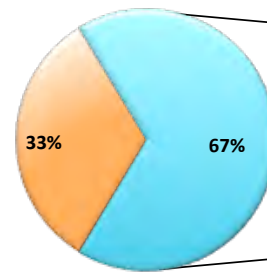
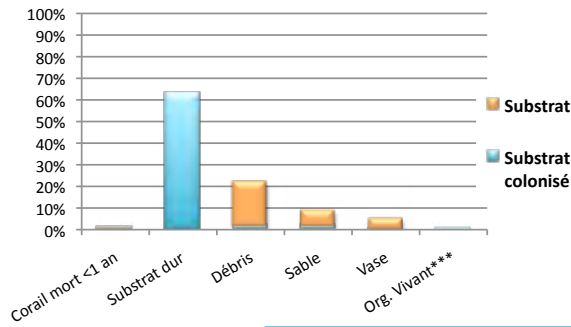
Ces macroalgues occupent exclusivement le substrat dur (substrat dominant dans 100 % des quadrats occupés par des macroalgues) : elle sont donc potentiellement en compétition pour l'espace avec le peuplement corallien.

- ❖ **Une densité moyenne d'oursins Diadèmes de  $0,20 \pm 0,15$  individus / m<sup>2</sup>.**
- ❖ **Une tendance à l'hypersédimentation (particules fines) :** phénomène déjà observé en 2007 et 2009 et assez communs pour des milieux comme les baies.
- ❖ **Plusieurs zones de débris coralliens** (de *Porites porites* notamment)
- ❖ **Un état de santé général de 3,2 (moyen)** en raison de la présence de colonies blanchies et la tendance à l'hypersédimentation.

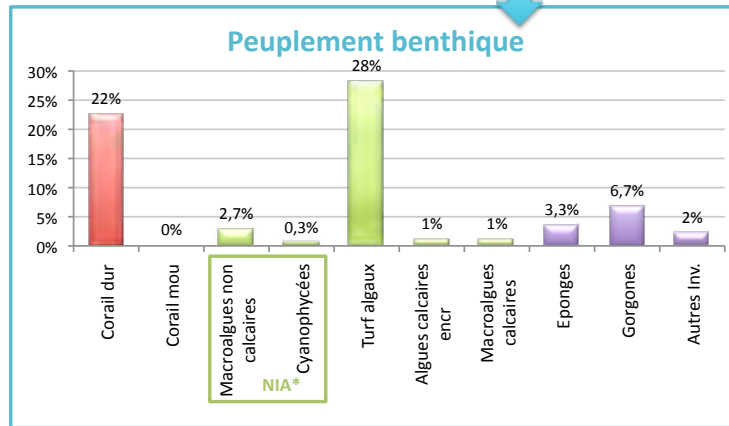
**Baie du Trésor**

Etat de Santé : 3,2 ± 0,4

**Le substrat de la station**

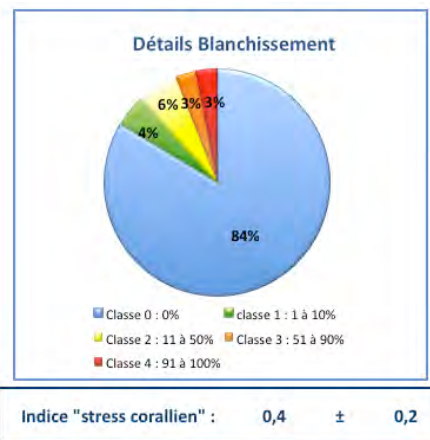


**Couverture corallienne** 22%

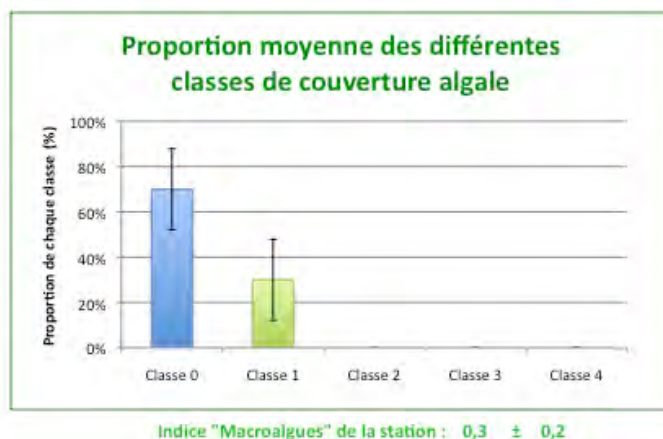


**Ratio Corail:Macroalgues** 6,1

\*Nutrient Indicating Algae / \*\*cad sans couverture vivante macroscopique / \*\*\*Organismes vivants sur lesquels se sont développés d'autres organismes



Indice "stress corallien" : 0,4 ± 0,2



Indice "Macroalgues" de la station : 0,3 ± 0,2



Figure 28 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Baie du Trésor (Type 1)

Par rapport à l'année 2009, la couverture vivante est en baisse (69 % en 2007 / 86 % en 2009 / 67 % en 2010). Ceci s'explique par une diminution de la proportion en corail vivant et en algues mais surtout par une augmentation de la proportion de débris coralliens. En effet, la proportion de corail vivant, relativement stable entre 2007 et 2009, baisse cette année de près de 18 points. La proportion de macroalgues molles diminue également entre 2009 et 2010 (4 % en 2007, 7 % en 2009 et 3 % en 2010). Le ratio « corail/macroalgues totales » passe ainsi de 7,5 en 2007 et 3,8 en 2009 à **6,1 en 2010**. L'indice d'état de santé général de la station se dégrade (2,2 en 2007, 2,8 en 2009 et 3,2 en 2010) en raison du blanchissement corallien observé, d'une augmentation des signes d'eutrophisation (cyanophycées) et d'hypersédimentation.

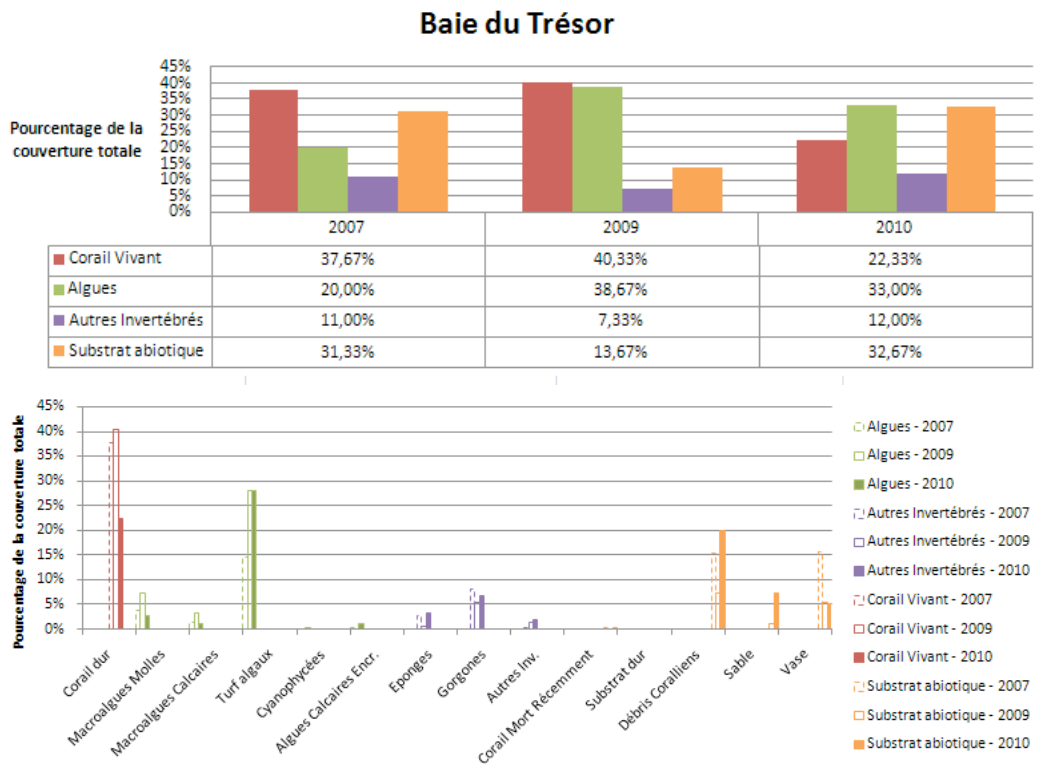


Figure 29 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de la Baie du Trésor : années 2007 et 2010

## 5.2 Pinsonnelle (Type 2)

Les communautés coralliennes de ce site ont été échantillonnées pour la première fois en 2009. Cette station se situe au Sud de la Caye Pinsonnelle au large du François (environ 4 milles de la côte).

Comme pour Caye Pariadis (site surveillance de la masse d'eau adjacente de type 2), la station « communautés coralliennes » a été difficile à sélectionner car le site est dominé par un peuplement de Sargasses et ne ressemble en rien aux autres sites échantillonnés précédemment (Figure 22). Une prospection a été effectuée sur le site (précédée d'une analyse des travaux de Legrand 2009) et la station retenue se situe au sud-est de la Caye Pinsonnelle (zones plus homogènes qu'à l'ouest, Figure 22 et Figure 23), soit à la limite de la masse d'eau<sup>11</sup>.

Cette grande zone rocheuse (accrétion de coraux morts) est entourée d'une zone sableuse.

Cette station se caractérise en 2010 par :

❖ **Une couverture vivante très importante (99,7 %) composée très majoritairement d'algues (93,7 %).**

Ainsi, au sein du peuplement benthique :

- Le corail vivant est uniquement composé de corail dur majoritairement structuré en petites colonies isolées (4 %). 8% de ces colonies sont blanchies (classe 1 : 11 à 50 % de la colonie est blanchie)
- ❖ **Les autres rares invertébrés observés sont majoritairement des zoanthaires** (Palythoa, 0,3 % de la couverture vivante comme en 2009) qui présentent également des signes de blanchissement. Plusieurs nudibranches ont également été observés hors du transect.
- ❖ **Les algues sont essentiellement des macroalgues molles (55 % de la couverture totale).** Les autres catégories algales observées sont présentes dans des proportions comparables : **turf** (19 %), macroalgues calcaires (*Halimeda* principalement, 10 %) et **algues calcaires encroûtantes** (9 %).

La **couverture macroalgue** est de ce fait élevée : la **classe 3** (51 à 90 %) est majoritaire (53 % des quadrats) suivie par la classe 2 (38 %). Ce peuplement macroalgal est dominé par l'espèce *Sargassum sp.* (espèce dominante dans 47 % des quadrat) ; L'autre espèce significative étant *Dictyota spp.* (espèce dominante dans 38 % des quadrat).

Ces macroalgues occupent exclusivement le substrat dur (substrat dominant dans 100 % des quadrats) : elle sont donc potentiellement en compétition pour l'espace avec le peuplement corallien.

❖ **L'absence d'oursin** malgré la présence de macroalgues

❖ **Une faible sédimentation**

❖ **Un état de santé général de 3 (moyen)** en raison de la présence de ces macroalgues. **Pourtant cet écosystème ne présente que très peu de signes d'eutrophisation** (type cyanobactéries). Ainsi, la dominance de ces algues ne semble pas être liée à un bloom ponctuel car ce peuplement semble établi depuis plusieurs années (Maréchal 2010, comm. pers). Cette dominance pourrait être due à un phénomène de blanchissement au cours duquel les Sargasses auraient supplanté les coraux. Des conditions favorables, la croissance rapide de cette espèce, entre autres, n'auraient pas permis la « récupération » de l'écosystème corallien<sup>12</sup> (substances sécrétées, occupation de l'espace, « shading » etc. pourraient freiner le recrutement corallien et/ou l'installation d'autres invertébrés).

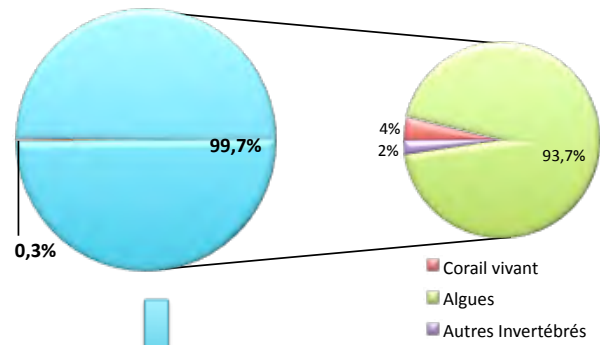
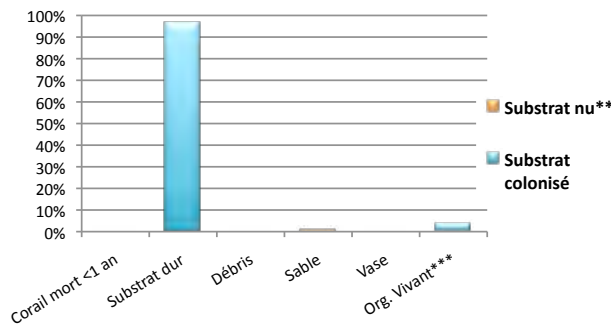
<sup>11</sup> D'après la cartographie « provisoire » du découpage des masses d'eau littorale en Martinique (Source : DIREN Martinique), cette station serait même en dehors de la masse d'eau FRJC008.

<sup>12</sup> Une thèse est en cours sur les peuplements de Sargasses en Martinique (OMMM). Ce travail pourra donner des précisions sur la dynamique de colonisation des Sargasses.

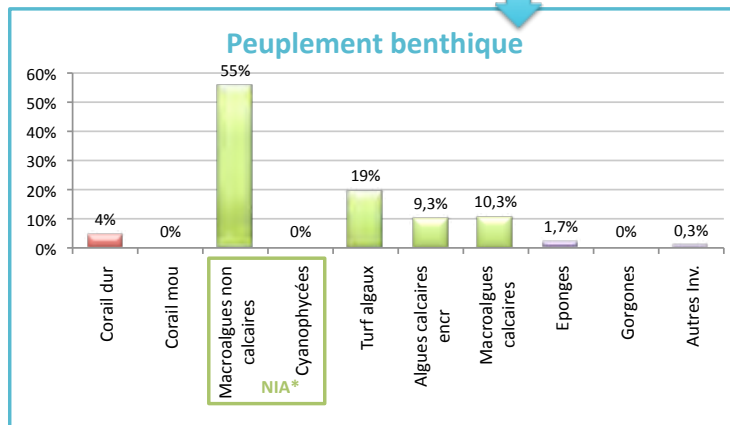
Pinsonnelle

Etat de Santé : 3,0 ± 0,0

**Le substrat de la station**

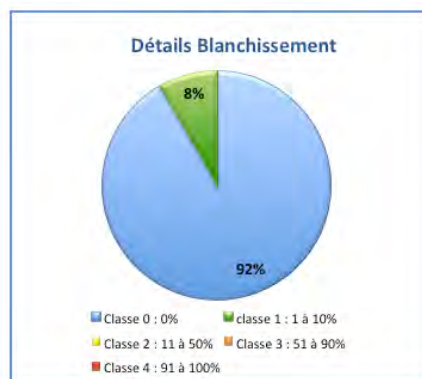


Couverture corallienne 4%

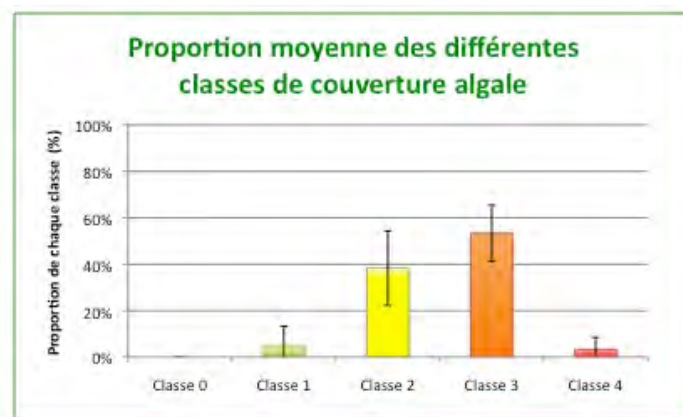


Ratio Corail:Macroalgues 0,1

\*Nutrient Indicating Algae / \*\*cad sans couverture vivante macroscopique / \*\*\*Organismes vivants sur lesquels se sont développés d'autres organismes



Indice "stress corallien" : 0,1 ± 0,2



Indice "Macroalgues" de la station : 2,6 ± 0,2

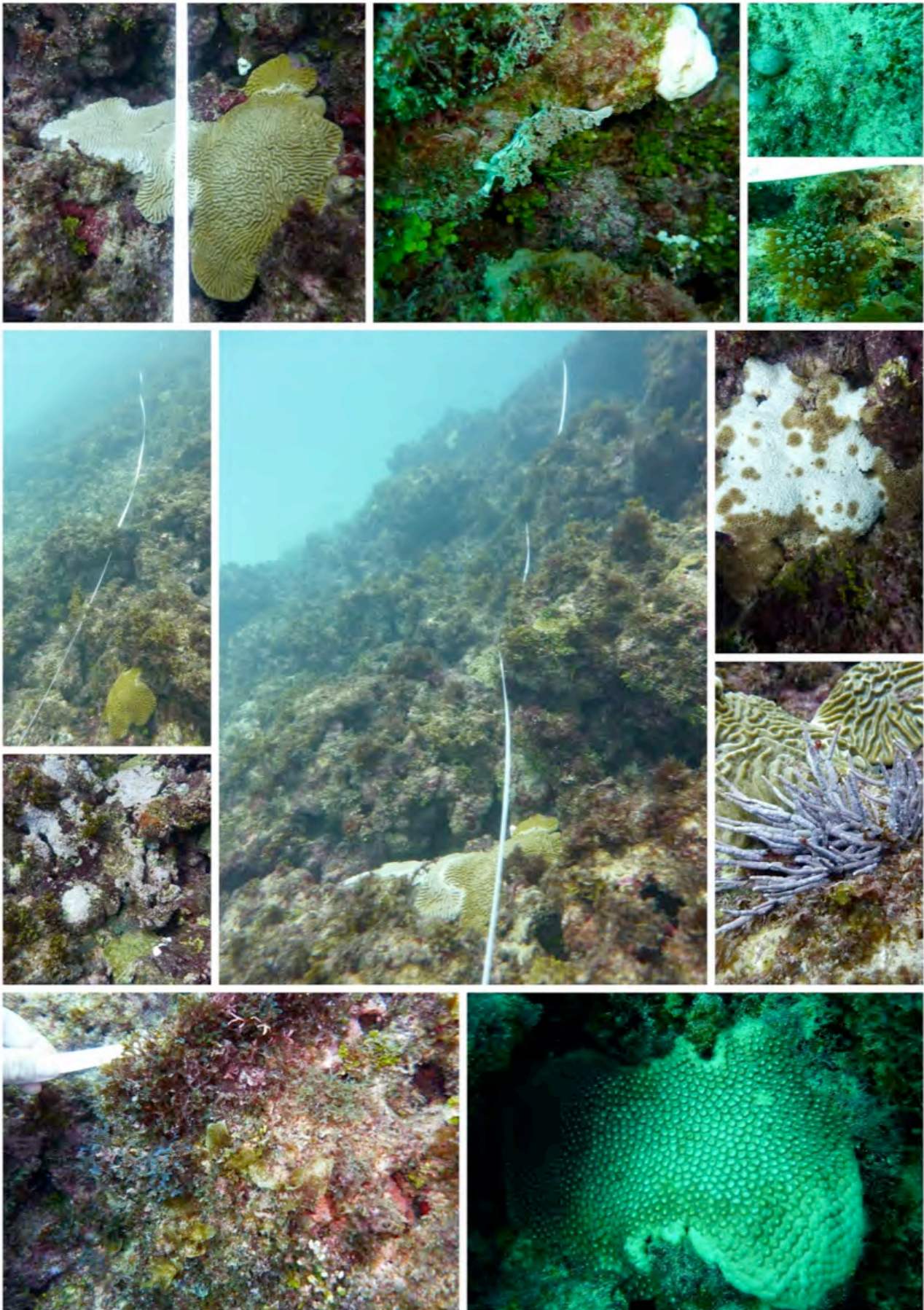


Figure 30 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Pinsonnelle (Type 2)

Par rapport à 2009 (Figure 31), la proportion relative des éléments de la communauté corallienne de la station de Pinsonnelle a sensiblement changé. La couverture vivante a légèrement augmenté (97 % en 2009 et 99,7 % en 2010). La proportion en corail vivant diminue (7 % en 2009 et 4 % en 2010) alors que celle en algues augmente (89 % en 2009 et 94 % en 2010). Alors que toutes les autres catégories algales (macroalgues calcaires, turf et algues encroûtantes) sont en hausse, la proportion en macroalgues molles diminue de 13 points (68 % en 2009 contre 55% en 2010). Le peuplement macroalgal dominant varie également avec une augmentation de la proportion relative du genre *Dictyota* en 2010. Le ratio « corail/macroalgues totales » passe ainsi de 0,09 en 2009 à **0,06 en 2010**. L'indice d'état de santé général de la station est stable entre ces deux années (moyen).

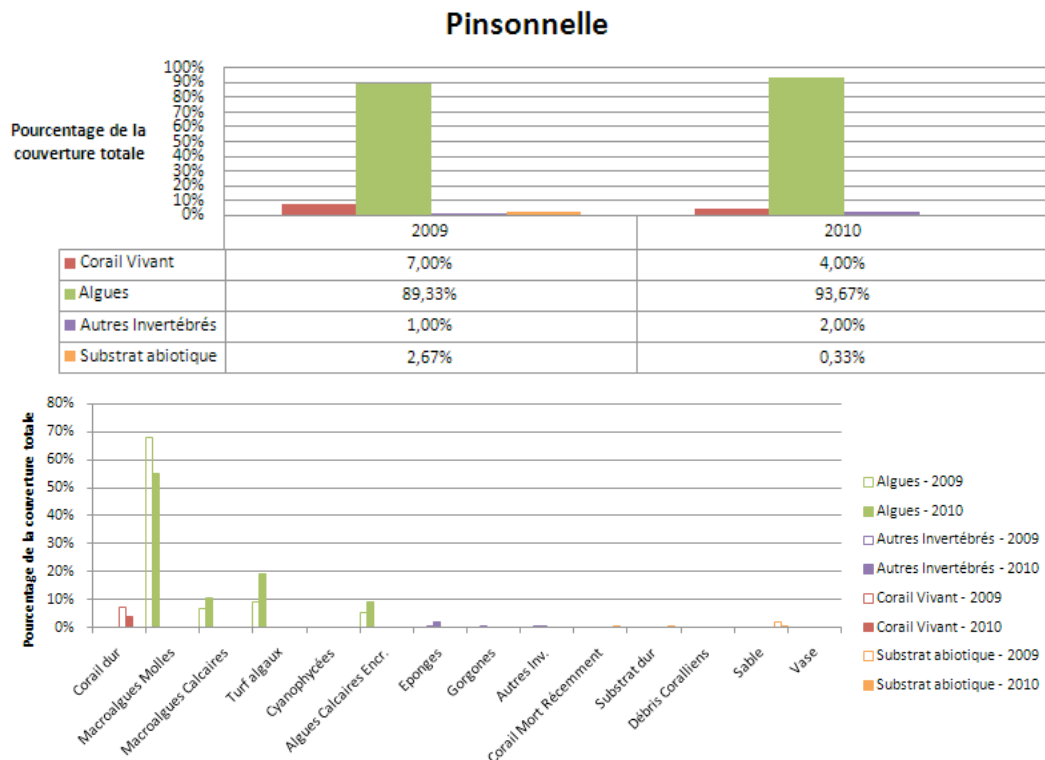


Figure 31 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Pinsonnelle : années 2009 et 2010

### 5.3 Loup Garou (Type 3)

Les communautés coralliennes de ce site ont été échantillonnées pour la première fois en 2009.

La station sélectionnée est située à proximité du Loup Garou (îlet sableux à environ 2 miles marins de la sortie de la Baie du Robert).

Elle se caractérise en 2010 par :

- ❖ **Une couverture vivante très importante (100 %) composé majoritairement d'algues (67 %) puis de corail vivant (25 %).**

Ainsi, au sein du peuplement benthique :

- Le corail vivant est uniquement composé de corail dur. La diversité corallienne est importante. Notons, notamment, la présence ponctuelle de colonies d'*Acropora palmata* vivantes dont la plupart présentent des signes de blanchissement/maladies ainsi que des colonies mortes. Les autres espèces de coraux sont également concernées par le phénomène de blanchissement. 21 % des colonies observées présentent des signes de blanchissement. Parmi elles, 14 % ont été classées en classe 4 (= 91 à 100 % de la surface de la colonie est blanchie).
- Les autres invertébrés observés sont majoritairement des éponges encroûtantes et des oursins diadèmes (4 et 3 % pour ces deux taxons, respectivement). Quelques gorgones ont également été observées en dehors des transects.
- Les **algues sont essentiellement représentées par le turf (27 %) puis par les algues calcaires encroûtantes<sup>13</sup> (23 %)**. Le turf recouvre principalement des roches nues mais est également observé sur du substrat vivant (algues encroûtantes notamment). **Les macroalgues molles couvrent 11 % de la surface échantillonnée.**
- Les **cyanobactéries** représentent 2 % de la couverture du substrat.

La **couverture macroalgue** est moyenne : la **classe 2** (11 à 50 %) est majoritaire (47 % des quadrats). Ce peuplement macroalgal est dominé par les macroalgues molles représentées majoritairement par les genres *Dictyota* et *Halimeda* (genres dominants dans, respectivement, 30 et 28 % des quadrats).

Ces macroalgues occupent majoritairement le substrat dur (substrat dominant dans 96 % des quadrats) : elle sont donc potentiellement en compétition pour l'espace avec le peuplement corallien.

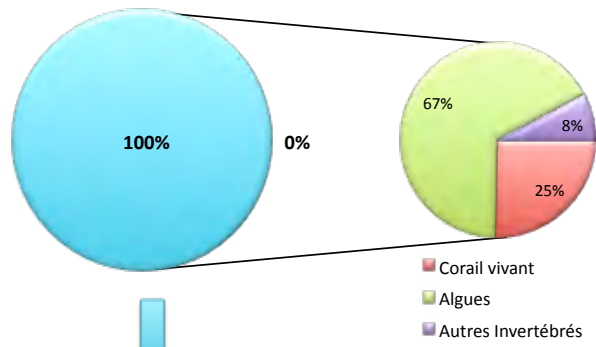
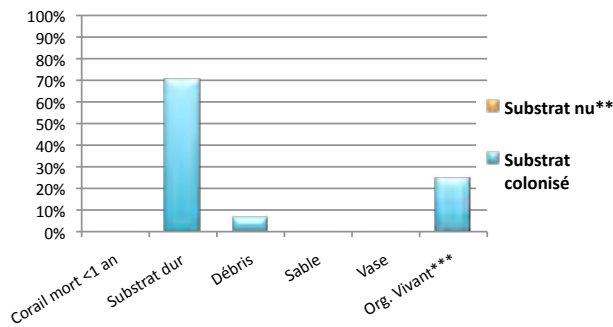
- ❖ **Une densité d'oursin de  $1 \pm 0,6$  individus / m<sup>2</sup>**
- ❖ **Une faible sédimentation**
- ❖ **Un état de santé général de 2 (bon).**

<sup>13</sup> Cette catégorie d'algue favoriserait le recrutement corallien (McManus, J., Polsenberg, J., 2004. Coral-algal phase shifts on coral reefs: ecological and environmental aspects. Progress in Oceanography, 60 (2-4): 263-279.)

**Loup Garou**

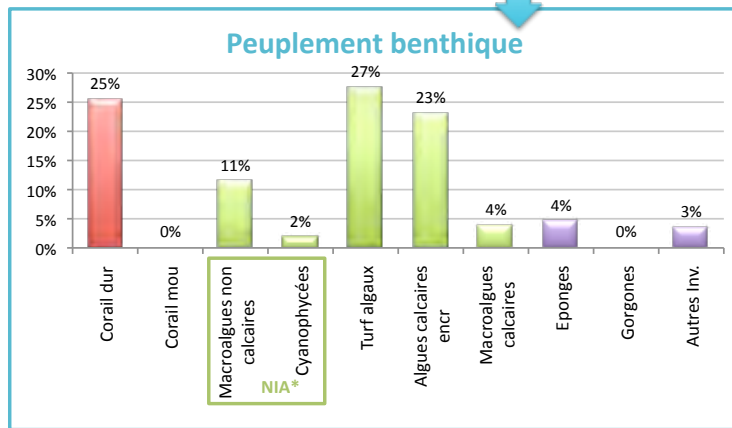
Etat de Santé : 2,0 ± 0,0

**Le substrat de la station**

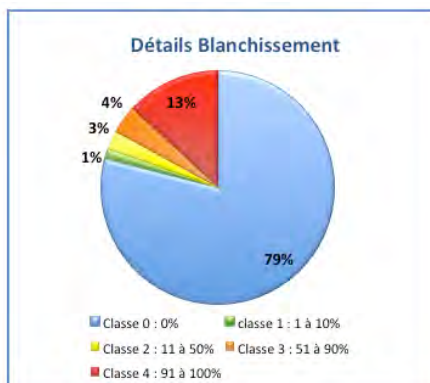


**Couverture corallienne** 25%

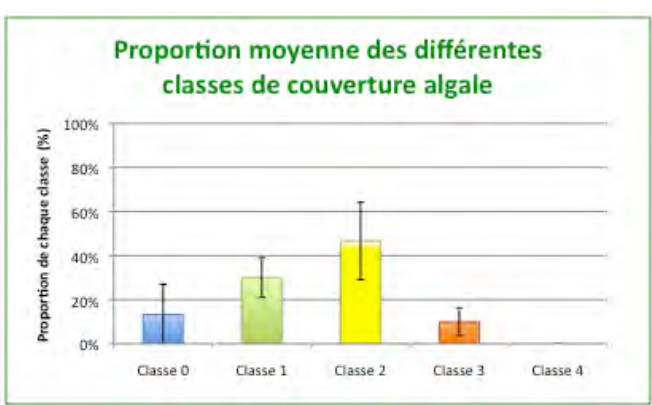
**Ratio Corail:Macroalgues** 1,7



\*Nutrient Indicating Algae / \*\*cad sans couverture vivante macroscopique / \*\*\*Organismes vivants sur lesquels se sont développés d'autres organismes



Indice "stress corallien" : 0,8 ± 0,3



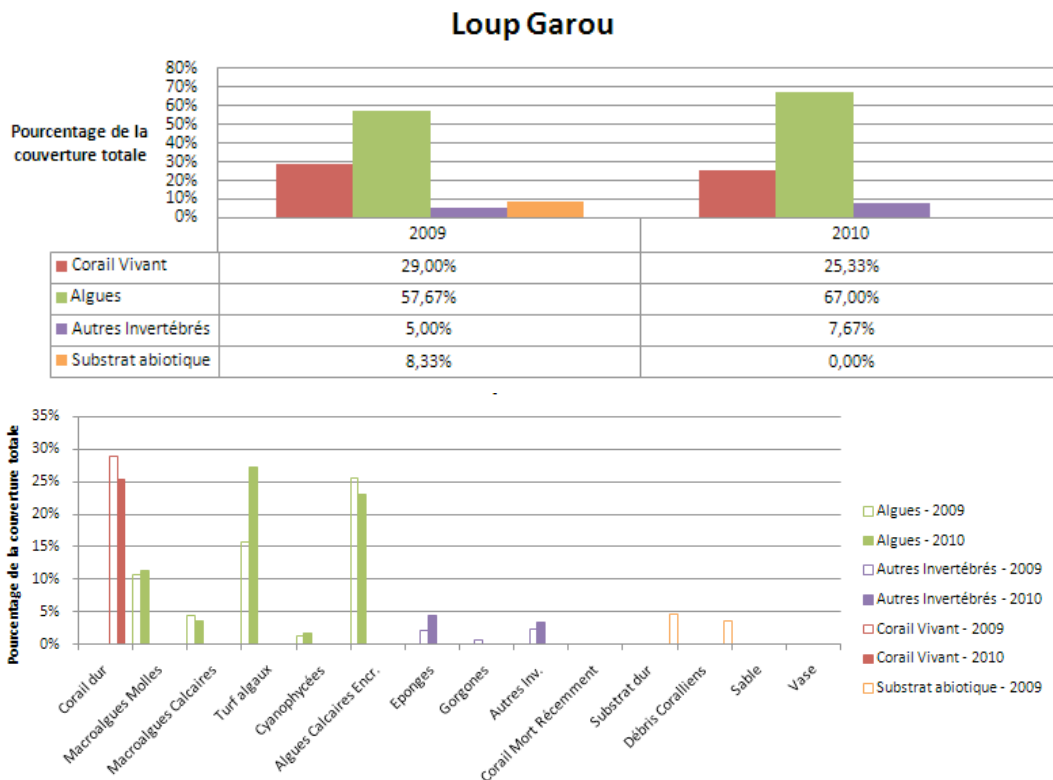
Indice "Macroalgues" de la station : 1,5 ± 0,4



Figure 32 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Loup Garou (Type 3)

Par rapport à 2009 (Figure 33) la proportion relative des éléments de la communauté corallienne de la station de Loup Garou a sensiblement changé. La couverture vivante a légèrement augmenté (92 % en 2009 à 100 % en 2010). La proportion en corail vivant (29 % en 2009 contre 25 % en 2010) diminue légèrement alors que celle en algue augmente (58 % en 2009 et 67 % en 2010). Ceci est lié à une hausse de la proportion en turf (+ 11 points en 2010 par rapport à 2009). Les macroalgues molles et calcaires restent dans des proportions quasi égales ( 10,7 % en 2009 et 11,3 en 2010 pour les macroalgues molles). La proportion en algues calcaires encroûtantes diminue légèrement (de 3 points). Le peuplement macroalgal dominant varie sensiblement avec une diminution de la proportion relative du genre *Dictyota* en 2010.

Cette diminution de la couverture corallienne entraine ainsi une diminution du ratio « corail/macroalgues totales » qui passe de 1,93 en 2009 à **1,69 en 2010**. L'indice d'état de santé général de la station est stable entre ces deux années (bon).



**Figure 33 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Garou (Type 3) : années 2009 et 2010**

## 5.4 Loup Caravelle (Type 4)

En 2009, le site de Loup Caravelle a été choisi comme site de référence des masses d'eau de type 4 à la place de Cap St Martin.

L'élément de qualité « communautés coralliennes » de ce site a déjà été échantillonné en 2007 et 2009 dans 2 stations différentes

- En 2007 : à 2 km au large de la station de Loup Ministre
- En 2009 : il a été choisi de changer la station au profit d'une zone plus éloignée de Tartane à proximité du Rocher de la Caravelle.

En raison des particularités de l'écosystème échantillonné en 2009 (site peu comparable aux autres sites DCE), il a été choisi, en accord avec le maître d'ouvrage, de conserver finalement la station de 2007. C'est cette station qui a été échantillonnée en 2010.

La station 2010 se caractérise par :

- ❖ **Une couverture vivante importante (86 %) composée majoritairement d'algues (72 %). Les autres invertébrés (autres que le corail) représentent 11 % de la couverture totale alors que le corail vivant ne recouvre que 2 % du substrat** (c'est la couverture corallienne la plus basse de tous les sites de référence).

Ainsi, au sein du peuplement benthique :

- Le corail vivant est uniquement composé de petites colonies isolées de corail dur. Aucune de ces colonies ne présentent de signes de blanchissement.
- Parmi les autres invertébrés, les éponges sont le taxon majoritaire (10 %).
- **Les algues sont essentiellement représentées par des macroalgues molles** (69 %).
- Aucune cyanobactérie n'a été observée sur les transects échantillonnés.

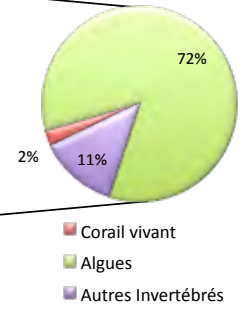
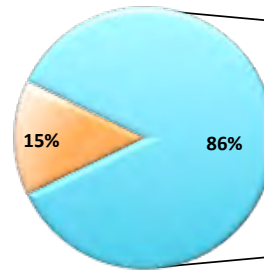
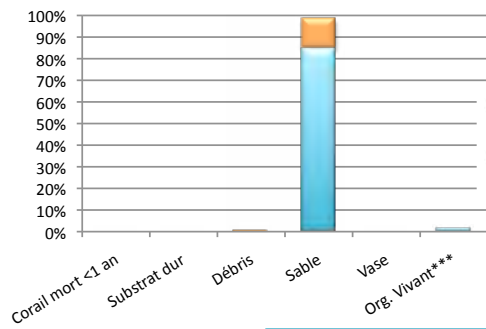
Ainsi, la **couverture macroalgue** (quadrat) est importante : la **classe 3** (51 à 90 %) est majoritaire (38 % des quadrats) et la classe 4 (91 à 100 %) représentent 13 % des quadrats échantillonnés. Ce peuplement macroalgal est dominé par les macroalgues molles représentées par le genre *Sargassum* (genre dominant dans 58% des quadrats) et *Dictyota* (40 %). Ces macroalgues occupent majoritairement le **sable** (substrat dominant dans 98 % des quadrats dans lesquels des macroalgues ont été observées).

- ❖ **Une densité d'oursin faible de  $0,02 \pm 0,04$  individus / m<sup>2</sup>**
- ❖ **Une sédimentation moyenne**
- ❖ **Un état de santé général de 3 (moyen) en raison de l'importante couverture macroalgale.**

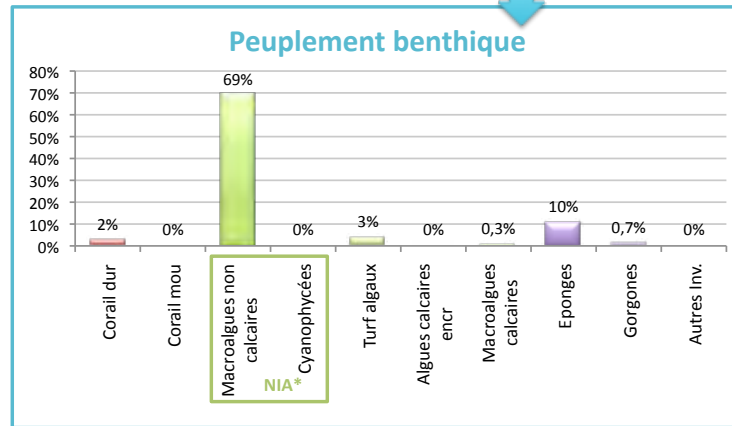
Loup Caravelle

Etat de Santé : 3,0 ± 0,0

Le substrat de la station



Couverture corallienne 2%



Ratio Corail:Macroalgues 0,03

\*Nutrient Indicating Algae / \*\*cad sans couverture vivante macroscopique / \*\*\*Organismes vivants sur lesquels se sont développés d'autres organismes

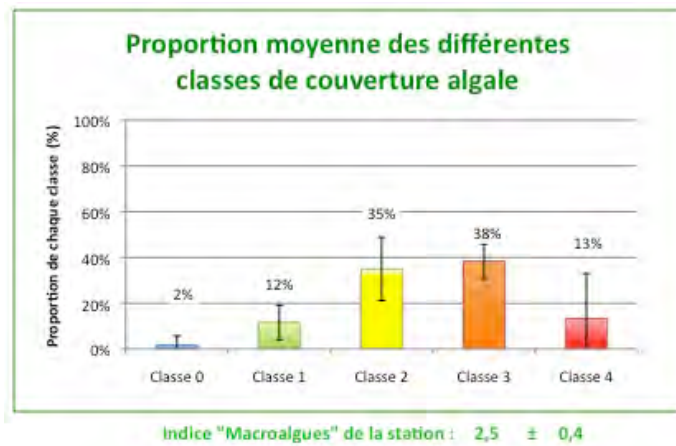




Figure 34 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Loup Caravelle (Type 4)

Une analyse interannuelle montre que les milieux échantillonnés en 2007, 2009 et 2010 dans ce site sont très différents (structure / peuplement : Figure 35).

Les stations 2007 et 2009 ont pourtant des coordonnées géographiques semblables. Cette différence est certainement liée :

- Au caractère aléatoire des transects
- A des transects de profondeur moins importante en 2010 qu'en 2007
- A un milieu, dans ce secteur, très variable alternant zones sableuses et zones rocheuses à quelques dizaines de mètres.

→ Données peu comparables entre 2007 et 2010 (et 2009 qui correspond à un site différent)

→ Il apparaît nécessaire dans l'avenir de pérenniser cette station et les transects pour s'assurer de la reproductibilité de l'échantillonnage

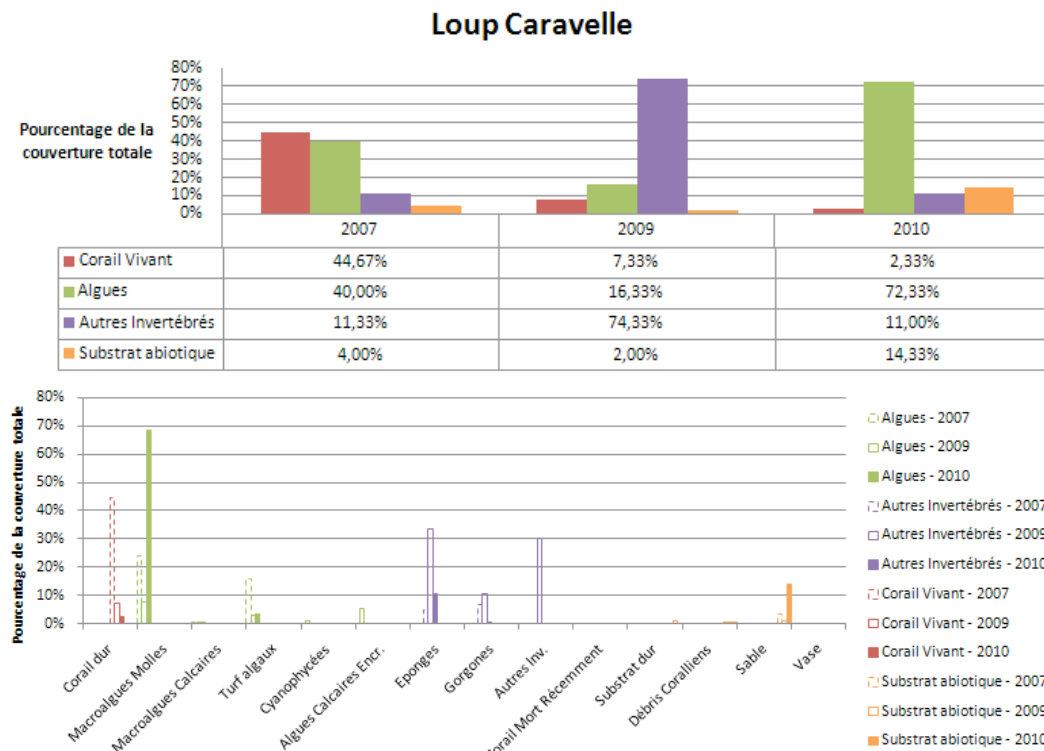


Figure 35 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Loup Caravelle (Type 4) : années 2007 à 2010

## 5.5 Cap Salomon (Type 5)

À proximité de la pointe du Cap Salomon, cette station « communautés coralliennes » a déjà été échantillonnée en 2007 et 2009. Le substrat de cette station se caractérise par de gros éboulis rocheux recouverts par des peuplements benthiques entre lesquels sont présentes des zones sableuses (Figure 36).

En 2010, cette station se caractérise par :

❖ **Une couverture vivante importante (92,7 %) composée majoritairement d'algues (53,3 %) puis d'invertébrés autres que le corail (22,3 %). Le corail vivant ne représente que 17 % de la couverture totale.**

Ainsi, au sein du peuplement benthique :

- Le corail vivant est uniquement composé de corail dur. Il est souvent sous la forme de petites colonies ovoïdes ou de plus larges encroûtantes (Beaucoup de *Millepora* recouvrant les éboulis rocheux). De nombreuses recrues coralliennes et de jeunes colonies ont été observées. Quelques colonies (2 % des colonies observées) sont quasi totalement blanchies (classe 4 : 91 à 100%).
- **Les autres invertébrés sont dominants, les éponges représentent le taxon majoritaire (17 %).** Cette dominance pourrait être liée à leur adaptabilité aux milieux plus agités (Lesser 2006) comme c'est le cas au niveau d'une pointe comme Cap Salomon. La dominance des éponges peut également être liée à l'absence de spongivores (surpêche notamment des poissons anges : Hill 1998). Enfin, les éponges encroûtantes ont la capacité « d'envahir » les colonies coralliennes. En situation « normale » les coraux développent des stratégies de défense mais en situation de stress (réchauffement, excès de matière en suspension, pollution organique, dommages physiques, etc.), ils sont beaucoup plus sensibles à ce phénomène de surcroissance (Rützler 2002).
- Les **algues sont essentiellement représentées par le turf (43 %)**. Le turf est régulièrement observé sur des organismes vivants comme les éponges. Les algues calcaires encroûtantes ne représentent que 7 % de la couverture totale alors que les macroalgues molles sont peu abondantes (3,3%).
- Aucune **cyanobactérie** n'a été relevée sur les points-intercepts échantillonnés mais elles ont été **observées ponctuellement à proximité des transects**.

