



Direction régionale de l'environnement
MARTINIQUE



Directive Cadre Européenne sur l'Eau : MISE EN PLACE D'UN PROTOCOLE D'ETUDE DE LA QUALITE ECOLOGIQUE DES BIOCENOSES BENTHIQUES DE MARTINIQUE

Ghezlane ID DAOUD



Année universitaire 2006/2007

Encadrant : Dr Jean-Philippe MARECHAL

RESUME

La Directive-Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) établit un cadre pour la protection de l'ensemble des eaux européennes. Son principal objectif est l'atteinte du bon état écologique de toutes les masses d'eau d'ici 2015. Dans ce cadre, un protocole d'étude de la qualité écologique des biocénoses benthiques doit être mis en place. En Martinique, il s'agit d'adapter le protocole à un environnement tropical et de focaliser sur l'étude des récifs coralliens et des herbiers.

Seule l'étude des récifs coralliens a pu être mise en oeuvre et une méthode d'échantillonnage adéquate a été mise au point. L'échantillonnage du benthos récifal s'effectue sur 6 transects aléatoires positionnés sur une zone récifale homogène. La méthode point intercept a été retenue : les organismes situés tous les 20cm sous le transect sont identifiés. Une attention particulière est portée à la couverture du récif en macroalgues, certaines espèces pouvant être indicateur d'état de santé. Pour évaluer le taux de recouvrement en macroalgues, l'utilisation de quadrats de 25x25cm a été retenue. Le quadrat est positionné tous les mètres le long du transect et l'observateur estime visuellement la couverture algale du quadrat.

Ce protocole est utilisé sur les sites de référence sélectionnés autour de l'île selon les critères de la Directive Cadre sur l'Eau. Son application est rapide, simple d'utilisation et accessible aux personnes non scientifiques. Enfin, la qualité écologique des récifs peut être déduite de la composition des communautés benthiques et des données d'abondance par groupe ou espèce.

Mots clés : Directive-Cadre Européenne sur l'Eau, protocole, récif corallien, échantillonnage, qualité écologique.

SOMMAIRE

1. Introduction	4
1.1. Protocole d'étude de la qualité écologique des biocénoses benthiques	4
2. Matériels et Méthodes	4
2.1. Sites de référence	4
2.2. Descripteurs biologiques	5
2.3. Descripteurs hydromorphologiques et paramètres complémentaires.....	6
2.4. Méthodes d'échantillonnage	6
2.4.1. Etude du benthos récifal	6
2.4.2. Etude de la couverture en macroalgues	9
3. Résultats	10
3.1. Protocole d'étude de la qualité écologique des biocénoses benthiques	10
3.1.1. Evaluation de la couverture en macroalgues	11
3.2. Résultats de la première campagne de suivi biologique des sites de référence	12
3.2.1. Corps de Garde	12
3.2.2. Cap Salomon	14
3.2.3. Rocher du Diamant.....	16
3.2.4. Cap Saint Martin	18
3.2.5. Pointe Borgnesse	20
4. Discussion	22
4.1. Protocole d'étude de la qualité écologique des biocénoses benthiques	22
4.2. Sites de référence	23
4.3. Espèces indicatrices.....	24
5. Conclusion.....	25
6. Références bibliographiques	27
7. ANNEXES	29

1. Introduction

1.1. Protocole d'étude de la qualité écologique des biocénoses benthiques

Deux formations biologiques marines majeures sont identifiées en milieu marin tropical caraïbe : récifs coralliens et herbiers. Depuis 2001, le protocole GCRMN adapté (Bouchon *et al.*, 2001) est utilisé pour le suivi de 4 stations IFRECOR (Initiative Française pour les Récifs Coralliens). Ce protocole lourd et détaillé n'est pas adapté aux objectifs de la DCE et nécessite un remodelage pour répondre aux attentes DCE, au niveau de connaissance des plongeurs, aux nombres de sites et au coût des opérations.

Un protocole spécifique a été testé *in situ* en plongée sur les sites de référence choisis et les données acquises ont été hiérarchisées afin d'identifier les descripteurs les plus pertinents. La notion d'espèce indicatrice d'état a été introduite, permettant d'évaluer l'état de santé des récifs en fonction de la présence ou de l'absence des espèces sélectionnées.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Sites de référence

Après un état des lieux effectué en 2004 (BE Impact Mer), 8 types de masses d'eau littorale ont été identifiés (annexe 1). Un site de référence a été attribué à chaque masse d'eau selon les critères suivants :

- la bonne représentation de la masse d'eau concernée : le site choisi doit correspondre le plus fidèlement aux caractéristiques physico-chimiques de la masse d'eau,
- l'absence ou un faible niveau de pression littorale,
- le bon renouvellement des eaux.

Ces sites sont représentatifs des conditions de références pour un type de masse d'eau correspondant à un « bon ou très bon état écologique ».

L'état de santé général d'un récif est défini par la présence ou l'absence de nécroses des colonies coraliennes, de gazon algal (turf), de macroalgues et de signe d'hypersédimentation. La classification retenue pour le protocole DCE est dérivée d'une classification des peuplements coralliens suivant 5 états (Bouchon XXXX) :

Tableau 1. Classification de l'état de santé écologique des récifs coralliens.

Indice de l'état de santé	Peuplement corallien
1 = Très bon état	Coraux non nécrosés avec gazon algal. Absence de macroalgues
2 = Bon état	Coraux peu nécrosés ou quelques macroalgues ou légère hypersédimentation
3 = Etat moyen	Coraux avec nécroses, peuplement dominé par les macroalgues ou hypersédimentation.
4 = Mauvais état	La majorité des coraux sont morts, les fonds sont envahis par les macroalgues ou entièrement sédimentés.
5 = Très mauvais état	Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envasés, aucune espèce sensible.

Pour chaque type de masse d'eau, un site de référence a été choisi (Tableau 2 – Carte X).

Tableau 2. Sites de références retenus pour le protocole DCE

Type de masse d'eau	Site de référence
Baies	Baie du Trésor
Récifs frangeants et lagons atlantiques	Caye Pariadis
Récifs barrière atlantique	Loup Garou
Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique	Cap Saint Martin
Côte rocheuse protégée Caraïbe	Cap Salomon
Côte abritée à plateforme corallienne	Corps de Garde
Eaux du large de la grande baie de Diamant Sainte Luce	Rocher du Diamant

2.2. Descripteurs biologiques

Deux paramètres essentiels sont pris en compte lors du suivi des peuplements benthiques : composition et abondance. Les communautés coraliennes caraïbes sont principalement constituées de coraux, d'éponges, de macroalgues et d'invertébrés.

Le Tableau 3 présente les catégories (codes) DCE retenues pour l'étude de la qualité écologique du benthos récifal, regroupant les organismes qui composent la faune et la flore des récifs coralliens. Le substrat nu est également pris en compte.

Tous les organismes benthiques échantillonnés sont identifiés jusqu'à l'espèce si possible. Ils sont ensuite regroupés par catégorie pour permettre le calcul du taux de recouvrement des différents groupes dans la zone d'échantillonnage.

Tableau 3. Descripteurs retenus pour le protocole DCE.

Catégories	Description
CV	Corail vivant
CB	Corail blanchi
EP	Eponge
INV	Autre invertébré
MA	Macroalgue
AC	Algues calcaires
TU	Turf ou gazon algal
CY	Cyanophycées
HE	Herbiers
SA	Sable
R	Roche
DC	Débris coralliens
VA	Vase

La catégorie « corail mort » n'est pas prise en compte. D'une part, le taux de mortalité peut être déduit du taux de recouvrement en corail vivant d'un suivi sur l'autre et d'autre part, il est rare d'observer du corail mort non colonisé par du turf algal ou des macroalgues. Pour palier à ces biais dans l'évaluation, la nature du substrat est prise en compte pour les catégories Macroalgues, Algues calcaires ou Turf.