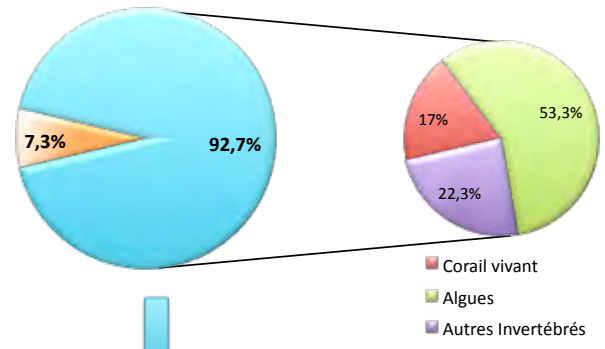
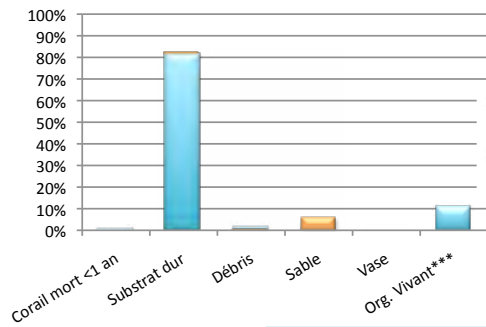
L'échantillonnage par quadrat confirme la faible **couverture macroalgue** : la **classe 0** (0 %) est majoritaire (53 % des quadrats) et la classe 1 représente 37 % des quadrats échantillonnés. Ce peuplement macroalgal est représenté par les macroalgues molles du genre *Dictyota* (42 % des quadrats). Ces macroalgues occupent exclusivement le substrat dur (substrat dominant dans 100 % des quadrats dans lesquels ont été observées des macroalgues) : elle sont donc potentiellement en compétition pour l'espace avec le peuplement corallien.

- ❖ **Une densité d'oursin relativement importante (par rapport aux autres stations DCE) de  $2,2 \pm 0,8$  individus / m<sup>2</sup>**
- ❖ **Une sédimentation modérée** mais des matières en suspension importantes le jour de l'échantillonnage (01/11/10), probablement liées aux fortes pluies des deux jours précédents (tempête Tomas)
- ❖ **Un état de santé général de 2,3 (bon).**

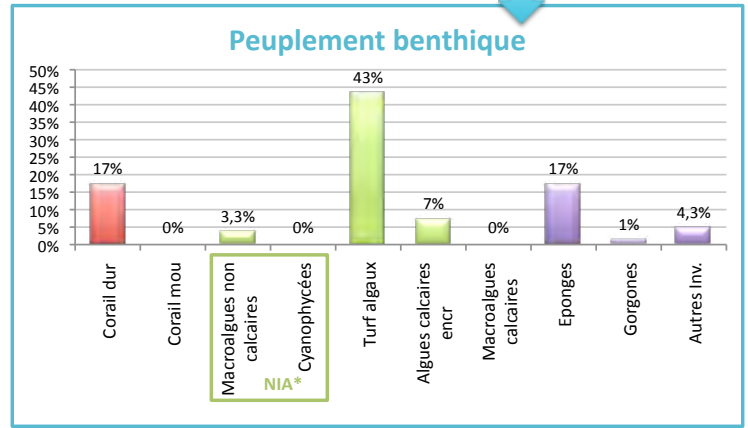
Cap Salomon

Etat de Santé : 2,3 ± 0,5

Le substrat de la station

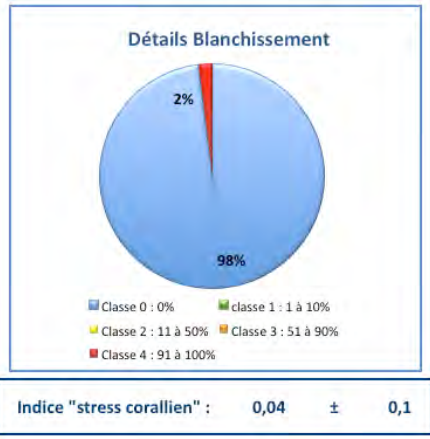


Couverture corallienne 17%

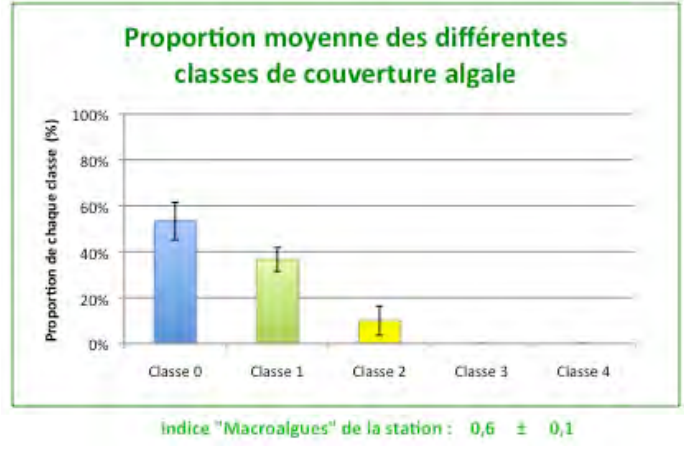


Ratio Corail:Macroalgues 5,1

\*Nutrient Indicating Algae / \*\*cad sans couverture vivante macroscopique / \*\*\*Organismes vivants sur lesquels se sont développés d'autres organismes



Indice "stress corallien" : 0,04 ± 0,1



Indice "Macroalgues" de la station : 0,6 ± 0,1



Figure 36 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Cap Salomon (Type 5)

Par rapport aux années 2007 et 2009 (Figure 37), la couverture vivante est en hausse en 2010 (78,3 %, 61,7 %, et 92,7 % en 2007, 2009 et 2010, respectivement). Ceci est lié à une hausse de près de 30 points de la proportion en turf entre 2009 et 2010. A l'inverse les macroalgues molles sont en baisse par rapport à 2009 (-13 points).

La proportion de corail vivant est relativement stable entre ces 3 années (15, 13 et 17 % en 2007, 2009 et 2010, respectivement). Le ratio « Corail / macroalgues totales » varie ainsi de 1,9 en 2007 à 0,8 en 2009 puis 5,10 en 2010. Cette baisse est *a priori* signe d'amélioration de l'état de santé de la communauté corallienne de cette station. Parallèlement, l'indice d'état de santé général de la station reste relativement stable (2 en 2007 contre 1,8 en 2009 et 2,3 en 2010).

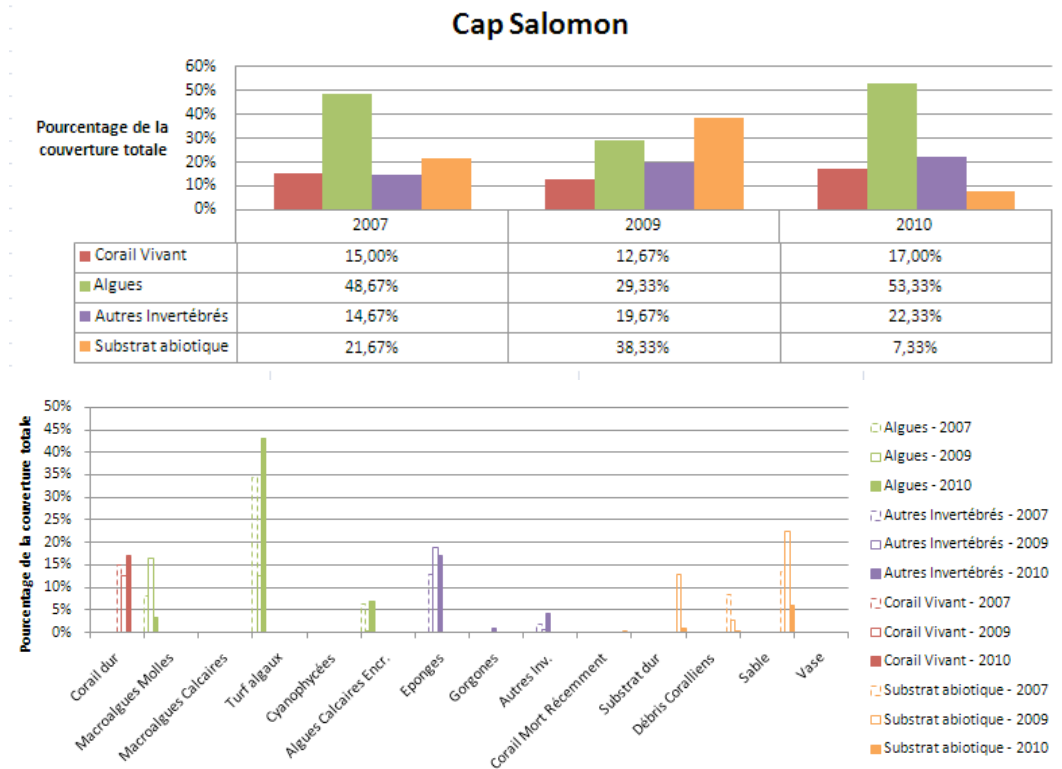


Figure 37 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Cap Salomon (Type 5) : années 2007 et 2010

## 5.6 Corps de Garde (Type 6)

Cette station « communautés coralliennes » a déjà été échantillonnée en 2007 et 2009.

Elle se caractérise en 2010 par :

- ❖ **Une couverture vivante relativement faible (67 %) composée majoritairement d'algues (36 %). Le corail vivant et les autres invertébrés benthiques représentent respectivement 23 et 8 % de la couverture totale**
- ❖ **Ainsi, au sein du peuplement benthique :**
  - Le corail vivant est uniquement composé de corail dur. Les espèces coralliennes sont diversifiées mais 43 % des colonies observées sont partiellement voire entièrement blanchies (Figure 38 et graphique « Détails blanchissement »).
  - Les autres invertébrés observés sont principalement des éponges (4,3 %) et des gorgones (2,3 %). De nombreux poissons de petites tailles et plusieurs oursins ont également été observés.
  - **Les algues sont uniquement représentées par le turf (22,3 %) et les algues calcaires encroûtantes (13,7 %). Les macroalgues molles et calcaires sont absentes des points intercepts échantillonnés** (c'est la première fois que ceci est observé durant un échantillonnage DCE). Quelques macroalgues ont cependant été observées en dehors des points d'échantillonnage. Cette absence totale de macroalgues pourrait être liée à un phénomène d'arrachement durant la tempête Tomas.

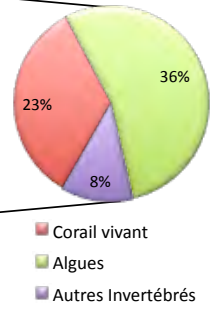
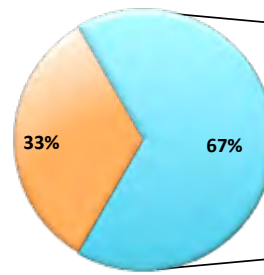
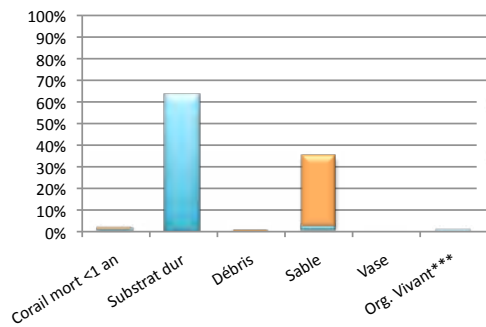
L'échantillonnage par quadrat confirme cette très faible **couverture macroalgue** : la **classe 0** (0 %) est majoritaire (98 % des quadrats). Les autres quadrats appartiennent à la classe 1 (1 à 10 % de couverture). Seul le genre *Dictyota* a été observé.

- ❖ **Un substrat nu majoritairement composé de sable** (32 % de la couverture totale), réparti entre des zones coralliennes
- ❖ **Une densité d'oursin relativement importante (par rapport aux autres stations DCE) de  $2,3 \pm 0,5$  individus / m<sup>2</sup>**
- ❖ **Une faible sédimentation**
- ❖ **Un état de santé général de 2,2 (bon)** en raison de l'absence de macroalgues. Le site est cependant soumis à un phénomène de blanchissement non négligeable.

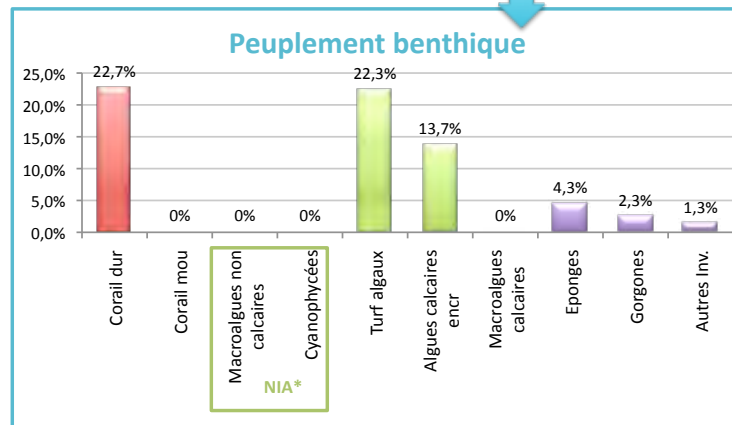
**Corps de Garde**

Etat de Santé : 2,2 ± 0,4

**Le substrat de la station**

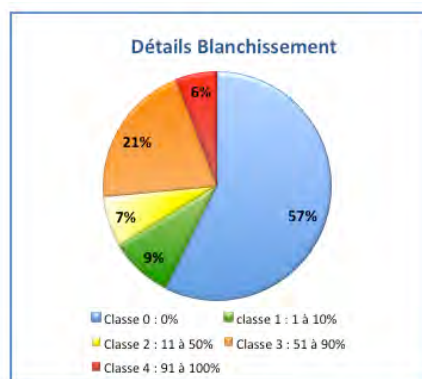


**Couverture corallienne** 23%

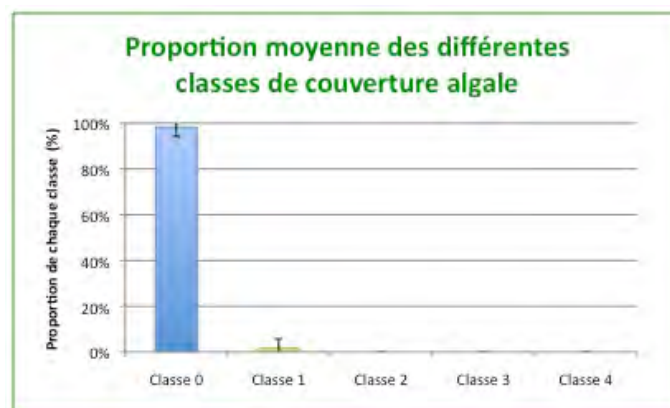


**Ratio Corail:Macroalgues** 100

\*Nutrient Indicating Algae / \*\*cad sans couverture vivante macroscopique / \*\*\*Organismes vivants sur lesquels se sont développés d'autres organismes



Indice "stress corallien" : 1,0 ± 0,9



Indice "Macroalgues" de la station : 0,0 ± 0,0



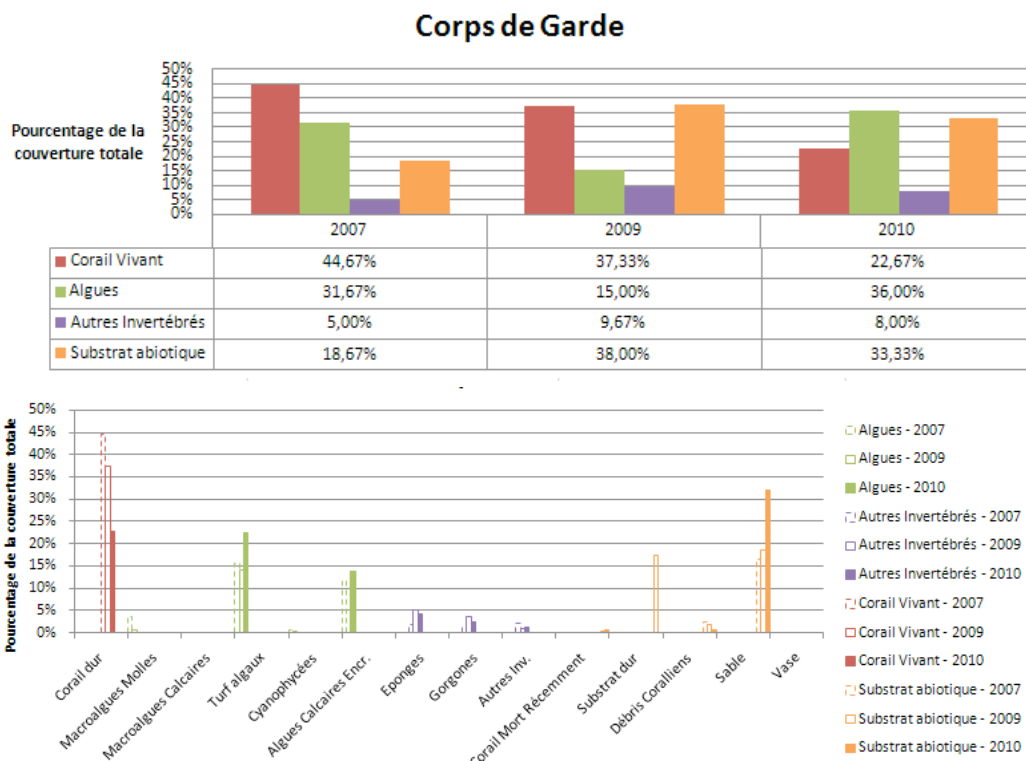
Figure 38 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Corps de Garde (Type 6)

La couverture vivante est en hausse par rapport à 2009 mais en baisse par rapport à 2007 (81,3 % en 2007 / 62 % en 2009 / 67 % en 2010 ; Figure 40). Les proportions de turf et d'algues encroûtantes sont en hausse alors que la proportion de macroalgues molles et surtout de **corail vivant diminue** (- 7 points entre 2007 et 2009, - 15 points entre 2009 et 2010). **Ce dernier point est préoccupant sur une échelle temporelle de 4 ans.**

Paradoxalement, la très faible proportion en macroalgues entraîne une augmentation du ratio « corail /macroalgues totales » au cours des années. Ce ratio passe ainsi de 12,2 en 2007 à 56 en 2009 puis 100<sup>14</sup> en 2010. Ceci donne ainsi une « impression d'amélioration de la qualité du milieu » quelque peu faussée.

L'indice d'état de santé général de la station est stable par rapport à 2009 (2 en 2007 contre 2,2 en 2009 et 2010).

*Remarques : en 2007 un seul état de santé était donné pour l'ensemble de la station alors qu'en 2009 et 2010 un état de santé est donné pour chaque transect.*



**Figure 39 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Corps de Garde (Type 6) : années 2009 et 2010**

<sup>14</sup> Valeur arbitraire donnée au ratio lorsque la couverture macroalgale est égale à zéro.

## 5.7 Rocher du Diamant (Type 7)

Cette station « communautés coralliennes », située au nord-ouest du Rocher du Diamant, a déjà été échantillonnée en 2007 et 2009.

Elle est caractérisée par :

- ❖ **Une couverture vivante (86 %) composée majoritairement d'algues (69,7 %).** Les invertébrés autres que les coraux couvrent 13,7 % du substrat alors que **les coraux ne représentent que 2,7 % de la couverture totale.**

Ainsi, au sein du peuplement benthique :

- Le corail vivant est uniquement composé de corail dur. Les colonies sont principalement de type massif (ex : *Siderastrea siderrea*) ou de type méandreux (ex : petite colonie de *Meandrina meandrites*). 25 % des colonies étaient quasi totalement blanchies (classe 4 : 91 à 100 % de la colonie est blanchie).
- Parmi les autres invertébrés, les éponges sont dominantes (12 % dont de nombreuses éponges-barrils).

Le peuplement algal est dominé par les **macroalgues molles** (29,7 %, Sargasses et *Dictyota* principalement) puis par les **macroalgues calcaires** (18,7%). Le turf et les algues calcaires encroûtantes représentent respectivement 5,7 et 14,7 % de la couverture totale du substrat.

- Les **cyanobactéries** représentent 1 % de la couverture du substrat.

L'échantillonnage par quadrat confirme l'importance de la **couverture macroalgue**: la classe 2 (11 à 50 %) est majoritaire (48 % des quadrats), mais la classe 3 représente 37 % des quadrats échantillonnés (Indice macroalgue = 2,3). Le paysage sous-marin de la station est dominé par les Sargasses mais une observation plus précise révèle que les **macroalgues calcaires** (genre *Amphiroa* et *Galaxaura*) **dominent** dans la majorité des quadrats (62%). Les *Dictyota* et les Sargasses sont les genres dominants dans, respectivement, 23 et 13 % des quadrats. Ce résultat diffère de celui obtenu avec l'échantillonnage par point-intercept (pour lequel la couverture de macroalgues calcaires < macroalgues molles). Cette différence est certainement liée au fait que :

1. Dans l'échantillonnage avec quadrat la couverture de chaque type de macroalgues n'est pas directement évaluée. Seule la couverture en macroalgue totale est estimée, puis l'espèce dominante est noté.
2. L'échantillonnage avec le point intercept, a tendance à surévaluer les plus gros organismes de type arborescent et à sous évaluer les plus petits présents sous la canopée.

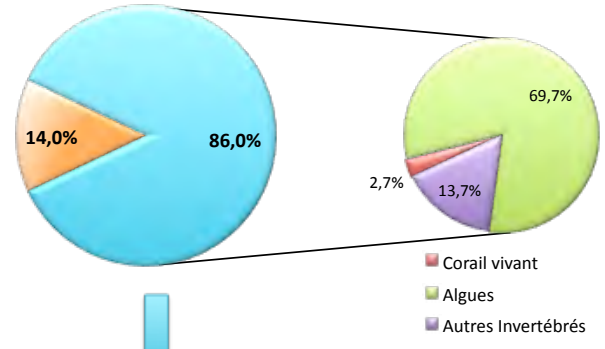
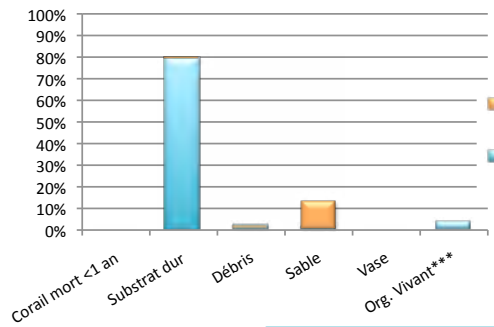
Les autres macroalgues rencontrées mais non dominantes sont : *Halimeda*, *Caulerpa racemosa*, *Valonia*, etc.

L'ensemble des macroalgues occupent le substrat dur et le sable (substrats dominants des macroalgues dans 69 % et 31 % des quadrats).

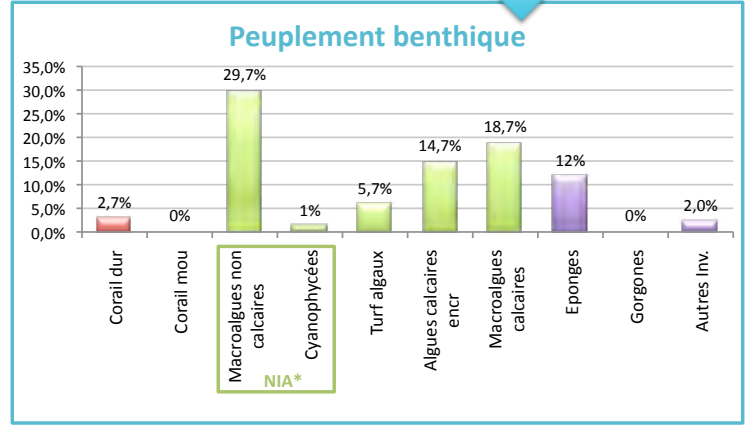
- ❖ **Une proportion de sable non colonisé non négligeable** (13 % de la couverture totale)
- ❖ **Une densité d'oursin faible de  $0,1 \pm 0,1$  individus / m<sup>2</sup>**
- ❖ **Une sédimentation faible**
- ❖ **Un état de santé général de 3 (moyen)** en raison de l'importante proportion de macroalgues, de la présence de colonies blanchies et de la présence ponctuelle de cyanobactéries (indicateur d'eutrophisation)

**Rocher du Diamant** Etat de Santé : 3,0 ± 0,0

**Le substrat de la station**

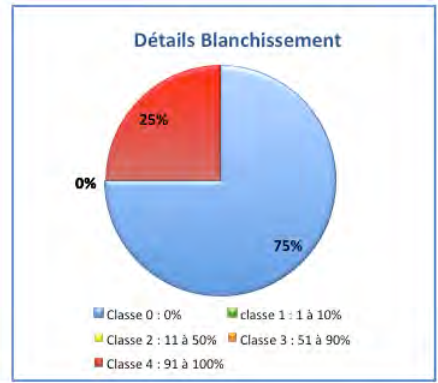


**Couverture corallienne** 3%

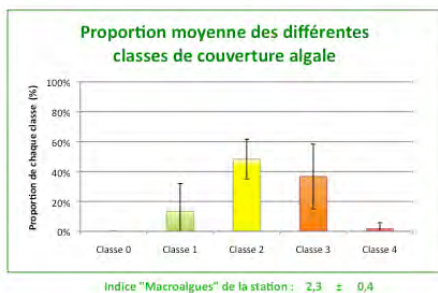


**Ratio Corail:Macroalgues** 0,1

\*Nutrient Indicating Algae / \*\*cad sans couverture vivante macroscopique / \*\*\*Organismes vivants sur lesquels se sont développés d'autres organismes



**Indice "stress corallien" : 0,5 ± 1,0**



Indice "Macroalgues" de la station: 2,3 ± 0,4



Figure 40 : Illustrations de la station « communautés coralliennes » de Rocher du Diamant (Type 7)

Depuis 2007, une tendance se dégage (Figure 39). Elle se traduit par

- Une diminution de la couverture corallienne (23 % en 2007, 5 % en 2009 et 2,67 % en 2010)
- Une augmentation de couverture algale liée à une proportion croissante de macroalgues molles (surtout entre 2007 et 2009 car en 2010 cette catégorie algale diminue de 9 point par rapport à 2009) et calcaires. En outre les algues calcaires encroûtantes, absentes en 2009, reviennent en proportion comparable à celle de 2007 (19 % en 2007 et 15 % en 2010)
- Une diminution de la proportion des autres invertébrés

Le ratio « corail : macroalgues totales » entre ces deux catégories varie ainsi de 2,46 en 2007 à 0,12 en 2009 et 0,06 en 2010.

De même, l'indice d'état de santé général de la station diminue régulièrement au cours des années (2 ≈ « bon » en 2007 contre 2,5 ≈ limite inférieure de la classe « moyen » en 2009 puis 3 = moyen en 2010).

*Remarques : en 2007 un seul état de santé avait été donné pour l'ensemble de la station alors qu'en 2009 un état de santé est donné pour chaque transect.*

Ce changement observé en particulier entre 2007 et 2009 pourrait être lié :

- A une dégradation majeure de l'écosystème ;
- Et/ou à un changement de station d'échantillonnage. En effet les coordonnées des stations benthos sont parfois relevées sur le lieu du mouillage du bateau. En 2007, l'échantillonnage a été réalisé par des opérateurs différents et les coordonnées de la station fournies correspondaient au mouillage Nord du Rocher, c'est à dire à la zone dans laquelle le peuplement macroalgal est le plus développé. Ce sont ces coordonnées qui ont été retenus en 2009 et 2010. Or, plus au Sud-Ouest, le peuplement benthique semble plus « corallien » et correspondrait mieux au faciès que décrivent les données de 2007.

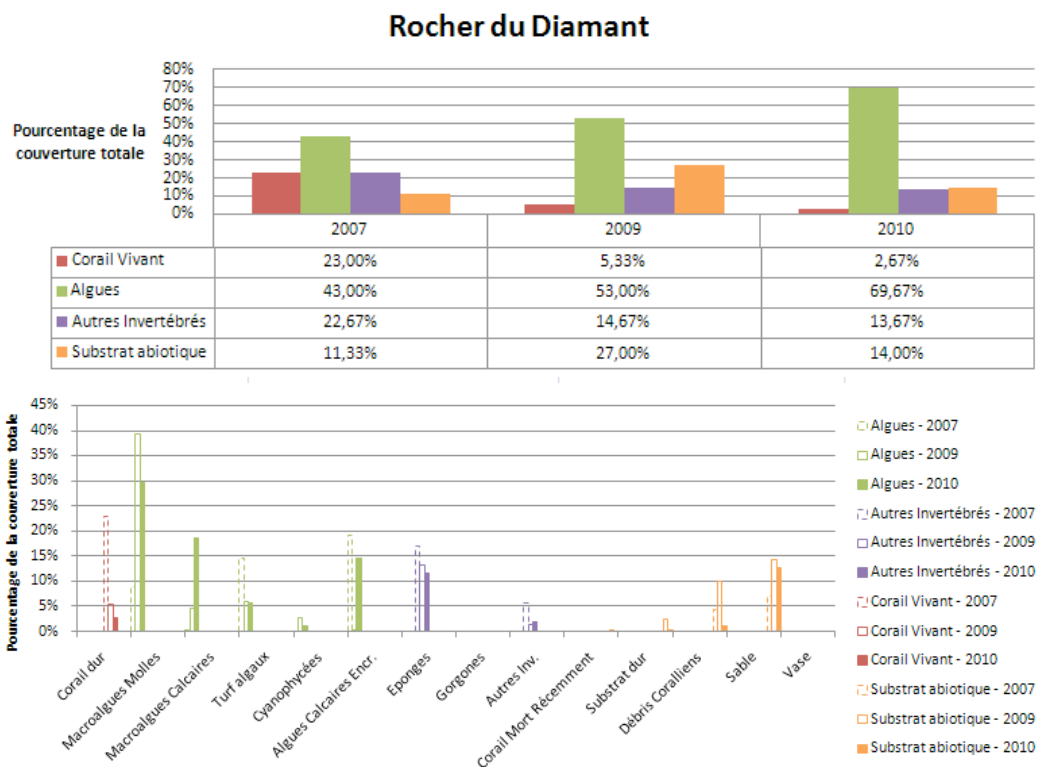


Figure 41 : Proportions des éléments de la communauté corallienne et des autres substrats de Rocher du Diamant (Type 7) : années 2009 et 2010

## 5.8 Bilan

Les résultats obtenus sur les stations « communautés coralliennes » des sites de « référence » semblent mettre en relief certaines tendances pour l'année 2010 :

- Baisse des proportions en corail dur et macroalgues molles (sauf à Loup Caravelle, Figure 42). Cette diminution de macroalgues pourrait être liée à la forte houle de la fin du mois d'octobre 2010 (Tempête Tomas). En effet, après cet événement climatique, de nombreuses algues arrachées ont pu être observées sur les plages (Ex : Plage du Diamant)
- Un blanchissement corallien quasi généralisé dans des proportions variables. Des signes de blanchissement sur des *Palythoa caribbaeorum* (Zoanthaires) et des *Erythropodium caribbaeorum* (Gorgones encroûtantes) ont également été observés.
- Une plus grande proportion d' *Erythropodium caribbaeorum* que les années précédentes

La diminution importante de la couverture corallienne dans certaines stations est préoccupante aux échelles de temps auxquelles nous travaillons. Cependant, il est difficile de juger si ces différences interannuelles sont liées à une variation effective du milieu ou à l'effet site. En effet le caractère aléatoire des transects et la variabilité intra-site peuvent entraîner des comparaisons interannuelles quelquefois difficiles (cas notamment des stations où les repères visuels sont peu évidents).

→ Ainsi, la mise en place de transects pérennes apparaît prioritaire lors des prochaines campagnes afin de s'assurer de la reproductibilité de l'échantillonnage d'une année sur l'autre et ainsi de la fiabilité des données.

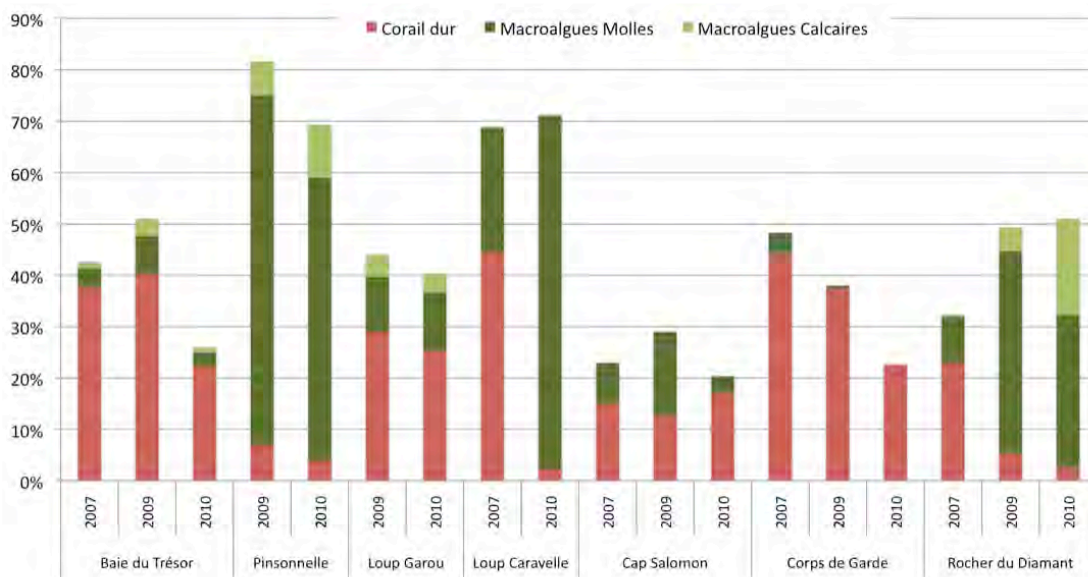


Figure 42 : Comparaison interannuelle de la couverture corallienne et macroalgale dans les sites de référence

## 6 Élément de qualité biologique : herbier (MEC)

Les stations « herbier » des sites de référence ont été échantillonnées pour la première fois durant la campagne 2009. Ces herbiers ont été sélectionnés à partir de la cartographie des biocénoses de Martinique (Legrand 2009) et grâce à un travail de prospection sur le terrain. Ils ont été choisis de manière à (i) répondre au mieux aux exigences de la « référence » et (ii) être le plus proches possible de la station « communautés coralliennes ». Pour les sites de Loup Garou, Loup Caravelle et Rocher du Diamant, aucun herbier à *Thalassia* n'a pu être identifié dans la masse d'eau concernée.

Les résultats de l'échantillonnage des stations « référence » herbier sont synthétisés dans la Figure 43 et le Tableau 16. Chaque station présente un herbier aux caractéristiques particulières.

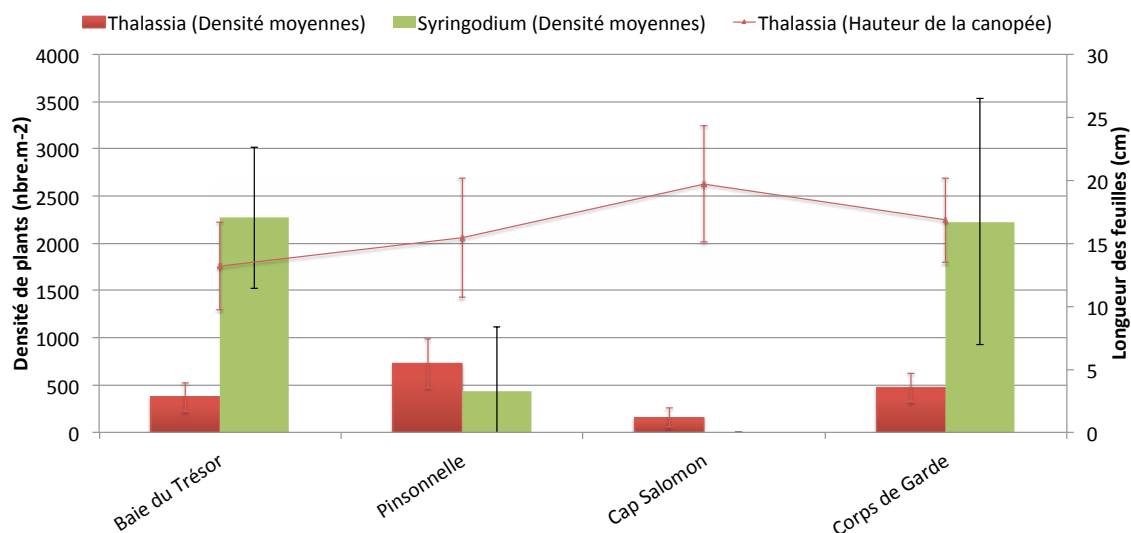


Figure 43 : Paramètres densité et hauteur de la canopée mesurés dans les stations herbiers des sites de référence

Tableau 16 : Paramètres état de santé, composition et macroalgues relevés dans les stations herbiers des sites de référence

Type de masses d'eau	Site de Référence	Indice d'état de santé Général	Herbier <i>Thalassia testudinum</i> pur	Limite inférieure (en m) et type de limite	Indice macroalgue	Espèce(s) macroalgale(s) dominante(s) majoritaires	Autre(s) espèces observées
1	Baie du Trésor	3	Non	2 Progressive	0,1 ± 0,3	<i>Dictyota sp.</i>	<i>Ventricaria ventricosa</i>
2	Pinsonnelle	3	Patchs de <i>Thalassia</i> pur	2 ± franche	1,4 ± 0,5	<i>Dictyota sp.</i>	<i>Algues filamenteuses</i>
3	Loup Garou	Pas d'herbier référence dans ce site					
4	Loup Caravelle	Pas d'herbier référence dans ce site					
5	Cap Salomon	3	Non	ND Herbier étendu en patch	0,1 ± 0,3	<i>Halimeda sp.</i> <i>Udotea sp.</i>	-
6	Corps de Garde	2	Non	ND	0,7 ± 0,5	<i>Penicillus sp.</i>	<i>Halimeda sp.</i> <i>Dictyota sp.</i> <i>Udotea sp.</i>
7	Rocher du Diamant	Pas d'herbier référence dans ce site					

## 6.1 Baie du Trésor (Type 1)

- ❖ **La station « herbier » de la Baie du Trésor, située au nord de la Caye centrale (à environ 300 m de la station « communautés coralliennes ») à 1,5 - 2 m de profondeur, se caractérise par un herbier étendu en patchs de plants plus ou moins denses, parsemé de petites cayes coralliennes.** En moyenne en 2010, la densité des plants de *Thalassia testudinum* est de **375 plants m<sup>-2</sup>** et celle des *Syringodium filiforme* est de **2270 plants m<sup>-2</sup>**. Ces densités sont plus importantes que celles estimées en 2009 (360 et 1470 plants m<sup>-2</sup>, respectivement pour les deux espèces). La hauteur moyenne de la canopée est de **13,19 cm** soit légèrement plus haute qu'en 2009 (augmentation de 1,3 cm).
- ❖ **La couverture macroalgale est très faible** : la classe 0 est largement majoritaire (93,3% des quadrats échantillonnés) et l'**indice macroalgal est égal à 0,1** (contre 0,5 en 2009). Les macroalgues, quasi absentes de l'herbier, se concentrent sur les nombreuses petites Cayes coralliennes (*Dictyota*, *Caulerpa racemosa*, Sargasses : zones non échantillonnées)
- ❖ Le substrat est constitué de **sable fin corallien** et la **sédimentation est modérée mais récente**.
- ❖ **L'état de santé général est de 3 (moyen)**, en raison de la présence de *Syringodium filiforme* et de signes de sédimentation.
- ❖ **Les autres principales caractéristiques de cet herbier sont :**
  - Eau relativement turbide le jour de l'échantillonnage (visibilité inférieure à 10 m) ;
  - Herbier très brouté et peu épiphyté ;
  - Présence d'espèces variées de poissons (casier à proximité malgré le cantonnement), d'oursins variables, de limaces frisées ;
  - Présence d'éponges corde et coraux (notamment coraux cerveau souvent blanchis).

## 6.2 Pinsonnelle (Type 2)

La station « herbier » de Pinsonnelle se situe à environ 2 milles au sud-ouest de la station « communautés coralliennes » (aucun herbier « référence » n'a pu être identifié plus près de cette station). Cette station, proche de la côte est à une profondeur moyenne de **2 m**. Contrairement à 2009, cet herbier n'est plus exclusivement constitué de *Thalassia testudinum*. **Cet écosystème semble peu à peu se modifier en herbier mixte.**

- ❖ En moyenne, la densité des plants de *Thalassia testudinum* est plus importante que celle des *Syringodium filiforme* (730 et 440 plants/m<sup>2</sup>, respectivement)
- ❖ **La densité de *Thalassia testudinum* est plus importante en 2010 (730 plants m<sup>-2</sup>) qu'en 2009 (< 500 plants m<sup>-2</sup>)**
- ❖ La **hauteur de la canopée** est de **15,4 cm** soit une hauteur équivalente à celle de 2009.
- ❖ **La couverture macroalgale est modérée et légèrement plus importante qu'en 2009 : la classe 1 (1 à 10 %) est majoritaire** (63,3 % des quadrats). La classe 2 (11 à 50%) représente 36,7 % des quadrats (**indice macroalgal = 1,4**). Ce peuplement macroalgal est dominé par les macroalgues molles représentées majoritairement par le genre *Dictyota* (**dominant dans 96,7 % des quadrats**). En outre, des algues filamenteuses (signes d'eutrophisation) ont été ponctuellement observées.
- ❖ Le substrat est constitué de **sable corallien fin à moyen et de vase**
- ❖ La **sédimentation est importante et plus ou moins ancienne**.
- ❖ **Un état de santé général de 3 (moyen)** en raison de la sédimentation importante.
- ❖ **Les autres principales caractéristiques de cet herbier sont :**
  - Herbier modérément brouté et faiblement épiphyté ;
  - Peu de poissons ;
  - De nombreux oursins et holothuries



Figure 44 : Illustrations de la station « herbier » de Baie du Trésor (Type 1)



Figure 45 : Illustrations de la station « herbier » de Pinsonnelle (Type 2)

### 6.3 Cap Salomon (Type 5)

Grande Anse est un lieu très fréquenté par les plaisanciers où très peu de mouillage pérenne existe. Le benthos subit donc l'impact des ancrages répétés. Situé au nord de Grande Anse, l'herbier échantillonné est situé dans une zone moins fréquentée par les bateaux (qui vont de préférence au sud de l'anse, plus abritée).

Cette station est localisée à moins d'un mille de la station « communautés coralliennes » et a une profondeur moyenne de **6 m**. Elle se caractérise par un **herbier étendu** constitué d'un **continuum parallèle à la côte de patchs d'herbier « pur » (sans *Syringodium* mais souvent avec *Halophila*) et d'herbier mixte plus ou moins clairsemé.**

Ces changements de type d'herbiers sur une échelle spatiale aussi réduite pourraient être liés à des résurgences d'eau douce localisées qui pourraient représenter une source de nutriments exogènes et /ou à l'impact d'anciens ancrages ou cyclones (à confirmer).

- ❖ En moyenne, la densité des plants de *Thalassia testudinum* est de **155 plants m<sup>-2</sup>**. L'herbier est donc peu dense par rapport aux autres stations de « référence ». L'espèce de phanérogame dominante est en fait *Halophila stipulacea* (espèce à confirmer). Cette espèce, non échantillonnée dans le cadre de ce protocole, est invasive dans la région caraïbe (West Indies, Willette & Ambrose 2009).
- ❖ La **hauteur moyenne de la canopée** est de **19,7 cm** (identique à 2009, la plus élevée des stations de « référence »).
- ❖ **La couverture macroalgale est faible** : la classe 1 (1 à 10 %) ne représente que 6,7 % des quadrats, la **classe 0 représentant le reste, soit 93,3 % (indice macroalgal = 0,1)**. Ce peuplement macroalgal est majoritairement composé de pieds de *Penicillus* isolés et ponctuels.
- ❖ Le substrat est constitué de **sable fin à moyen**.
- ❖ La **sédimentation** est **modérée** et plus ou moins ancienne selon les secteurs. La sédimentation récente pourrait être liée à la tempête Tomas qui a eu lieu quelques jours avant l'échantillonnage.
- ❖ **L'état de santé général est de 3 (moyen)** en raison du niveau de sédimentation, de sa faible densité et de la présence d'*H stipulacea*.
- ❖ **Les autres principales caractéristiques de cet herbier sont :**
  - Herbier peu brouté et modérément épiphyté ;
  - Nombreux poissons juvéniles ;
  - Tout comme en 2009, c'est la station dans laquelle la plus grande diversité (estimation visuelle) de macrobenthos vagile a été observée (nombreux gastéropodes – Famille Cerithiidae - sur les feuilles de *Thalassia*, oursins, lièvre de mer, Etoile de mer, holothuries, langoustes, squille verte, anémones, etc.).