2.3. Descripteurs hydromorphologiques et paramètres complémentaires

Les descripteurs hydromorphologiques complètent l'information tirée de l'évaluation de l'état de santé des récifs coralliens par le biais des suivis biologiques (Température de l'eau, Profondeur, Courant, Exposition aux vagues, Substrat à la côte et sous l'eau, Niveau de sédimentation). La date, l'heure de plongée, les conditions climatiques du jour, le nom des observateurs et les points GPS de la zone d'échantillonnage sont notés.

2.4. Méthodes d'échantillonnage

2.4.1. Etude du benthos récifal

Le développement du protocole d'étude de la qualité écologique du benthos récifal repose sur l'analyse des données antérieures des suivis IFRECOR en Martinique (relevés bi-annuels – annexe 3).

Chaque station IFRECOR est matérialisée par un transect permanent de 60m tendu entre des piquets plantés dans le substrat. La méthode « ligne intercept » est utilisée : tous les organismes benthiques positionnés sous le cordage en projection verticale sont identifiés jusqu'à l'espèce (ou groupe d'organismes). Les données brutes ont été traitées de différentes façons afin de comparer les méthodes d'échantillonnage.

- 1 transect de 60m en ligne intercept.
- 6 transects de 10m en ligne intercept.
- 6 transects de 10m en point intercept (un point tous les 20cm).

Les traitements numériques des données ont aidé à déterminer le protocole d'échantillonnage le mieux adapté aux besoins de la DCE. Des transects de 10m ont été extraits des données brutes (classement aléatoires des points – pas de recouplement des données) afin d'évaluer la variabilité des échantillonnages selon les méthodes « point intercept » et « ligne intercept ». Les moyennes de recouvrement benthique ont été calculées avec 1, 2, ... , 6 transects. La comparaison des résultats a permis de sélectionner le nombre optimal de transects pour l'étude.

Les transects aléatoires sont plus appropriés, les transects permanents nécessitant beaucoup de matériel (7 sites de référence), un entretien régulier et ayant un coût non négligeable. La multiplication des réplicats aléatoires diminue la variabilité de l'échantillonnage.

La figure 1 présente une comparaison des données IFRECOR selon un échantillonnage sur 6 transects de 10m en point intercept et un autre effectué sur un transect de 60m en ligne intercept, en utilisant les catégories décrites dans le Tableau 3. Le taux de recouvrement, avec la méthode « ligne intercept », est calculé en rapportant la longueur occupée par chaque catégorie sur le transect à la longueur totale du transect (60m). Le taux de recouvrement avec la méthode « point intercept », est calculé en rapportant le nombre de points par catégorie rencontrée sur le transect au nombre de points total (50pt/transect). La moyenne et l'intervalle de confiance des taux de recouvrement pour les 6 transects sont calculés pour chaque catégorie benthique.