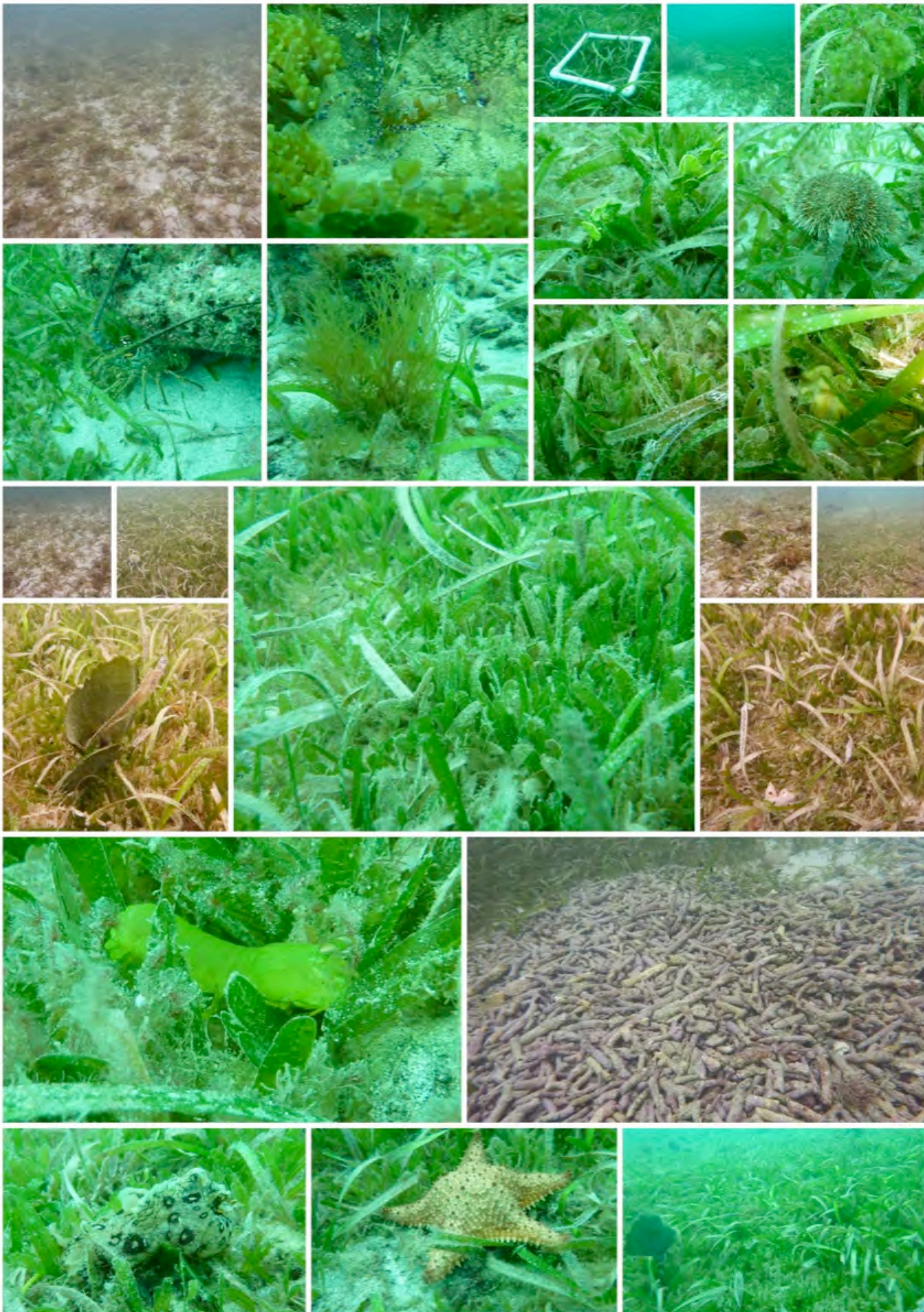


Figure 46 : Illustrations de la station « herbier » de Cap Salomon (Type 5)

## 6.4 Corps de Garde (Type 6)

L'herbier « référence » de Corps de Garde, située à l'ouest de Sainte-Luce (à moins de 0,5 milles de la station « communautés coralliennes »), est à proximité de la côte (l'herbier commence à environ 20 m du bord). Cette station se situe à environ **3-3,5 m** de profondeur et se caractérise par une zone d'**herbier en longueur parallèle à la côte** (plusieurs centaines de mètres de large). Cet **herbier est mixte**.

- ❖ En moyenne, la densité des plants de *Thalassia testudinum* est de **475 plants m<sup>-2</sup>** et celle des *Syringodium filiforme* est de **2230 plants m<sup>-2</sup>** ce qui en fait l'herbier « référence » le plus dense. Ces densités sont légèrement supérieures à celles observées en 2009 (338 et 2175 plants m<sup>-2</sup> respectivement pour les deux espèces). Tout comme en 2009, la **hauteur moyenne de la canopée en 2010 est de 16,8 cm**.
- ❖ **La couverture macroalgale est faible** : la classe 0 et la **classe 1** (1 à 10 %) représentent respectivement 33,3 et 66,7 % des quadrats échantillonnés, avec un **indice macroalgal de 0,7** en hausse par rapport à 2009 (0,2 ± 0,2). Cette augmentation de l'indice macroalgal est due à une augmentation de la classe 1 liée à la présence/dominance du genre *Penicillus* dans plus de 50 % des quadrats (seule macroalgue présente dans la plupart des cas sous la forme de 1 ou 2 pieds). En outre, le genre *Dictyota* ne domine que dans 6,7 % des quadrats en 2010 alors qu'elle était dominante dans plus de 40 % des quadrats l'année dernière. Ainsi, malgré un indice macroalgal en hausse en 2010, la biomasse macroalgale réelle semble moins importante qu'en 2009 et composée d'espèces moins « envahissantes ».
- ❖ Le substrat est constitué de **sable fin** et la **sédimentation est faible**.
- ❖ **Un état de santé général de 2 (bon)** en raison de la présence de *Syringodium filiforme*.
- ❖ **Les autres principales caractéristiques de cet herbier sont :**
  - Herbier très brouté et peu épiphyté ;
  - Peu de poissons et quelques oursins (blancs et verts) ;
  - Quelques coraux ;
  - Nombreux éponges et tuniciers.



Figure 47 : Illustrations de la station « herbier » de Corps de Garde (Type 6)

## 7 Élément de qualité biologique : macrofaune endogée (MET)

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. Éloignée des sources de pollution, elle pourrait cependant être sous l'influence des eaux chargées (diluées) de la rivière du Galion.

L'échantillonnage de l'endofaune et des paramètres complémentaires des sites de suivi DCE des MET s'est déroulé du 19 au 21 octobre 2010. La météorologie des 3 jours précédents a été marquée par des précipitations fortes à modérées, une houle et un vent d'est-nord-est faibles à quasi nuls. Le site de la Baie des requins est très enclavé et donc très protégé de la houle et du vent. Il ne semble pas avoir subi de remaniement sédimentaire les jours précédents l'échantillonnage.

L'ensemble des réplicats a été réalisé à l'est de la Baie, parallèlement à la Pointe Melon.

L'ensemble des analyses faunistiques a été effectué par Lionel Bigot (Equilibre/ECOMAR, spécialiste de l'Endofaune). Ces résultats pour la station référence et les stations surveillance ont fait l'objet d'un **rapport annexe (Bigot & Amouroux 2011) d'où ont été extraits les résultats et analyses présentés ci-après.**

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.

L'analyse ci-après concerne principalement la station endofaune de la Baie des Requins. Les graphiques reprennent également les résultats des stations surveillance (analyse détaillée dans le Rapport Surveillance du présent marché) afin d'avoir une vision d'ensemble de ces résultats et ainsi de pouvoir à terme justifier du caractère « référence » de la station de la Baie des Requins et de la validité de l'utilisation des indices AMBI et M-AMBI.

### 7.1 Structure des communautés des stations DCE en 2010

L'étude du milieu marin comprend les communautés macro-benthiques et leur milieu de vie (sédiment). L'analyse effectuée en 2010 sur les 4 stations d'échantillonnage (avec 3 réplicats / stations) a permis de recenser **38 espèces et 304 individus** (contre 61 espèces et 522 individus en 2009), tous taxons confondus.

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

« Baie des Requins » confirme son statut particulier de station de référence en terme de richesse spécifique (24 espèces), bien que la densité des communautés soit inférieure à celle des autres stations type « Mangrove »<sup>15</sup> (213 ind.m<sup>-2</sup>) et que la biomasse reste assez élevée (7 g.m<sup>-2</sup>, Figure 48). La chute de la densité faunistique observée en 2010 est assez surprenante pour cette station de référence (Bigot & Amouroux 2010) et aucun élément (pas de modification particulière du milieu constatée, pas de problème d'échantillonnage observé) ne semble expliquer ce phénomène. La richesse spécifique de cette station demeurant assez élevée, cette station peut toujours être considérée comme zone de « référence ».

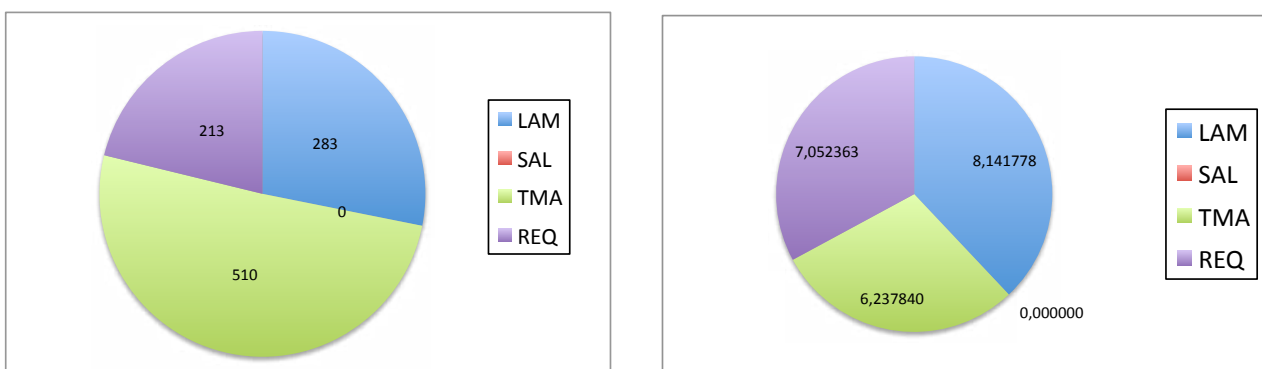


Figure 48 : Répartition de l'abondance globale (Ind.m<sup>-2</sup>, à gauche) et biomasses (g.m<sup>-2</sup>, à droite) de la macrofaune benthique

<sup>15</sup> Rappel : A l'inverse des autres stations, Etang des Salines est de type « lagune côtière »

### Analyse taxonomique

L'analyse taxonomique par station (Figure 49) confirme la forte représentation des bivalves et des annélides sur la grande majorité des stations. La station de la Baie des Requins est également caractérisée par une densité importante de crustacés. Les autres taxons sont globalement toujours représentés sur les stations bien que leur abondance soit nettement moindre. Ils contribuent cependant à la diversité globale de ces habitats.

Les polychètes sont dominés par des familles caractéristiques telles que des Eunicidae (*Lumbrineris emandibulata*), et des Terebellidae très bien représentés sur Trou Manuel (*Polycirrus sp.*).

Sur la majorité des stations, les mollusques bivalves sont bien représentés. Les principales espèces rencontrées sont des Corbulidae (*Corbula cf. dietziana*, *C. carribea*), des Nuculidae (*Nucullana verilliana*) et des Veneridae (*Cyclinella tenuis*).

Enfin, les crustacés constituent toujours un groupe taxonomique important en terme de biomasse sur les stations, les principales espèces rencontrées étant des crevettes Alpheidae (*Alpheus bouvieri*, *Athanas sp.*) et des Palaemonidae (*Palaemonella atlantica*).

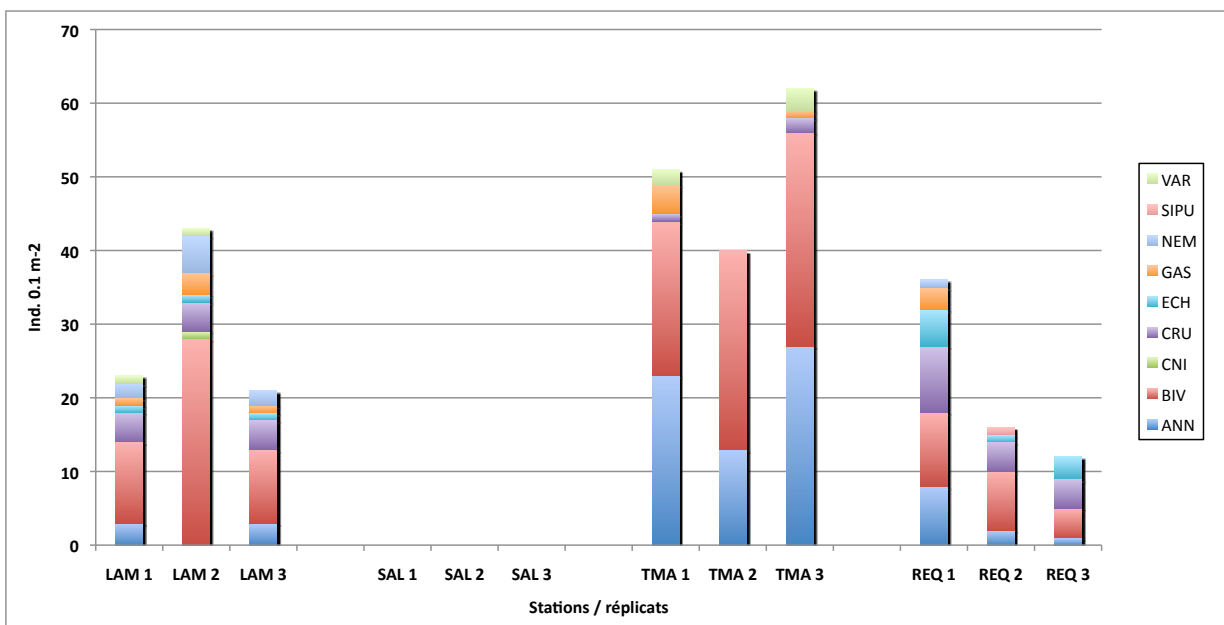


Figure 49 : Répartition taxonomique de la macrofaune sur les 3 réplicats des 4 stations en 2010 (en nombre d'individus, VAR : varia ; PLA : Plathelminthes, OPI : Opisthobranches ; SIPU : Sipunculidae ; NEM : Némertiens ; SCA : Scaphopodes ; GAS : Gastéropodes ; ECH : Echinodermes ; CRU : Crustacés ; CNI : Cnidaires ; BIV : Bivalves ; ANN : Annélides)

## 7.2 Comparaison de la structure des communautés 2008 – 2009 et 2010

L'analyse comparative effectuée en 2010 (Figure 50) montre globalement que la structure des communautés (en terme de représentativité des différents groupes) est assez homogène d'une année à l'autre à l'exception des Salines.

Cependant, les **communautés macrofaunistiques de Baie des Requins** sont, en termes de densité, en nette régression depuis 2009. Les espèces observées restent globalement les mêmes que l'année précédente.

Du point de vue de la diversité, l'analyse comparative montre une évolution de la situation de Baie des Requins au cours des 3 dernières années, bien que cette tendance reste à confirmer (Tableau 17). Cette dernière année est marquée par diminution progressive de la biodiversité ( $H' = 4,07$  en 2010) même si celle-ci est encore élevée et ne traduit pas de déséquilibre particulier dans le contexte de cette station. Cette diminution de diversité est surtout liée à la régression des communautés de polychètes et de bivalves qui étaient précédemment mieux représentés sur cette station (Figure 50). La situation environnementale de cette station de référence reste à surveiller (cause non définie ?) car la diminution d'abondance des communautés est incontestable.

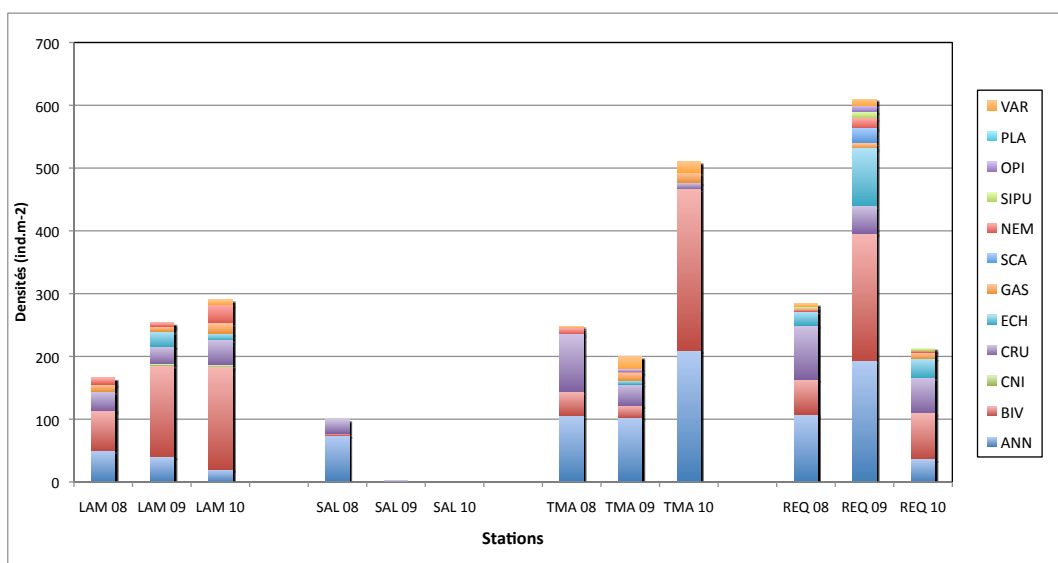


Figure 50 : Comparaison de la répartition taxonomique de la macrofaune sur les 4 stations entre 2008 et 2010 (VAR : varia ; PLA : Plathelminthes, OPI : Opisthobranches ; SIPU : Sipunculidae ; NEM : Némertiens ; SCA : Scaphopodes ; GAS : Gastéropodes ; ECH : Echinodermes ; CRU : Crustacés ; CNI : Cnidaires ; BIV : Bivalves ; ANN : Annélides)

Tableau 17 : Paramètres biocénologiques des stations étudiées (S : richesse spécifique ; N : abondance en nbre ind.m<sup>-2</sup> ; J : indice d'équitabilité de Piélou ; H' : diversité de Shannon Weaver) correspondant à des surfaces échantillonnées de 0,5 m<sup>2</sup> en 2008-2009 (n=5) et de 0,3 m<sup>2</sup> en 2010 (n=3)

	Année	S	N	J'	H' (loge)
Baie des Requins	2008	43	140	0,90	4,19
	2009	35	298	0,77	4,63
	2010	24	214	0,88	4,07
Cohé du Lamentin	2008	21	83	0,82	3,61
	2009	22	127	0,86	3,86
	2010	21	290	0,82	3,57
Trou Manuel	2008	21	124	0,85	3,65
	2009	22	96	0,84	3,79
	2010	15	510	0,66	2,54
Les Salines	2008	7	50	0,69	1,94
	2009	1	1	-	0
	2010	-	-	-	-

L'analyse du milieu sédimentaire au cours des 3 dernières années confirme la relative stabilité du milieu benthique en termes de composition sédimentaire (Tableau 18). Cependant, un accroissement du taux de carbone organique et de fractions fines a été noté dans la Baie des Requins (respectivement pour 2009 et 2010 ; C org = 4,97 et 5,35 %, fraction fines = 61,7 % et 76,4%).

**Tableau 18 : Composantes du milieu sédimentaire (C.org moyen et particules fines en %) en 2008, 2009 (n=5) et en 2010 (n=3)**

	Année	Carbone organique (%)	Fractions fines < 63 µm (%)
Baie des Requins	2008	4,23	56,58
	2009	4,97	61,7
	2010	5,35	76,4
Cohé du Lamentin	2008	4,44	58,56
	2009	3,94	79,8
	2010	4,81	80,5
Trou Manuel	2008	3,46	59,18
	2009	5,638	68,42
	2010	5,036	69,96
Les Salines	2008	0,95	34,58
	2009	1	59,3
	2010	1,29	70,1

### 7.3 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 de suivi en 2008, 2009 et 2010, en excluant volontairement la station « les Salines » qui présente des caractéristiques différentes des autres stations de suivi MET (Figure 44). Les principaux résultats sont les suivants :

- ❖ Les communautés benthiques des 3 stations se caractérisent par des « signatures » faunistiques différentes, et présentent des fluctuations temporelles au cours des 3 dernières années ;
- ❖ L'existence de spécificités dans la structure spatiale des communautés entre les stations est confirmée d'un point de vue statistique (ANOSIM à 2 facteurs) ( $R = 0,709$  ;  $p < 0,1$ ). En outre, il existe une différence significative entre les années ( $R = 0,495$  ;  $p < 0,1$ ) ;
- ❖ Bien qu'ayant la même structure de communauté, la station « **Baie des Requins** » est caractérisée par une certaine variabilité inter-annuelle de ses peuplements. Il demeure cependant important de continuer à suivre cette zone identifiée comme « référence » dans le contexte du suivi DCE car les valeurs de diversité mesurées sont élevées pour la Martinique.

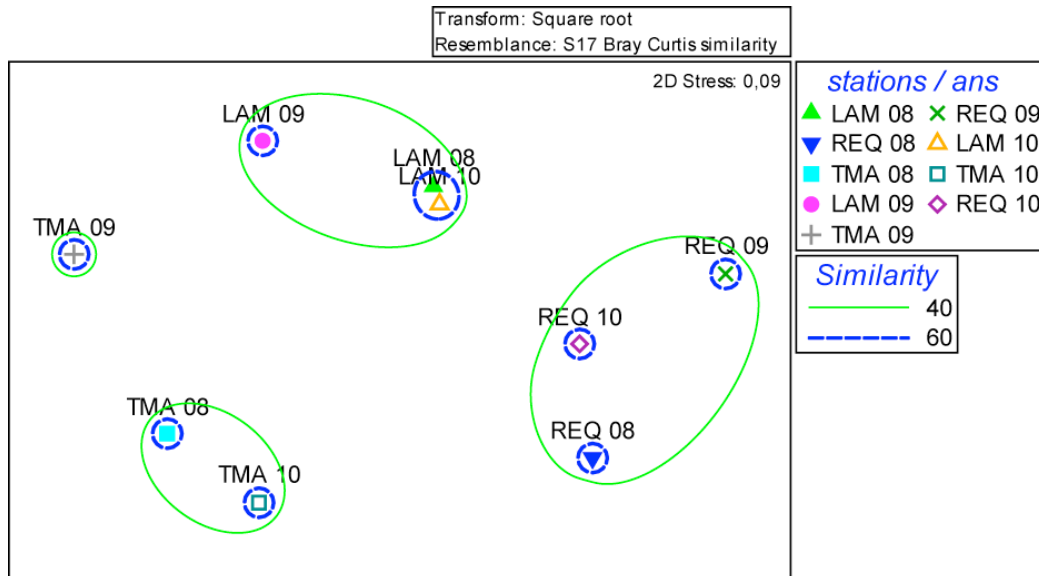


Figure 51 : Analyse multidimensionnelle (nMDS) et Classification hiérarchique (CAH) sur les communautés benthiques des 3 stations de suivi DCE en 2008 -2010

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

Le calcul de l'indice biotique AMBI a été testé pour la première fois en Martinique sur le jeu de données acquis en 2008 puis de nouveau en 2009 (Bigot & Amouroux 2009, 2010). Il a été adapté au contexte local sur la base de la liste faunistique disponible pour l'Amérique du Sud pour l'assignation des espèces tropicales à des groupes fonctionnels (Site AZTI : Borja & Azti - Tecnalia's Team 2010 ; Muniz *et al.* 2005) et sur l'expérience personnelle des auteurs.

### 7.4.1 Calcul des indices biotiques 2010

L'analyse des indices AMBI et M-AMBI calculés sur les données 2010 met en évidence plusieurs points :

- La situation environnementale particulière des « Salines » et l'état de perturbation avancé de cet environnement lagunaire se confirment en 2010. Cet état serait notamment lié à l'instabilité chronique des environnements lagunaires qui abritent des communautés très spécifiques. Le calcul des indices AMBI et M-AMBI n'est pas adapté à ce type d'environnement comme cela a été mentionné par de nombreux auteurs.
- En termes de groupes fonctionnels, les 2 stations Cohé du Lamentin et Trou Manuel présentent toujours une forte proportion d'espèces appartenant au groupe I (espèces très sensibles aux perturbations) et II (espèces moyennement sensibles).
- La station Baie des Requins établie comme une zone de référence pour la Martinique (Bigot & Amouroux 2010) présente en sus des espèces composant le groupe I, des espèces appartenant au groupe II, ainsi qu'une proportion non négligeable d'espèces se référant au groupe III (espèces tolérantes aux enrichissements en matière organique) et IV (réplicats 1 et 2). Ceci explique la valeur de 1,530 de l'AMBI en 2010 sur cette dernière station (Figure 53).

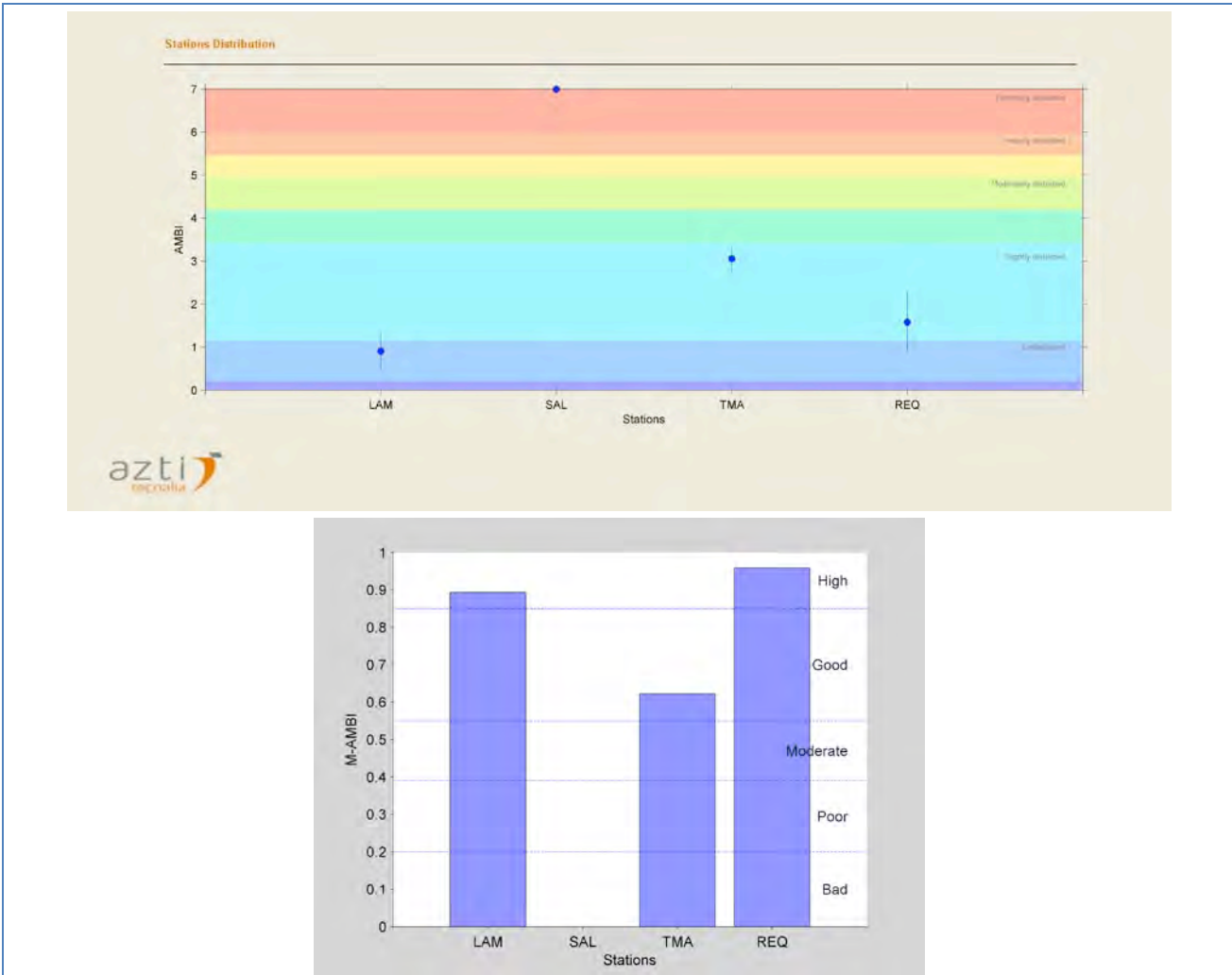


Figure 52 : Calculs des indices AMBI et M-AMBI effectués en 2010 sur les stations DCE des MET

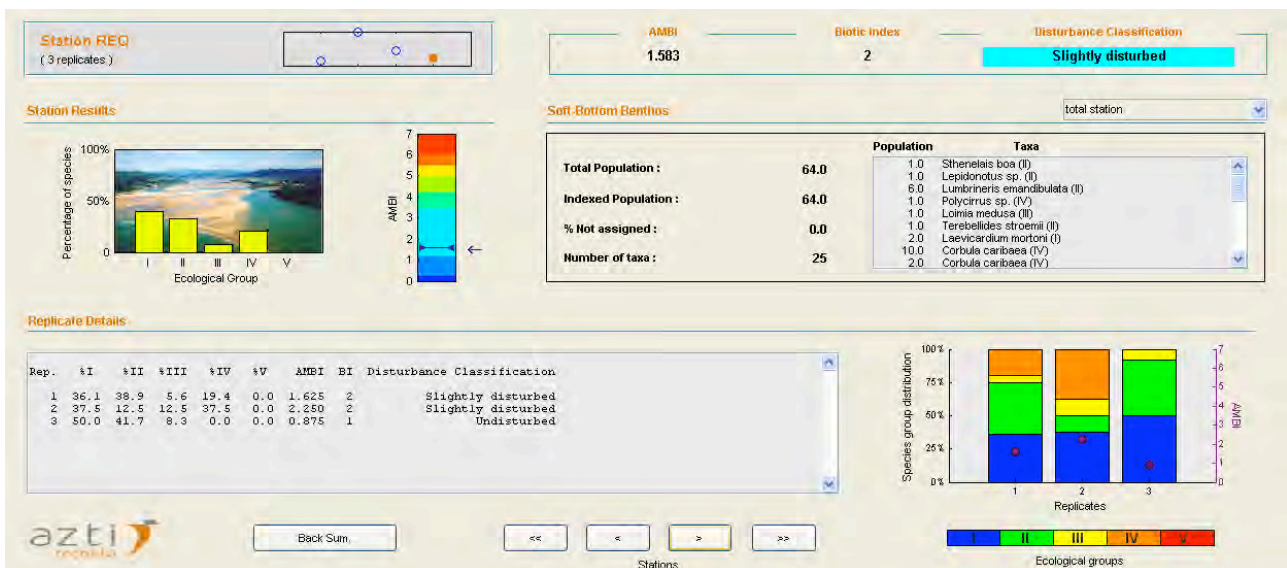


Figure 53 : Exemple de calcul de l'indice AMBI sur la station de référence «Baie des Requins 2010»

### 7.4.2 Evolution des indices biotiques au cours des 3 dernières années

Les indices AMBI et M-AMBI ont été recalculés pour 2008, 2009, et 2010 avec la dernière version du logiciel AZTI (v4), à partir des bornes proposées pour les différents statuts écologiques par Borja *et al.* (2007).

Les principaux éléments qui se dégagent de cette analyse sont les suivants (Figure 54) :

- La station de la Baie du Lamentin se caractérise par une grande stabilité de ses communautés au cours des 3 ans (état bon) et correspond à un schéma environnemental relativement peu perturbé du point de vue du paramètre « macrofaune ». Ceci est corroboré par les analyses du milieu sédimentaire (Tableau 18) qui confirment cette stabilité dans le temps,
- Les stations de Trou Manuel (TMA) et de la Baie des Requins (REQ) sont marquées par une nette diminution de l'état de santé des communautés en 2010 (AMBI augmente et M-AMBI diminue) qui se manifeste également par une chute assez importante de la biomasse sans pour autant perdre de la richesse spécifique. La chute de M-AMBI est comparable sur ces 2 stations et pourrait être liée à un phénomène plus général de grande envergure qui reste à confirmer.
- On note une nette augmentation du nombre et de l'abondance des espèces du groupe IV sur Trou Manuel et sur la Baie des Requins (Figure 55). Ce phénomène, bien qu'encore peu important, reste à surveiller au cours des suivis ultérieurs.

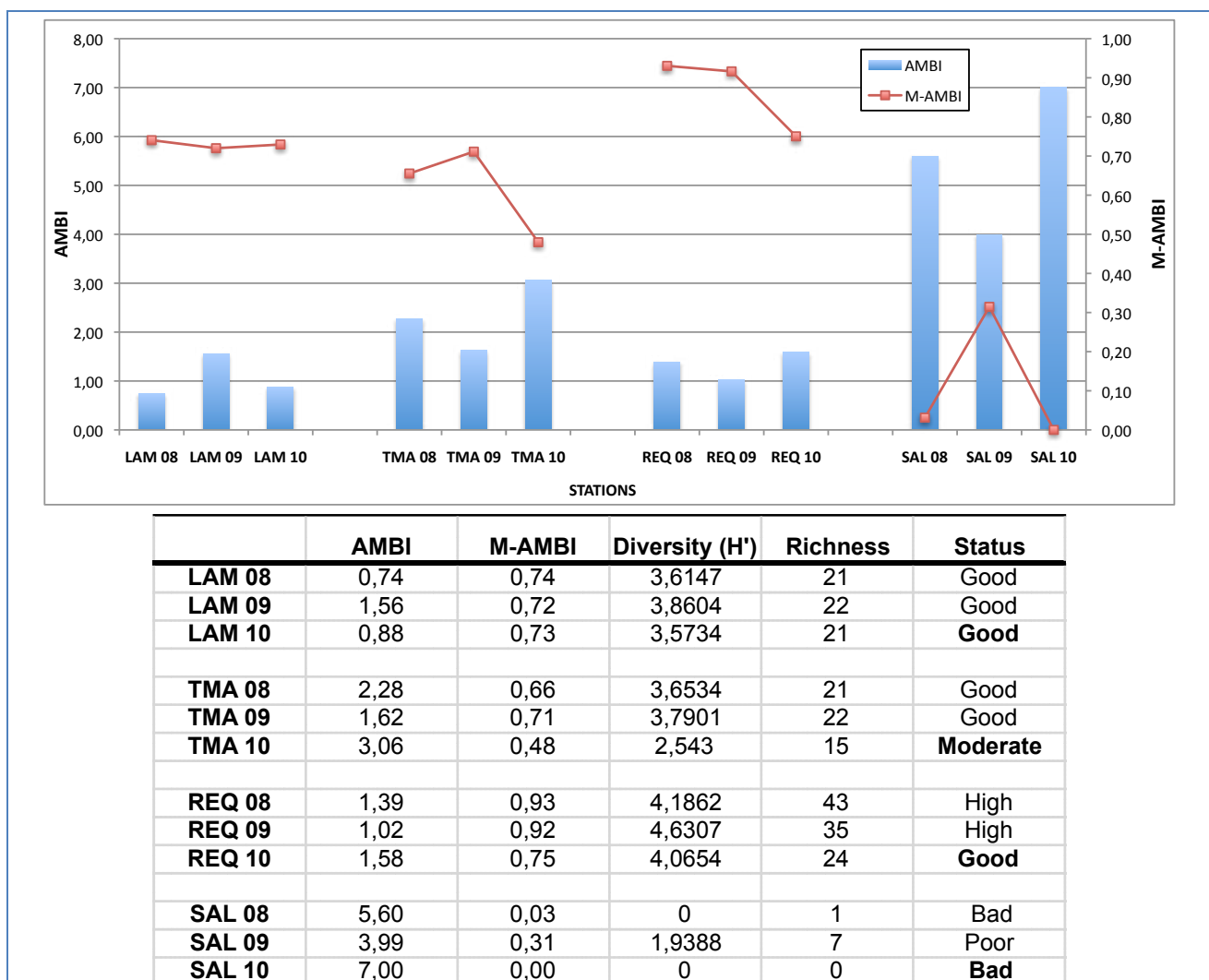


Figure 54 : Evolution des indices AMBI, M-AMBI (en haut), de la diversité (H') et de la richesse spécifique (en bas) au cours des 3 dernières années

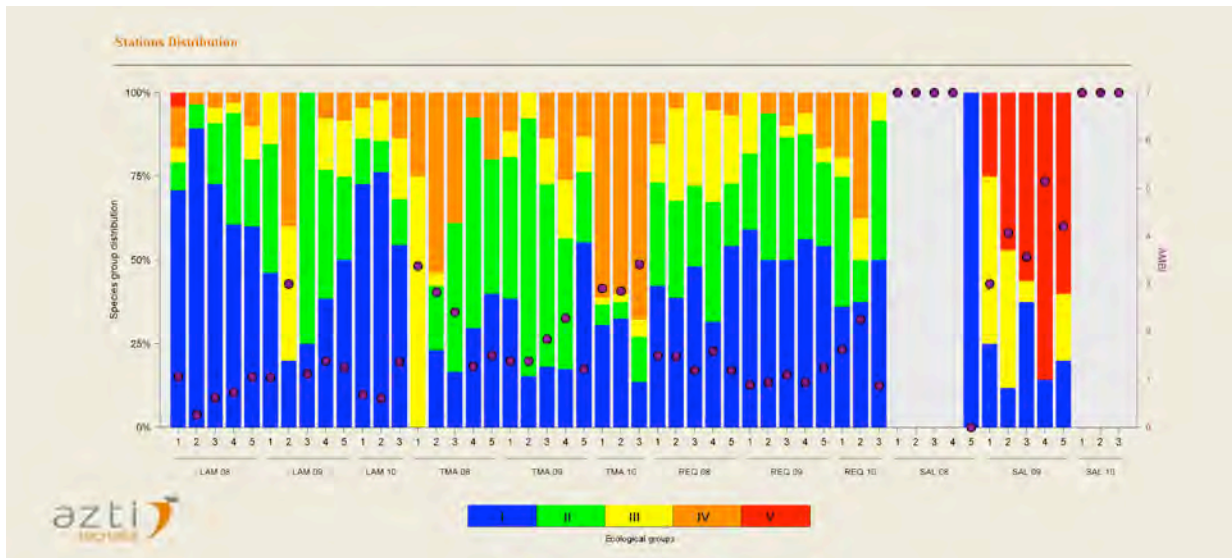


Figure 55 : Evolution des indices et des groupes trophiques (de I à V) sur les différentes stations DCE

### 7.4.3 Synthèse des indices sur 3 ans

Une synthèse sur 3 ans de l'état de santé des différentes stations a été effectuée en regroupant la totalité des données (3 à 5 réplicats / station selon les années).

Les résultats de cette analyse (Figure 56 et Figure 57) mettent en évidence plusieurs éléments :

- Le calcul d'un indice AMBI synthétique sur 3 ans n'apporte pas plus d'information que les valeurs spécifiques interannuelles et confirme la tendance générale de l'état de santé donné précédemment.
- La station de **Baie des Requins** reste une **zone de référence** et présente un **très bon état écologique** à l'heure actuelle. Cependant, l'évolution particulière des indices DCE de cette station au cours de l'année 2010 reste à surveiller. Bien qu'aucune perte de diversité n'ait été notée, une nette diminution des effectifs (et donc des biomasses) de cette station est observée.
- Les stations **Baie du Lamentin et Trou Manuel** sont caractérisées par un état de santé globalement **moyen à bon** au sens de la DCE.
- La station des Salines présente toujours les mêmes spécificités de zones lagunaires soumises à des facteurs de perturbation importants. Elle n'est en aucun cas comparable aux autres stations de zones subtidales.

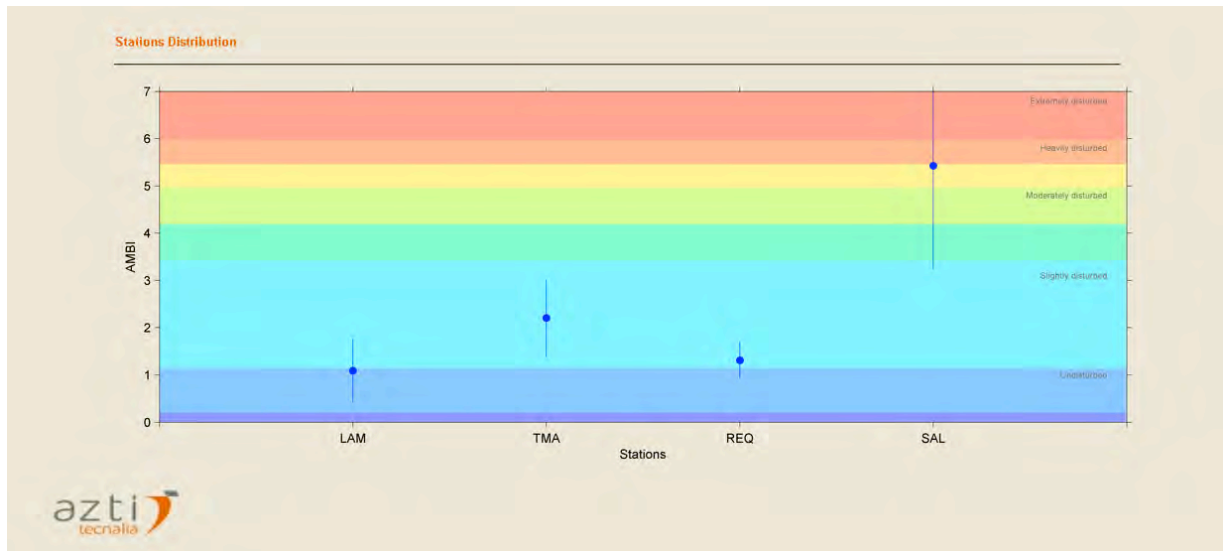


Figure 56 : Valeur des indices AMBI pour DCE pour les 3 dernières années sur les quatre stations DCE

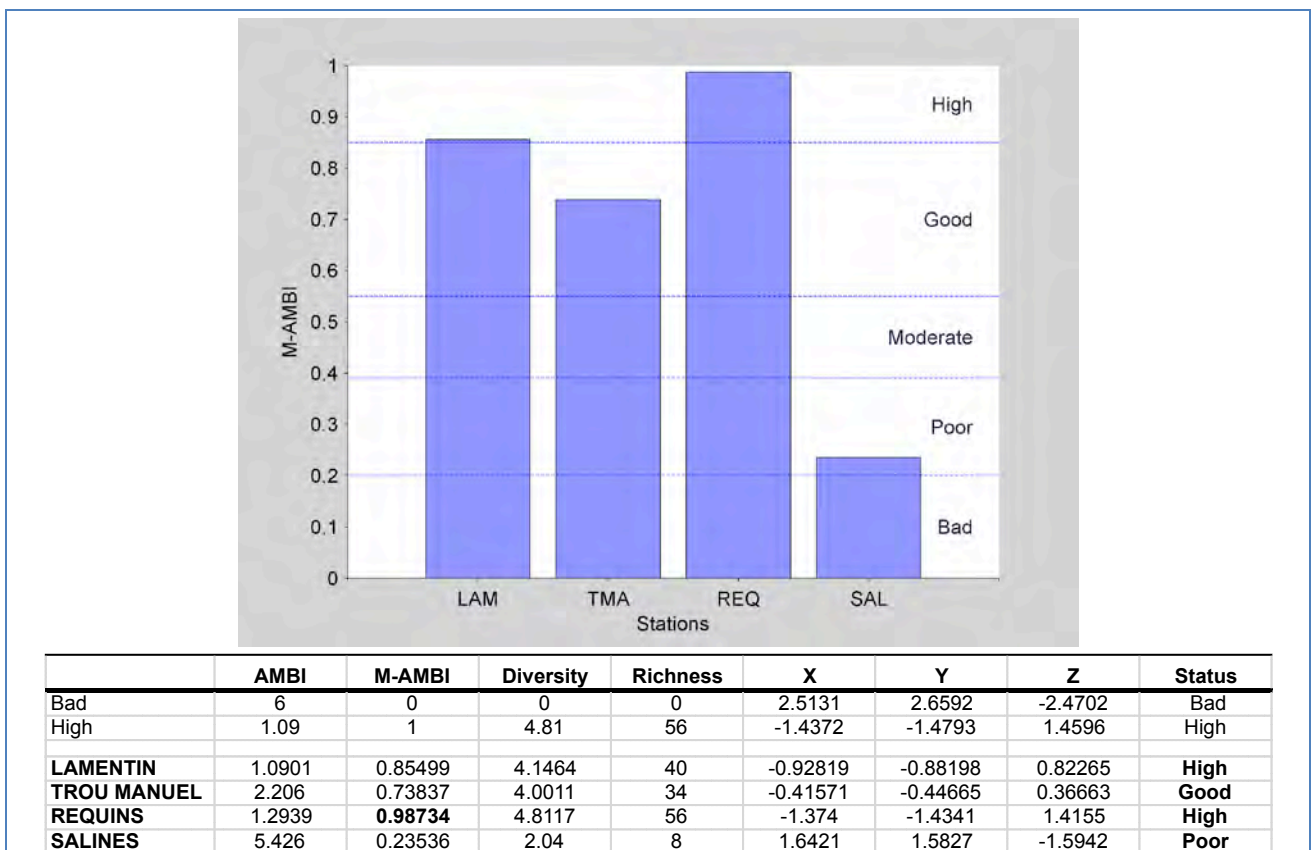


Figure 57 : Calcul de l'indice « M-AMBI » sur les stations de suivi DCE pour les 3 dernières années et situation en terme de qualité du milieu (sens DCE)

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

## 1 Approche méthodologique

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.

→ Tous ces éléments ont été réétudiés et, si besoin, modifiés et/ou affinés (Tableau 19).

Tableau 19 : Éléments à valider et ou à mettre au point en 2010/2011

Éléments de qualité (nombre de classe à établir dans la grille)	Indices	Grilles des indices / Valeurs seuils	Indicateur = méthode d'agrégation des indices
<b>Phytoplancton (5 classes) MEC</b>	Indice biomasse (chlorophylle a)	Métrique et Seuils à confirmer	indice = indicateur
<b>Communautés coralliennes (5 classes) MEC</b>	Indice couverture corallienne	Pertinence et seuils à confirmer	Confirmer la pertinence de combiner ces deux indices pour former l'indicateur "nutriment" + confirmer méthode d'agrégation
	Indice ratio corail / Macroalgue	Pertinence et seuils à confirmer	
	Indice macroalgues	A réévaluer, seuil à confirmer	Non pertinence dans l'intégration à l'indicateur à confirmer
	indice oursin	A construire	A tester
<b>Herbiers (5 classes) masses d'eau côtières</b>	A définir en rapport avec réflexion inter-DOM	A construire	A construire
<b>Endofaune du substrat meuble (5 classes) MET</b>	Indice AMBI	Seuils à affiner	M-AMBI : seuils à affiner
	indice diversité de Shannon	Pertinence de réaliser une grille ?	
	Indice de richesse spécifique	Pertinence de réaliser une grille ?	
<b>Physico-chimie générale (3 classes) MEC et MET</b>	Température	Non pertinence à confirmer	Non pertinence à confirmer
	Salinité		
	Oxygène dissous	Seuils à affiner	indice = indicateur
	Taux de saturation en oxygène	Non pertinence à confirmer	Non pertinence à confirmer
	Turbidité	Seuils à affiner	indice = indicateur
	DIN (= ammonium + nitrite + nitrate)	Seuils à affiner	Confirmer la pertinence de combiner ces deux indices pour former l'indicateur "nutriment" + confirmer méthode d'agrégation
	Orthophosphates	Seuils à affiner	

## 1.1 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 ».

## 1.2 Mise en œuvre

Dans un premier temps, un **traitement statistique** plus ou moins poussé (selon la quantité de données disponibles) est réalisé sur les données DCE 2007, 2008, 2009 et 2010.

Le but de cette analyse de données est, dans un premier temps, de dégager des tendances (effet du type de ME, des sites, des mois et des années sur les principaux paramètres DCE), de caractériser les sites et types de ME et éventuellement les saisons et de tester le(s) lien(s) entre les différents paramètres biologiques et physicochimiques.

Si des groupes de sites et / ou de ME sont mis en avant, ceux-ci, pourront être considérés conjointement pour la définition des valeurs de références et valeurs seuils.

En outre, sur la base du travail déjà effectué en 2009/2010, il est ensuite réalisé :

- 1) **le test des seuils 2009/2010 pour les données de la campagne 2010** (réalisé dans le chapitre précédent : C. Volet 1 : Résultats des suivis du réseau référence pour l'année 2010 et premières analyses)
- 2) **le test des seuils 2009/2010 pour les données de l'ensemble des campagnes de 2007 à 2010 : calcul des indices et indicateurs et agrégation des différents éléments**
- 3) **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)**
- 4) **Réajustement éventuel, des valeurs de référence, des valeurs seuils, des métriques et méthodes d'agrégation.**

Pour ce dernier point, tout comme en 2010, pour chaque élément de qualité, **quatre étapes** ont été suivies (Cf. encadré ci-après).

- Etape 1)** Mise à jour de l'étude bibliographique de 2010 ciblée sur a) les éléments (paramètres, indices etc.) utilisés dans le cadre DCE dans les autres écorégions et en particulier en métropole b) les paramètres, indices et classification mis au point en milieu tropical et plus particulièrement dans la région caraïbe c) pour chaque paramètre, les valeurs et seuils communément rencontrés en milieu tropical et plus particulièrement dans la région caraïbe.
- Etape 2)** Choix/confirmation des paramètres, des méthodologies de suivi et des métriques et des indices (traitement des données brutes) réalisés à partir de l'analyse bibliographique, des choix déjà arrêtés les années précédentes et sur avis d'expert.
- Etape 3)** Test et confirmation ou réajustement des valeurs de référence et des valeurs seuil → d'après la bibliographie, les données 2007, 2008, 2009 et 2010, l'avis d'expert POUR CHAQUE TYPE DE MASSES D'EAU (ou chaque groupe de type de ME si un regroupement apparaît pertinent).
- Etape 4)** Test et confirmation ou réajustement des méthodes d'agrégation des indices = choix de l'indicateur réalisés à partir de l'analyse bibliographique et d'avis d'expert.

En outre,

**Concernant l'étape 2 :**

**Pour le choix des paramètres**, il a été privilégié ceux dont la mise en œuvre de l'échantillonnage et de l'analyse était :

- 1) peu impactante pour l'écosystème (méthodes non destructrices)
- 2) réalisable avec les moyens techniques disponibles en Martinique
- 3) d'un coût raisonnable
- 4) « facile et pratique » dans le cadre d'un suivi régulier

**Chaque métrique est définie pour une durée, une fréquence et une période d'échantillonnage données.**

Il faut distinguer la méthode de calcul (métrique) utilisée pour définir l'état d'une masse d'eau pour un indice donné (réseau de surveillance) de celle utilisée pour déterminer la valeur de référence de ce même indice (réseau de référence).

**Concernant l'étape 3 :**

La DCE offre le choix de plusieurs méthodes pour l'établissement des **conditions de référence**. Lorsque ces méthodes ne peuvent être mises en place, ces conditions de référence peuvent être définies à dire d'experts. En Martinique, en raison de l'absence de données historiques, il a été mis en place, depuis 2007, un réseau de sites de référence. D'après Working Group 2.3 – Refcond (2003), le calcul de la valeur de référence devrait être réalisé à partir de la **médiane des observations relevées sur les sites de référence** d'un type de masses d'eau donné.

Cependant, les sites de « référence » ne s'étant pas révélés peu ou pas impactés et étant donné qu'aucun autre site en Martinique ne semble répondre à ces critères, l'analyse des données du réseau de référence ne servira pas directement à la mise au point des valeurs de référence.

Pour cette raison, il est proposé, dans le présent rapport, de (re)définir ces valeurs de référence en prenant en compte conjointement :

- 1) **des données issues de la littérature**
- 2) **des données recueillies entre 2007 à 2010 sur le réseau référence et surveillance**
- 3) **l'avis d'experts (basé sur les observations de terrain, sur des connaissances générales des écosystèmes tropicaux et sur une analyse bibliographique)**

afin d'évaluer *a priori*, pour chaque type de masses d'eau<sup>16</sup>, les caractéristiques d'un **écosystème martiniquais « virtuel »** qui ne serait soumis à aucune pression anthropique.

<sup>16</sup> A chaque type de masse d'eau correspond des caractéristiques naturelles particulières.

En outre, ces conditions de référence doivent refléter la variabilité de l'environnement naturel. La classe « très bon état écologique », qui correspond aux conditions « pas ou très peu d'altérations anthropogéniques » (Parlement Européen & Conseil de l'Union Européenne 2000), doit donc intégrer à la fois cette notion de variabilité naturelle et la prise en compte d'influence anthropique mineure (= absence de toute pression anthropique significative).

Pour un indice donné, la **valeur de référence**, limite supérieure de la classe du « très bon état », est donc définie par **la meilleure valeur que l'on puisse avoir dans cet « écosystème virtuel »**.

**Une démarche similaire est adoptée pour la définition des autres classes.** Par exemple, pour le « mauvais état écologique » : on estime<sup>17</sup> la valeur que prendrait chaque paramètre ou indice dans des situations de pressions anthropiques graves et « dans lesquelles font défaut des parties importantes des communautés biologiques » (Parlement Européen & Conseil de l'Union Européenne 2000). Pour un indice donné, la limite inférieure de la classe de « mauvais état » est ainsi la « pire » valeur que l'on puisse observer dans un type de masse d'eau donné (le fonctionnement de l'écosystème n'est plus assuré).

De manière plus concrète, les classes de qualité sont définies pour chaque indice en 3 phases, de la manière décrite ci-dessous.

- 1) **À partir des données disponibles (indices et pressions provenant des suivis DCE ou de la bibliographie), la valeur de la limite supérieure du bon, moyen, médiocre ou mauvais état est estimée.**
- 2) **La valeur de référence est déduite des informations recueillies dans la bibliographie : le pourcentage de dégradation de l'écosystème actuellement observé par rapport aux conditions de référence est estimé.**
- 3) **Le découpage des autres classes est réalisé, selon l'élément de qualité, à partir des calculs réalisés en métropole pour les mêmes types de données et/ou par différents tests réalisés sur les données martiniquaises afin de sélectionner les limites de classe les plus pertinentes. De manière générale les mêmes grilles de qualité des EQR sont privilégiées pour tous les types de masses d'eau. En revanche les valeurs seuils et les valeurs de référence sont adaptées à chaque type de masses d'eau.**

Pour ces **grilles de qualité**, il a été choisi, arbitrairement, que la **borne inférieure de classe soit incluse et la borne supérieure soit exclue** (cas du phytoplancton en métropole et de AMBI dans Borja *et al.* 2000).

En outre, l'**écart** généralement admis entre la **valeur de référence de l'EQR (1) et celle de l'état très bon/bon** est au **maximum de 0,2**<sup>18</sup>. (comm. Pers, You, H ; ONEMA , 2010) → dans la mesure du possible cette contrainte sera respectée.

#### **Concernant l'étape 4 :**

Lorsqu'un élément de qualité est décrit par plusieurs indices, la construction de l'indicateur est réalisée selon plusieurs schémas :

- Un indicateur basé sur les mêmes indices existe déjà dans la littérature : celui-ci est testé pour les données martiniquaises → cas de l'endofaune avec M-AMBI
- Aucun indicateur, basé sur les mêmes indices, n'a été identifié dans la littérature. Dans ce cas, il a été choisi de combiner les indices en moyennant la valeur des EQR → Cas des communautés coralliennes et des nutriments en Martinique

<sup>17</sup> Tout comme pour les conditions de référence, cette estimation est réalisée à partir de l'analyse des données extraites de la littérature et de l'ensemble des données DCE entre 2007 et 2010 (11 campagnes), sur la connaissance des experts (observations de terrain, connaissance générale du milieu, etc.).

<sup>18</sup> Élément nouveau par rapport à 2009/2010

## 2 Analyse globale et traitements statistiques

Remarque : les box-plots présentées ci-après représentent 50% des observations, la barre du milieu est la médiane et les moustaches symbolisent, chacune, 25% des données. Les données extrêmes sont représentées par les points isolés.

Pour une facilité de lecture des graphiques, les campagnes ont été numérotées comme indiqué dans le Tableau 20.

Tableau 20 : Tableau de correspondance des numéros de campagnes

N° de campagne	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mois et année	mars 07	juin 07	août 07	octobre 07	janvier 08	mars 08	juin 08	août 08	octobre 08	octobre 09	octobre 10

### 2.1 Éléments physicochimiques et chlorophylle a

#### 2.1.1 Comparaison des moyennes

Une comparaison des moyennes avec hypothèse de non homogénéité des variances (log des données) a été effectuée sur les différents paramètres physicochimiques et sur les données de chlorophylle a (synthèse des résultats dans le Tableau 21) afin d'identifier l'effet potentiel des facteurs suivants : type de ME, site, mois et année.

Tableau 21 : Résultats du modèle de comparaison des moyennes avec hypothèse de non homogénéité des variances (modèle sur le log des données)

Effet sur les principaux paramètres DCE du :	Analyse des données 2008 (Janv-Mars-Juin-Aout-Oct)			Analyse des mois d'octobre 2007 à 2010		
	Type de ME	Mois	Site	Type de ME	Année	Site
<b>DIN</b>	p = 0,02	p < 0,001	X	X	p < 0,001	X
<b>Phosphates</b>	X	p < 0,001	X	X	X	X
<b>Turbidité</b>	p < 0,001	X	-	p < 0,001	X	-
<b>Chlorophylle a</b>	p = 0,006	p = 0,03	p = 0,002	p = 0,008	X	p = 0,008

X : Effet non significatif

#### Les principaux résultats sont les suivants :

##### ◆ Variabilité temporelle

☞ Le paramètre **DIN** présente une importante variabilité temporelle (annuelle et mensuelle ; Figure 56). Les valeurs de 2007 et 2010 sont significativement différentes de celles mesurées en 2008 et 2009<sup>19</sup>. En outre, en 2008, ce sont les mois d'août et d'octobre qui se différencient le plus des autres mois<sup>1</sup>.

☞ Les concentrations en **phosphates** ne varient pas significativement entre les années. En 2008, elles présentent une variabilité mensuelle, avec un faible recouvrement entre les valeurs du mois d'août d'une part et les valeurs des mois de janvier, mars, juin et octobre, d'autre part (Figure 57).

☞ L'analyse statistique ne permet pas de montrer une éventuelle influence des facteurs temporels sur le paramètre **turbidité**

☞ Le paramètre **chlorophylle a** ne varie pas significativement d'une année sur l'autre, et ne varie que de façon faiblement significative en 2008 entre les différents mois d'échantillonnage.

<sup>19</sup> Test post-hoc avec hypothèse de Tukey

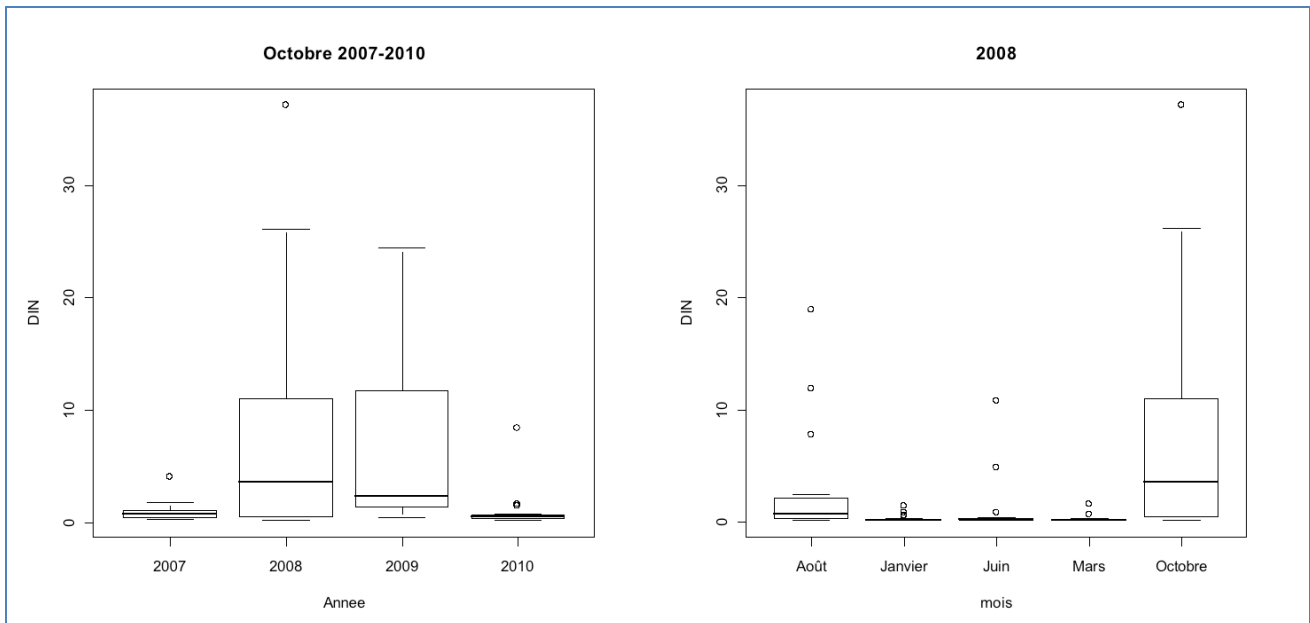


Figure 58 : Représentations en box-plots des données 2008 (toutes campagnes, n=95) et d'octobre 2007 à 2010 (n=74) de DIN pour la totalité des sites DCE

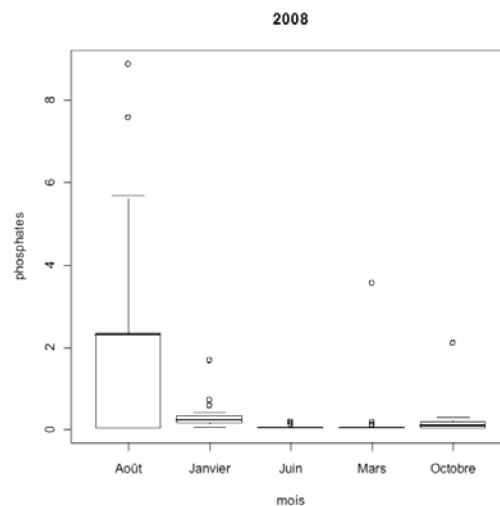


Figure 59 : Représentations en box-plots des données 2008 de phosphates

#### ◆ Variabilité « spatiale »

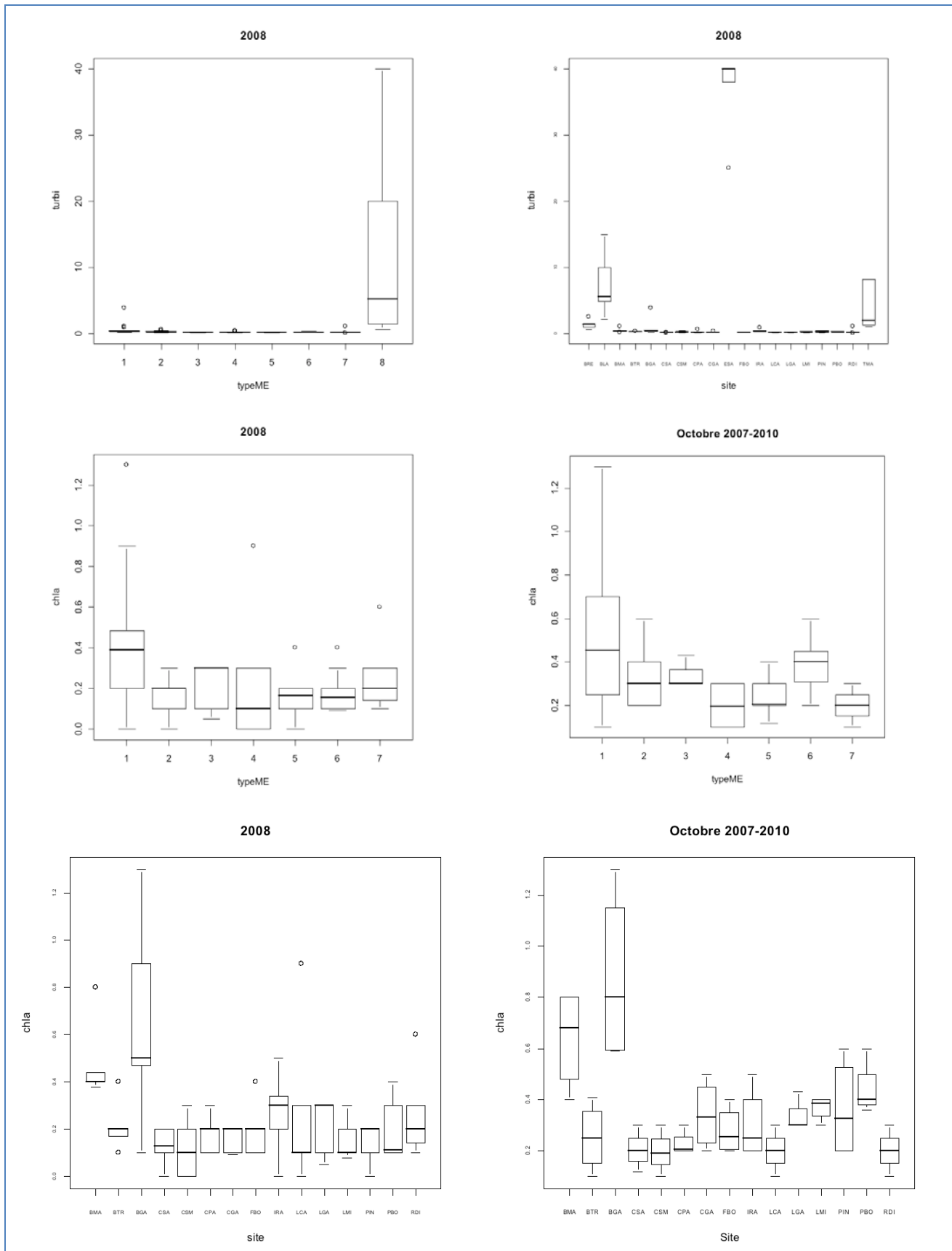
☞ Le type de masse d'eau n'a qu'un effet faiblement significatif ( $p\text{-val} = 0.02$ , année 2008) voire non significatif (octobre 2007 à 2010) sur le paramètre **DIN**.

☞ Les **phosphates** ne montrent pas de variation spatiale significative

☞ Le paramètre **turbidité** est fortement influencé par le facteur « type de ME » ( $p\text{-val} < 0,001$ ). Une comparaison multiple<sup>20</sup> montre que le type 8 (MET) se distingue particulièrement des autres types de ME. Parmi les sites DCE, Etang des Salines, et dans une moindre mesure la Baie du Lamentin et Trou Manuel, sont ceux qui présentent le plus de différences avec les autres sites.

☞ La comparaison des moyennes de **chlorophylle a** montre que le type de ME a un effet significatif ( $p = 0,006$  ou  $0,008$  selon le jeu de données analysé : Cf. Tableau 21) sur ce paramètre. Ainsi, une analyse complémentaire<sup>1</sup> permet de préciser que **le type 1 (Baie) se distingue particulièrement des autres types**. Le type 5 peut être « regroupé » avec le type 2 (d'après les données 2008) ou avec le type 4 (d'après les données d'octobre 2007/2010). Parmi les sites de type 1, seule la station de **Banc Gamelle** présente une différence significative avec les sites appartenant aux autres types de ME (d'après les données 2008).

<sup>20</sup> Test post-hoc avec hypothèse de Tukey



**Figure 60 : Représentations en box-plots des données 2008 et d'octobre 2007 à 2010 de turbidité et chlorophylle  $a$**

Dans les graphiques ci dessus, les sites sont présentés, en abscisse, dans l'ordre suivant : Baie du Marin; Baie du Trésor; Banc Gabelle; Cap Salomon; Cap St Martin; Caye Pariadis; Corps de Garde; Fond Boucher; Ilet à Rats; Loup Caravelle; Loup Garou; Loup Ministre; Pinsonnelle; Pointe Borgnesse; Rocher du Diamant

### 2.1.2 Analyse en Composantes Principales (ACP)

Plusieurs analyses multivariées (ACP) ont été effectuées sur l'ensemble des données 2007/2010 des paramètres turbidité, nitrates, nitrites, ammonium, oxygène dissous, phosphates et chlorophylle *a* (toutes campagnes confondues) en excluant le type de ME 8. Les résultats de l'ACP la plus pertinente sont présentés ci-après (Figure 61).

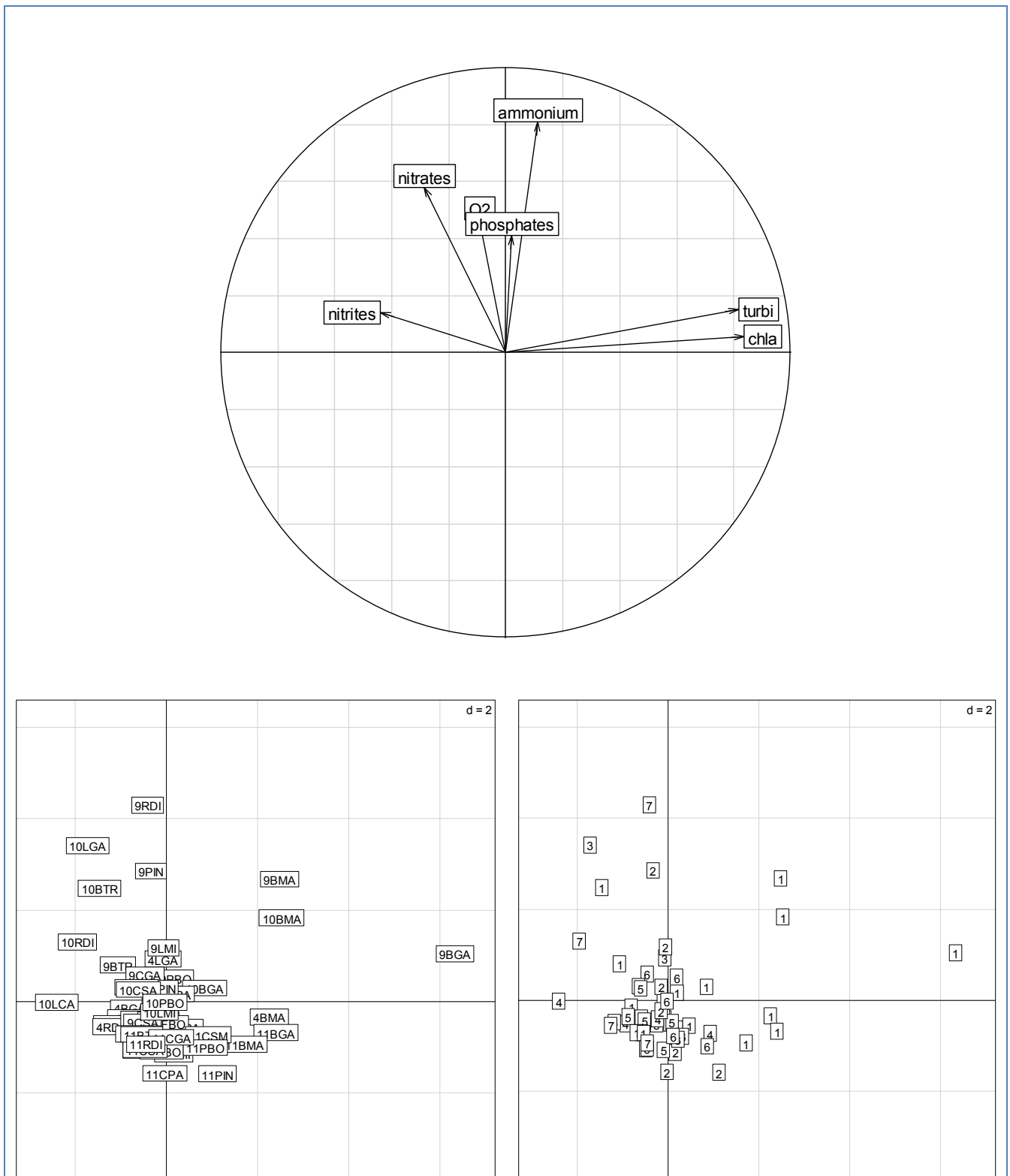


Figure 61 : Résultats de l'ACP effectuée sur l'ensemble des données 2007/2010 des paramètres turbidité, nitrates, nitrites, ammonium, oxygène dissous, phosphates et chlorophylle *a* en excluant le type de ME 8

Les codes du graphique en bas à gauche correspondent au n° de campagne (Cf. Tableau 20) puis à l'abréviation du site ; les chiffres du graphique en bas à droite correspondent aux types de ME.

Le premier axe F1 (horizontal), qui explique 23% de la variabilité des échantillons (pour les paramètres considérés), est positivement corrélé à la chlorophylle a et la turbidité. Le second axe F2 (vertical) explique 21 % de la variabilité des échantillons. Il est positivement corrélé à l'ammonium.

De plus, à l'exception de quelques points isolés (ex : 10BMA, 9BGA, etc.), la plupart des points sont concentrés au niveau de l'origine du graphique. Cette concentration ne permet pas d'identifier de tendances précises. Une analyse, en excluant les points isolés pourrait permettre d'avoir une meilleure visibilité des regroupement potentiels.

Ainsi, cette analyse ne permet pas de mettre en évidence des groupes homogènes de ME et/ou de station, pour les paramètres considérés (turbidité, nutriments, oxygène dissous, chlorophylle a).

## 2.2 Communautés coralliennes

*Attention : les données 2010 de la station « Loup Caravelle » ont été retirées de cette analyse en raison de la modification de station effectuée durant cette campagne*

### 2.2.1 Comparaison des moyennes

Une comparaison des moyennes avec hypothèse de non homogénéité des variances (log des données) a été effectuée sur les deux paramètres suivantes : couverture corallienne et couverture macroalgale totale (macroalgues molles + macroalgues calcaires) afin d'identifier un effet éventuel des facteurs : type de ME, site, mois et année. Une synthèse des résultats est présentée dans le Tableau 22.

**Tableau 22 : Résultats du modèle de comparaison des moyennes avec hypothèse de non homogénéité des variances (modèle sur le log des données)**

	Type de ME	Site	Année
<b>Couverture corallienne</b>	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
<b>Couverture macroalgale totale</b>	p < 0,001	p < 0,001	X

X : Effet non significatif

**Les principaux résultats sont les suivants :**

#### ◆ Variabilité annuelle

☞ **La couverture corallienne** présente une importante variabilité annuelle. Une comparaison multiple<sup>21</sup>, montre qu'il existe une différence significative entre les années 2007 et 2010 mais pas entre les autres couples d'année.

☞ **A l'inverse, la couverture macroalgale totale** ne semble pas influencée par l'année d'échantillonnage.

#### ◆ Variabilité spatiale

☞ Les couvertures coralliennes des différents sites et types de ME présentent des différences significatives

☞ Il en est de même pour les couvertures macroalgales totales mesurées

*Attention, il existe une interaction significative entre les deux variables année et site pour le paramètre couverture corallienne : l'effet site devra ainsi être confirmé les prochaines années.*

Ainsi, le type 2 semble se distinguer des autres types de ME<sup>1</sup>. Ceci concerne en particulier le site de Pinsonnelle qui présente une différence significative avec la plupart des sites DCE (excepté ceux du type 2).

Si l'on ne **considère que les données de macroalgues**, certains types de ME et sites peuvent être regroupés<sup>1</sup> :

- Type 4 et 7
- Type 1, 5 et 6
- **Caye Pariadis, Pinsonnelle et Loup Ministre soit la totalité des sites de type 2.**

Pour les autres site, ces données ne permettent pas de regrouper les autres sites selon leur type de ME.

<sup>21</sup> Test post-hoc avec hypothèse de Tukey

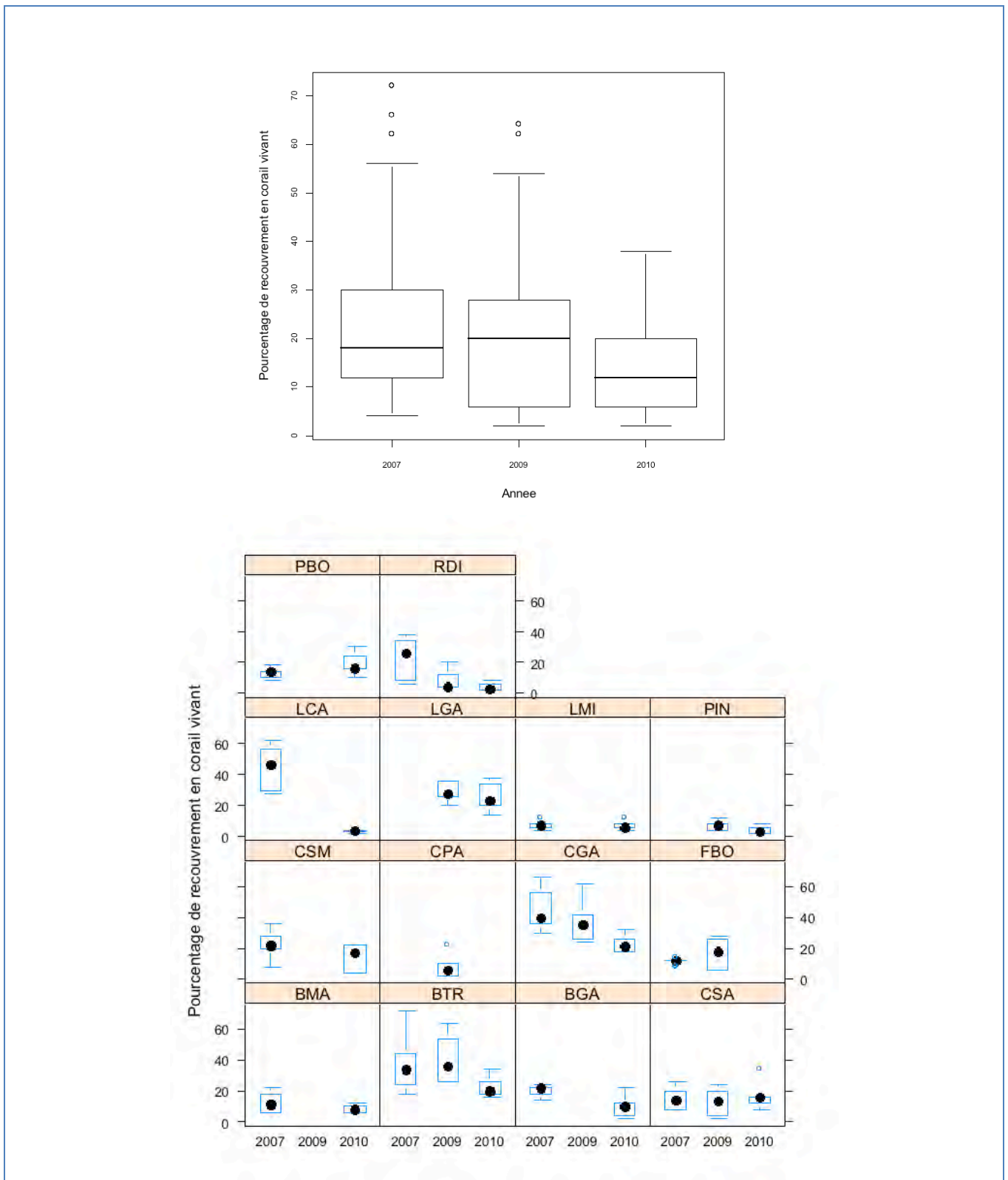
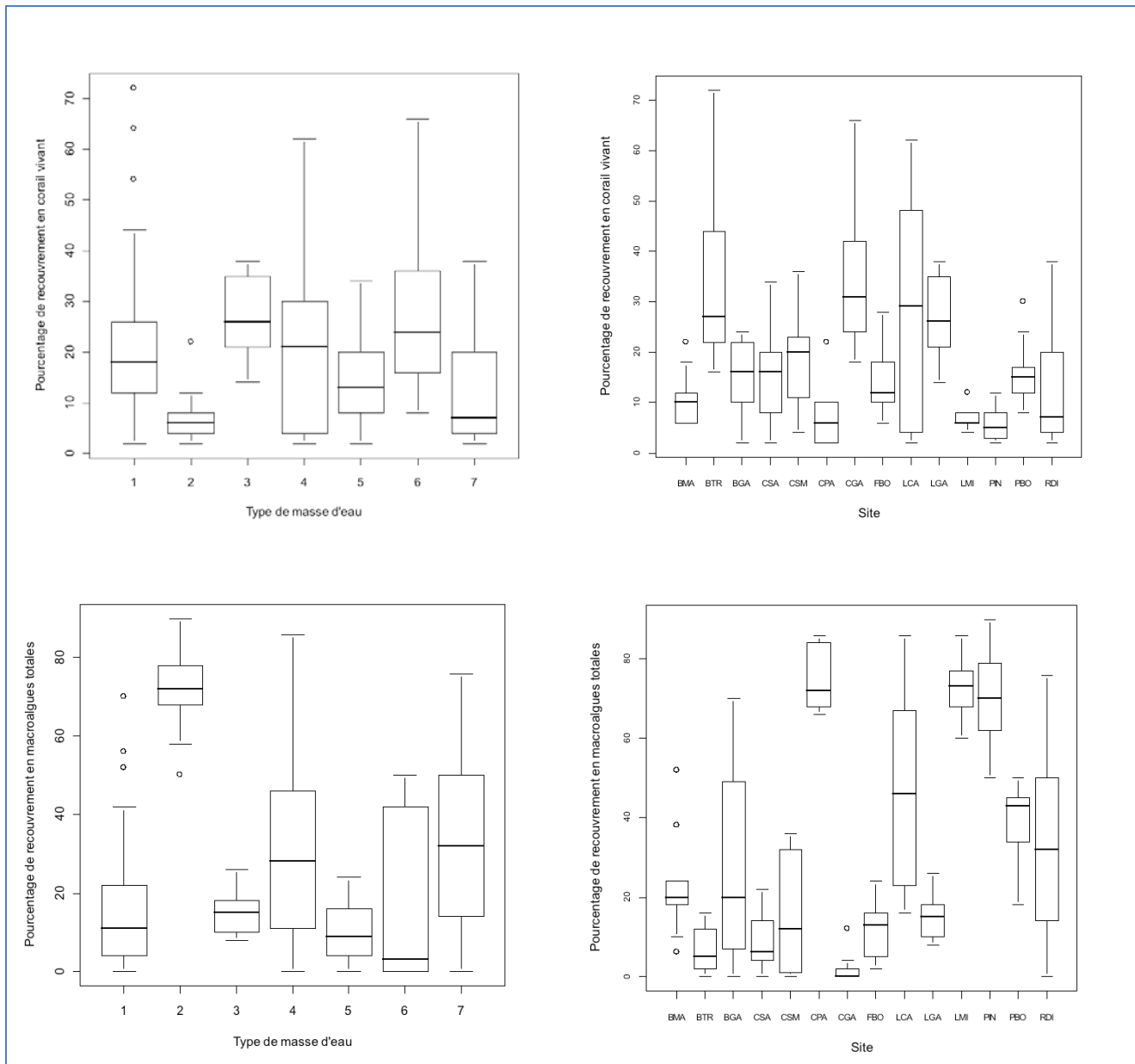


Figure 62 : Représentations en boîtes à moustache des données 2007,2009 et 2010 de couvertures coralliennes



Dans les graphiques ci dessus, les sites sont présentés, en abscisse, dans l'ordre suivant : Baie du Marin; Baie du Trésor; Banc Gamelle; Cap Salomon; Cap St Martin; Caye Pariadis; Corps de Garde; Fond Boucher; Ilet à Rats; Loup Caravelle; Loup Garou; Loup Ministre; Pinsonnelle; Pointe Borgnesse; Rocher du Diamant

**Figure 63 : Représentations en boîtes à moustache des données 2007 à 2010 de couvertures coralliennes (en haut) et de couvertures macroalgales totales (en bas)**

## 2.2.2 Analyse en Composantes Principales (ACP)

Une analyse multivariée (ACP) a été effectuée sur les données 2007/2010 « communautés coralliennes ». Les résultats de l'ACP la plus pertinente sont présentés ci-après (Figure 64).

*Remarque : l'ACP la plus pertinente s'est révélée être celle dans laquelle le site de « Ilet à Rats » a été retiré. En effet, ce site a tendance à « tirer » toute l'ACP en raison de valeurs en GO (couverture en gorgone) très fortes en 2010.*

☞ Le premier axe F1 (horizontal) explique 37% de la variabilité des paramètres considérés. Il est corrélé aux HC et GO, et inversement corrélé aux MA et MAC. Les axes deux et trois (verticaux) expliquent une plus faible part de la variabilité des paramètres considérés (11% et 7%), et co-varient avec les SP et AC, respectivement.

☞ Sur cette ACP (Figure 64), plusieurs groupes de type de ME se distinguent :

- le type 2 qui semble influencé par les paramètres MA et MAC,
- le type 5 qui semble influencé par SP et TU
- le type 3 qui semble influencé par AC

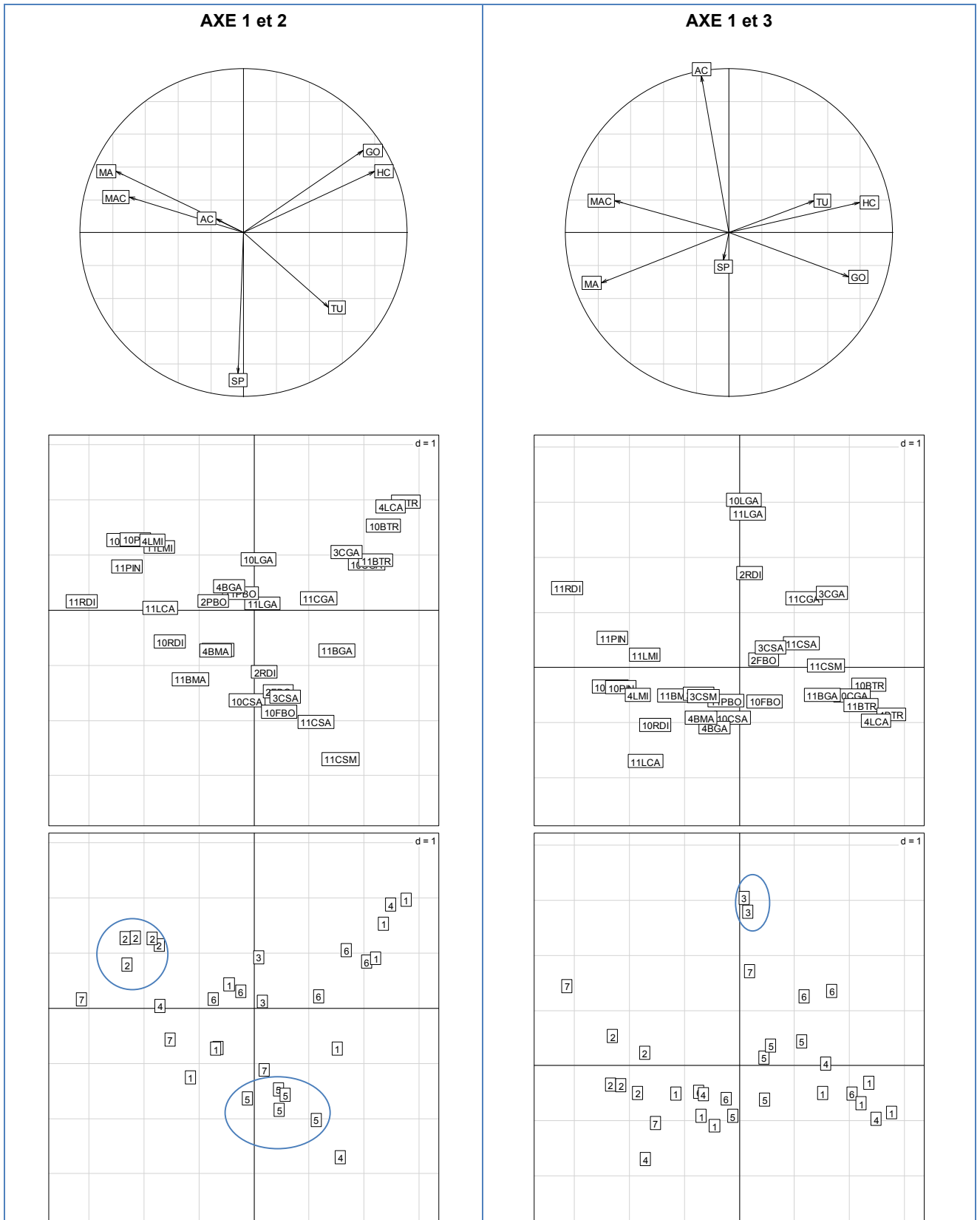


Figure 64 : Résultats de l'ACP effectuée sur l'ensemble des données 2007/2010 des paramètres GO, HC, MA, MAC, AC, SP, TU en excluant le site «Ilet à rats »

Les codes des graphiques du milieu correspondent au n° de campagne (Cf. Tableau) puis à l'abréviation du site ; les chiffres des graphiques du bas correspondent aux types de ME.

### 2.3 Corrélations des indices biologiques et physicochimiques

Les corrélations deux à deux entre les principaux paramètres DCE ont été étudiées (Figure 63).