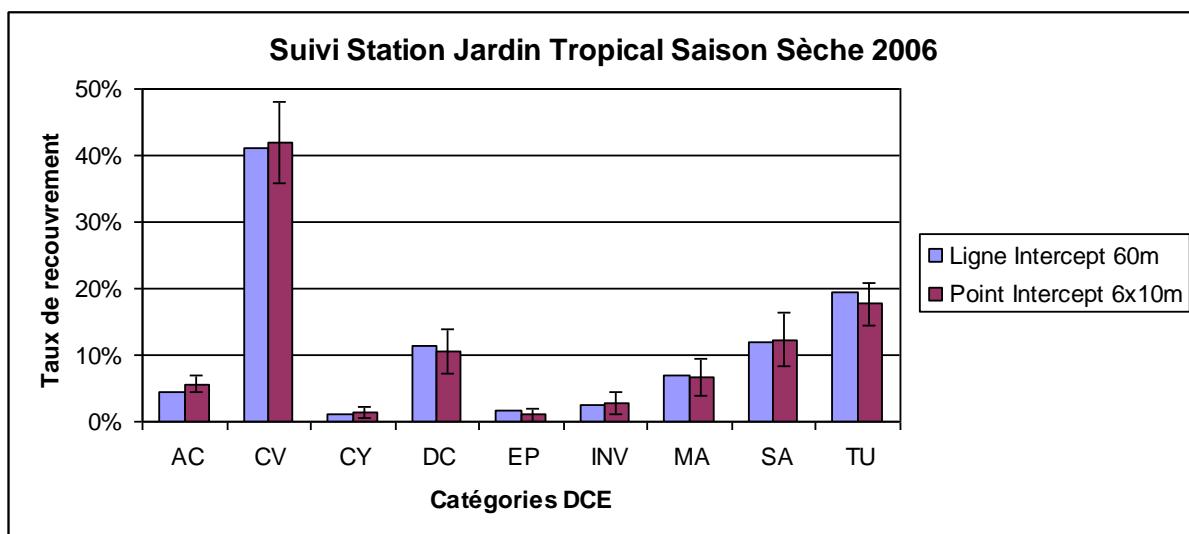


Figure 1. Taux de recouvrement benthique pour chaque catégories DCE échantillonées sur un transect de 60m (bleu) et sur six transect de 10m (violet).

Les valeurs des taux de recouvrement calculées à partir d'un échantillonnage réalisé sur 1 transect de 60m se situe dans l'intervalle de confiance de la valeur moyenne du taux de recouvrement calculé à partir d'un échantillonnage réalisé sur 6 transects de 10m. Il n'y a pas de différences significatives entre les 2 méthodes. L'utilisation de transects plus courts offre une information de précision équivalente à un seul transect de 60m.

Le choix entre « ligne intercept » et « point intercept » a été fait par rapport au temps nécessaire pour l'acquisition des données. La comparaison des échantillonnages des deux méthodes ne montrant pas de différences significatives sur les taux de recouvrement des catégories prises en compte pour la DCE, la méthode du point intercept a été retenue. La figure 2 présente les résultats des suivis de l'année 2006 pour la station Ilet à Rats selon les deux méthodes pré-citées.

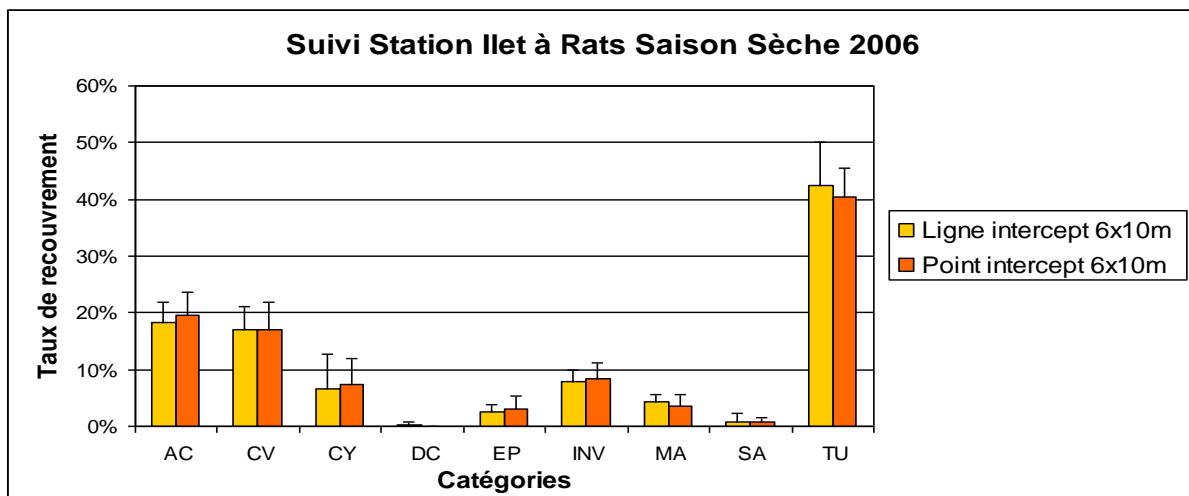


Figure 2 . Taux de recouvrement des différentes catégories DCE échantillonées sur 6 transects de 10m échantillonés en ligne intercept (jaune) et en point intercept (orange).