**Ces résultats mettent en avant une corrélation significative négative entre la couverture corallienne et la couverture macroalgale totale (0,65).**

En revanche, aucune corrélation significative n'a pu être établie entre les différents paramètres biologiques et physicochimiques. Soulignons cependant qu'il existe une corrélation faible entre les paramètres suivants :

- Chlorophylle a / Oxygène dissous (0,35)
- Nitrates / Couverture corallienne (0,32)
- Oxygène / Couverture corallienne (0,33)
- Phosphates / Couverture macroalgale totale (0,31)

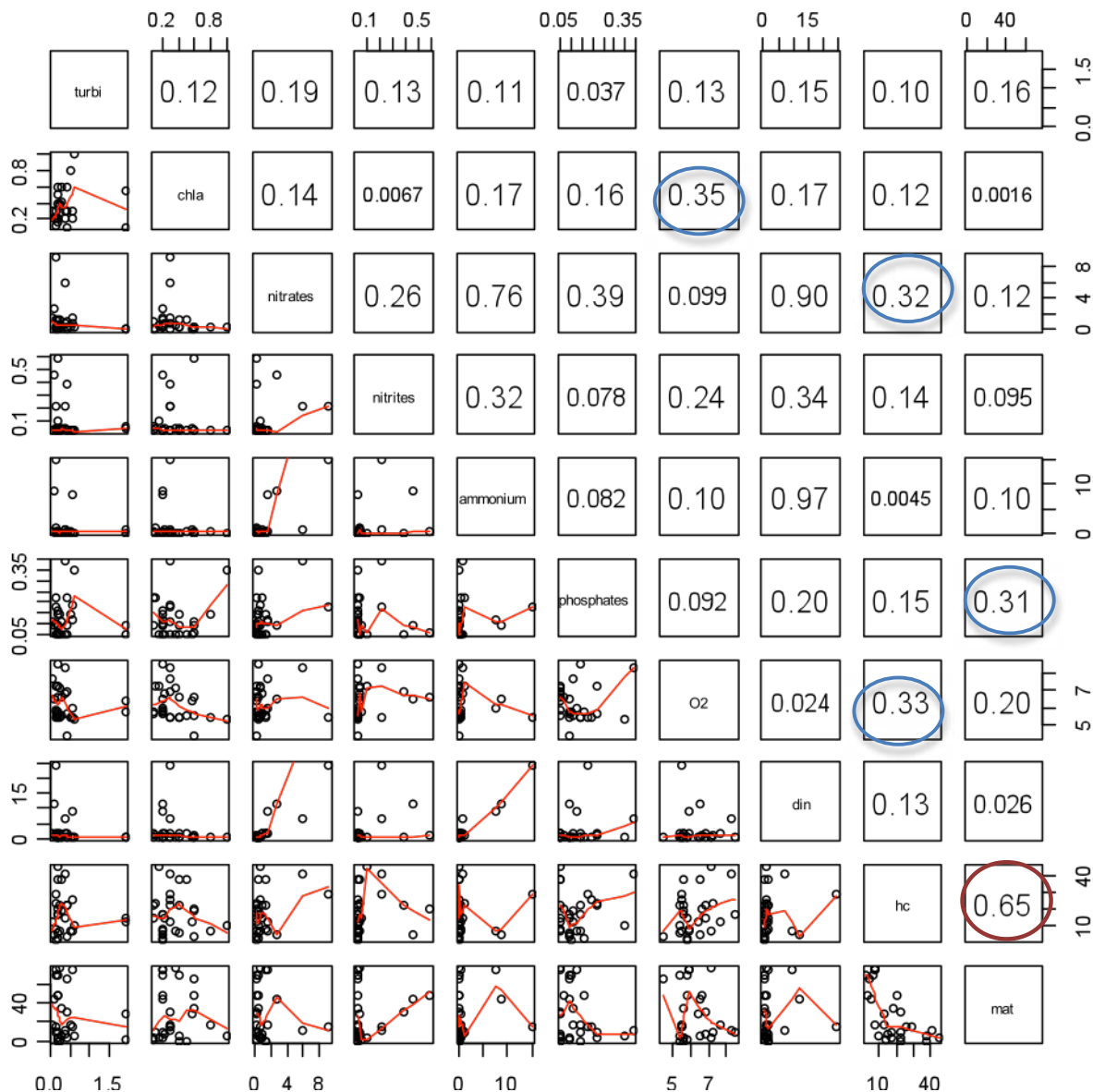


Figure 65 : Corrélations deux à deux entre variables physicochimiques et variables biologiques (HC : couverture corallienne / MAT : couverture macroalgale totale)

## 2.4 Bilan et recommandations

◆ Avec les données disponibles, l'analyse statistique conjointe (ACP) des **paramètres physicochimiques et de la chlorophylle a** ne permet pas de mettre en évidence de groupe de sites ou types de ME homogène. selon des critères géographiques ou selon le type de ME.

Les données de chlorophylle a et de turbidité prises indépendamment (comparaison des moyennes), permettent de distinguer, respectivement le type 1 (Baies) et le type 8 (MET).

→ Il est donc important pour la mise en place des seuils pour ces paramètres de considérer ces 2 types à part

◆ A l'inverse, l'analyse de la **couverture des différents éléments de la communauté corallienne** (corail dur, macroalgues molles, macroalgues calcaires, algues calcaires encroûtantes, turf, gorgones et éponges) permettent de caractériser certains type de ME (type 2, 3 et 5) grâce à certains éléments du benthos. D'après ces paramètres, le type 1 (Baies) apparaît en revanche très hétérogène : la station de Banc Gamelle se distingue particulièrement.

→ Le rassemblement des sites de Pinsonnelle, Caye Pariadis et Loup Ministre au sein d'un même type de ME (type 2) paraît particulièrement justifié pour l'élément de qualité « communautés coralliennes »

→ il semble difficile de mettre en place des seuils « benthos » pour le type 1. En plus de la qualité du milieu, la disparité entre les différentes stations benthos le composant semble être liée à des conditions environnementales (hydrodynamisme, géomorphologie, etc.) très différentes. Les paramètres environnementaux ayant une influence certaine sur la proportion des différents éléments des communautés coralliennes, la comparaison inter-site au sein de ce type de ME apparaît donc très difficile.

Ainsi malgré la quantité réduite de données et leur disparité (toutes les stations et éléments n'ont pas été échantillonnés le même nombre de fois et les mêmes années), cette analyse statistique donne des pistes intéressantes mais encore insuffisantes pour l'établissement des grilles de qualité par type de ME. En effet, le nombre de sites par type de masse d'eau n'étant pas équilibré (certains type de ME ne comprennent qu'un seul site), le traitement statistique n'est pas aisé. Ainsi, la justification de regrouper des sites selon ce critère peut être difficile à établir avec les données actuellement disponibles.

### **Recommandations pour permettre un traitement statistique plus pertinent et pour l'établissement des grilles de qualité :**

- 1) échantillonnage annuel de toutes les stations benthos ou à défaut échantillonnage de la totalité des stations (référence + surveillance) une même année afin d'éviter d'avoir des séries temporelles incomplètes
  - 2) échantillonnage trimestriel<sup>22</sup> de toutes les stations physicochimiques (au minimum)
- équilibrer le dispositif d'échantillonnage afin de donner plus de robustesse aux traitements statistiques et permettre d'approcher plus précisément des paramètres mensuels
- 3) tester l'intégration de la couverture en gorgone comme paramètre DCE au sein de l'élément de qualité « communautés coralliennes »
  - 4) Augmenter le nombre de sites par type de ME. En particulier pour les type de ME pour lesquels un seul site est suivi (Type 3 et 7)
  - 5) Enfin, de manière générale, échantillonner une quantité plus importante de sites et/ou cibler des sites avec des pressions et des niveaux de pressions différents (gradients de pression) → **mise en place d'un travail parallèle d'établissement de grilles de qualité**

<sup>22</sup> Depuis 2009 seule la campagne d'octobre est échantillonnée

### 3 Test et redéfinition éventuelle des éléments définis en 2009/2010

#### 3.1 Analyse générale

Le Tableau 23 présente les résultats de la simulation du classement des différents sites DCE réalisée avec les grilles 2009/2010 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2010a) pour les données de l'ensemble des campagnes de 2007 à 2010. Les détails sont présentés dans l'Annexe 5.

Tableau 23 : Simulation de l'état biologique, physicochimiques et écologique partiel des sites DCE (Données : 2007 à 2010, grilles : 2009/2010)

Site <small>En italique les sites « référence »</small>	Code Masse d'eau	Type de ME	Type d'élément de qualité	Etat Biologique / physicochimique	Etat Ecologique
<i>Baie du Trésor</i>	FRJC013	1	Biologie	Bon	Bon
			Physicochimie	Bon	
<b>Banc Gamelle</b>	FRJC001	1	Biologie	Médiocre	Médiocre
			Physicochimie	Bon	
<b>Ilet à Rats</b>	FRJC007	1	Biologie	Moyen	Moyen
			Physicochimie	Bon	
<b>Baie du Marin</b>	FRJC010	1	Biologie	Médiocre	Médiocre
			Physicochimie	Bon	
<i>Pinsonnelle</i>	FRJC008	2	Biologie	Médiocre	Médiocre
			Physicochimie	Moyen	
<b>Caye Pariadis</b>	FRJC006	2	Biologie	Médiocre	Médiocre
			Physicochimie	Bon	
<b>Loup Ministre</b>	FRJC012	2	Biologie	Médiocre	Médiocre
			Physicochimie	Bon	
<i>Loup Garou</i>	FRJC011	3	Biologie	Moyen	Moyen
			Physicochimie	Moyen	
<i>Loup Caravelle</i>	FRJC004	4	Biologie	Médiocre	Médiocre
			Physicochimie	Bon	
<b>Cap St Martin</b>	FRJC004	4	Biologie	Moyen	Moyen
			Physicochimie	Bon	
<i>Cap Salomon</i>	FRJC003	5	Biologie	Moyen	Moyen
			Physicochimie	Bon	
<b>Fond Boucher</b>	FRJC002	5	Biologie	Médiocre	Médiocre
			Physicochimie	Bon	
<i>Corps de Garde</i>	FRJC017	6	Biologie	Moyen	Moyen
			Physicochimie	Moyen	
<b>Pointe Borgnesse</b>	FRJC009	6	Biologie	Médiocre	Médiocre
			Physicochimie	Bon	
<i>Rocher du Diamant</i>	FRJC019	7	Biologie	Médiocre	Médiocre
			Physicochimie	Moyen	
<i>Baie des Requins</i>		8	Biologie	Très Bon	Bon
			Physicochimie	Bon	
<b>Étang des Salines</b>	FRJT001	8	Biologie	Médiocre	Médiocre
			Physicochimie	Mauvais	
<b>Trou Manuel</b>	FRJT002	8	Biologie	Bon	Moyen
			Physicochimie	Moyen	
<b>Baie du Lamentin</b>	FRJT003	8	Biologie	Très bon	Moyen
			Physicochimie	Moyen	

Remarque : En raison du changement de station effectué, les résultats de l'échantillonnage de la station Loup Caravelle de 2009 n'ont pas été intégrés au calcul des différents indices « communautés coralliennes »

**Il ressort de ces résultats plusieurs constats :**

- Aucun site de « référence » n'est en très bon état. Ceci est confirmé par les observations terrain (avis d'expert). Ainsi, tout comme en 2009-2010, il apparaît que ces sites ne sont pas des sites « référence » au sens de la DCE et **qu'il n'est pas possible de déduire les valeurs de référence, directement, des données collectées dans ces sites.**
- A l'exception de la Baie des Requins et de Baie du Trésor, tous les sites DCE sont en moyen ou en médiocre état écologique.

*Remarque :*

- Pour les MEC, la qualité physicochimique des sites n'est que rarement en accord avec leur qualité biologique. L'état physicochimique a tendance à être « meilleur » que l'état biologique.
- De même pour les MET, la qualité physicochimique des sites n'est jamais en accord avec leur qualité biologique. Cependant, l'état physicochimique a tendance à être « moins bon » que l'état biologique et donc à minorer l'état écologique du site.
- L'indicateur « phytoplancton » tend à donner un état de santé meilleur que l'indicateur « communautés coralliennes ». Aussi, les résultats de ces deux indicateurs sont parfois « divergents ». Par exemple l'Ilet à Rats, Loup Garou, Cap Salomon sont classés en « bon » état d'après l'indicateur phytoplancton alors qu'il sont en état « moyen » d'après l'indicateur communautés coralliennes. De même, Caye Paradiis, Fond Boucher et Rocher du Diamant sont classés en « bon » état d'après l'indicateur phytoplancton alors qu'il sont en état « médiocre » d'après l'indicateur communautés coralliennes (Cf. Annexe 5).

*Remarque : Ces trois derniers points ne sont pas étonnants si l'on considère que les éléments de qualité biologique ne répondent pas tous aux mêmes pressions et/ou aux mêmes niveaux de pression*

**En outre, une analyse bibliographique complémentaire a révélé que les seuils établis en 2009/2010 avaient tendance à surévaluer l'état de l'élément phytoplancton et l'état physicochimique de certaines ME (en particulier pour les nutriments).**

Enfin, étant donné que :

- seule la campagne d'octobre soit échantillonnée depuis 2008
- ce mois d'octobre correspond à la saison des pluies et donc à un apport potentiel en nutriments plus important provenant des bassins versants et donc « normalement » à une augmentation de la biomasse phytoplanctonique,

il apparaît difficile de déduire les valeurs de référence et les valeurs seuils (censées exprimer une tendance à l'échelle d'une ou de plusieurs années) des sites échantillonnés.

→ Réévaluation des seuils pour les éléments « nutriments » et « phytoplancton » d'après les éléments bibliographiques puis réajustement sur avis d'expert d'après les valeurs actuellement observées, les observations terrain et les connaissances sur le niveau de pression que « subit » chaque site (avis d'expert)

→ Réalisation de grilles communes à tous les types de MEC exceptées le type 1 (Baies) pour les éléments « nutriments » et « phytoplancton »

Enfin, depuis 2009, seule une campagne « communautés coralliennes » a été réalisée en Martinique sur la totalité des sites référence mais pas sur tous les sites surveillance.

→ La faible quantité de données actuellement disponible n'a pas permis d'affiner les grilles établies en 2009/2010 pour l'élément de qualité « communautés coralliennes » ainsi les paramètres<sup>23</sup>, métriques, indices et grilles de qualité de 2009/2010 ont été conservés cette année

<sup>23</sup> Conformément à la proposition de 2009/2010 et en accord avec le CCTP, seul le paramètre oursin a été ajouté cette année

## 3.2 Élément de qualité phytoplancton (MEC)

### 3.2.1 Paramètre retenu

La chlorophylle a « est présente dans une très grande majorité de cellules phytoplanctoniques, elle est simple à mesurer, et elle traduit bien la biomasse du phytoplancton tout en étant complémentaire de l'information apportée par le dénombrement des espèces. » (extrait de Belin *et al.* 2007). En outre, ce paramètre apparaît comme un excellent indicateur pour évaluer l'**eutrophisation** en milieu corallien (Bell 1992).

En revanche, les phéopigments « présentent une trop grande variabilité, et sont trop influencés par la présence de certaines classes phytoplanctoniques » (extrait de Belin *et al.* 2007).

Enfin, les études DCE réalisées en 2007 et 2008 sur l'abondance et la composition phytoplanctonique en Martinique n'avaient pas donné de résultats suffisamment interprétables en termes de qualité du milieu.

Une étude est en cours sur l'acquisition de connaissance sur le compartiment phytoplancton dans les masses d'eau côtières de Martinique et en particulier sur l'existence de blooms saisonniers et l'identification des espèces constitutives (DIREN Martinique).

**Pour ces raisons et en attendant les résultats de cette étude, la concentration en chlorophylle a est le seul paramètre à être échantillonné dans le cadre du suivi de l'élément de qualité phytoplancton.**

### 3.2.2 Métrique, indice et indicateur

#### ❖ Rappel du rapport 2010 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2010a) :

Le **percentile 90** permet la prise en compte d'une grande majorité des données, y compris celles des pics, tout en excluant les valeurs extrêmes de ces pics (= valeurs potentiellement liées à des phénomènes exceptionnels ou à des erreurs analytiques). En outre, cette métrique semble moins lisser les résultats que des indicateurs de type moyenne ou médiane (Andral 2007, Belin *et al.* 2007). Enfin, cet indicateur a également été validé dans le réseau REPHY (Réseau de Surveillance phytoplanctonique) de l'IFREMER. Pour toutes ces raisons, le percentile 90 a été retenu comme la métrique la plus adaptée pour le calcul de l'indice biomasse chlorophyllienne dans le cadre de la DCE.

La formule du percentile 90 étant la suivante :

$$\begin{aligned}
 &P_{90} : \text{valeur de l'indicateur} \\
 &x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n : \text{valeurs ordonnées de la variable} \\
 &n : \text{nombre de valeurs pour la variable} \\
 &p = 0.9 \\
 &np = j + g \\
 &\quad \text{avec } j \text{ partie entière et } g \text{ partie fractionnaire de } np \\
 \\
 &P_{90} = (1 - g)x_j + g x_{j+1}
 \end{aligned}$$

En Martinique, le nombre de données de chlorophylle a disponibles depuis 2007 pour chaque site DCE est faible (entre 7 et 11 valeurs avec plus de campagnes en octobre). La quantité de données disponibles ne permet donc pas de calculer à l'heure actuelle une valeur de percentile 90 statistiquement satisfaisante. En raison du faible nombre de données par site, les valeurs maximales « extrêmes » (souvent une seule par site correspondant à une campagne d'octobre) de chlorophylle a ont tendance à « majorer » la valeur du percentile 90. Malgré ces approximations statistiques, qui seront résolues après les 6 années de suivis (4 prélèvements par an durant 6 ans soit 24 valeurs par site), le percentile 90 semble donc adapté au traitement des données de chlorophylle a dans le contexte martiniquais.

**C'est donc le percentile 90 de l'ensemble des données recueillies pendant 6 ans (toute l'année, fréquence trimestrielle) qui a été retenu comme métrique.**

Durée d'échantillonnage	6 ans
Fréquence d'échantillonnage	Trimestrielle
Période d'échantillonnage	toute l'année

*Remarques : En fonction des connaissances acquises au cours des années d'échantillonnage, la fréquence et la période d'échantillonnage pourront être affinées dans le futur (exemple : fréquence mensuelle pendant 6 mois de l'année)*

**Comme la concentration en chlorophylle a est le seul paramètre utilisé, cette métrique est également l'indice et l'indicateur de l'élément de qualité phytoplancton.**

### 3.2.3 Valeurs de référence, valeurs seuils et EQR : construction des grilles de qualité

L'ensemble des données chlorophylle *a* accumulées depuis 2007 sur les sites du réseau de référence et de surveillance sont extraites et analysées par site. Comme précisé dans le chapitre « Méthodologie », si les mesures de chlorophylle *a* sont inférieures aux seuils de détection du laboratoire, la valeur du paramètre est considérée comme étant égale à la valeur du seuil de détection ( $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ ).

Dans un premier temps, l'ensemble des données chlorophylle *a* a été traité pour chaque site de référence et de surveillance. Différentes métriques ont été calculées afin d'avoir une vision globale de chaque station (Tableau 24). Ces stations présentent des valeurs de chlorophylle *a* en cohérence avec celles observées dans la région Caraïbes (D'croz & Robertson 1997, Lapointe 2007, Lapointe *et al.* 2004, Wieggers 2007).

**Tableau 24 : Résultats du calcul de différentes métriques pour les données de chlorophylle *a* (en  $\mu\text{g/l}$ ) des stations de référence et de surveillance (toutes campagnes 2007 à 2010)**

Type de ME	Site	Nombre de valeurs	Percentile 90	Moyenne	Ecart Type	Médiane
1	<b>Banc Gamelle</b>	8	<b>1,09</b>	<b>0,68</b>	<b>0,37</b>	<b>0,59</b>
	<b>Ilet à Rats</b>	8	0,39	0,26	0,14	0,30
	<b>Baie du Marin</b>	8	<b>0,80</b>	<b>0,52</b>	<b>0,18</b>	<b>0,40</b>
	<i>Baie du Trésor</i>	11	0,41	0,27	0,14	0,28
2	<i>Caye Pariadis</i>	8	0,30	0,20	0,08	0,20
	<i>Pinsonnelle</i>	11	0,60	0,28	0,22	0,20
	<i>Loup Ministre</i>	8	0,40	0,24	0,14	0,20
3	<i>Loup Garou</i>	11	0,43	0,27	0,14	0,30
4	<i>Cap St Martin</i>	10	0,29	0,16	0,11	0,20
	<i>Loup Caravelle</i>	7	0,54	0,24	0,30	0,10
5	<i>Fond Boucher</i>	8	0,33	0,21	0,10	0,20
	<i>Cap Salomon</i>	11	0,22	0,16	0,08	0,16
6	<i>Pointe Borgnesse</i>	8	0,46	0,30	0,18	0,30
	<i>Corps de Garde</i>	9	0,42	0,23	0,14	0,20
7	<i>Rocher du Diamant</i>	11	0,30	0,20	0,15	0,15

En italique les sites de référence, en rouge les valeurs maximales

Afin de construire les différentes grilles de qualité, une analyse bibliographique a été réalisée sur les seuils utilisés en milieu tropical (synthèse dans le Tableau 25).

Sur cette base et après plusieurs tests, les grilles suivantes sont apparues en cohérence avec les données et le niveau de pression observé en Martinique (avis d'expert). Comme précisé ci-dessus (3.1 Analyse générale p.119), une grille commune à tous les types de MEC excepté le type 1 (Baies) a été réalisée (Tableau 26).

**Tableau 25 : Données de la littérature pour la chlorophylle *a*, les nutriments et la turbidité : seuils au delà desquels les écosystèmes coralliens et/ou les herbiers sont considérés comme altérés (blooms de macroalgues / eutrophisation)**

Chla ( $\mu\text{g/l}$ )	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,9</b>	-	<b>0,2-0,3</b>
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	<b>1</b>	0,6	1,6	<b>1</b>	<b>1</b>
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,2	-		0,1	0,1-0,2
Turbidité (NTU)	-	0,5	1,25	-	-
Métriques	Moyenne	Moyenne	Percentile 90	Moyenne	Moyenne
Lieux	Grande Barrière de Corail (Australie)	Hawaii (standards de qualité pour les ME côtières ouvertes)	Hawaii (standards de qualité pour les ME côtières ouvertes)	Belize	Barbade et Floride
Références bibliographiques	Bell 1992	In Lapointe 2007	In Lapointe 2007	Lapointe <i>et al.</i> 1993	Bell <i>et al.</i> 2007

**Tableau 26 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice biomasse en Martinique (paramètre chlorophylle a en µg/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	0,2	0,25	0,5	0,9	1,8
EQR	1	0,800	0,400	0,222	0,111

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
2 à 7	0,1	0,15	0,3	0,5	0,9
EQR	1	0,667	0,333	0,200	0,111

### 3.3 Élément de qualité : faune benthique invertébrée – Communautés coralliennes (MEC)

Les écosystèmes coralliens sont soumis à de multiples pressions et sont reconnus, mondialement, comme étant en danger (Wilkinson 2008). Les récifs de l'est caribéen sont particulièrement soumis à ces pressions. D'après la littérature, les facteurs responsables de cette dégradation sont principalement : la sédimentation, la turbidité, les nutriments et la surpêche.

Ainsi, plusieurs modèles essaient d'expliquer dans quelle mesure ces pressions influent la structure et la composition des communautés coralliennes. Par exemple le modèle RDM (Littler & Littler 2007) insiste particulièrement sur l'influence des nutriments dans ces changements alors que d'autres facteurs peuvent être envisagés (McClanahan *et al.* 2003, McManus & Polsenberg 2004, Szmant 2002).

Quelle que soit la cause avancée, la dégradation de la communauté corallienne se traduit par un « phase shift » corail / macroalgue c'est-à-dire par le passage des communautés dominées par les coraux durs à des communautés dominées par les macroalgues.

**Ainsi, un récif en « bonne santé » peut être caractérisé par (McField & Kramer 2007) :**

- Une couverture de corail vivant relativement importante (par rapport au type d'habitat considéré) ; un niveau moyen d'algues encroûtantes calcaires<sup>24</sup> et de turfs algaux (calcaires ou pas) ; une faible couverture en macroalgues non calcaires.
- Le benthos d'un récif en « mauvaise santé » est dominé par les macroalgues (qui se substituent au corail vivant)

D'après Bouchon *et al.* (2008), les récifs coralliens antillais étaient en relatif bon état dans les années 80 (début du déclin en Martinique et en Guadeloupe dans les années 70) mais ils ont depuis perdu **plus de la moitié de leurs coraux**. Il faut ainsi retourner dans les années 50 pour retrouver des récifs non perturbés. Cependant, aucune donnée historique n'est disponible pour cette période. Les premiers suivis, datant du milieu des années 80, n'étaient qu'occasionnels et il faut attendre les années 2000 pour qu'un suivi régulier des récifs coralliens soit mis en place (GCRMN en 2001) en Guadeloupe et en Martinique.

Dans la littérature, de nombreux bioindicateurs sont utilisés pour évaluer l'état de santé de l'écosystème corallien (indices univariés ou multivariés : Cooper *et al.* 2009, Detlefsen 2007, Hodgson 1999, Jameson *et al.* 1998, Kramer 2003). La plupart des indices utilisés sont construits afin de réaliser des comparaisons inter-sites à l'échelle nationale, régionale et/ou mondiale. Les grilles de qualité, lorsqu'elles existent, sont construites pour l'ensemble des sites et ne prennent pas en compte les spécificités plus locales comme par exemple les différences de géomorphologie, hydrodynamisme, confinement etc. qui peuvent exister entre ces derniers. Or, ces facteurs naturels sont déterminants dans la structuration et la composition des communautés benthiques. En outre, la DCE demande de réaliser des classifications des éléments de qualité pour chaque écotype et donc de prendre en compte ces spécificités locales.

D'après Littler *et al.* (1993 : étude en Martinique), la couverture corallienne (coraux hermatypiques) et macroalgale (molles) seraient les meilleurs bioindicateurs pour évaluer le niveau d'eutrophisation (nutriments) et le statut de la population des poissons herbivores.

→ Pour cette raison, les paramètres principaux retenus dans le cadre de l'application de la DCE en Martinique sont basés sur ces deux éléments des communautés coralliennes.

<sup>24</sup> Ces algues facilitent le recrutement corallien

Par leur activité de broutage, les oursins constituent un élément important dans l'écosystème corallien (Mumby *et al.* 2007). En outre, dans les Caraïbes, la densité des oursins *Diadema antillarum* serait corrélée à l'abondance des macroalgues et la couverture corallienne (Myhre & Acevedo-Gutiérrez 2007). Ce paramètre serait également un bioindicateur du potentiel de reprise corallienne (Edmunds & Carpenter 2001). Enfin, d'après Gardner *et al.* (2003), entre 1975 et 2000 une diminution de la couverture corallienne est observée dans la région Caraïbe. Cette baisse particulièrement importante dans les années 80-85 correspondrait à la mortalité massive de *Diadema antillarum* en 1983.

→ Pour ces raisons, les oursins *Diadèmes* sont échantillonnés depuis 2010 en Martinique mais la faible quantité de données disponibles localement ne permet pas encore de réaliser des grilles de qualité adaptées à La Martinique.

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, ceux-ci ne doivent pas être échantillonnés.

### 3.3.1 Paramètres, métriques, indices et grilles de qualité

Comme précisé ci-dessus (3.1 Analyse générale p.119), les paramètres, métriques, indices et grilles de qualité définies en 2009/2010 ont été conservés en 2010/2011.

Pour plus de détails concernant la construction des grilles se référer au rapport suivant : Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2010a.

#### Indice couverture corallienne (

Le pourcentage de couverture corallienne est un des bioindicateurs les plus utilisés lors des programmes de suivi en milieu corallien. Cet élément apparaît comme un **bon indicateur de l'état de santé de l'écosystème sur le long terme** mais semble **peu spécifique aux pressions** (Cooper *et al.* 2009). En effet, plusieurs études ont montrées que la couverture corallienne d'un site diminuait avec la qualité de l'eau, mais dépendait également d'autres facteurs naturels et/ou anthropiques (cyclone, blanchissement, prédation, surpêche, ancrage, sédimentation, travaux littoraux, etc.).

Ainsi, de manière générale dans un récif en bonne santé, la proportion de coraux durs ne doit pas baisser d'une année sur l'autre (McField & Kramer 2007 ; Linton & Warner 2003). En revanche, un récif non perturbé ne se caractérise pas forcément par une couverture importante de coraux (McManus & Polsenberg 2004) : d'autres organismes peuvent être naturellement dominants comme les éponges et les gorgones.

#### ◆ Construction de l'indice et des grilles de qualité :

Pour **une année de suivi donné**, l'indice couverture corallienne est obtenu en moyennant les valeurs obtenues sur les 6 transects. Pour permettre son intégration dans l'indicateur « communautés coralliennes », une classification a été réalisée pour chaque type de masses d'eau (Tableau 27).

Tableau 27 : Grilles de qualité DCE retenues pour la couverture corallienne (% de la couverture totale)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
1	53,3	42,7	21,3	10,7	5,3
2	32,0	25,6	12,8	6,4	3,2
3	60,0	48,0	24,0	12,0	6,0
4	64,3	51,4	25,7	12,9	6,4
5	62,5	50,0	25,0	12,5	6,3
6	64,3	51,4	25,7	12,9	6,4
7	60,0	48,0	24,0	12,0	6,0
EQR	1	0,8	0,4	0,2	0,1

**METRIQUE : Moyenne des couvertures coralliennes annuelles pendant la durée du plan de gestion**

#### Structure de la communauté corallienne : ratio corail/macroalgues

En dehors des pressions anthropiques, la couverture corallienne dépend essentiellement des conditions du milieu (profondeur, hydrodynamisme, exposition, etc.). Ainsi, deux communautés coralliennes subissant les

mêmes pressions anthropiques mais étant soumises à des conditions hydrodynamiques différentes n'auront pas la même structure ni la même composition (donc pas la même proportion de coraux).

En outre, la dégradation du milieu corallien (**eutrophisation, surpêche des herbivores**) se caractérise souvent par des changements de la communauté benthique et notamment, par l'augmentation de la proportion de macroalgues.

Pour cette raison le deuxième indice retenu pour décrire l'état de santé des communautés coralliennes est le ratio « corail vivant (dur) : macroalgues » (ratio utilisé dans McField & Kramer 2007).

Pour une année donnée, ce ratio est calculé en divisant la valeur annuelle (= moyenne des 6 transects) de la couverture corallienne par celle des macroalgues (= moyenne macroalgues molles + moyenne macroalgues calcaires).

Remarques :

- 1) De manière plus rigoureuse, pour une année donnée, le ratio devrait être défini en calculant ce ratio sur chaque transect et en moyennant ces 6 valeurs (= 6 réplicats du même site). Cependant, ceci pose problème lorsque la proportion macroalgale est nulle sur un transect (division par 0). Ce cas de figure ne se produit que très rarement lorsqu'on se situe à l'échelle de la station (couverture macroalgale moyenne rarement égale à 0).
- 2) Si aucune macroalgue n'est observée sur une station (= 6 transects) ce ratio est considéré, arbitrairement, comme étant égal à 100

Pour le calcul de la valeur de référence, une démarche similaire à celle de la couverture corallienne a été adoptée pour la couverture macroalgale. Le quotient de ces deux grandeurs donne ainsi la valeur de référence (Tableau 28).

Tableau 28 : Grilles de qualité DCE retenues pour le ratio corail : macroalgues (sans unité)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
1	12,0	7,9	4,0	2,0	1,0
2	1,3	0,9	0,4	0,2	0,1
3	12,0	7,9	4,0	2,0	1,0
4	8,0	5,3	2,6	1,3	0,7
5	8,0	5,3	2,6	1,3	0,7
6	65,0	42,9	21,5	10,7	5,4
7	15,0	9,9	5,0	2,5	1,2
EQR	1	0,66	0,33	0,165	0,083

**METRIQUE : Moyenne des ratios « corail / macroalgues » annuels pendant la durée du plan de gestion**



Après avoir réalisé différentes simulations sur les données disponibles, il a été choisi d'intégrer cet indice dans la construction de l'indicateur DCE.

### Indice oursins

Par leur activité de broutage, les oursins constituent un élément important dans l'écosystème corallien (Mumby *et al.* 2007). En outre, dans les Caraïbes, la densité des oursins *Diadema antillarum* serait corrélée avec l'abondance des macroalgues et la couverture corallienne (Myhre & Acevedo-Gutiérrez 2007). Ce paramètre serait également un bioindicateur du potentiel de reprise corallienne (Edmunds & Carpenter 2001).

Pour ces raisons, il est proposé d'intégrer un « indice oursins » à l'indicateur « communautés coralliennes » dans le futur. Une grille de qualité définie *a priori* est proposée ci-après (Tableau 31).

Tableau 29 : Grille de qualité « Diadèmes » (Source : McField & Kramer 2007)

Classes	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Densité de Diadèmes (nbre /m <sup>2</sup> )	> 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

### 3.3.2 Métriques

Pour chacun des paramètres décrits ci-dessus la **fréquence de suivi retenue est de 1 fois tous les 3 ans**. Cependant, en raison du temps moyen de réponse des paramètres aux perturbations en milieu insulaire tropical, **une fréquence annuelle pourrait être plus pertinente** pour permettre de relier les pressions identifiées aux changements des communautés (cas d'évènements météorologiques exceptionnels). L'échantillonnage doit se dérouler à la même période de l'année et à une même profondeur (la même que celle définie pour établir la grille de qualité). Pour le paramètre oursin, il est également préconisé de réaliser l'échantillonnage à des heures standardisées (entre 10h00 et 14h00).

**Métrique retenue** : la **moyenne** de chaque paramètre sur la durée du plan de gestion (6 ans)

### 3.3.3 Agrégation des indices et mise au point de l'indicateur « communautés coralliennes »

Le calcul de l'indicateur « communautés coralliennes », est réalisé en **moyennant les valeurs des EQR** obtenues pour les indices « **couverture corallienne** » et « **ratio corail : macroalgues** ». 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 30 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indicateur nutriments en Martinique (=EQR)

Indicateur =	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
EQR	1,00	0,73	0,37	0,18	0,09

### 3.4 Élément de qualité : flore aquatique – Herbier (MEC)

#### 3.4.1 Paramètres/métriques/indices retenus et pressions associées

##### *Indice d'état général de l'herbier*

Des éléments complémentaires sur le lien entre la présence de *Syringodium filiforme* et les pressions anthropiques (eutrophisation) en Martinique doivent être acquis afin de valider le déclassement des herbiers mixtes (la présence de *Syringodium filiforme* pourrait être liée à des conditions naturelles plutôt qu'anthropiques ?). En outre, le caractère qualitatif de cet indice ne semble pas compatible avec les exigences DCE.

→ Il est donc proposé d'écarter cet indice de la construction de l'indicateur DCE, mais il est tout de même proposé de continuer de noter cet indice à titre indicatif en attendant d'accumuler des connaissances complémentaires sur les herbiers de Martinique. Les caractéristiques de cet indice pourront éventuellement être affinées dans l'avenir.

##### *Autres paramètres*

À la lumière de l'analyse bibliographique et des données collectées en Martinique, d'autres paramètres et méthodologies ont été retenus (Tableau 31). Parmi ces paramètres, la densité des plants est un élément très souvent échantillonné dans les herbiers de *Thalassia testudinum*. Ainsi, plusieurs études montrent le lien entre ce paramètre et le niveau d'eutrophisation de l'herbier (Cf. Tableau 32).

*Remarque : Tous ces paramètres peuvent également varier selon les conditions environnementales (profondeur, hydrodynamisme, cyclone, arrivée d'eau douce, variation de salinité et température, herbivorie, etc.) qui peuvent elles-mêmes être accentuées par l'action de l'homme. L'identification précise des pressions n'est donc pas aisée.*

Ainsi, la **surface de l'herbier** apparaît comme un paramètre intéressant pour évaluer l'extension ou la régression éventuelle de l'herbier (recommandé dans : McField & Kramer 2007). Cependant, les herbiers de la côte caraïbe se caractérisent souvent par une répartition en patchs difficile à échantillonner en plongée. Il est également possible d'utiliser des techniques vidéo, des outils aéroportés ou mêmes satellitaires, mais la mise en œuvre de cet échantillonnage semble peu compatible avec un suivi régulier.

Conformément aux recommandations de 2009/2010 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2010a), un autre paramètre a été échantillonné en 2010 : **le type de limite inférieure** (régressive, progressive ou franche). Cet élément traduit la régression, la progression ou la stabilité de l'écosystème (Gobert *et al.* 2008) et est évalué en plongée dans les herbiers de Posidonie. A la lumière des observations terrain réalisées cette année, il apparaît que ce paramètre n'est pas toujours aisé à évaluer dans le cas d'herbier mixte *Thalassia testudinum* / *Syringodium filiforme* (pas de présence de mat) et/ou d'herbier en patch.

→ Il est donc proposé de continuer, dans la mesure du possible, à relever cette information mais il apparaît difficile d'intégrer ce paramètre tel quel dans le futur indicateur herbier.

**Tableau 31 : Paramètres quantitatifs proposés et causes de dégradations (à confirmer avec études complémentaires)**

Paramètres	Méthodologie de suivi	Sources de stress (liste non exhaustive)	Réponse au stress
Proportion relative de plants de <i>Thalassia testudinum</i> et <i>Syringodium filiforme</i>	Méthodologie actuelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eutrophisation</li> </ul>	➤ Diminution
Densité des plants de <i>Thalassia testudinum</i>	Méthodologie actuelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baisse de la transparence de l'eau / enfouissement</li> <li>Elimination physique directe : ancrage, engin de pêche type chalut, construction côtières</li> <li>Eutrophisation</li> </ul>	➤ Diminution
Hauteur de la canopée de <i>Thalassia testudinum</i>	Méthodologie actuelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eutrophisation</li> <li>Baisse de la transparence de l'eau</li> </ul>	➤ Augmentation jusqu'à un certain niveau (herbier mixte) puis diminution liée à la mort progressive des plants
Couverture macroalgale	Méthodologie actuelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eutrophisation</li> </ul>	➤ Augmentation
Limite inférieure de l'herbier (profondeur)	Gobert <i>et al.</i> 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baisse de la transparence de l'eau</li> <li>Modification de la dynamique sédimentaire</li> <li>Eutrophisation</li> <li>Elimination physique directe : ancrage, engin de pêche type chalut, construction côtières</li> </ul>	➤ La profondeur diminue

**Tableau 32 : Densités des plants de *Thalassia testudinum* relevées dans la littérature et lien avec le niveau d'eutrophisation**

Valeurs	Liens établis avec le niveau d'eutrophisation	Références bibliographiques
150 plants/m <sup>2</sup> à Curaçao et plus de 1000 à Belize	--	CARICOMP 1997
277 à 305 plants/m <sup>2</sup> à Bocas del Toro (Panama)	Lien faible avec la concentration en azote mesurée dans <u>les sédiments</u>	Carruthers <i>et al.</i> 2005
500-600 plants/m <sup>2</sup> soit la plus grande densité observée à Sarasota Bay (Floride)	Correspond au secteur avec le moins d'apport en azote (Moyenne annuelle en azote total dans l'eau = 42 M)	Tomasko <i>et al.</i> 1996
≈ 900 plants/m <sup>2</sup> 450-600 plants/m <sup>2</sup> en Jamaïque	→ Sites oligotrophes → Sites eutrophes	Green & Webber 2003

**Fréquence de suivi préconisé : 1 fois tous les 3 ans** à la même période de l'année et à une même profondeur (la même que celle définie pour établir la grille de qualité). Cependant, en raison du temps moyen de réponse des paramètres aux perturbations en milieu insulaire tropical, une fréquence annuelle pourrait être plus pertinente pour permettre de relier les pressions identifiées aux changements de l'écosystème (cas d'évènements météorologiques exceptionnels).

**Métrique retenue :** la **moyenne** de chaque paramètre sur la durée du plan de gestion

### 3.4.2 Valeur de référence et valeurs seuils

Les herbiers « référence » ont été échantillonnés pour la première fois lors de la campagne 2009 et ont été ré-échantillonnés une fois en 2010. Ces données ne sont pas encore suffisantes pour déterminer des conditions de référence valides. En outre, peu de données existent sur les herbiers en Martinique et surtout très peu sont exploitables dans un cadre DCE. De même, parmi les études recensées dans le reste de la région Caraïbe, aucun site ne semble directement comparable à ceux échantillonnés en Martinique. Par exemple, pour un niveau d'eutrophisation donné, la densité des plants de *Thalassia* peut être très variable selon le lieu considéré (ex : Floride et Jamaïque, Cf. Tableau 32)

### 3.4.3 Construction de l'indicateur

Pour les mêmes raisons (trop peu de données, etc.) la construction d'un indicateur comparable à ceux mis au point en métropole (PREI, POMI, etc. basé sur des formules, analyses multivariées, etc.) semble prématurée et nécessite des échantillonnages complémentaires sur ces sites, mais également sur des sites complémentaires.

## 3.5 Élément de qualité : faune endogée (MET)

### 3.5.1 Paramètres, métriques, indices

Dans le cadre des suivis DCE de l'élément biologique « faune endogée », différents paramètres sont suivis :

- **Liste faunistique** des espèces présentes
- **Densité** totale et par espèce / par réplicats / 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

Ces paramètres sont ceux recommandés par l'IFREMER dans le cadre de la DCE pour les lagunes côtières (Guillaumont & Gauthier 2005).

**Ces paramètres sont ceux retenus dans le cadre des suivis DCE des masses d'eau de transition en Martinique.**

À partir de ces paramètres différents indices sont calculés :

- Des indices de diversité (Shannon-Weaver H', richesse spécifique)
- Des indices biotiques AMBI et M-AMBI

Ces indices ont été choisis par de nombreux pays et notamment en métropole dans le cadre du suivi DCE des masses d'eau de transition. En effet, ils sont utilisés dans de nombreuses études comme indicateur écologique de l'état de santé des écosystèmes. Notamment, AMBI a été mis en relation avec une large gamme de sources de perturbations : forages, rejet de plateformes pétrolières, travaux de génie civil portuaire, émissaires marins, constructions littorales (port, dock), pollution aux métaux lourds, eutrophisation, dragage, rejets diffus de polluants divers, extraction de sable, aquaculture, etc (Borja & Muxika 2004). Il semble être particulièrement adapté pour mettre en évidence un gradient temporel et spatial.

**Fréquence de suivi préconisé : 1 fois tous les 3 ans** à la même période de l'année et à une même profondeur (la même que celle définie pour établir la grille de qualité). Cependant, en raison du temps moyen de réponse des paramètres aux perturbations en milieu insulaire tropical, une fréquence annuelle pourrait être plus pertinente pour permettre de relier les pressions identifiées aux changements de l'écosystème (cas d'évènements météorologiques exceptionnels).

**Métrique retenue :** pas de calcul spécifique sur la durée du plan de gestion : tous les réplicats de toutes les campagnes sur une durée de 6 ans sont intégrées à l'indicateur

### 3.5.2 Indicateur

M-AMBI, basé sur une analyse factorielle combinant les indices de diversité et l'indice AMBI, est largement utilisé dans la littérature afin de détecter la dégradation de la qualité des milieux. Cet indice a également 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).

Pour ces raisons et à la lumière des résultats obtenus en 2008, 2009 et 2010 dans le cadre des suivis DCE en Martinique

→ **Les indices : richesse spécifique, diversité de Shannon-Weaver et AMBI**

→ **L'indicateur M-AMBI combinant ces trois indices**

**sont retenus pour l'évaluation de qualité des masses d'eau de transition en Martinique.**

### 3.5.3 Valeurs de référence, valeurs seuils et EQR

L'ensemble des indices et indicateurs définis ci-dessus sont calculés grâce au logiciel AZTI (Borja & Azti - Tecnia's Team 2010) adapté à la problématique DCE.

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

3. 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)
4. 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).
5. 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): 0,85-0,55-0,39-0,20.

*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)*

→ **Tous ces éléments peuvent être modifiés manuellement dans le logiciel afin de s'adapter au mieux à la zone étudiée**

◆ **Le deuxième point (=définition des conditions de référence par le logiciel) implique que :**

- Si l'on traite plusieurs années simultanément, les conditions de référence peuvent être modifiées à chaque nouvelle année échantillonnée si les données de cette dernière année sont « meilleures » pour les 3 indices considérés.
- si l'on traite une seule année à la fois seules les valeurs de cette année serviront à établir les conditions de référence
- et enfin et surtout cela implique qu'il faut avoir parmi les stations échantillonnées un site de référence au sens de la DCE c'est à dire ne subissant que très peu d'influence anthropique.

→ **Ainsi, que l'on traite une année isolée ou l'ensemble des années échantillonnées<sup>25</sup>, il est nécessaire d'adapter ces valeurs aux conditions locales en intégrant a minima l'ensemble du jeu de données disponibles en Martinique pour en extraire :**

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

**qui détermineront les valeurs de référence**

A partir des données 2008/2010, des grilles provisoires ont pu être établies pour les différents indices et indicateurs (Tableau 34).

- La grille AMBI<sup>26</sup> est issue de Borja *et al.* 2000 et la valeur de référence est extraite du jeu de données DCE 2008/2010
- Diversité et richesse spécifique : grilles non définies ; les valeurs de référence sont extraites du jeu de données DCE 2008/2010
- Grille de M-AMBI issue du travail de pré-intercalibration de l'écorégion Nord-Atlantique dans lequel les seuils pour l'Espagne ont été réajustés (Borja *et al.* 2007)

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

<sup>25</sup> Rappel : pour calculer l'indicateur DCE, il faut considérer toutes les années du plan de gestion

<sup>26</sup> Seuils non modifiables dans le logiciel AZTI v4.1

**Tableau 33 : Grilles de qualité « provisoires » DCE retenues pour l'indice AMBI (issue 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
<b>AMBI</b>	1,09	1,2*	3,3*	4,3*	5,5*	6
<b>Diversité</b>	4,8117	ND	ND	ND	ND	0
<b>Richesse spécifique</b>	56	ND	ND	ND	ND	0
<b>M-AMBI = EQR</b>	1	0,85	0,55	0,39	0,20	0

Ces grilles devront être réévaluées à la lumière de données complémentaires recueillies en Martinique et/ou dans la région Caraïbe afin de déterminer notamment les conditions de référence pour tous les indices.

En outre, des études complémentaires de l'endofaune en Martinique en rapport avec les sources de pressions identifiées seront nécessaires pour réaliser ce travail (définition des valeurs seuils et des valeurs de référence).

### 3.6 Eléments de qualité physicochimique (MEC + MET)

Les paramètres physicochimiques étant considérés comme des paramètres de soutien et d'interprétation des paramètres biologiques, ils ne font pas l'objet d'indicateurs, à l'exception de l'oxygène dissous (Belin *et al.* 2007, Pellouin-Grouhel *et al.* 2006). En outre, un indicateur « température » et « nutriment » ont été développés depuis peu par l'IFREMER (Daniel & Soudant 2009a ; Daniel & Soudant 2009b). Ces deux derniers indicateurs ne seraient pas transposables dans les DOM, alors que la transposition de l'indicateur oxygène est envisageable (Tableau 34).

*Remarque : il n'existe pas de groupe d'intercalibration européen pour les paramètres physicochimiques.*

Etant donné la quantité et la qualité des données disponibles en Martinique, il a été choisi de mettre en place :

- 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
- des grilles de qualité des paramètres température et salinité en 3 classes.

**Tableau 34 : Etat d'avancement des indicateurs physicochimiques en métropole (Source : Daniel 2009a)**

Indicateurs	Etat d'avancement en métropole	Transposition directe possible dans les DOM
Oxygène dissous	Défini	Oui
Température	Défini	Non
Salinité	Non définis	-
Turbidité	Non définis	-
Nutriments	Défini (provisoire)	Non

#### 3.6.1 Indicateur oxygène

##### *Paramètres, indices, métriques et indicateurs*

L'oxygène dissous est un paramètre vital pour les êtres vivants marins. Les phénomènes d'anoxie sont souvent observés après des blooms phytoplanctoniques ou macroalgues (décomposition de la biomasse) liés à un épisode d'enrichissement du milieu et à des conditions de température et de luminosité propices. Ces phénomènes d'anoxie peuvent entraîner la mort des autres organismes.

Deux paramètres sont mesurés lors des suivis DCE : l'oxygène dissous et le pourcentage de saturation en oxygène. La concentration (= teneur absolue) en oxygène dissous représente l'oxygène disponible pour les organismes vivants dans la masse d'eau. Le pourcentage de saturation, exprimé en %, prend en compte la solubilité, elle-même fonction de la température et de la salinité (Aminot & Chaussepied 1983).

Les deux jeux de données DCE ont été analysés (simulation de grilles de lecture). Cette analyse a parfois donné des conclusions contradictoires (en particulier dans les MET). Pour cette raison et comme cela avait déjà été fait en 2009/2010, il est préconisé de ne conserver que le paramètre « **concentration en oxygène dissous**<sup>27</sup> » (en mg l<sup>-1</sup>).

**La métrique retenue est le percentile 10 de l'ensemble des données recueillies pendant 6 ans (toute l'année, fréquence trimestrielle).**

<b>Durée d'échantillonnage</b>	6 ans
<b>Fréquence d'échantillonnage</b>	Trimestrielle
<b>Période d'échantillonnage</b>	toute l'année

*Remarque : En fonction des connaissances acquises sur le phytoplancton, la fréquence et la période d'échantillonnage pourront être adaptées dans le futur (même plan d'échantillonnage que le phytoplancton)*

<sup>27</sup> C'est également le paramètre qui a été retenu en métropole

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

La formule du percentile 10 étant la suivante :

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

avec	
$P_{10}$	valeur du percentile 10
$x_1, x_2, \dots, x_n$	valeurs ordonnées du paramètre oxygène dissous mesuré au fond de la colonne d'eau
$n$	nombre total de valeurs $x$
$p = 0,1$	
$np = j + g$	$j$ partie entière et $g$ partie fractionnaire de $np$

### Extraction des données pour le calcul des valeurs de référence et des grilles de qualité

Rappel : UNE mesure par campagne et par profondeur est effectuée dans chaque site à chaque campagne

Pour réaliser le calcul des valeurs de référence et définir les grilles de qualité, la procédure suivante a été suivie :

- 1) les valeurs incertaines (anomalie de la sonde sur le terrain) ont été retirées du jeu de donnée
- 2) la totalité des teneurs d'oxygène dissous mesurées sur la colonne d'eau (tous les 2 m) ont été conservées.

### Définitions des valeurs de référence, des valeurs seuils et des EQR

Le calcul des valeurs de référence par type de masses d'eau a été réalisé ainsi :

- Pour les masses d'eau côtières : la **valeur maximale** du jeu de données DCE disponibles pour l'ensemble des sites a été retenue
- Pour les masses d'eau de transition : la **valeur maximale** du jeu de données DCE disponibles pour l'ensemble des sites **en excluant** les données du site « **Etang des Salines** » (site particulier) a été choisie.

Pour les grilles de qualité, plusieurs essais ont été réalisés. Une classification commune à tous les types de masses d'eau côtières s'est révélée pertinente. Une classification distincte a été réalisée pour les masses d'eau de transition (Tableau 35). **Ces grilles sont identiques à celles définies en 2009/2010.**

**Tableau 35 : 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
<b>1 à 7 (MEC)</b>	8,72	6,0	5,0	4,0	3,0
EQR	1	0,69	0,57	0,46	0,34
Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
<b>8 (MET)</b>	8,40	5,0	4,0	3,0	2,0
EQR	1	0,60	0,48	0,36	0,24

### 3.6.2 Indicateur nutriments

La mesure de la concentration des éléments nutritifs permet de quantifier le niveau d'eutrophisation d'un milieu à un temps donné. En Martinique 4 paramètres sont suivis dans le cadre DCE : l'ammonium, les nitrites, les nitrates et les orthophosphates. Les trois premiers sont additionnés pour donner une mesure de l'azote inorganique dissous (DIN en  $\mu\text{mol l}^{-1}$ ).

Ainsi, dans le cadre de l'évaluation de l'état physicochimique des masses d'eau en Martinique 2 indices physicochimiques ont été retenus : l'indice « orthophosphates » et l'indice DIN.

**En raison du faible nombre de données disponibles et de la grande variabilité des valeurs, la métrique retenue, pour l'instant, est la moyenne de l'ensemble des données recueillies pendant 6 ans (toute l'année, fréquence trimestrielle).**

Durée d'échantillonnage	6 ans
Fréquence d'échantillonnage	Trimestrielle
Période d'échantillonnage	toute l'année

*Remarque : En fonction des connaissances acquises sur le phytoplancton, la fréquence et la période d'échantillonnage pourront être adaptées dans le futur (même plan d'échantillonnage que le phytoplancton).*

**En métropole (source : Daniel & Soudant 2009b) :**

L'indicateur DCE nutriment est défini comme étant la combinaison des indices : ammonium, nitrate, nitrite, phosphate et silicate. Cependant, la pertinence des indices phosphate et silicate est toujours à l'étude. Ainsi, actuellement, l'indicateur nutriments intègre uniquement les concentrations en DIN.

En outre, la métrique de l'indice DIN est la concentration normalisée à 33 de salinité de l'ensemble des mesures effectuées dans un écotype sur l'ensemble du plan de gestion (une droite de dilution a été réalisée avec l'ensemble des données acquises durant le plan de gestion pour chaque écotype). Si moins de 18 mesures sont disponibles, aucune évaluation n'est effectuée.

Les valeurs seuils et la valeur de l'indice DIN sont déterminées grâce à une courbe associant les concentrations de DIN normalisées de 3 écotypes « témoins » aux percentiles 90 de chlorophylle sous forme d'EQR

#### Valeurs seuils et de référence

D'après l'analyse statistique (Cf. D. 2 Analyse globale et traitements statistiques p.108), les facteurs spatiaux n'ont que peu d'influence sur les paramètres « orthophosphates » et DIN (peu ou pas d'effet du facteur « type de ME »). En outre, le nombre de données disponibles depuis 2007 pour chaque site DCE est faible (entre 7 et 11 valeurs avec plus de campagnes en octobre).

Pour ces raisons, les grilles ont été construites à partir des données de terrain, des données de la bibliographie et, de manière à être les plus cohérentes possibles avec les données biologiques. **Les grilles de 2009/2010 s'étant révélées trop peu discriminantes, les seuils ont été modifiés.**

Plusieurs essais ont été réalisés.

- **Pour les orthophosphates** : une classification commune à toutes les ME s'est révélée la plus pertinente (Tableau 36).

**Pour le DIN** : 2 grilles se sont révélées pertinentes. Ainsi, les ME de type 8 étant systématiquement des mangroves de fond de baies (excepté le site d'Etang des Salines qui doit être considéré à part), il est proposé une grille commune aux type 1 et 8 (Tableau 37). Une grille commune aux autres MEC s'est révélé pertinente.

**Tableau 36 : 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	0,20	0,40	0,80
EQR	1	0,50	0,250	0,125	0,063

Tableau 37 : 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
EQR	1	0,583	0,233	0,117	0,058

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
2 à 7	0,15	0,3	1	2,5	4
EQR	1	0,500	0,150	0,060	0,038

**Agrégation des indices (calcul de l'indicateur) et grille de l'indicateur**

Tout comme en 2009/2010, le calcul de l'indicateur « nutriment » est réalisé en **moyennant les valeurs des EQR** obtenues pour les indices « orthophosphates » et **DIN**. La grille de l'indicateur est également construite en moyennant les valeurs seuils de ces deux indices (Tableau 38).

Dans la mesure, où la pertinence de ces indices ne peut pas encore être évaluée (trop peu de données), il a été choisi cette année de conserver ce mode de combinaison qui est apparu cohérent dans la plupart des cas (Tableau 39). Des essais réalisés en utilisant le principe de l'élément déclassant n'ont pas été satisfaisants.

Tableau 38 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indicateur « nutriments » 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

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
2 à 7	1	0,50	0,20	0,09	0,04

Tableau 39 : Valeurs et états correspondants des indices DIN et orthophosphates et de l'indicateurs nutriments pour la totalité des stations DCE (données 2007/2010 : grilles de qualité 2009/2010)

	Baie du Marin	Baie du Trésor	Banc Gamelle	Ilet à Rats	Caye Pariadis	Loup Ministre	Pinsonnelle	Loup Garou	Cap St Martin	Loup Caravelle
DIN (indice)	5,61	2,26	0,83	1,94	0,98	2,46	2,60	2,82	0,65	0,40
	Mediocre	Moyen	Bon	Moyen	Bon	Moyen	Mediocre	Mediocre	Bon	Bon
Orthophosphates (indice)	0,14	0,33	0,35	0,38	0,09	0,09	0,49	0,41	0,98	0,13
	Bon	Moyen	Moyen	Moyen	Très Bon	Très Bon	Mediocre	Mediocre	Mauvais	Bon
Nutriments (EQR)	0,21	0,15	0,28	0,16	0,36	0,31	0,08	0,09	0,14	0,39
	Moyen	Moyen	Bon	Moyen	Bon	Bon	Mediocre	Mediocre	Moyen	Bon

	Cap Salomon	Fond Boucher	Corps de Garde	Pointe Borgnesse	Rocher du Diamant	Baie des Requins	Baie du Lamentin	Étang des Salines	Trou Manuel
DIN (indice)	0,88	0,54	1,78	1,84	5,46	2,10	2,96	5,04	5,89
	Bon	Bon	Moyen	Moyen	Mediocre	Moyen	Moyen	Mediocre	Mediocre
Orthophosphates (indice)	0,20	1,05	0,72	0,41	0,35	0,15	0,41	0,82	0,61
	Bon	Mauvais	Mediocre	Mediocre	Moyen	Bon	Mediocre	Mauvais	Mediocre
Nutriments (EQR)	0,21	0,16	0,08	0,10	0,08	0,25	0,12	0,07	0,07
	Bon	Moyen	Mediocre	Moyen	Mediocre	Bon	Mediocre	Mediocre	Mediocre

### 3.6.3 Indicateur de transparence

Tout comme en métropole (Pellouin-Grouhel *et al.* 2006), la turbidité est le seul paramètre choisi pour mesurer la transparence des eaux pour les suivis DCE en Martinique et en Guadeloupe.

Une augmentation de la turbidité peut traduire :

- Une quantité importante de matières en suspension (érosion, lessivage des sols, etc) ;
- Une concentration élevée en cellules planctoniques (blooms phytoplanctoniques)
- Une pollution

Et peut être liée à des phénomènes naturels (hydrodynamisme, météorologie, etc) ou avoir des causes anthropiques (eutrophisation, sources industrielles, domestiques ou agricoles, certaines pratiques de pêche comme le dragage).

Une eau turbide est généralement plus chaude (absorption de la chaleur) et plus salée<sup>28</sup> (évaporation plus importante). Cooper *et al.* (2008) considère que, sur le long terme, au-delà de 3 NTU ( $\approx$  5 FNU), l'écosystème corallien subit un stress sub-létal et au-delà de 5 NTU ( $\approx$  8,33 FNU) les coraux, même à faibles profondeurs, subissent un stress sévère (altérations graves voire mortalité).

**En raison du faible nombre de données disponibles et de la grande variabilité des valeurs, la métrique retenue, pour l'instant, est la moyenne de l'ensemble des données recueillies pendant 6 ans (toute l'année, fréquence trimestrielle).**

Durée d'échantillonnage	6 ans
Fréquence d'échantillonnage	Trimestrielle
Période d'échantillonnage	toute l'année

*Remarque : En fonction des connaissances acquises sur le phytoplancton, la fréquence et la période d'échantillonnage pourront être adaptées dans le futur (même plan d'échantillonnage que le phytoplancton)*

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

#### Valeurs seuils et de référence

Les valeurs de référence retenues pour les MEC ont été fixées à partir des valeurs minimales observées durant ces 4 années de suivis. Les grilles ont été construites à partir des données de terrain, des données de la bibliographie et, de manière à être les plus cohérentes possibles avec les données biologiques. Plusieurs essais ont été réalisés. Trois classifications se sont révélées pertinentes : masses d'eau côtières hors baies, baies et masses d'eau de transition (Tableau 40).

**Les grilles de 2009/2010 s'étant révélées trop peu discriminantes, les seuils ont été modifiés en 2010/2011.**

Tableau 40 : Grilles de qualité DCE retenues pour l'indice turbidité

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
1	0,2	0,3	0,6	1,5	5
EQR	1	0,667	0,333	0,133	0,040
Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / moyen état	Limite moyen / médiocre état	Limite médiocre / mauvais état
2 à 7	0,1	0,15	0,4	1	4
EQR	1	0,667	0,250	0,100	0,025
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

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

<sup>28</sup> Sauf si la turbidité est liée à un apport important d'eau douce, ce qui est souvent le cas en milieu insulaire tropical

### 3.6.4 Indicateurs température et salinité

La température de l'eau est le paramètre principal, avec la salinité, qui affecte la densité des masses d'eau, il est donc important de le mesurer. Elle change en fonction des variations diurne / nocturne, de la météorologie, des saisons, et de la profondeur.

Les Antilles françaises sont situées dans une région tropicale où l'on enregistre des températures moyennes assez élevées mais avec une variation peu importante. Il n'existe cependant pas de valeurs de référence établies pour la température de l'eau. En Martinique les températures de l'eau enregistrées dans les masses d'eau côtières varient entre environ 26°C et 31.5°C (données relevées lors des suivis RNO et DCE). Mais il faut noter que lorsque la température de l'eau dépasse les 30°C, comme cela a été le cas durant l'hivernage 2005 (août-septembre-octobre), les écosystèmes côtiers s'en trouvent affaiblis. Ainsi, en septembre 2005, une grande part des colonies coralliennes a subi un épisode de blanchissement et des éponges (*Xestospongia muta* notamment) ont montré des signes de nécroses. Le mécanisme précis de la mortalité chez les coraux et les spongiaires n'est pas encore bien connu dans les Caraïbes, mais le phénomène de blanchissement semble être réversible si les températures élevées ne se prolongent pas plus de 2 mois.

De même des variations de salinité importantes peuvent avoir un impact sur les écosystèmes (coralliens, herbiers et mangroves). Ces variations de salinité sont essentiellement d'origine naturelle (pluies importantes) mais peuvent tout comme pour la température être localement d'origine anthropique : industrie rejetant de l'eau chaude et/ou dessalée (ex : centrale thermique).

**Pour ces raisons, et dans un contexte de réchauffement climatique global, il a été retenu que la température et la salinité ne soient pas des paramètres physicochimiques déclassants dans le cadre des suivis DCE (contrôle de surveillance) sauf si une source de pression anthropique est identifiée (à intégrer dans le contrôle opérationnel, Cf. Annexe 6).**

**Dans le cas du contrôle de surveillance, ces deux paramètres seront uniquement utilisés pour affiner l'interprétation des données biologiques. Ces deux paramètres ne sont pas déclassants.**

## 3.7 Règles d'agrégation

Ces règles d'agrégation sont fixées en France depuis janvier 2010 (MEEDDM 2010b, Cf. Annexe 7 du présent document). Elles sont explicitées et discutées dans le présent chapitre. **Les choix réalisés cette année sont identiques à ceux de 2009/2010.**

### 3.7.1 Évaluation de l'état des éléments de qualité

#### Éléments biologiques

##### ◆ Au sein des éléments biologiques

D'après l'arrêté ministériel (MEEDDM 2010b), l'état d'un élément de qualité biologique (phytoplancton, communautés coralliennes et herbiers) est défini selon le principe du **paramètre / indice 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.

Notons, qu'en pratique cette règle n'est pas toujours appliquée en métropole : la notion « d'indicateur » qui est la combinaison des indices selon une règle définie a été privilégiée (moyenne des EQR, équations, etc.).

En effet, conformément aux recommandations du Working Group 2a (2005), pour un élément de qualité donné les paramètres / indices (Cf. Figure 66) :

- ne peuvent pas être combinés s'ils ont été identifiés comme étant sensibles à des pressions différentes ; dans ce cas on utilise le principe du paramètre déclassant (après une éventuelle combinaison des paramètres répondant à la même pression)
- peuvent être combinés s'ils répondent à plusieurs pressions (cas des paramètres identifiés en Martinique pour les écosystèmes coralliens et les herbiers).

**Pour cette raison, la règle d'agrégation choisie en Martinique est celle de la combinaison (= construction d'indicateur au sens DCE, Cf. les chapitres précédents).**

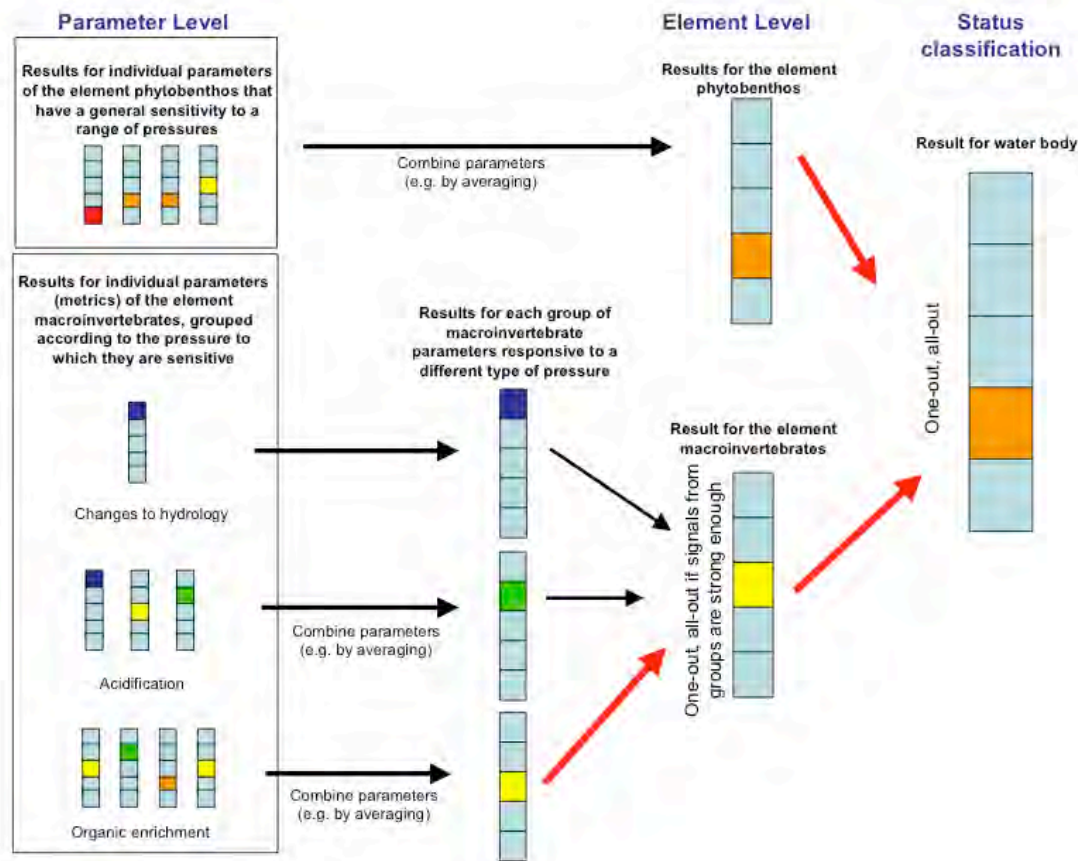


Figure 66 : Exemples de règles d'agrégation des paramètres / indices pour obtenir l'état biologique d'une masse d'eau selon leur relation avec les pressions identifiées (extrait de : Working Group 2a 2005)

#### ◆ Entre les éléments biologiques

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

#### **Éléments physico-chimiques généraux**

##### ◆ Au sein des éléments physico-chimiques généraux

D'après l'arrêté ministériel (MEEDDM 2010b), l'état d'un élément de qualité physicochimique général est défini selon le principe du **paramètre/indice déclassant assoupli** c'est à dire qu'il correspond à la plus basse des valeurs de l'état des paramètre/indices constitutifs de cet élément de qualité sauf dans le cas suivant (les deux conditions doivent être réunies) :

- tous les éléments de qualité biologique et les autres éléments de qualité physico-chimique 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.** »

Attention ! Cet « assouplissement » ne s'applique pas au paramètre « nitrate ».

Pour les mêmes raisons qu'évoquées dans la partie « Éléments biologiques », **la règle d'agrégation choisie en Martinique est celle de la combinaison (= construction d'indicateur au sens DCE).**

##### ◆ Entre les éléments physico-chimiques généraux

D'après l'arrêté, la règle d'agrégation des éléments de qualité physicochimiques généraux est le principe de **l'élément de qualité déclassant**. C'est l'élément qui est dans le « moins bon état » qui détermine l'état physicochimique général d'une masse d'eau.

### 3.7.2 Agrégation des éléments de qualité dans la classification de l'état écologique « partiel »

Le schéma suivant (Figure 67) 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 répondra à ce schéma.**

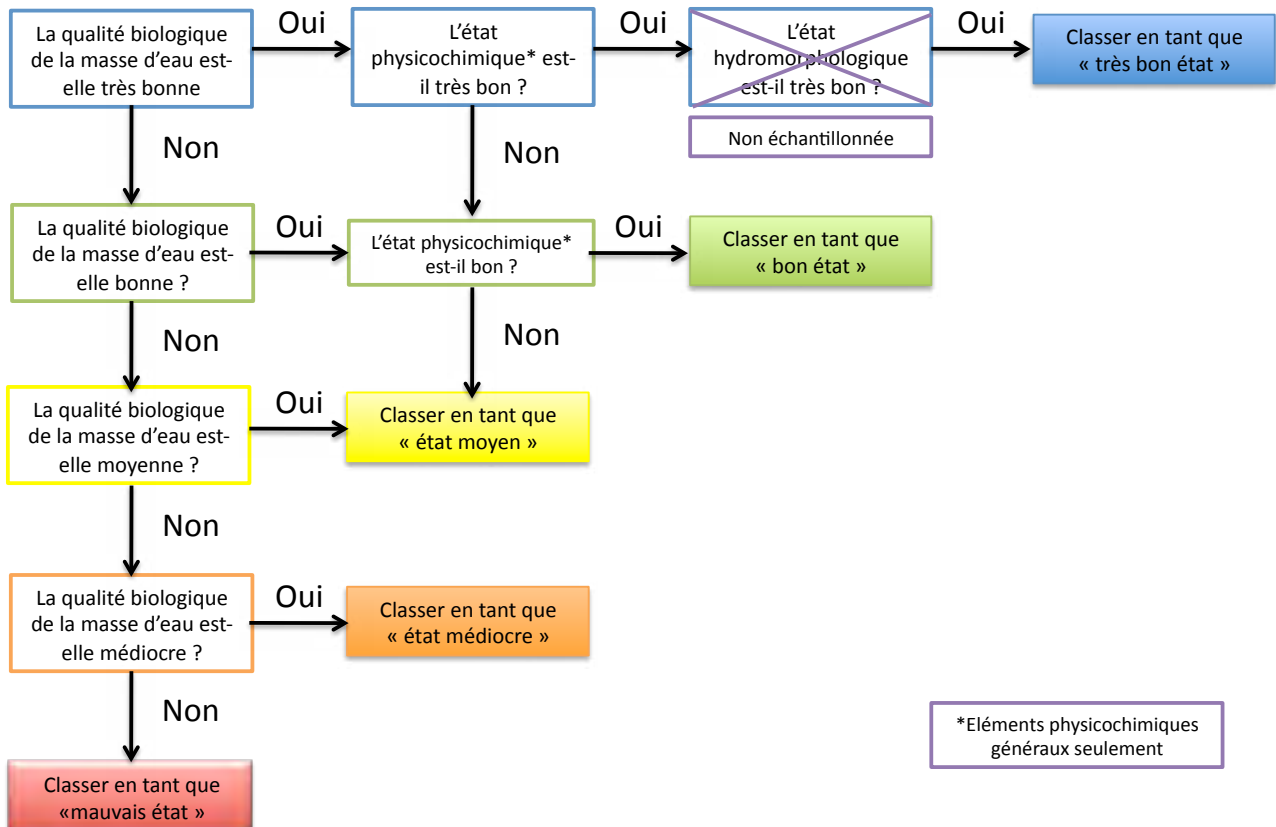


Figure 67 : Rôles respectifs des éléments de qualité biologique et physicochimique dans la classification de l'état écologique partiel d'une masse d'eau (réinterprétation de la Figure 3 du présent document)

### 3.7.3 Agrégation des éléments de qualité écologiques et chimiques dans la classification de l'état global d'une masse d'eau

Lorsque l'échantillonnage des éléments de qualité hydromorphologique, des polluants spécifiques de l'état écologique et éléments de qualité chimique seront réalisés, la classification de l'état global des masses d'eau en Martinique répondra au schéma suivant (Figure 68).

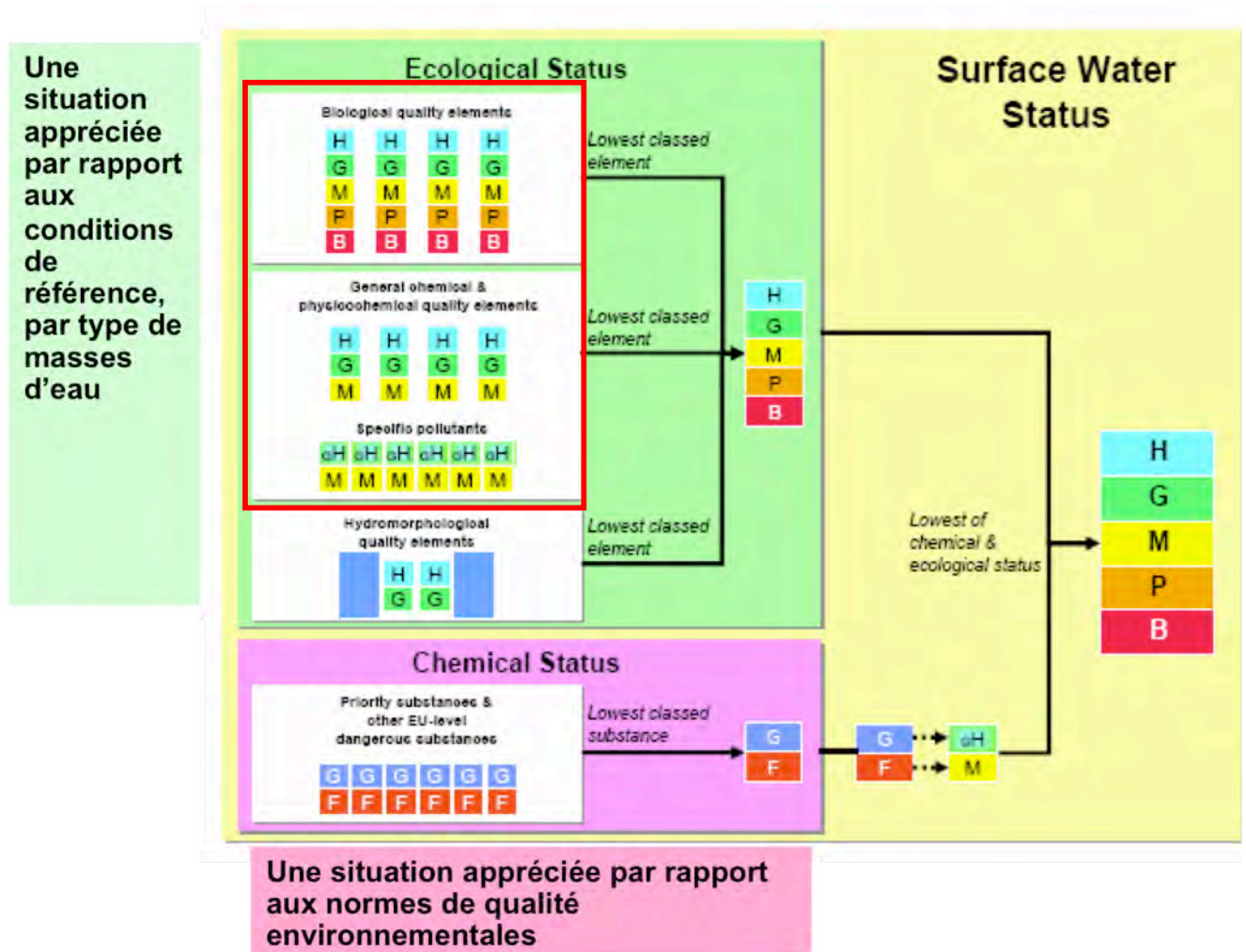


Figure 68 : Méthode d'agrégation des éléments DCE permettant d'obtenir l'état général d'une masse d'eau. L'encadré rouge concerne l'état écologique partiel (extrait de : Ximénès 2009)

### 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 8 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.**

Concernant l'état écologique, différentes procédures sont proposées en fonction du niveau de connaissances de la masse d'eau concernée :

1. Un outil de modélisation mécanique / déterministe reconnu et validé → non disponible en Martinique ;
2. À partir des données « milieux » des masses d'eau appartenant au même type et soumises aux mêmes pressions : l'état de la masse d'eau non suivie correspond à la classe d'état écologique dominante de l'ensemble des masses d'eau suivies (on calcule la proportion de masses d'eau dans chaque classe d'état écologique) → applicable en Martinique avec des connaissances complémentaires sur les pressions auxquelles est soumise chaque masse d'eau ;
3. À partir des données « pressions » physicochimiques et hydromorphologiques
  - « 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. »

→ applicable en Martinique avec une caractérisation plus précise des pressions (caractérisation, quantification, hiérarchisation) auxquelles est soumise chaque masse d'eau.

4. Si aucune information n'est disponible sur la masse d'eau non suivie au titre de la DCE, aucun état écologique n'est attribué à la masse d'eau.

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 .**

### 3.9 Bilan : Fiches « Indicateurs » par type de Masses d'eau

Le bilan des indices, grilles de qualité et indicateurs est présenté ci-après sous la forme de fiche par masse d'eau. Ces dernières seront utilisées pour l'évaluation des masses d'eau dans le cadre du suivi de surveillance (Cf. rapport de surveillance rendu dans le cadre de ce marché).



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Masses d'Eau Côtières

Date : Mars 2011



### Type de masse d'eau N° 1 Baies

Site de "référence" associé : Baie du Trésor

Masses d'eaux concernées : FRJC001 ; FRJC007 ; FRJC010 ; FRJC013 ; FRJC015 ; FRJC016

#### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse (µg/l)	0,2	0,25-0,5-0,9-1,8	0,8-0,4-0,222-0,111	Indice = Indicateur

#### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	53,3	42,7-21,3-10,7-5,3	0,801-0,4-0,201-0,099	Moyenne des EQR Grille : 0,73-0,367-0,184-0,091
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	12	7,9-4-2-1	0,658-0,333-0,167-0,083	

#### Indicateur Angiospermes : Herbiers

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

#### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température (°C)	Eléments non déclassants			Indice = Indicateur
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,2	0,3-0,6-1,5-5	0,667-0,333-0,133-0,04	Indice = Indicateur
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,688-0,573-0,459-0,344	
DIN (µmol/l)	0,35	0,6-1,5-3-6	0,583-0,233-0,117-0,058	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,542-0,242-0,121-0,061
Phosphates (µmol/l)	0,05	0,1-0,2-0,4-0,8	0,5-0,25-0,125-0,063	

#### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique** : Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique** : Élément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Masses d'Eau Côtières

Date : Mars 2011



Expert :

### Type de masse d'eau N° 2 *Récifs frangeants et lagons Atlantique*

Site de "référence" associé : Pinsonnelle

Masses d'eaux concernées : FRJC006 ; FRJC008 ; FRJC012

#### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,1	0,15-0,3-0,5-0,9	0,667-0,333-0,2-0,111	Indice = Indicateur

#### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	32,0	25,6-12,8-6,4-3,2	0,8-0,4-0,2-0,1	Moyenne des EQR Grille : 0,73-0,365-0,183-0,092
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	1,3	0,858-0,429-0,2145-0,1079	0,66-0,33-0,165-0,083	

#### Indicateur Angiospermes : Herbiers

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

#### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eléments non déclassants			
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,1	0,15-0,4-1-4	0,667-0,25-0,1-0,025	Indice = Indicateur
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,688-0,573-0,459-0,344	
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,3-1-2,5-4	0,5-0,15-0,06-0,038	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,5-0,2-0,093-0,044
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,2-0,4-0,8	0,5-0,25-0,125-0,063	

#### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique :** Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique :** Élément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Masses d'Eau Côtières

Date : Mars 2011



### Type de masse d'eau N° 3 Récifs-barrières Atlantique

Site de "référence" associé : Loup Garou

Masses d'eaux concernées : FRJC011

#### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,1	0,15-0,3-0,5-0,9	0,667-0,333-0,2-0,111	Indice = Indicateur

#### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	60,0	48-24-12-6	0,8-0,4-0,2-0,1	Moyenne des EQR Grille : 0,73-0,365-0,185-0,09
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	10	6,6-3,3-1,7-0,8	0,66-0,33-0,17-0,08	

#### Indicateur Angiospermes : Herbiers

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

#### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température (°C)	Eléments non déclassants			Indice = Indicateur
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)				
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,688-0,573-0,459-0,344	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,5-0,2-0,093-0,044
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,3-1-2,5-4	0,5-0,15-0,06-0,038	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,2-0,4-0,8	0,5-0,25-0,125-0,063	

#### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique** : Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique** : Élément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Date : Mars 2011

Masses d'Eau Côtières

Expert :



### Type de masse d'eau N° 4

*Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire Atlantique*

Site de "référence" associé : Loup Caravelle

Masses d'eaux concernées : FRJC004

#### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,1	0,15-0,3-0,5-0,9	0,667-0,333-0,2-0,111	Indice = Indicateur

#### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	64,3	51,4-25,7-12,9-6,4	0,799-0,4-0,201-0,1	Moyenne des EQR Grille : 0,73-0,365-0,186-0,09
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	10	6,6-3,3-1,7-0,8	0,66-0,33-0,17-0,08	

#### Indicateur Angiospermes : Herbiers

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

#### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eléments non déclassants			
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,1	0,15-0,4-1-4	0,667-0,25-0,1-0,025	Indice = Indicateur
Oxygène dissous ( $\text{mg/l}$ )	8,72	6-5-4-3	0,688-0,573-0,459-0,344	
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,3-1-2,5-4	0,5-0,15-0,06-0,038	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,5-0,2-0,093-0,044
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,2-0,4-0,8	0,5-0,25-0,125-0,063	

#### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique :** Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique :** Élément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Masses d'Eau Côtières

Date : Mars 2011



### Type de masse d'eau N° 5 Côte rocheuse protégée Caraïbe

Site de "référence" associé : Cap Salomon

Masses d'eaux concernées : FRJC002 ; FRJC003

#### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse (µg/l)	0,1	0,15-0,3-0,5-0,9	0,667-0,333-0,2-0,111	Indice = Indicateur

#### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	62,5	50-25-12,5-6,3	0,8-0,4-0,2-0,101	Moyenne des EQR Grille : 0,73-0,365-0,185-0,091
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	10	6,6-3,3-1,7-0,8	0,66-0,33-0,17-0,08	

#### Indicateur Angiospermes : Herbiers

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

#### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température (°C)	Eléments non déclassants			Indice = Indicateur
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)				
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,688-0,573-0,459-0,344	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,5-0,2-0,093-0,044
DIN (µmol/l)	0,15	0,3-1-2,5-4	0,5-0,15-0,06-0,038	
Phosphates (µmol/l)	0,05	0,1-0,2-0,4-0,8	0,5-0,25-0,125-0,063	

#### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique** : Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique** : Élément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Date : Mars 2011

### Masses d'Eau Côtières

Expert :



## Type de masse d'eau N° 6 Côte abritée à plate-forme corallienne

**Site de "référence" associé :** Corps de Garde

**Masses d'eaux concernées :** FRJC009 ; FRJC017

### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,1	0,15-0,3-0,5-0,9	0,667-0,333-0,2-0,111	Indice = Indicateur

### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	64,3	51,4-25,7-12,9-6,4	0,799-0,4-0,201-0,1	Moyenne des EQR Grille : 0,73-0,366-0,184-0,092
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	35	23,1-11,6-5,8-2,9	0,66-0,331-0,166-0,083	

### Indicateur Angiospermes : Herbiers

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eléments non déclassants			
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,1	0,15-0,4-1-4	0,667-0,25-0,1-0,025	Indice = Indicateur
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,688-0,573-0,459-0,344	
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,3-1-2,5-4	0,5-0,15-0,06-0,038	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,5-0,2-0,093-0,044
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,2-0,4-0,8	0,5-0,25-0,125-0,063	

### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique :** Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique :** Élément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Masses d'Eau Côtières

Date : Mars 2011

Expert :



### Type de masse d'eau N° 7

*Eaux du large de la baie méridionale de Sainte-Luce / Diamant*

Site de "référence" associé : Rocher du Diamant

Masses d'eaux concernées : FRJC019

#### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,1	0,15-0,3-0,5-0,9	0,667-0,333-0,2-0,111	Indice = Indicateur

#### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Couverture corallienne (%)	60,0	48-24-12-6	0,8-0,4-0,2-0,1	Moyenne des EQR
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	15	9,9-5-2,5-1,3	0,66-0,333-0,167-0,087	Grille : 0,73-0,367-0,184-0,094

#### Indicateur Angiospermes : Herbiers

Pas d'herbier dans ce type de masses d'eau ou en attente de données supplémentaires

#### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eléments non déclassants			
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	0,1	0,15-0,4-1-4	0,667-0,25-0,1-0,025	Indice = Indicateur
Oxygène dissous (mg/l)	8,72	6-5-4-3	0,688-0,573-0,459-0,344	
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,15	0,3-1-2,5-4	0,5-0,15-0,06-0,038	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,5-0,2-0,093-0,044
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,05	0,1-0,2-0,4-0,8	0,5-0,25-0,125-0,063	

#### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique** : Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique** : Élément de qualité le plus déclassant



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique

Masses d'Eau de Transition

Date : Mars 2010



Expert :

### Type de masse d'eau N° 8 Mangroves et lagune côtière

Site de "référence" associé : Baie des Requins

Masses d'eaux concernées : FRJT001 ; FRJT002 ; FRJT003 ; FRJT004

#### Indicateur Invertébrés Benthiques : Faune endogée

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice (Limite inférieure du mauvais état)	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Diversité (Shannon-Weaver)	4,81	NR (0)	NR	Calcul du M-AMBI Grille : 0,85-0,55-0,39-0,2
Richesse spécifique (nombre d'espèces)	56	NR (0)	NR	
AMBI	1,09	1,2-3,3-4,3-5,5 (6)	0,908-0,33-0,254-0,198	

#### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de référence	Grille de l'indice	Grille de l'EQR	Règle d'agrégation des indices
Température (°C)		Eléments non déclassants		
Salinité (psu)				
Turbidité (FNU)	1	1,5-3-5-10	0,667-0,333-0,2-0,1	Indice = Indicateur
Oxygène dissous (mg/l)	8,4	5-4-3-2	0,595-0,476-0,357-0,238	
DIN (µmol/l)	0,35	0,6-1,5-3-6	0,583-0,233-0,117-0,058	Indicateur « nutriments » = Moyenne des EQR Grille : 0,542-0,242-0,121-0,061
Phosphates (µmol/l)	0,05	0,1-0,2-0,4-0,8	0,5-0,25-0,125-0,063	

#### Règles d'agrégation des indicateurs pour définir :

**l'état biologique :** Élément de qualité le plus déclassant

**l'état physicochimique :** Élément de qualité le plus déclassant

## 4 Evaluation écologique des sites de référence selon les critères 2010/2011 (fiches « Site », données 2007-2010)

Afin d'illustrer l'utilisation de ces éléments, le résultat de l'évaluation des sites « référence » est présenté ci-après sous la forme de fiche « site de surveillance ».

*Remarque : Les appréciations relatives à l'intérêt halieutique de la zone ne tiennent pas compte des données Chlordécone en cours de publication. Ces appréciations pourront être revues dans l'avenir en fonction des données recueillies.*



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique - Réseau de Surveillance

Date de l'échantillonnage : 2007 à 2010

Masses d'Eau Côtières

Expert :



### Informations Générales sur le Site

Nom : **Baie du Trésor**

Code SANDRE : 08999502

appartient aux réseaux : Référence : OUI  
Surveillance : OUI**Localisation** Département : 972 - Martinique

Secteur : Sud Atlantique

Commune : Trinité

Bassin Versant adjacent : Caravelle

X / Y (Fort Desaix) : 727528 / 1632598

Bathymétrie : 6-12 m

**DCE** Masse d'eau : **FRJC013** : Baie du Trésor

Type de masse d'eau : Baies (Type 1)



### Sensibilité et Evolution des Pressions de la Masse d'eau

Evolution des pressions :		2009	2010
du Bassin Versant	Habitat	Non	Pas d'évolution
	Agriculture	Oui	
	Ravine /Rivière	Oui	
	Industrie	Oui	
	Infrastructure routière	Non	
marines	Mouillage	Non	
	Pêche	Non	
	Navigation	Non	
	Plongée	Non	
Mesures de protection :		Cantonnement de pêche	

#### Sensibilité biologique face à :

Sédimentation	Forte
Eutrophisation	moyenne
Polluants spécifiques	NR
Nautisme	Faible
Pêche	moyenne
Activités portuaires	Très faible

#### Intérêts :

Intérêt écologique :	Très Bon
Intérêt halieutique :	Très Bon

### Appréciation Globale du site

		Etat écologique partiel
Etat biologique	Bon	Moyen
Etat physicochimique	Moyen	

Commentaires :

### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,410	0,488	Bon	<b>0,488 : Bon</b>

### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Couverture corallienne (%)	33,444	0,627	Bon	<b>0,555 : Bon</b>
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	5,802	0,483	Bon	

### Indicateur Angiospermes : Herbiers

En attente de données complémentaires

### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur	
Turbidité (FNU)	0,380	0,526	Bon	<b>0,526 : Bon</b>	
Oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	6,457	0,740	Très Bon	<b>0,740 : Très Bon</b>
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	2,255	0,155	Moyen	<b>0,15 : Moyen</b>	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,325	0,154	Moyen		



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique - Réseau de Surveillance

Date de l'échantillonnage : 2007 à 2010

Masses d'Eau Côtières

Expert :



### Informations Générales sur le Site

Nom : **Pinsonnelle**

Code SANDRE : 08999514

appartient aux réseaux : Référence : OUI  
Surveillance : NON

#### Localisation

Département : 972 - Martinique

Secteur : Sud Atlantique

Commune : Le François

Bassin Versant adjacent : Littoral du François au Vauclin

X / Y (Fort Desaix) : 733608 / 1615828

Bathymétrie : 8-10 m

#### DCE

Masse d'eau : **FRJC008** : Littoral du François au Vauclin

Type de masse d'eau : Récifs frangeants et lagons Atlantique (Type 2)



### Sensibilité et Evolution des Pressions de la Masse d'eau

#### Evolution des pressions :

		2009	2010
du Bassin Versant	Habitat	Oui	Pas d'évolution
	Agriculture	Oui	
	Ravine /Rivière	Oui	
	Industrie	Oui	
	Infrastructure routière	Oui	
marines	Mouillage	Oui	
	Pêche	Oui	
	Navigation	Oui	
	Plongée	Non	
Mesures de protection :			

#### Sensibilité biologique face à :

Sédimentation	Forte
Eutrophisation	Forte
Polluants spécifiques	NR
Nautisme	Forte
Pêche	Forte
Activités portuaires	moyenne

#### Intérêts :

Intérêt écologique :	Bon
Intérêt halieutique :	Très Bon

### Appréciation Globale du site

		Etat écologique partiel
Etat biologique	Mediocre	Mediocre
Etat physicochimique	Mediocre	

Commentaires :

### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,600	0,167	Mediocre	<b>0,167 : Mediocre</b>

### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Couverture corallienne (%)	5,500	0,172	Mediocre	<b>0,116 : Mediocre</b>
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	0,077	0,060	Mauvais	

### Indicateur Angiospermes : Herbiers

En attente de données complémentaires

### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur	
Turbidité (FNU)	0,423	0,237	Moyen	<b>0,237 : Moyen</b>	
Oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	5,933	0,680	Bon	<b>0,680 : Bon</b>
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	2,599	0,058	Mediocre	<b>0,08 : Mediocre</b>	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,488	0,102	Mediocre		



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique - Réseau de Surveillance

Date de l'échantillonnage : 2007 à 2010

Masses d'Eau Côtières

Expert :



### Informations Générales sur le Site

Nom : **Loup Garou**

Code SANDRE : 08999508

appartient aux réseaux : Référence : OUI  
Surveillance : OUI**Localisation** Département : 972 - Martinique

Secteur : Sud Atlantique

Commune : Le Robert

Bassin Versant adjacent :

X / Y (Fort Desaix) : 731358 / 1624068

Bathymétrie : 10-15 m

**DCE** Masse d'eau : **FRJC011** : Récif Barrière Atlantique

Type de masse d'eau : Récifs-barrières Atlantique (Type 3)



### Sensibilité et Evolution des Pressions de la Masse d'eau

#### Evolution des pressions :

		2009	2010
du Bassin Versant	Habitat	Non	Pas d'évolution
	Agriculture	Non	
	Ravine /Rivière	Non	
	Industrie	Non	
	Infrastructure routière	Non	
marines	Mouillage	Oui	
	Pêche	Oui	
	Navigation	Oui	
	Plongée	Non	
Mesures de protection :		Non (Arrêté Biotope)	

#### Sensibilité biologique face à :

Sédimentation	Très faible
Eutrophisation	Forte
Polluants spécifiques	NR
Nautisme	Faible
Pêche	Faible
Activités portuaires	Très faible

#### Intérêts :

Intérêt écologique :	Moyen
Intérêt halieutique :	Bon

### Appréciation Globale du site

		Etat écologique partiel
Etat biologique	Moyen	Moyen
Etat physicochimique	Mediocre	

Commentaires :

### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,430	0,233	Moyen	<b>0,233 : Moyen</b>

### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Couverture corallienne (%)	27,167	0,453	Bon	<b>0,317 : Moyen</b>
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	1,811	0,181	Moyen	

### Indicateur Angiospermes : Herbiers

En attente de données complémentaires

### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Turbidité (FNU)	0,259	0,386	Bon	<b>0,386 : Bon</b>
Oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	5,510	0,632	<b>0,632 : Bon</b>
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	2,819	0,053	Mediocre	<b>0,09 : Mediocre</b>
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,414	0,121	Mediocre	



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique - Réseau de Surveillance

Date de l'échantillonnage : 2007 à 2010

Masses d'Eau Côtières

Expert :



### Informations Générales sur le Site

Nom : **Loup Caravelle**

Code SANDRE : 08999517

appartient aux réseaux : Référence : OUI  
Surveillance : NON**Localisation** Département : 972 - Martinique

Secteur : Nord Atlantique

Commune : Trinité

Bassin Versant adjacent : Caravelle

X / Y (Fort Desaix) : 721908 / 1637498

Bathymétrie : 15-18 m

**DCE** Masse d'eau : **FRJC004** : Nord-Atlantique, plateau insulaire

Type de masse d'eau : Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire Atlantique (Type 4)



### Sensibilité et Evolution des Pressions de la Masse d'eau

#### Evolution des pressions :

		2009	2010
du Bassin Versant	Habitat	Non	Pas d'évolution
	Agriculture	Non	
	Ravine /Rivière	Non	
	Industrie	Non	
	Infrastructure routière	Non	
marines	Mouillage	Oui	
	Pêche	Oui	
	Navigation	Non	
	Plongée	Non	
Mesures de protection :		Non	

#### Sensibilité biologique face à :

Sédimentation	Très Faible
Eutrophisation	Faible
Polluants spécifiques	NR
Nautisme	Faible
Pêche	Moyenne
Activités portuaires	Faible

#### Intérêts :

Intérêt écologique :	Très Bon
Intérêt halieutique :	Bon

### Appréciation Globale du site

		Etat écologique partiel
Etat biologique	Mediocre	Mediocre
Etat physicochimique	Bon	

**Commentaires :** Pour les communautés coralliennes, seuls les résultats de 2007 et 2010 ont été conservés dans le cadre de l'évaluation de l'état biologique

### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,540	0,185	Mediocre	<b>0,185 : Mediocre</b>

### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Couverture corallienne (%)	23,500	0,365	Moyen	<b>0,229 : Moyen</b>
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	0,929	0,093	Mediocre	

### Indicateur Angiospermes : Herbiers

En attente de données complémentaires

### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur	
Turbidité (FNU)	0,179	0,560	Bon	<b>0,560 : Bon</b>	
Oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	6,146	0,705	Très Bon	<b>0,705 : Très Bon</b>
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,403	0,372	Bon	<b>0,39 : Bon</b>	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,126	0,398	Bon		



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique - Réseau de Surveillance

Date de l'échantillonnage : 2007 à 2010

Masses d'Eau Côtières

Expert :



### Informations Générales sur le Site

Nom : **Cap Salomon**

Code SANDRE : 08999504

appartient aux réseaux : Référence : OUI  
Surveillance : OUI

**Localisation** Département : 972 - Martinique  
Secteur : Anse d'Arlet  
Commune : Anse d'Arlet  
Bassin Versant adjacent : Morne Paquidi / Morne Reduit / ravine Grande Grande Anse  
X / Y (Fort Desaix) : 704178 / 1604578  
Bathymétrie : 10-14 m

**DCE** Masse d'eau : **FRJC003** : Anses d'Arlet  
Type de masse d'eau : Côte rocheuse protégée Caraïbe (Type 5)



### Sensibilité et Evolution des Pressions de la Masse d'eau

Evolution des pressions :		2009	2010
du Bassin Versant	Habitat	Non	Pas d'évolution
	Agriculture	Non	
	Ravine /Rivière	Non	
	Industrie	Non	
	Infrastructure routière	Non	
marines	Mouillage	Oui	
	Pêche	Oui	
	Navigation	Oui	
	Plongée	Oui	
Mesures de protection :		Non	

#### Sensibilité biologique face à :

Sédimentation	Faible
Eutrophisation	moyenne
Polluants spécifiques	NR
Nautisme	Forte
Pêche	Très Forte
Activités portuaires	Faible

#### Intérêts :

Intérêt écologique :	Très Bon
Intérêt halieutique :	Très Bon

### Appréciation Globale du site

		Etat écologique partiel
Etat biologique	Moyen	Moyen
Etat physicochimique	Bon	

Commentaires :

### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,220	0,455	Bon	<b>0,455 : Bon</b>

### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Couverture corallienne (%)	14,889	0,238	Moyen	<b>0,248 : Moyen</b>
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	2,584	0,258	Moyen	

### Indicateur Angiospermes : Herbiers

En attente de données complémentaires

### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur	
Turbidité (FNU)	0,191	0,524	Bon	<b>0,524 : Bon</b>	
Oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	6,089	0,698	Très Bon	<b>0,698 : Très Bon</b>
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,878	0,171	Bon	<b>0,21 : Bon</b>	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,198	0,252	Bon		



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique - Réseau de Surveillance

Date de l'échantillonnage : 2007 à 2010

Masses d'Eau Côtières

Expert :



### Informations Générales sur le Site

Nom : **Corps de Garde**

Code SANDRE : 08999518

appartient aux réseaux : Référence : OUI  
Surveillance : NON

**Localisation** Département : 972 - Martinique  
Secteur : Zone méridionale  
Commune : Sainte Anne  
Bassin Versant adjacent : Morne Aca/Sainte Anne/Morne Caritan/Rivière Pilote  
X / Y (Fort Desaix) : 721258 / 1599128  
Bathymétrie : 9-12 m

**DCE** Masse d'eau : **FRJC017** : Baie de Sainte-Luce  
Type de masse d'eau : Côte abritée à plate-forme corallienne (Type 6)



### Sensibilité et Evolution des Pressions de la Masse d'eau

Evolution des pressions :		2009	2010	Sensibilité biologique face à :	
du Bassin Versant	Habitat	Oui	Pas d'évolution	Sédimentation	moyenne
	Agriculture	Non		Eutrophisation	moyenne
	Ravine /Rivière	Non		Polluants spécifiques	NR
	Industrie	Non		Nautisme	moyenne
	Infrastructure routière	Oui		Pêche	moyenne
marines	Mouillage	Oui	Activités portuaires	Forte	
	Pêche	Oui			
	Navigation	Oui			
	Plongée	Oui			
Mesures de protection :		Non (Projet de réserve)		<b>Intérêts :</b>	
				Intérêt écologique :	Très Bon
				Intérêt halieutique :	Bon

### Appréciation Globale du site

		Etat écologique partiel
Etat biologique	Moyen	Moyen
Etat physicochimique	Mediocre	

Commentaires :

### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,420	0,238	Moyen	<b>0,238 : Moyen</b>

### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Couverture corallienne (%)	34,889	0,543	Bon	<b>1,072 : Très Bon</b>
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	56,061	1,602	Très Bon	

### Indicateur Angiospermes : Herbiers

En attente de données complémentaires

### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur	
Turbidité (FNU)	0,221	0,452	Bon	<b>0,452 : Bon</b>	
Oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	5,535	0,635	Bon	<b>0,635 : Bon</b>
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	1,781	0,084	Moyen	<b>0,08 : Mediocre</b>	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,724	0,069	Mediocre		



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique - Réseau de Surveillance

Date de l'échantillonnage : 2007 à 2010

Masses d'Eau Côtières

Expert :



### Informations Générales sur le Site

Nom : **Rocher du Diamant**

Code SANDRE : 08999513

appartient aux réseaux : Référence : OUI  
Surveillance : OUI

#### Localisation

Département : 972 - Martinique

Secteur : Zone méridionale

Commune : Le Diamant

Bassin Versant adjacent : Rocher du Diamant

X / Y (Fort Desaix) : 710828 / 1597558

Bathymétrie : 11-15 m

#### DCE

Masse d'eau : **FRJC019** : Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant

Type de masse d'eau : Eaux du large de la baie méridionale de Sainte-Luce / Diamant (Type 7)



### Sensibilité et Evolution des Pressions de la Masse d'eau

Evolution des pressions :		2009	2010
du Bassin Versant	Habitat	Non	Pas d'évolution
	Agriculture	Non	
	Ravine /Rivière	Non	
	Industrie	Non	
	Infrastructure routière	Non	
marines	Mouillage	Oui	
	Pêche	Oui	
	Navigation	Oui	
	Plongée	Oui	
Mesures de protection :		Non	

#### Sensibilité biologique face à :

Sédimentation	Très faible
Eutrophisation	moyenne
Polluants spécifiques	NR
Nautisme	Forte
Pêche	Forte
Activités portuaires	Faible

#### Intérêts :

Intérêt écologique :	Très Bon
Intérêt halieutique :	Bon

### Appréciation Globale du site

		Etat écologique partiel
Etat biologique	Mediocre	Mediocre
Etat physicochimique	Mediocre	

Commentaires :

### Indicateur Phytoplancton

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Biomasse ( $\mu\text{g/l}$ )	0,300	0,333	Bon	<b>0,333 : Bon</b>

### Indicateur Invertébrés Benthiques : Communautés coralliennes

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur
Couverture corallienne (%)	10,333	0,172	Mediocre	<b>0,115 : Mediocre</b>
Ratio Corail : Macroalgues Molles (sans unité)	0,880	0,059	Mauvais	

### Indicateur Angiospermes : Herbiers

En attente de données complémentaires

### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur	
Turbidité (FNU)	0,245	0,409	Bon	<b>0,409 : Bon</b>	
Oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	6,326	0,725	Très Bon	<b>0,725 : Très Bon</b>
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	5,463	0,027	Mediocre	<b>0,08 : Mediocre</b>	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,354	0,141	Moyen		



## Application de la DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU en Martinique - Réseau de Surveillance

Date de l'échantillonnage : 2008 à 2010

Masses d'Eau de Transition

Expert :



### Informations Générales sur le Site

Nom : **Baie des Requins**

Code SANDRE : 08999404

appartient aux réseaux : Référence : OUI  
Surveillance : NON

#### Localisation

Département : 972 - Martinique

Secteur : Sud Atlantique

Commune : Le Robert

Bassin Versant adjacent : Baie du Robert

X / Y (Fort Desaix) : 724388 / 1625018

Bathymétrie : 1- 5 m

#### DCE

Masse d'eau : \* : \*

Type de masse d'eau : Mangroves et lagune côtière (Type 8)



### Sensibilité et Evolution des Pressions de la Masse d'eau

#### Evolution des pressions :

		2009	2010
du Bassin Versant	Habitat	Oui (discontinues)	Pas d'évolution
	Agriculture	Non	
	Ravine /Rivière	Non	
	Industrie	Non	
	Infrastructure routière	Oui (petites routes)	
marines	Mouillage	Faible	
	Pêche	Moyen (+ activités aquacoles)	
	Navigation	Oui	
	Plongée	Non	
Mesures de protection :		Oui (Cantonement de pêche)	

#### Sensibilité biologique face à :

Sédimentation	Faible
Eutrophisation	moyenne
Polluants spécifiques	NR
Nautisme	Faible
Pêche	moyenne
Activités portuaires	Très faible

#### Intérêts :

Intérêt écologique :	Très Bon
Intérêt halieutique :	Très Bon

### Appréciation Globale du site

		Etat écologique partiel
Etat biologique	Très Bon	Bon
Etat physicochimique	Bon	

**Commentaires :** Les seuils des indices et de l'indicateur biologiques sont en cours d'adaptation aux milieux martiniquais.

### Indicateur Invertébrés Benthiques : Faune endogée

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur (M-AMBI)
Diversité (Shannon-Weaver)	4,81	1,00	NR	<b>1,0672 : Très Bon</b>
Richesse spécifique (nombre d'espèces)	56	1,00	NR	
AMBI	1,29	0,84	Bon	

### Indicateurs Physicochimie

Indices	Valeur de l'indice	Valeur de l'EQR	Classe de l'indice/EQR	Valeur : Classe de l'indicateur	
Turbidité (FNU)	1,265	0,791	Très Bon	<b>0,791 : Très Bon</b>	
Oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	5,525	0,658	Très Bon	<b>0,658 : Très Bon</b>
DIN ( $\mu\text{mol/l}$ )	2,102	0,167	Moyen	<b>0,25 : Bon</b>	
Phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ )	0,150	0,333	Bon		



# Discussion et recommandations

## 5 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 (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 et à la lumière de 4 années de suivi, différentes remarques peuvent être faites :

6. Plusieurs sites et limites de ME côtières martiniquais sont à une **distance supérieure à 1 mille nautique des côtes**.
7. Les sites de **type 4** qui regroupe une seule ME (FRJC 004) semblent **peu homogènes en termes de caractéristiques naturelles** (géomorphologie notamment, Cf. Figure 69). 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.*

8. Le **Rocher du Diamant** (= site de référence et de surveillance) semblent être **un site un peu à part** dans la masse d'eau FRJC019 (unique ME de type 7). En particulier les stations échantillonnées, situées au nord-ouest, présentent un écosystème corallien dominé par les Sargasses. En effet, ce site pourrait être soumis aux apports de Guano qui constitue une source de nutriments potentielle susceptible d'influencer la composition biologique (Bosman *et al.* 1986) → nécessité de changer de site de référence pour ce type de ME et de surveillance pour cette ME ?
9. **Le site d'Etang des Salines** (lagune) n'est pas comparable avec les autres sites DCE. Son **suivi en tant que site de surveillance doit être suspendu ou reconsidéré**. S'il est conservé dans le réseau de surveillance, ce site doit faire l'objet d'une étude à part entière (plusieurs stations, analyse temporelle saisonnière, etc.) afin de déterminer des conditions de référence et des grilles de qualité adaptées ;
10. 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 re-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.**

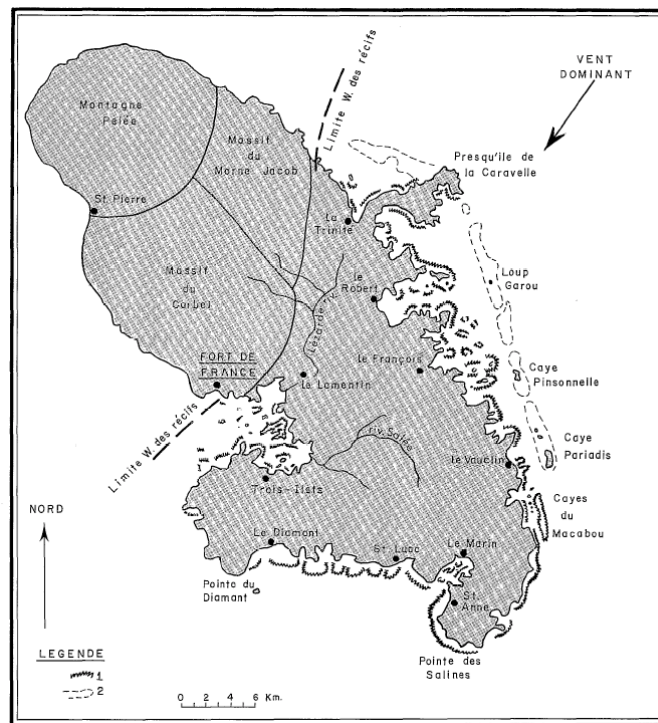


Figure 69 : Localisation des récifs coralliens martiniquais. 1 : Récifs frangeants, 2 : récif barrière (Extrait de : Battistini 1978)

## 6 Méthodologies de suivis des sites : remarques et propositions

### 6.1 Stations d'échantillonnage et répliqués

#### **Reconsidérer le nombre de répliqués « endofaune » pour les masses d'eau de transition**

Les résultats 2008 à 2010 montrent que les sites DCE sont relativement homogènes (répliqués intra-sites peu variables) ; pour cette raison il peut être éventuellement proposé, dans l'avenir, d'effectuer 3 répliqués au lieu de 5. Ceci pourrait permettre d'effectuer un échantillonnage sur les masses d'eau non suivies (FRJT004) et sur des sites complémentaires (tout comme en 2008). L'étude de ces sites complémentaires permettrait d'affiner la définition des conditions de référence et des seuils des indices. Cependant, il est préférable pour le traitement statistique d'avoir un nombre de répliqués équivalent d'une année sur l'autre (jeu de données de même taille).

**Ainsi, si aucun site complémentaire n'est échantillonné il est préférable de revenir à 5 répliqués**

#### **Réaliser au moins 3 répliqués sur les stations hydrologie**

En raison de la forte variabilité susceptible d'exister à une échelle de temps très courte dans le milieu naturel, des biais pouvant survenir durant l'échantillonnage et le transport d'échantillon, des valeurs extrêmes qui ont pu être observées lors des précédentes campagnes etc., il est proposé de **réaliser 3 répliqués sur les stations Hydrologie** en particulier pour les paramètres échantillonnés en subsurface et analysés en laboratoire (**nutriments, chlorophylle a, turbidité**).

#### **Recaler les stations biologiques et physicochimiques**

Les suivis physicochimiques et chlorophylle a (effectués sur les stations Hydrologie) ayant débuté avant le suivi des éléments biologiques communautés coralliennes, herbiers et endofaune, les stations biologiques « benthos » et hydrologiques ne coïncidaient pas toujours<sup>29</sup>. En accord avec le Maître d'Ouvrage certaines stations hydrologiques ont été « recalées » sur les stations biologiques (coordonnées « finales » détaillées dans l'Annexe 2).

Il est également recommandé, pour les masses d'eau dans lesquelles une station herbier et une station communautés coralliennes sont suivies, de réaliser le suivi hydrologique (chlorophylle a et physicochimie) en ces deux points (soit deux stations hydrologiques pour ces masses d'eau).

<sup>29</sup> Les stations hydrologiques (physicochimie + chlorophylle a) avaient été choisies de manière à être représentatives de la masse (par rapport aux pressions identifiées). Le positionnement des stations « herbier » et « communautés coralliennes » a été conditionné par la présence de ces écosystème : elles ne sont donc pas véritablement représentatives de la masse d'eau

### Bilan des sites sur lesquels un dédoublement de stations hydrologie seraient pertinents :

- Caye Pariadis : Stations herbier et Communautés Coralliennes distantes de 1,2 km (Remarque : la station hydrologie a été recalée sur la station Communautés Coralliennes en 2010, car l'herbier doit être déplacé à une profondeur moins importante)
- Cap Salomon : Stations Herbier et Communautés Coralliennes distantes de 1,3 km (la station Hydrologie est située, actuellement, sur la station Communautés Coralliennes)
- Corps de Gardes : Stations Herbier et Communautés Coralliennes distantes de 800 m (la station Hydrologie est située, actuellement, sur la station Communautés Coralliennes)
- Banc Gamelle : Stations Herbier et Communautés Coralliennes distantes de 3,8 km (la station Hydrologie est, actuellement, à peu près à équidistance des 2)
- Pinsonnelle : Stations Herbier et Communautés Coralliennes distantes de 4,4 km (la station Hydrologie est, actuellement, située entre les 2 mais légèrement plus proche de la station Communautés Coralliennes)
- Ilet à Rats (éventuellement) : Stations Herbier et Communautés Coralliennes distantes de 400 m (station Hydrologie située actuellement sur la station Communautés Coralliennes)

### Recaler la profondeur des différentes stations

Pour un type de masses 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**.

### Statuer sur la position de certaines stations

Les « communautés coralliennes » de Loup Caravelle n'ont pas été échantillonnées dans une même station durant l'année 2007 et l'année 2009. Ce changement de position avait été motivé par le changement de statut du site (qui était devenu « référence » en 2009). À la lumière des résultats, ce changement n'est pas apparu pertinent (station du Rocher trop particulière). En 2010, en accord avec le Maître d'Ouvrage, la station 2007 a donc été échantillonnée de nouveau.

Ainsi, les données 2009 n'ont pas été intégrées dans l'évaluation biologique de la masse d'eau cette année.

De la même manière, le positionnement de la station Communautés Coralliennes du Rocher du Diamant doit être arrêtée.

**Pour les prochaines campagnes, le choix des sites et des stations doit être validé définitivement en comité de pilotage.**

## 6.2 Échelle temporelle

### Respecter un pas de temps trimestriel pour les paramètres physicochimiques et le phytoplancton

Comme pour la Guadeloupe, les campagnes devraient être réalisées tous les trimestres.

### Fréquence et période d'échantillonnage du phytoplancton et des nutriments

La fréquence d'échantillonnage des nutriments, ne permet pas actuellement de rendre compte de la qualité du milieu. En effet, le milieu marin tropical insulaire est un système où il est observé des pulses de nutriments liés notamment à de gros épisodes pluvieux. Par exemple dans Cho & Woodley (2003, étude sur la résilience des récifs en Jamaïque), l'échantillonnage est mensuel voire tri-mensuel sur une période de 4 mois et réalisé en surface et à 10 m de profondeur.

Pour la DCE, les nutriments sont des « indicateurs de pression ». Il est préconisé de les échantillonner en même temps que le phytoplancton (Pellouin-Grouhel *et al.* 2006). Cependant, notons que du fait de la consommation des nutriments par le phytoplancton, un déphasage temporel des pics de ces deux éléments est souvent observé.

La fréquence et la période d'échantillonnage du phytoplancton pourront être modifiées en fonction des résultats obtenus lors de l'étude complémentaire « phytoplancton » lancée par la DIREN Martinique (étude en cours).

### **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) ;
- acquérir des données complémentaires pour s'assurer que la fréquence de suivi de 3 ans est suffisante pour relier les changements biologiques observés aux pressions identifiées ;
- 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 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<sup>ème</sup> campagne qui seront intégrés au calcul des métriques DCE.

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.

### **Fréquence d'échantillonnage de la température, de la salinité et de la turbidité**

Concernant le paramètre température, les mesures *in situ* ne donnent qu'une image partielle de l'évolution de la température de l'eau. Pour permettre de détecter un phénomène de blanchissement, par exemple, il est nécessaire d'avoir des données à une fréquence plus importante (voire des mesures en continu). De même, il serait également intéressant de suivre les paramètres « turbidité » et « salinité » à une fréquence plus importante afin de détecter les apports du bassin versant (en particulier dans les baies).

## **6.3 Protocole d'échantillonnage terrain**

### **Communautés Coralliennes**

Plusieurs hypothèses sont envisageables pour expliquer les disparités observées entre les années 2007, 2009 et 2010 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. En revanche, **pour limiter le biais lié à une variation intra-site, la mise en place de transects FIXES pérennes apparaît nécessaire dans le cadre du contrôle de surveillance**.

L'estimation complémentaire de la couverture macroalgale par les quadrats n'est pas très fine mais semble donner une bonne image de la station (tendance de la croissance macroalgale). En outre, la couverture macroalgale est très variable « naturellement » (saison, ensoleillement, apport naturel de nutriments, etc. ; McField & Kramer 2007). Une évaluation très précise de ce paramètre n'est donc pas nécessaire pour évaluer l'état de santé de la station. En outre, par rapport au transect, l'échantillonnage par quadrat permet d'obtenir une meilleure image des espèces d'algues présentes sur le site (espèces dominantes et annexes) et leur évolution respective au cours des années → échantillonnage semi-quantitatif et qualitatif.

**En outre, pour les écosystèmes type « algueraie<sup>30</sup> », (ME de type 2 surtout), il semble nécessaire d'adapter voire de changer de protocole afin de refléter au mieux les changements de l'écosystème.** En effet, la technique du point-intercept ne semble pas adaptée à ce type de milieu.

### **Herbiers**

Depuis 2009, les paramètres et indices ont été proposés dans un souci de compatibilité avec le protocole DCE actuellement utilisé. Ainsi, cette année, la limite inférieure de l'herbier a pu être caractérisée à partir des éléments (sémantique) utilisés en métropole pour les Posidonies (limite de la matte).

**A l'issue de cet échantillonnage il apparaît qu'un protocole plus précis et adapté au contexte local (herbier mixte notamment) doit être mis au point pour l'échantillonnage de ce paramètre. Il est notamment nécessaire de définir ce qu'est la limite d'un herbier mixte.**

<sup>30</sup> c'est-à-dire que l'élément structurant n'est pas le corail mais les algues (Sargasses en général)

De plus, si d'autres paramètres et indices sont retenus le protocole de suivi initial devra être complété et/ou modifié (Cf. Chapitre suivant : D. 7 Pertinence des paramètres, des métriques et des indices p. 171).

## 6.4 Pré-traitement des données et seuils de quantification

Il a été choisi en 2007 que lors du traitement des données, les mesures inférieures aux seuils de quantification du laboratoire (LDA 972), soient considérées comme égales à la valeur des seuils de quantification considérés (traitement similaire au RNO). Or, pour certains paramètres (nitrites surtout), les valeurs mesurées par le laboratoire sont souvent inférieures à cette limite de quantification. Ce choix a ainsi pour effet de maximiser les valeurs de nitrites et donc de DIN.

→ Valider ce choix lors du prochain comité de pilotage

Ainsi, malgré des limites de quantifications basses (inférieures à celles des laboratoires agréés de métropole), les seuils actuels devraient être encore diminués afin d'évaluer au mieux les paramètres nutriments.

## 6.5 Bancarisation des données brutes 2010

*Remarque : ces recommandations ont déjà été exprimées dans le rapport 2009/2010*

QUADRIGE 2 étant en cours d'adaptation pour la bancarisation des données 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 (comme c'est le cas en Guadeloupe). 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.

## 7 Pertinence des paramètres, des métriques et des indices

Une multitude de paramètres / métriques / indices ont été identifiés dans la littérature pour les différents écosystèmes identifiés. La question était de savoir lesquels de ces indices étaient les plus pertinents pour rendre compte des pressions existantes. Cependant, en l'absence de certitude 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 semblent à l'heure actuelle très difficile à évaluer.

La pertinence de ces grandeurs avait déjà été discutée dans le précédent rapport DCE (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult 2010a) et l'unique campagne 2010 n'a pas fourni suffisamment de données pour compléter ce travail. Aussi, depuis 2009, aucun changement majeur n'a été effectué concernant les paramètres, métriques et indices.

### **Le cas de herbiers**

Les écosystèmes herbier, souvent situés à faible profondeur et à proximité de la côte, sont particulièrement sensibles aux pressions issues du bassin versant. **Ils sont, dans ce sens, particulièrement pertinents en tant qu'élément de qualité DCE.** Leur structure et leur composition sont également très dépendantes des conditions environnementales « naturelles ». Cependant, si ces paramètres retenus (ex : densité des plants) ont une variabilité naturelle « trop » importante, la comparaison de deux sites (référence/surveillance) et/ou la comparaison inter-annuelle ne seront pas pertinentes.

Ainsi, comme il a été souligné précédemment, des données complémentaires sur les herbiers sont nécessaires afin de tester les paramètres et indices suggérés dans le cadre de ce travail. Une étude à plus grande ampleur, prenant en compte les variations saisonnières (important pour les macroalgues et les épiphytes), apparaît donc essentielle afin de compléter le protocole et mettre en place des éléments DCE pertinents pour les herbiers.

### → échantillonnage d'un plus grand nombre de sites avec des conditions naturelles et des niveaux de pressions différents (gradient de pression)

D'autres études complémentaires apparaissent également pertinentes :

- Tester si la densité des plants est inversement corrélée à la concentration en nutriments, comme c'est le cas dans d'autres herbiers (Carruthers *et al.* 2005) ;
- Epiphytes des feuilles de *Thalassia* ;
- Adaptation du protocole à d'autres espèces de phanérogames (en particulier à *Halophila* dont une espèce est envahissante) ;
- Facteurs déterminant la présence d'un herbier mixte ou « pur » ;
- etc.

Notons que, dans le cadre de l'IFRECOR, C. Hily initie un **Observatoire des Herbiers de l'Outre-Mer** français (OHOM). Dans ce contexte, un protocole de suivi adapté aux spécificités régionales doit être mis en place et des stations « IFRECOR » complémentaires doivent être sélectionnées. Ce protocole doit être établi à partir du retour d'expériences des différents suivis locaux auxquels Impact-Mer est associé. Ainsi, si ce travail est disponible et s'il est compatible aux exigences DCE, il serait intéressant d'appliquer ce protocole dès l'année prochaine<sup>31</sup> dans les stations DCE.

#### **Le problème du calcul des indices sur plusieurs années**

Dans le présent rapport, les méthodes proposées pour le calcul des indices sont adaptées à des fréquences d'échantillonnage définies (3 mois à 3 ans) sur toute la durée du plan de gestion.

**Très important :** Dans la mesure, où les fréquences d'échantillonnage préconisées n'ont pas été respectées ces dernières années (séries temporelles incomplètes) et que le plan de gestion n'est pas terminé, les valeurs des indices obtenues cette année ne peuvent qu'être considérées comme provisoires, voire entachées d'erreur, en particulier pour le phytoplancton et la physico-chimie.

En effet, le calcul du percentile 90, de la moyenne, etc. sur des séries temporelles incomplètes biaise les résultats. En particulier dans notre cas où les campagnes d'octobre sont « sur-échantillonnées », les valeurs des indices/indicateurs phytoplancton, nutriments et turbidité risquent d'être sur-évaluées. De même, le calcul de ces grandeurs avec trop peu de données a tendance, dans le cas de valeurs extrêmes, à « biaiser » la valeur de l'indice.

En outre, quelle que soit la taille de la série temporelle, il est nécessaire de s'assurer que ces valeurs extrêmes sont d'origines « environnementales » (naturelles et/ou anthropiques). Pour ce faire, une meilleure connaissance générale des sites (hydrodynamisme, présence éventuelle d'« upwelling », sources de pressions, etc.) et l'augmentation de la fréquence d'échantillonnage sont nécessaires afin d'évaluer si les valeurs extrêmes observées reflètent les conditions naturelles du milieu ou si elles doivent être attribuées à une erreur de manipulation (prélèvements, analyse, etc.). Dans ce dernier cas, elles devront être retirées du jeu de données.

La réalisation de triplicats pourrait permettre de détecter plus aisément d'éventuelles erreurs de manipulation.

## 8 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.

<sup>31</sup> Dans le cadre d'IFRECOR, ce protocole doit être appliqué d'ici 1 à 2 ans.

*Remarque : en métropole et dans les autres états membre, la problématique de « station de référence » qui n'étaient pas « non perturbées » s'est également posé. 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 disponible au sein de l'UAG ou autres).**

### **Le point sur les sites de « référence »**

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

- 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, etc<sup>32</sup>). 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'Obian, 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 anthropique<sup>33</sup>. 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 ».**

### **Physicochimie et phytoplancton**

Des grilles provisoires en 5 classes ont été mises en place pour les indices et indicateurs physicochimiques et phytoplanctoniques à partir des données de terrain et de la bibliographie de la région Caraïbe. Ces grilles devront être affinées dans l'avenir.

Pourtant, pour la physicochimie, la « démarche DCE » ne nécessite que des grilles de qualité en 3 classes (très bon, bon et moyen). En Martinique, la détermination de la classe se réalise actuellement en comparant la valeur observée (ou calculée) avec les valeurs seuils. Cependant, pour cet élément de qualité, le classement des indices peut également être relativisé par rapport à l'EQR de chlorophylle calculé pour chaque masse d'eau (cas du DIN en métropole, Cf. Figure 70).

**Un tel arbre de décision pourrait être intéressant à mettre en place en Martinique.**

<sup>32</sup> 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.

<sup>33</sup> Rappelons que la Martinique est une île tropicale au littoral très urbanisé avec des bassins versants pentus soumis à des pluies saisonnières abondantes.

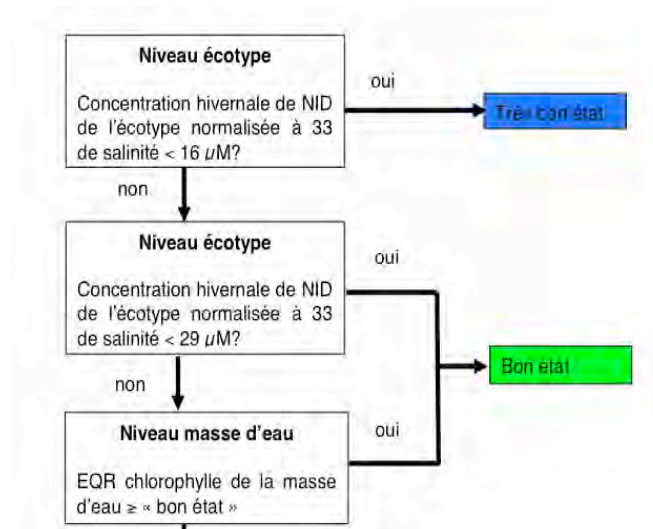


Figure 70 : Arbre de décision « provisoire » pour l'évaluation de l'indice DIN en France métropolitaine (extrait de : Daniel & Soudant 2009b)

### 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<sup>34</sup>. 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 4 stations DCE est donc « biaisée » et semble « favoriser » des sites moyennement perturbés. Il est donc nécessaire à l'avenir de définir précisément ces valeurs de référence. Ce travail nécessiterait l'acquisition de données complémentaires (éventuellement dans d'autres sites en Martinique ou dans d'autres îles de la Caraïbe moins anthropisées).

**Le travail de définition des conditions de référence et de valeurs seuil doit être poursuivi pour la totalité des éléments de qualité. Une étude visant à décrire et à quantifier les pressions anthropiques (et éventuellement naturelles) que subissent les sites DCE devra être mise en place pour affiner/définir ces seuils.**

**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 DIREN, 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

<sup>34</sup> Pour cette raison, les résultats obtenus sur le site de référence doivent être intégrés dans le jeu de données.

## 9 Méthodes d'agrégation

### 9.1 Indicateurs Communautés Coralliennes et Nutriments

Les indicateurs « communautés coralliennes » et « nutriment » ont été construits sur le même principe, en moyennant les EQR obtenus pour les indices. Cette démarche est celle actuellement adoptée (en phase d'essai) en métropole pour l'indicateur « phytoplancton ».

Ce mode d'agrégation semble, à l'heure actuelle, donner des résultats intéressants pour les données martiniquaises (dans la mesure où les grilles des EQR des différents indices sont proches).

Son utilisation devra être confirmée 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.

En outre, les phosphates et les composés azotés n'ayant pas toujours les mêmes origines, la pertinence de combiner ces deux indices en un seul indicateur « nutriment » devra être confirmée dans l'avenir (les conserver en deux indicateurs distincts ?).

### 9.2 Indicateurs M-AMBI

L'indicateur « Endofaune » retenu en Martinique est l'« indice<sup>35</sup> » 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 semble donner des résultats intéressants mais pas 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 adaptés aux conditions locales.

Ces valeurs devront être affinées afin de mieux discriminer les sites en rapport avec les pressions identifiées.

---

<sup>35</sup> Au sens de la DCE, M-AMBI est un indicateur (synthèse d'indices) et non pas un indice.

## E. Conclusion

L'analyse réalisée dans le présent document a permis d'affiner les indices, indicateurs, valeurs de références et grilles de qualité définies en 2009. Ce travail s'est basé sur le traitement des données récoltées depuis 2007, sur une analyse bibliographique poussée et sur avis d'expert.

Ces éléments ont été, dans la mesure du possible, adaptés à chaque type de masses d'eau pour tous les éléments de qualité DCE. Ce travail, destiné à répondre au mieux aux exigences du rapportage européen, avait été réalisé en Martinique pour la première fois en 2009 et n'a pas encore été réalisé en Guadeloupe. Pour cette raison, ces résultats doivent être considérés comme des essais préliminaires à affiner au cours des années et à la lumière de connaissances complémentaires sur les écosystèmes martiniquais. Les premières simulations réalisées avec ces éléments donnent cependant des résultats plutôt pertinents et en cohérence avec les données actuelles sur les milieux marins. De plus, le test des nouvelles valeurs seuils (grille de qualité 2010/2011) sur les indices et indicateur calculés pour 2007/2010 s'est révélé plus cohérent avec la réalité terrain et le niveau de pressions qu'avec les grilles 2009/2010.

Cependant, le lien entre paramètres et pressions n'a pas toujours pu être clairement établi. Ce travail doit faire l'objet d'une étude à part entière dont le but serait, dans un premier temps d'établir une base de données précises sur les pressions (identification et quantification) que subit le milieu marin et en particulier les sites DCE.

Enfin, les études menées dans le cadre DCE depuis 2007 révèlent un manque de connaissances fondamentales des écosystèmes marins martiniquais. Face à cette méconnaissance, la construction de bioindicateurs pointus dans le cadre de la DCE apparaît quelque peu prématurée. En revanche, les résultats obtenus permettent tout de même de confirmer que l'état global des écosystèmes marins martiniquais est préoccupant et que la mise en place d'actions locales en faveur de leur protection/réhabilitation est urgente.

Différentes propositions/recommandations ont été réalisées dans ce document (synthèse ci-après). Ces éléments devront être validés dans l'avenir par le comité de pilotage afin de permettre la poursuite des suivis DCE.

### **Bilan des recommandations principales**

- ☞ Échantillonner tous les sites DCE en même temps pour ne plus avoir de séries temporelles incomplètes
- ☞ Augmenter la fréquence de suivi et surtout le nombre de stations DCE par site et par masses d'eau
- ☞ Le travail de définition des conditions de référence et de valeurs seuil doit être poursuivi pour la totalité des éléments de qualité. Une **étude visant à décrire et à quantifier les pressions anthropiques et les conditions naturelles** de chaque site DCE devra être mis en place pour juger de la pertinence de ces paramètres, métriques, indices et indicateurs.
- ☞ Échantillonner une quantité plus importante de sites avec des pressions et des niveaux de pressions différents (gradients de pression) → **mise en place d'un travail parallèle d'établissement de grilles de qualité**

### **Éléments à discuter / valider au prochain comité de pilotage :**

- ❖ **Le découpage des ME**
- ❖ **Le réseau de stations de « référence » et de surveillance**  
→ Pérenniser les sites et stations de suivi (Loup Caravelle, Rocher du Diamant, Caye Pariadis, etc.)
- ❖ **La pertinence d'engager un travail de prospection complémentaire** pour trouver des stations plus pertinentes : en meilleur état pour les stations de référence et plus représentatives pour les stations de surveillance mais également plus comparables entre les stations référence et surveillance (même profondeur, conditions hydrodynamiques, etc.)
- ❖ **Pertinence des différents éléments de qualité**  
Cas notamment de l'endofaune
- ❖ **Pertinence des différents paramètres proposés**  
En particulier sur les herbiers (lien avec l'étude IFRECOR) et le phytoplancton (lien avec l'étude en cours)
- ❖ **Les protocoles de suivi**
  - Utilisation de transects permanents pour les stations Communautés Coralliennes afin de pérenniser les stations et d'éviter les biais liés aux variations intra-sites.

- Compléter le protocole de suivi des herbier afin d'échantillonner des paramètres complémentaires et le genre Halophila.
- Période et fréquence de suivi du phytoplancton et de la physicochimie (lien avec l'étude en cours sur le phytoplancton)
- Période et fréquence des autres suivis biologiques
- ❖ **La méthodologie de traitement des données et d'agrégation (métriques, indices et indicateurs) et notamment :**
  - Indices et indicateur proposés pour les « communautés coralliennes »
  - Utilisation de M-AMBI comme indicateur DCE pour l'endofaune
  - Problématique du traitement des données avec des séries temporelles incomplètes et souvent peu importantes
- ❖ **Les valeurs de référence et de valeur seuil (dont les EQR)**
  - Validation de ces valeurs pour chaque indice
  - Pertinence de définir des grilles communes à plusieurs type de ME pour certains éléments de qualité

## F. Bibliographie

- AFNOR, 2005. 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.
- Aminot, A., Chaussepied, M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, 395 p.
- Aminot, A., Kérouel, R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Editions IFREMER, Plouzané (France), 336 p.
- Andral, B., 2007. Aide à la définition des conditions de référence pour le contrôle de surveillance au titre de la Directive Cadre Eau pour les bassins Rhône Méditerranée & Corse. Mise en œuvre de l'exercice d'intercalibration. RST.DOP/LER-PAC/07-09. IFREMER. Rapport pour: Convention Agence de l'Eau RM&C, 24 pp.
- 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, 175 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.
- Belin, C., Durand, G., Daniel, A., Pellouin-Grouhel, A., 2007. DCE : indicateurs phytoplancton, chlorophylle, et hydrologie. Simulations de classement des masses d'eau. Comparaison des classements obtenus avec différents critères. IFREMER / SE3L / DYNECO / EMP. IFREMER, 158 pp.
- Bell, P.R.F., 1992. Eutrophication and coral reefs-some examples in the Great Barrier Reef lagoon. Water Research, 26 (5): 553-568.
- Bell, P.R.F., Lapointe, B.E., Elmetri, I., 2007. Reevaluation of ENCORE: Support for the Eutrophication Threshold Model for Coral Reefs. *Ambio*, 36 (5): 416-424.
- Bigot, L., Amouroux, J.M., 2009. Définition de l'état de référence et contrôle de surveillance des masses d'eau de transition (MET) - Directive Cadre sur L'Eau – Martinique 2008. Analyse de la macrofaune de substrat meuble. Equilibre / LOBB. Rapport pour: Impact-Mer / Pareto, 22 pp.
- Bigot, L., Amouroux, J.M., 2010. Définition de l'état de référence et contrôle de surveillance des masses d'eau de transition (MET) - Directive Cadre sur L'Eau – Martinique 2009. Analyse de la macrofaune de substrat meuble. Equilibre / LOBB. Rapport pour: Impact-Mer / Pareto, 19 pp.
- Bigot, L., Amouroux, J.M., 2011. Suivi DCE 2010 des stations de surveillance et de référence des masses d'eaux côtières de transition de La Martinique. Analyse spatio-temporelle de la macrofaune de substrat meuble. Rapport technique 2011. Equilibre / LOBB. Rapport pour: Impact-Mer, 22 pp.
- Bigot, L., Grémare, A., Amouroux, J.M., Frouin, P., Maire, O., Gaertner, J.C., 2008. Assessment of the ecological quality status of soft-bottoms in Reunion Island (tropical Southwest Indian Ocean) using AZTI marine biotic indices. *Marine Pollution Bulletin*, 56 (4): 704-722.
- Borja, A., Azti - Tecnalia's Team, 2010. AMBI: AZTI Marine Biotic Index .. V. 4.1, [En ligne]. <http://ambi.azti.es/index.php>. Consulté le: 10 Mars 2010.
- Borja, A., Franco, J., Pérez, V., 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (12): 1100-1114.
- Borja, A., Franco, J., Valencia, V., Bald, J., Muxika, I., Jesús Belzunce, M., Solaun, O., 2004. Implementation of the European water framework directive from the Basque country (northern Spain): a methodological approach. *Marine Pollution Bulletin*, 48 (3-4): 209-218.
- Borja, A., Josefson, A.B., Miles, A., Muxika, I., Olsgard, F., Phillips, G., Rodríguez, J.G., Rygg, B., 2007. An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55 (1-6): 42-52.
- Borja, A., Mader, J., 2008. Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1), 13 p.
- Borja, A., Mader, J., Muxika, I., Rodríguez, J., Bald, J., 2008. Using M-AMBI in assessing benthic quality within the Water Framework Directive: Some remarks and recommendations. *Marine Pollution Bulletin*, 56 (7): 1377-1379.
- Borja, Á., Muxika, I., 2004. Do Benthic Indicator Tools Respond to All Impact Sources? The Case of AMBI (AZTI Marine Biotic Index). In: Magni, P., Hyland, J., Manzella, G., Rumohr, H., Viaroli, P., Zenetos, A. (Eds.), *Indicators of stress in the marine benthos. Proceedings of an International workshop on the promotion*

- and use of benthic tools for assessing the health of coastal marine ecosystems Vol. IOC Workshop Report No.195, 8–9 octobre 2004, Torregrande-Oristano, Italy. UNESCO/IOC, IMC: 15-18.
- Bosman, A.L., Du Toit, J.T., Hockey, P.a.R., Branch, G.M., 1986. A field experiment demonstrating the influence of seabird guano on intertidal primary production. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 23 (3): 283-294.
- Bouchon, C., Bouchon-Navarro, 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.
- Bouchon, C., Bouchon-Navarro, Y., 1998. Etat des récifs coralliens en Martinique. *In: Gabrié, C. (Ed.) Etat des récifs coralliens en Outre-Mer*. IFRECOR, Paris: 119-128.
- Bouchon, C., Bouchon-Navarro, Y., Louis, M., Portillo, P., 2003. Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe. Université des Antilles et de la Guyane, 56 pp.
- Bouchon, C., Portillo, P., Bouchon-Navarro, Y., Louis, M., Hoetjes, P., De Meyer, K., Macrae, D., Armstrong, H., Datadin, V., Harding, S., Mallela, J., Parkinson, R., Van Bochchove, J.-W., Wynne, S., Lirman, D., Herlan, J., Baker, A., Collado, L., Nimrod, S., Mitchchell, J., Morrall, C., Isaac, C., 2008. Chapter 19 - Status of Coral Reefs of the Lesser Antilles: the French West Indies, the Netherlands Antilles, Anguilla, Antigua, Grenada, Trinidad and Tobago. *In: Wilkinson, C.R. (Ed.) Status of Coral Reefs of the World: 2008*. Global Coral Reef Monitoring Network et Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia: 265-280.
- Lessios, H.A., Macintyre, I.G. (Eds.), 1997. Variation in ecological parameters of *Thalassia testudinum* across the CARICOMP Network. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium Vol. 1*, 24-29 juin 1996, Panama City. Smithsonian Tropical Research Institute, 663-668 pp.
- Carruthers, T.J.B., Barnes, P.a.G., Jacome, G.E., Fourqurean, J.W., 2005. Lagoon scale processes in a coastal influenced Caribbean system : Implications for the seagrass *Thalassia testudinum*. *Caribbean Journal of Science*, 41 (3): 441-455.
- Cho, L.L., Woodley, J.D., 2003. Recovery of reefs at Discovery Bay, Jamaica and the role of *Diadema antillarum*. *In: Moosa, M.K., Soemodihardjo, S., Soegiarto, A., Romimohtarto, K., Nontji, A., Soekarno and Suharsono (Eds.), Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium Vol. 1*, 23-27 October 2000, Bali, Indonesia: 331-338.
- Conseil Général Service Techniques Et Economiques, 2010. Les Données Météorologiques. Le site de suivi des données météorologiques du Conseil Général de la Martinique, [En ligne]. <http://www.cgste.mq/DonneesMeteo/>. Consulté le: 21 janvier 2011.
- Cooper, T., Gilmour, J., Fabricius, K., 2009. Bioindicators of changes in water quality on coral reefs: review and recommendations for monitoring programmes. *Coral Reefs*, 28 (3): 589-606.
- Cooper, T.F., Ridd, P.V., Ulstrup, K.E., Humphrey, C., Slivkoff, M., Fabricius, K.E., 2008. Temporal dynamics in coral bioindicators for water quality on coastal coral reefs of the Great Barrier Reef. *Marine and Freshwater Research*, 59 (8): 703-716.
- Coyer, J., Steller, D., Witman, J., 2003. The underwater catalog: a guide to methods in underwater research. *Bull(US)*, 99: 72-80.
- D'croz, L., Robertson, D.R., 1997. Coastal oceanographic conditions affecting coral reefs on both sides of the Isthmus of Panama. *In: Lessios, H.A., Macintyre, I.G. (Eds.), Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium Vol. 2*, 24-29 juin 1996, Balboa (Panama). Smithsonian Tropical Research Institute: 2053-2058.
- Daniel, A., 2009a. DCE / hydrologie : mise en oeuvre en métropole, résultats évaluation mars 2009 (Présentation Orale). Séminaire de mise en oeuvre de la DCE dans les eaux littorales des DOM, 9 et 10 juin 2009, Centre Ifremer de l'Atlantique, Nantes.
- Daniel, A., 2009b. Document de méthode hydrologie. Consignes pour le prélèvement d'échantillons d'eau en vue de mesures hydrologiques. Rapport DYNECO/PELAGOS/09.01. IFREMER / Programme Dynamique, Evaluation et Surveillance des Ecosystèmes Côtiers (DESECO) / Département dynamiques de l'Environnement Côtier (DYNECO) /Laboratoire PELAGOS, 13 pp.
- Daniel, A., Soudant, D., 2009a. Évaluation DCE avril 2009. Élément de qualité : température. DYNECO/PELAGOS/09.03. IFREMER / DYNECO / PELAGOS & VIGIES, 97 pp.
- Daniel, A., Soudant, D., 2009b. Évaluation DCE mai 2010. Élément de qualité : nutriments. DYNECO/PELAGOS/10.03. IFREMER / DYNECO / PELAGOS & VIGIES, 109 pp.
- Detlefsen, W.R., 2007. Development and implementation of a coral health assessment tool for St. John, USVI. Thesis M. Eng., Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Civil and Environmental Engineering, 231 pp.
- Edmunds, P.J., Carpenter, R.C., 2001. Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalgal cover and increases abundance of juvenile corals on a Caribbean reef. *Proceedings of the National Academy of*

Sciences Vol. 98 (9): 5067-5071.

- 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.
- Gardner, T.A., Côté, I.M., Gill, J.A., Grant, A., Watkinson, A.R., 2003. Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science*, 301: 958-960.
- Glémarec, M., 2008. Les indices biotiques en milieu sédimentaire. *In*: Alzieu, C. (Ed.) Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion. Edition IFREMER: 31-50.
- Gobert, S., Andral, B., Boissery, P., Cehery, A., Lejeune, P., Pelapat, C., Rico-Raimondino, V., Sartoretto, S., 2008. Soutien méthodologique à la mise en œuvre de la Directive Cadre Eau. Item : Herbière de Posidonie : Validation du protocole de calcul de l'EQR. Partim 2 : Sous-écotémoins La corse. Ifremer-Université de Liège-STARESO-Agence de l'eau, 14 pp.
- 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.
- Grall, J., Coïc, N., 2006. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT. IFREMER. Rapport pour: DIREN Bretagne et Fondation Totale, 90 pp.
- Grall, J., Glémarec, M., 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44 (suppl. A): 43-53.
- Green, S.O., Webber, D.F., 2003. The effects of varying levels of eutrophication on phytoplankton and seagrass (*Thalassia testudinum*) populations of the southeast coast of Jamaica. *Bulletin of Marine Science*, 73 (2): 443-455.
- 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.
- Hill, M., 1998. Spongivory on Caribbean reefs releases corals from competition with sponges. *Oecologia*, 117 (1): 143-150.
- Hodgson, G., 1999. A global assessment of human effects on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin*, 38 (5): 345-355.
- 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, 2008a. 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 Ecoconsult, 2008b. Directive Cadre sur l'Eau. Définition de l'état de référence et réalisation du contrôle de surveillance des masses d'eau de transition de Martinique. Etude complémentaire 2008. Compte-rendu de terrain, Juillet 2008. Rapport pour: Martinique, D., 9 (+ annexes) pp.
- Impact-Mer, Pareto Ecoconsult, 2009a. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Réalisation du contrôle de surveillance des masses d'eau côtières et de transition de la Martinique - Années 2007/2008. Rapport de synthèse, Tranche conditionnelle 2008 et bilan des résultats 2007/2008. Rapport pour: DIREN Martinique, 161 pp.
- Impact-Mer, Pareto Ecoconsult, 2009b. 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 Ecoconsult, 2010a. 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 Ecoconsult, 2010b. 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 surveillance. Rapport pour: DIREN Martinique, 147 (Annexes incluses) pp.
- Impact-Mer, Pareto Ecoconsult, 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, ? (Annexes incluses) pp.

- Jameson, S.C., Erdmann, M.V., Gibson Jr, G.R., Potts, K.W., 1998. Development of biological criteria for coral reef ecosystem assessment. Rapport pour: USEPA Office of Science and Technology Health and Ecological Criteria Division, Washington, DC, 69 pp.
- Kramer, P.A., 2003. Synthesis of coral reef health indicators for the western Atlantic: Results of the AGRRA program (1997-2000). *Atoll Research Bulletin*, 496: 1-57.
- Lapointe, B.E., 2007. Nutrient Standards for Protection of Coral Reef Ecosystems (Présentation Orale). Workshop : Nutrient Levels in the Coastal Waters of Bonaire, Curaçao and St. Lucia and the Relationship to Waste Water, 11 & 12 June 2007, Bonaire.
- Lapointe, B.E., Barile, P.J., Matzie, W.R., 2004. Anthropogenic nutrient enrichment of seagrass and coral reef communities in the Lower Florida Keys: discrimination of local versus regional nitrogen sources. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 308 (1): 23-58.
- Lapointe, B.E., Langton, R., Bedford, B.J., Potts, A.C., Day, O., Hu, C., 2010. Land-based nutrient enrichment of the Buccoo Reef Complex and fringing coral reefs of Tobago, West Indies. *Marine Pollution Bulletin*, 60 (3): 334-343.
- Richmond, R.H. (Ed.) 1993. Modification of benthic community structure by natural eutrophication: the Belize barrier reef. Proceeding of the 7th International Coral Reef Symposium Richmond, Robert H University of Guam Press, 1993. Guam, Micronesia, 22-27 June 1992 / conducted by the University of Guam Marine Laboratory under the auspices of the Committee on Coral Reefs of the International Association of Biological Oceanographers and the International Society for Reef Studies Vol. 1, 22-27 June 1992, Guam, Micronesia. University of Guam Press, UOG Station, 323-333 pp.
- Legrand, H., 2009. Base de données cartographique des fonds marins côtiers de la Martinique. Biocénoses benthiques. Rapport technique. Observatoire du Milieu Marin Martiniquais. Rapport pour: DIREN Martinique, 76 pp.
- Lesser, M., 2006. Benthic-pelagic coupling on coral reefs: Feeding and growth of Caribbean sponges. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 328 (2): 277-288.
- Linton, D.M., Warner, G.F., 2003. Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 46 (3): 261-276.
- Littler, M.M., Littler, D.S., 2007. Assessment of coral reefs using herbivory/nutrient assays and indicator groups of benthic primary producers: a critical synthesis, proposed protocols, and critique of management strategies. *Aquatic Conservation*, 17 (2): 195-215.
- Richmond, R.H. (Ed.) 1993. Modification of tropical reef community structure due to cultural eutrophication: the southwest coast of Martinique. Proceeding of the 7th International Coral Reef Symposium Vol. Vol.1, 22-27 June 1992, Guam, Micronesia. University of Guam Press, UOG Station, 335-343 pp.
- Maréchal, J.P., 2010. Communication Personnelle, Entretien du 9 mars 2010.
- McClanahan, T., Sala, E., Stickels, P., Cokos, B., Baker, A., Starger, C., Jones Iv, S., 2003. Interaction between nutrients and herbivory in controlling algal communities and coral condition on Glover's Reef, Belize. *Marine Ecology Progress Series*, 261: 135-147.
- 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.
- McManus, J., Polsenberg, J., 2004. Coral-algal phase shifts on coral reefs: ecological and environmental aspects. *Progress in Oceanography*, 60 (2-4): 263-279.
- 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*.
- Mumby, P.J., Hastings, A., Edwards, H.J., 2007. Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature*, 450 (7166): 98-101.
- Muniz, P., Venturini, N., Pires-Vanin, A., Tommasi, L., Borja, Á., 2005. Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region. *Marine Pollution Bulletin*, 50 (6): 624-637.

- Muxika, I., Borja, A., Bald, J., 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55 (1-6): 16-29.
- Myhre, S., Acevedo-Gutiérrez, A., 2007. Recovery of sea urchin *Diadema antillarum* populations is correlated to increased coral and reduced macroalgal cover. *Marine Ecology Progress Series*, 329: 205-210.
- 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.
- Pellouin-Grouhel, A., Belin, C., Daniel, A., 2006. Recommandations techniques pour le contrôle de surveillance dans le cadre de la DCE, pour le phytoplancton et les paramètres physico-chimiques (hors contaminants chimiques). Stratégies d'échantillonnage, indicateurs, et grilles de classement. IFREMER / SE3L / DYNECO / EMP, 50 pp.
- Rützler, K., 2002. Impact of Crustose Clionid Sponges on Caribbean Reef Corals. *Acta Geologica Hispanica*, 37 (1).
- Soudant, D., Belin, C., 2009. Évaluation DCE décembre 2008. Élément de qualité : phytoplancton. Rapport Intermédiaire, 01 2009 - R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/09-03/DS IFREMER / DYNECO / VIGIES / EMP, 160 pp.
- Szmant, A.M., 2002. Nutrient enrichment on coral reefs: Is it a major cause of coral reef decline? *Estuaries and Coasts*, 25 (4): 743-766.
- Tomasko, D.A., Dawes, C.J., Hall, M.O., 1996. The effects of anthropogenic nutrient enrichment on turtle grass (*Thalassia testudinum*) in Sarasota Bay, Florida. *Estuaries and Coasts*, 19 (2): 448-456.
- Wieggers, M.W., 2007. Impact of Increased Nutrient Input on Coral Reefs on Bonaire and Curacao 66 pp.
- Wilkinson, C. (Ed.), 2008. Status of coral reefs of the world: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network, Reef Rainforest Research Centre, Townsville, Australia, 296 p.
- Willette, D.A., Ambrose, R.F., 2009. The distribution and expansion of the invasive seagrass *Halophila stipulacea* in Dominica, West Indies, with a preliminary report from St. Lucia. *Aquatic Botany*, 91 (3): 137-142.
- Working Group 2.3 – Refcond, 2003. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document N° 10. Rivers and Lakes – Typology, Reference Conditions and Classification Systems. European Commission, 87 p.
- Working Group 2a, 2005. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document N° 13. Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential. European Commission, 47 p.
- Ximénès, M.C., 2009. DCE : état des masses d'eau (Présentation Orale). Séminaire de mise en oeuvre de la DCE dans les eaux littorales des DOM, 9 et 10 juin 2009, Centre Ifremer de l'Atlantique, Nantes.

## 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

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

### B3- eaux de transition de Martinique et Guadeloupe

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

Code masses d'eau	Site	Station Physicochimie			Station Communautés Coralliennes			Station Herbier			Station endofaune		
		X (WGS84/UTM 20)	Y (WGS84/UTM 20)	Profondeur (m)	X (WGS84/UTM 20)	Y (WGS84/UTM 20)	Profondeur (m)	X (WGS84/UTM 20)	Y (WGS84/UTM 20)	Profondeur (m)	X (WGS84/UTM 20)	Y (WGS84/UTM 20)	Profondeur (m)
FRJC001	Banc Gamelle	711030	1612754	10	709190	1612940	6-8	712370	1610800	2	Non Pertinent		
FRJC002	Fond Boucher	698461	1621194	10	698461	1621194	8-10	Herbier à Thalassia non identifié dans cette masse d'eau					
FRJC003	Cap Salomon	704610	1604750	14	704610	1604750	12-15	705879	1604552	6			
FRJC004	Loup Caravelle	722300	1637670	15	692894	1643919	17	Herbier à Thalassia non identifié dans cette masse d'eau					
FRJC004	Cap St Martin	692894	1643919	15	722300	1637670	16-18	Herbier à Thalassia non identifié dans cette masse d'eau					
FRJC006	Caye Pariadis	737222	1607954	13	737222	1607954	6-8	736029	1608287	8-10			
FRJC007	Ilet à Rats	726460	1624304	10	726476	1624352	9-10	726232	1624618	1,5			
FRJC008	Pinsonnelle	733460	1615015	12	734743	1615943	8-10	732730	1612022	2			
FRJC009	Pointe Borgnesse	725833	1598258	10	725833	1598258	11-13	726075	1598801	2,5			
FRJC010	Baie du Marin	727017	1598667	10	727096	1598663	7,7-9	726945	1598673	2			
FRJC011	Loup Garou	732086	1624287	11	732086	1624287	8-11	Herbier à Thalassia non identifié dans cette masse d'eau					
FRJC012	Loup Ministre	721920	1635240	11	721920	1635240	8-11	Herbier à Thalassia non identifié dans cette masse d'eau					
FRJC013	Baie du Trésor	727576	1632629	10	727684	1632514	8-10	727529	1632780	1,5-2			
FRJC017	Corps de Garde	721650	1599300	11	721650	1599300	8-11	722128	1600023	3,5			

Code masses d'eau	Site	Station Physicochimie			Station Communautés Coralliennes			Station Herbier			Station endofaune		
		X (WGS84/UTM 20)	Y (WGS84/UTM 20)	Profondeur (m)	X (WGS84/UTM 20)	Y (WGS84/UTM 20)	Profondeur (m)	X (WGS84/UTM 20)	Y (WGS84/UTM 20)	Profondeur (m)	X (WGS84/UTM 20)	Y (WGS84/UTM 20)	Profondeur (m)
FRJC019	Rocher du Diamant	711210	1597730	15	711210	1597730	14-15,5	Herbier à Thalassia non identifié dans cette masse d'eau					
FRJT001	Etang des Salines	729158	1593746	1	Non Pertinent			Non Pertinent			729060	1593730	1
FRJT002	Trou Manuel	728645	1600460	2							728652	1600471	1,1-1,5
FRJT003	Baie du Lamentin	713300	1614620	2							713300	1614620	2
	Baie des Requins	724780	1625190	3							724805	1625219	2,2-2,6

### Annexe 3 : Données physicochimiques mesurées sur toute la colonne d'eau durant la campagne d'octobre 2010 sur les sites de référence

Type de ME	Code Masse eau	Site	Profondeur de la mesure (m)	Température (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Saturation oxygène (%)	Salinité (psu)
1	FRJC013	Baie du Trésor	0	27,9		5,88	75,5	34
			2	28		5,74	71,7	34
			4	27,9		5,52	72,5	34
			6	28,1		5,6	70,8	34
			8	28,1		5,4	70,9	34
2	FRJC008	Pinsonnelle	0	29,2	8,122	4,46	58,5	33,5
			2	29,2	8,132	4,46	58,3	33,4
			4	29,2	8,131	4,4	57,7	33,4
			6	29,3	8,124	4,33	57,5	33,6
			8	29,3	8,122	4,36	57,8	33,5
			10	29,2	8,118	4,44	58,2	33,6
3	FRJC011	Loup Garou	0	28,4		5,54	72	34,3
			2	28,6		5,52	71,5	34,3
			4	28,6		5,5	71	34,3
			6	28,4		5,48	71,5	34,3
4	FRJC004	Loup Caravelle	0	28,8		5,82	76,1	34,4
			2	28,6		5,85	76	34,4
			4	28,6		5,75	75,6	34,4
			6	28,7		5,85	75,5	34,4
			8	28,6		5,79	75,1	34,4
			10	28,5		5,7	74,4	34,4
			12	28,5		5,74	74,2	34,5
5	FRJC003	Cap Salomon	0	29,2		5,81	77,6	34,2
			2	29,1		5,68	74,8	34,2
			4	28,9		5,65	73,4	34,2
			6	28,7		5,6	73,1	34,2
			8	28,6		5,6	72,6	34,2
			10	29		5,56	72,6	34,2
			12	29,1		5,51	71,9	34,2
6	FRJC017	Corps de Garde	0	28,8		5,24	68,5	33,9
			2	28,9		5,12	68,3	33,9
			4	29		5,56	72,7	34,1
			6	28,9		5,57	72	34,1
			8	28,9		5,52	72,4	34,2
7	FRJC019	Rocher du Diamant	0	28,5		5,87	76,5	34,2
			2	28,5		5,89	76,5	34,2
			4	28,7		5,87	76,2	34,2
			6	28,6		5,74	75,5	34,3
			8	28,7		5,79	74,8	34,3
			10	28,7		5,75	75,5	34,2
8	*	Baie des Requins	0	29,1		5,45	73,3	32,8
			2	28,7		5,6	71	32,8

Remarque : Une défaillance technique de la sonde pH n'a pas permis de réaliser cette mesure dans toutes les stations de manière fiable

## Annexe 4 : Résultats des campagnes hydrologiques d'octobre 2007 à 2010 : paramètres physicochimiques et Chlorophylle *a*

Type de ME	Code Masse eau	Site	Campagne_texte	Température (en °C)	Salinité (en psu)	pH (sans unité)	Oxygène dissous (en mg/l)	Saturation oxygène (en %)	Nitrates	Nitrites	Ammonium	DIN	Phosphates	Turbidité	Chla	Phaeopigment
1	FRJCO 13	Baie du Trésor	oct 07	30,1	33,9	8,14	6,57	87,1	0,28	0,05	0,10	0,43	0,05	0,29	0,41	0,11
			oct 08	29,6	33,1	8,20	6,72	89,4	4,62	0,05	0,20	4,87	0,1	0,29	0,2	0,2
			oct 09	28,9	32,3	7,96	8,28	109,2	5,90	0,22	0,63	6,75	0,39	0,35	0,3	0,2
			oct 10	28,0	34,0		5,63	72,3	0,90	0,03	0,50	1,43	0,22	0,42	0,1	0,1
		Moyenne Baie du Trésor	29,2	33,3	8,10	6,85	90,2	2,93	0,09	0,36	3,37	0,19	0,338	0,253	0,153	
2	FRJCO 08	Pinsonnelle	oct 07	30,0	33,9	8,16	6,78	89,4	0,37	0,13	0,60	1,1	0,05	0,16	0,45	0,12
			oct 08	29,9	33,1	8,21	6,84	91,8	0,05	0,06	12,60	12,71	2,11	0,14	0,2	0,1
			oct 09	28,4	32,2	8,17	5,93	80,8	1,50	0,03	7,75	9,28	0,12	0,54	0,2	0,2
			oct 10	29,2	33,5	8,12	4,41	58,0	0,20	0,03	0,10	0,33	0,09	0,42	0,6	0,2
		Moyenne Pinsonnelle	29,4	33,1	8,17	5,99	80,0	0,53	0,06	5,26	5,855	0,593	0,315	0,363	0,155	
3	FRJCO 11	Loup Garou	oct 07	30,1	34,0	8,16	6,89	90,9	0,38	0,12	0,60	1,1	1,25	0,14	0,43	0,17
			oct 08	29,7	33,3	8,20	6,68	89,3	0,50	0,05	0,30	0,85	0,05	0,22	0,3	0,3
			oct 09	29,0	32,2	7,99	5,50	72,1	9,23	0,22	14,95	24,4	0,18	0,14	0,3	0,3
			oct 10	28,5	34,3		5,51	71,5	0,66	0,03	0,10	0,79	0,19	0,55	0,3	0,1
		Moyenne Loup Garou	29,4	33,3	8,11	6,14	80,9	2,69	0,11	3,99	6,785	0,418	0,263	0,333	0,218	
4	FRJCO 04	Loup Caravelle	oct 08	29,3	32,4	8,23	7,23	94,6	0,10	0,05	0,10	0,25	0,05	0,24	0,3	0,1
			oct 09	28,9	32,4	8,24	6,39	83,5	0,05	0,65	0,70	1,4	0,27	0,16	0,1	0
			oct 10	28,6	34,4		5,79	75,3	0,22	0,03	0,10	0,35	0,1	0,11	0,2	0,1
		Moyenne Loup Caravelle	28,9	33,1	8,24	6,47	84,5	0,12	0,24	0,30	0,67	0,14	0,17	0,2	0,67	
5	FRJCO 03	Cap Salomon	oct 07	29,6	34,1	8,14	6,76	89,8	0,05	0,19	0,10	0,34	0,14	0,14	0,12	0,1
			oct 08	30,1	32,4	8,23	7,05	94,5	0,19	0,05	0,50	0,74	0,05	0,23	0,2	0,1
			oct 09	28,7	32,5	6,60	7,68	104,0	1,55	0,03	0,17	1,75	0,11	0,04	0,3	0,1
			oct 10	28,9	34,2		5,63	73,7	0,49	0,03	0,10	0,62	0,09	0,16	0,2	0,1
		Moyenne Cap Salomon	29,3	33,2	7,61	6,78	90,5	0,57	0,08	0,22	0,863	0,098	0,143	0,205	0,1	
6	FRJCO 17	Corps de Garde	oct 07	29,7	34,1	8,20	6,86	90,4	0,17	0,05	1,00	1,22	0,05	0,27	0,26	0,1
			oct 08	30,2	31,9	8,20	6,95	94,0	0,22	0,05	9,00	9,27	0,24	0,16	0,2	0,1
			oct 09	28,9	32,1	7,95	5,56	73,3	1,33	0,03	0,22	1,58	0,05	0,17	0,5	0,2
			oct 10	28,9	34,0		14,62	70,8	1,33	0,03	0,10	1,46	0,14	0,24	0,4	0,2
		Moyenne Corps de Garde	29,4	33,0	8,12	8,50	82,1	0,76	0,04	2,58	3,383	0,12	0,21	0,34	0,15	
7	FRJCO 19	Rocher du Diamant	oct 07	29,0	34,2	8,17	6,87	91,1	0,05	0,18	0,10	0,33	0,05	0,1	0,1	0,1
			oct 08	29,2	32,0	8,25	7,38	96,5	3,60	0,05	33,50	37,15	0,18	0,11	0,3	0,4
			oct 09	28,6	32,3	8,04	6,48	84,2	2,74	0,46	8,58	11,78	0,09	0,1	0,2	0,1
			oct 10	28,6	34,2		5,82	75,8	0,36	0,03	0,10	0,49	0,16	0,16	0,2	0,1
		Moyenne Rocher du Diamant	28,9	33,1	8,15	6,65	87,0	1,69	0,18	10,57	12,44	0,12	0,118	0,2	0,175	
8	*	Baie des Requiens	oct 07	31,6	33,3	8,15	7,10	96,2	0,05	0,08	0,50	0,63	0,3	0,53		
			oct 08	30,9	32,6	8,16	6,75	90,3	0,05	0,05	0,35	0,45	0,1	1		
			oct 09	30,0	31,8	7,89	3,99	52,4	0,70	0,03	0,35	1,08	0,4	1		
			oct 10	28,9	32,8		5,52	72,2	0,11	0,03	0,10	0,24	0,14	2,2		

Type de ME	Code Masse eau	Site	Campagne_texte	Température (en °C)	Salinité (en psu)	pH (sans unité)	Oxygène dissous (en mg/l)	Saturation oxygène (en %)	Nitrates	Nitrites	Ammonium	DIN	Phosphates	Turbidité	Chla	Phaeopigment
		Moyenne Baie des Requins		30,5	32,7	8,08	5,98	79,8	0,23	0,05	0,33	0,6	0,235	1,183		

Remarques :

- L'unité de mesure des nutriments est le  $\mu\text{mol l}^{-1}$
- L'unité de mesure des pigments chlorophylliens est le  $\mu\text{g l}^{-1}$
- Les données mesurées *in situ* ont été moyennées sur toute la hauteur de la colonne d'eau.

## Annexe 5 : Simulation du classement écologique partiel des ME selon les grilles et méthodologies définies en 2009/2010

En rouge : les indicateurs DCE et classes de qualité correspondantes

Site	Code Masse d'eau	Type de ME	Type d'élément de qualité	Élément de qualité	Nom indice / indicateur	Valeur Indice ou indicateur	Valeur EQR	Classe (grilles 2009/2010)	Etat Biologique / physicochimique	Etat Ecologique
Baie du Trésor	FRJC013	1	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,56	0,56	Bon	Bon	Bon
					Couverture corallienne	33,44	0,63	Bon		
					Ratio	5,80	0,48	Bon		
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent				
					Diversité	Non pertinent				
					Richesse	Non pertinent				
			Physicochimie	Nutriments	M-AMBI	Non pertinent				
					Phytoplancton	Biomasse	0,41	0,44	Bon	
					Oxygène	DIN	2,26	0,07	Bon	
				Nutriments		0,11	0,11	Bon		
				Orthophosphates		0,33	0,15	Bon		
				Turbidité	Oxygène	6,46	0,74	Très Bon		
	Turbidité	0,38	0,53	Très Bon						
Banc Gamelle	FRJC001	1	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,18	0,18	Mediocre	Mediocre	Mediocre
					Couverture corallienne	15,17	0,28	Moyen		
					Ratio	0,97	0,08	Mauvais		
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent				
					Diversité	Non pertinent				
					Richesse	Non pertinent				
			Physicochimie	Nutriments	M-AMBI	Non pertinent				
					Phytoplancton	Biomasse	1,09	0,17	Moyen	
					Oxygène	DIN	0,83	0,18	Bon	
				Nutriments		0,16	0,16	Bon		
				Orthophosphates		0,35	0,14	Bon		
				Turbidité	Oxygène	5,81	0,67	Bon		
	Turbidité	0,81	0,25	Très Bon						
Ilet à Rats	FRJC007	1	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,25	0,25	Moyen	Moyen	Moyen
					Couverture corallienne	20,83	0,39	Moyen		
					Ratio	1,39	0,12	Mediocre		

Site	Code Masse d'eau	Type de ME	Type d'élément de qualité	Élément de qualité	Nom indice / indicateur	Valeur Indice ou indicateur	Valeur EQR	Classe (grilles 2009/2010)	Etat Biologique / physicochimique	Etat Ecologique
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent			Bon	
					Diversité					
					Richesse					
					M-AMBI					
			Phytoplancton	Biomasse	0,39	0,46	Bon			
			Physicochimie	Nutriments	DIN	1,94	0,08	Bon		
					Nutriments	0,10	0,10	Bon		
					Orthophosphates	0,38	0,13	Bon		
Oxygène	Oxygène	5,58			0,64	Bon				
Turbidité	Turbidité	0,42	0,47	Très Bon						
Baie du Marin	FRJC010	1	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,11	0,11	Mediocre	Mediocre	Mediocre
					Couverture corallienne	9,67	0,18	Mediocre		
					Ratio	0,43	0,04	Mauvais		
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent				
					Diversité					
					Richesse					
			M-AMBI							
			Phytoplancton	Biomasse	0,80	0,23	Moyen			
			Physicochimie	Nutriments	DIN	5,61	0,03	Mediocre		
					Nutriments	0,19	0,19	Bon		
					Orthophosphates	0,14	0,35	Bon		
					Oxygène	Oxygène	5,88	0,67	Bon	
					Turbidité	Turbidité	0,92	0,22	Très Bon	
			Pinsonnelle	FRJC008	2	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,12	
Couverture corallienne	5,50	0,17						Mediocre		
Ratio	0,08	0,06						Mauvais		
Faune endogée	AMBI	Non pertinent								
	Diversité									
	Richesse									
M-AMBI										
Phytoplancton	Biomasse	0,60				0,22	Moyen			
Physicochimie	Nutriments	DIN				2,60	0,06	Moyen		
		Nutriments				0,08	0,08	Moyen		
									Moyen	

Site	Code Masse d'eau	Type de ME	Type d'élément de qualité	Élément de qualité	Nom indice / indicateur	Valeur Indice ou indicateur	Valeur EQR	Classe (grilles 2009/2010)	Etat Biologique / physicochimique	Etat Ecologique
					Orthophosphates	0,49	0,10	Moyen		
				Oxygène	Oxygène	5,93	0,68	Bon		
				Turbidité	Turbidité	0,42	0,24	Très Bon		
Caye Pariadis	FRJC006	2	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,17	0,17	Mediocre	Mediocre	Mediocre
					Couverture corallienne	8,00	0,25	Moyen		
					Ratio	0,11	0,08	Mauvais		
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent				
					Diversité					
					Richesse					
			Physicochimie	Phytoplancton	Biomasse	0,30	0,43	Bon		
					Nutriments	DIN	0,98	0,15	Bon	
						Nutriments	0,36	0,36	Bon	
				Orthophosphates		0,09	0,57	Très Bon		
				Oxygène	Oxygène	5,36	0,61	Bon		
				Turbidité	Turbidité	0,24	0,41	Très Bon		
Loup Ministre	FRJC012	2	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,14	0,14	Mediocre	Mediocre	Mediocre
					Couverture corallienne	6,67	0,21	Moyen		
					Ratio	0,09	0,07	Mauvais		
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent				
					Diversité					
					Richesse					
			Physicochimie	Phytoplancton	Biomasse	0,40	0,33	Moyen		
					Nutriments	DIN	2,46	0,06	Bon	
						Nutriments	0,31	0,31	Bon	
				Orthophosphates		0,09	0,56	Très Bon		
				Oxygène	Oxygène	5,88	0,67	Bon		
				Turbidité	Turbidité	0,21	0,47	Très Bon		
Loup Garou	FRJC011	3	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,32	0,32	Moyen	Moyen	Moyen
					Couverture corallienne	27,17	0,45	Bon		
					Ratio	1,81	0,18	Moyen		
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent				

Site	Code Masse d'eau	Type de ME	Type d'élément de qualité	Élément de qualité	Nom indice / indicateur	Valeur Indice ou indicateur	Valeur EQR	Classe (grilles 2009/2010)	Etat Biologique / physicochimique	Etat Ecologique	
					Diversité				Moyen		
					Richesse						
					M-AMBI						
			Physicochimie	Phytoplancton	Biomasse	0,43	0,47	Bon			
					Nutriments	DIN	2,82	0,05			Moyen
						Nutriments	0,09	0,09			Moyen
						Orthophosphates	0,41	0,12			Moyen
Oxygène	Oxygène	5,51	0,63	Bon							
Turbidité	Turbidité	0,26	0,39	Très Bon							
Loup Caravelle	FRJC004	4	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,23	0,23	Moyen	Mediocre	Mediocre	
					Couverture corallienne	23,50	0,37	Moyen			
					Ratio	0,93	0,09	Mediocre			
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent					
					Diversité						
					Richesse						
			Physicochimie	Phytoplancton	Biomasse	0,54	0,13	Mediocre			
					Nutriments	DIN	0,40	0,37	Très Bon		
						Nutriments	0,39	0,39	Bon		
						Orthophosphates	0,13	0,40	Bon		
					Oxygène	Oxygène	6,15	0,70	Très Bon		
					Turbidité	Turbidité	0,18	0,56	Très Bon		
Cap St Martin	FRJC004	4	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,38	0,38	Bon	Moyen	Moyen	
					Couverture corallienne	18,50	0,29	Moyen			
					Ratio	4,67	0,47	Bon			
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent					
					Diversité						
					Richesse						
			Physicochimie	Phytoplancton	Biomasse	0,29	0,24	Moyen			
					Nutriments	DIN	0,65	0,23	Bon		
						Nutriments	0,14	0,14	Bon		

Site	Code Masse d'eau	Type de ME	Type d'élément de qualité	Élément de qualité	Nom indice / indicateur	Valeur Indice ou indicateur	Valeur EQR	Classe (grilles 2009/2010)	Etat Biologique / physicochimique	Etat Ecologique	
					Orthophosphates	0,98	0,05	Mediocre			
					Oxygène	Oxygène	6,11	0,70			Très Bon
					Turbidité	Turbidité	0,45	0,22			Très Bon
Cap Salomon	FRJC003	5	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,25	0,25	Moyen	Moyen	Moyen	
					Couverture corallienne	14,89	0,24	Moyen			
					Ratio	2,58	0,26	Moyen			
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent					
					Diversité						
					Richesse						
			Physicochimie	Phytoplancton	Biomasse	0,22	0,50	Bon			
					Nutriments	DIN	0,88	0,17	Bon		
						Nutriments	0,21	0,21	Bon		
				Orthophosphates		0,20	0,25	Bon			
				Oxygène	Oxygène	6,09	0,70	Très Bon			
				Turbidité	Turbidité	0,19	0,52	Très Bon			
Fond Boucher	FRJC002	5	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,18	0,18	Mediocre	Mediocre	Mediocre	
					Couverture corallienne	14,33	0,23	Moyen			
					Ratio	1,32	0,13	Mediocre			
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent					
					Diversité						
					Richesse						
			Physicochimie	Phytoplancton	Biomasse	0,33	0,33	Bon			
					Nutriments	DIN	0,54	0,28	Bon		
						Nutriments	0,16	0,16	Bon		
				Orthophosphates		1,05	0,05	Mauvais			
				Oxygène	Oxygène	6,15	0,71	Très Bon			
				Turbidité	Turbidité	0,20	0,50	Très Bon			
Corps de Garde	FRJC017	6	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	1,07	1,07	Très Bon	Moyen	Moyen	
					Couverture corallienne	34,89	0,54	Bon			

Site	Code Masse d'eau	Type de ME	Type d'élément de qualité	Élément de qualité	Nom indice / indicateur	Valeur Indice ou indicateur	Valeur EQR	Classe (grilles 2009/2010)	Etat Biologique / physicochimique	Etat Ecologique
				Faune endogée	Ratio	56,06	1,60	Très Bon		
					AMBI	Non pertinent				
					Diversité					
					Richesse					
					M-AMBI					
			Phytoplancton	Biomasse	0,42	0,31	Moyen			
			Physicochimie	Nutriments	DIN	1,78	0,08	Bon	Moyen	
					Nutriments	0,08	0,08	Moyen		
					Orthophosphates	0,72	0,07	Moyen		
					Oxygène	Oxygène	5,53	0,63		Bon
Turbidité	Turbidité	0,22			0,45	Très Bon				
Pointe Borgnesse	FRJC009	6	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,13	0,13	Mediocre	Mediocre	Mediocre
					Couverture corallienne	15,83	0,25	Moyen		
					Ratio	0,42	0,01	Mauvais		
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent				
					Diversité					
					Richesse					
			M-AMBI							
			Phytoplancton	Biomasse	0,46	0,28	Moyen			
			Physicochimie	Nutriments	DIN	1,84	0,08	Bon	Bon	
					Nutriments	0,10	0,10	Bon		
					Orthophosphates	0,41	0,12	Moyen		
					Oxygène	Oxygène	6,03	0,69		Très Bon
					Turbidité	Turbidité	0,25	0,40		Très Bon
Rocher du Diamant	FRJC019	7	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	0,12	0,12	Mediocre	Mediocre	Mediocre
					Couverture corallienne	10,33	0,17	Mediocre		
					Ratio	0,88	0,06	Mauvais		
				Faune endogée	AMBI	Non pertinent				
					Diversité					
					Richesse					
			M-AMBI							
			Phytoplancton	Biomasse	0,30	0,33	Bon			
			Physicochimie	Nutriments	DIN	5,46	0,03	Mediocre	Moyen	

Site	Code Masse d'eau	Type de ME	Type d'élément de qualité	Élément de qualité	Nom indice / indicateur	Valeur Indice ou indicateur	Valeur EQR	Classe (grilles 2009/2010)	Etat Biologique / physicochimique	Etat Ecologique
					Nutriments	0,08	0,08	Moyen		
					Orthophosphates	0,35	0,14	Bon		
					Oxygène	6,33	0,73	Très Bon		
					Turbidité	0,24	0,41	Très Bon		
Baie des Requins		8	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	Non pertinent			Très bon	Bon
					Couverture corallienne					
					Ratio					
				Faune endogée	AMBI	1,29	0,618	Bon		
					Diversité	4,81	1,148	Grille non définie		
					Richesse	56,00	1,302	Grille non définie		
			M-AMBI		0,99	0,987	Très Bon			
			Phytoplancton	Biomasse	Non pertinent					
			Physicochimie	Nutriments	DIN	2,10	0,07	Bon		
					Nutriments	0,20	0,20	Bon		
				Orthophosphates	0,15	0,33	Bon			
				Oxygène	Oxygène	5,52	0,66	Très Bon		
				Turbidité	Turbidité	1,26	0,40	Très Bon		
Étang des Salines	FRJT001	8	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	Non pertinent			Mediocre	Mediocre
					Couverture corallienne					
					Ratio					
				Faune endogée	AMBI	5,43	0,147	Mediocre		
					Diversité	2,04	0,487	Grille non définie		
					Richesse	8,00	0,186	Grille non définie		
			M-AMBI		0,24	0,235	Mediocre			
			Phytoplancton	Biomasse	Non pertinent					
			Physicochimie	Nutriments	DIN	5,04	0,03	Mediocre		
					Nutriments	0,05	0,05	Mediocre		
					Orthophosphates	0,82	0,06	Mediocre		
				Oxygène	Oxygène	5,58	0,66	Très Bon		
				Turbidité	Turbidité	33,13	0,02	Mauvais		

Site	Code Masse d'eau	Type de ME	Type d'élément de qualité	Élément de qualité	Nom indice / indicateur	Valeur Indice ou indicateur	Valeur EQR	Classe (grilles 2009/2010)	Etat Biologique / physicochimique	Etat Ecologique
Trou Manuel	FRJT002	8	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	Non pertinent			Bon	Moyen
					Couverture corallienne					
					Ratio					
				Faune endogée	AMBI	2,21	0,363	Bon		
					Diversité	4,00	0,955	Grille non définie		
					Richesse	34,00	0,791	Grille non définie		
					M-AMBI	0,74	0,738	Bon		
				Phytoplancton	Biomasse	Non pertinent				
				Physicochimie	Nutriments	DIN	5,89	0,03		
			Nutriments			0,05	0,05	Moyen		
			Orthophosphates			0,61	0,08	Moyen		
			Oxygène		Oxygène	5,98	0,71	Très Bon		
			Turbidité		Turbidité	7,94	0,06	Moyen		
Baie du Lamentin	FRJT003	8	Biologie	Communautés coralliennes	Communautés coralliennes	Non pertinent			Très bon	Moyen
					Couverture corallienne					
					Ratio					
				Faune endogée	AMBI	1,09	0,734	Très Bon		
					Diversité	4,15	0,990	Grille non définie		
					Richesse	40,00	0,930	Grille non définie		
					M-AMBI	0,85	0,855	Très Bon		
				Phytoplancton	Biomasse	Non pertinent				
				Physicochimie	Nutriments	DIN	2,96	0,05		
			Nutriments			0,09	0,09	Moyen		
			Orthophosphates			0,41	0,12	Moyen		
			Oxygène		Oxygène	4,87	0,58	Bon		
			Turbidité		Turbidité	6,15	0,08	Moyen		

## Annexe 6 : 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'eau<sup>36</sup> 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 arbitrairement<sup>37</sup> 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 2009a).*

<sup>36</sup> Élément à confirmer

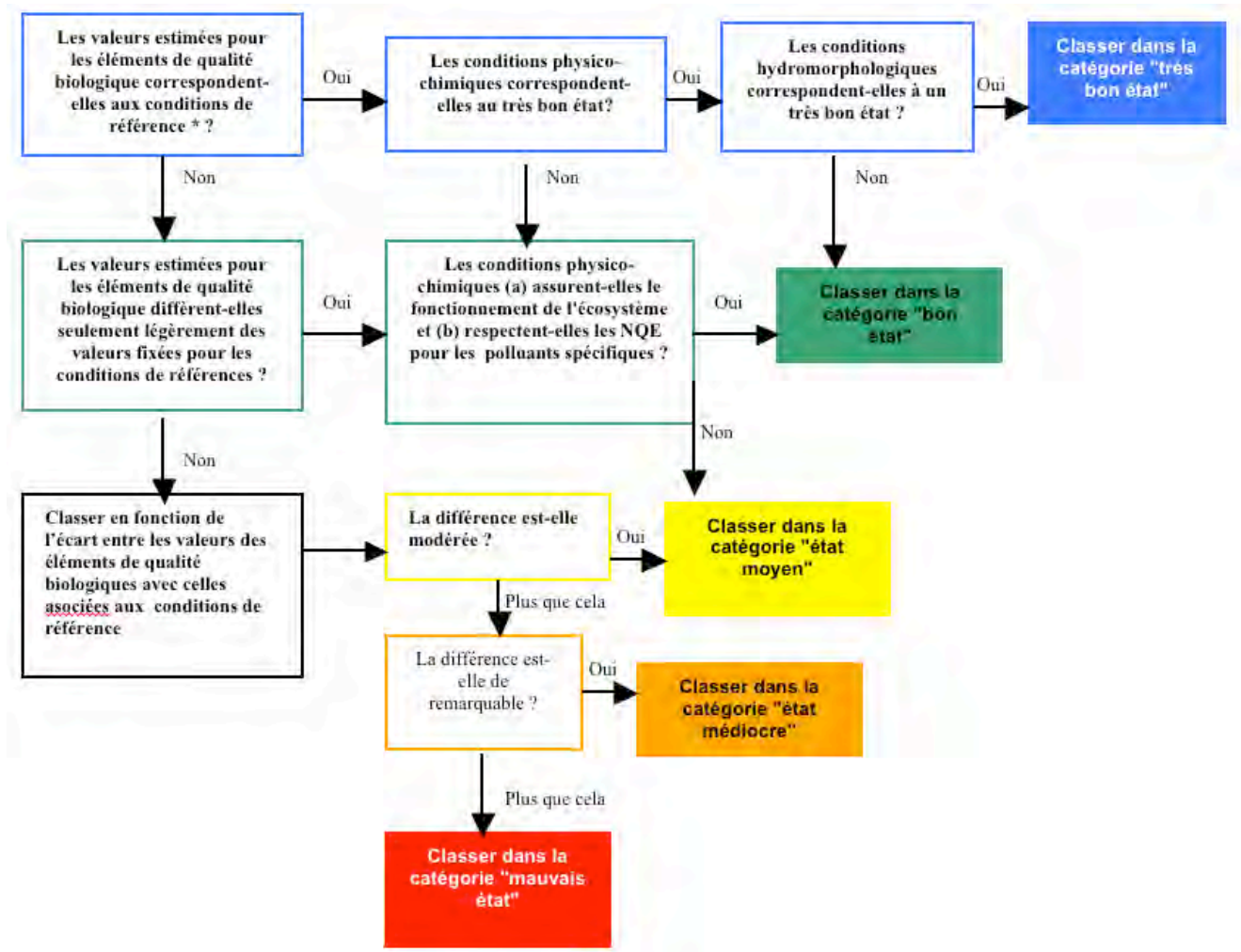
<sup>37</sup> A affiner en fonction de la ou des pression(s) identifiée(s)

## Annexe 7 : 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** suivant<sup>38</sup> 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

<sup>38</sup> 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 bon<sup>3940</sup>

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 général<sup>41</sup>, 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<sup>-1</sup>) est classée en état écologique moins que bon.

<sup>39</sup> 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.

<sup>40</sup> 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.

<sup>41</sup> 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 O<sub>2</sub> 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 8 : 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.