2.4.2. Etude de la couverture en macroalgues

Les macroalgues sont de très bons indicateurs de l'état de santé d'un récif. Leur présence en abondance indique très souvent un phénomène d'eutrophisation (Lapointe *et al.* 2004) et plus généralement de dégradation des écosystèmes. Une des méthodes les plus utilisées pour évaluer la couverture en macroalgues est l'emploi de quadrats.

Un plongeur positionne un quadrat de 25x25cm (625cm²) le long du transect à intervalle régulier (1m) et évalue visuellement le pourcentage de recouvrement en macroalgues par espèce ou groupe.

Deux méthodes ont été testées :

- (1) estimation visuelle *in situ*
- (2) évaluation par traitement d'image *a posteriori* sur des photographies de quadrats.

Lors de l'estimation visuelle, l'observateur estime le pourcentage de recouvrement en macroalgues dans chaque quadrat et attribue une classe selon la grille du tableau 4 :

Tableau 4. Classification du recouvrement algal retenu pour le protocole DCE.

Classe	Description	% de recouvrement
0	Pas de macroalgue	0%
1	Présence éparses	1-10%
2	Présence nettement visible	11-50%
3	Présence et couverture forte	51-90%
4	Couverture totale	91-100%

Un indice de recouvrement correspondant à la moyenne des classes sur le transect est calculé pour chaque transect.

L'évaluation par traitement d'image a été testée pour affiner le pourcentage de recouvrement en macroalgues. L'observateur photographie chaque quadrats. Les clichés sont traités ultérieurement à l'aide du logiciel ImageJ pour évaluer la surface de recouvrement (en cm^2) des macroalgues sur le quadrat. Cette valeur est rapportée à la surface totale du quadrat (625cm^2) pour en déduire le pourcentage de recouvrement. Un indice de recouvrement est calculé.



Photo 1. Cliché d'un quadrat et délimitation des zones de macroalgues (orange). Photos OMMM

Les 2 méthodes ont été comparées en utilisant les indices de recouvrement calculés (Annexe 4). Le test statistique Mann-Whitney (test non paramétrique) a été utilisé sur les 2 jeux de données. Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les 2 méthodes. La méthode d'évaluation visuelle, plus simple, a été retenue.

3. Résultats

3.1. Protocole d'étude de la qualité écologique des biocénoses benthiques

La DCE recommande d'effectuer les suivis des sites de référence tous les ans à la saison sèche, entre les mois de février et juin. Deux binômes de plongeurs sont nécessaires pour réaliser 3 transects chacun au cours d'une plongée.

Suivi du benthos récifal

Matériel :

- 2 transects de 10m marqués tous les 20cm,
- 2 piges (pour la projection verticale des points intercept),
- 2 plaquettes formatées.



Echantillonnage point intercept.
Photo OMMM.

Déroulement d'une plongée

Les paramètres complémentaires sont notés sur le bateau (date et heure de plongée, points GPS, conditions climatiques ...). Une rapide exploration du site est réalisée pour les paramètres hydromorphologiques et donner un état général de santé selon les classes du Tableau 1.

Chaque transect de 10m est positionné de manière aléatoire dans une zone récifale homogène à une même isobathe (10m de profondeur). Lorsque la zone d'échantillonnage est un site non pentu, les transects sont positionnés dans un cercle de rayon 50m autour du point GPS.

Si par contre le site est pentu, les transects sont positionnés parallèlement aux isobathes dans un rectangle de 100m et une profondeur de +/- 2m par rapport à l'isobathe.

Le plongeur n°1 déroule le transect et le tend entre 2 points fixes en le maintenant le plus proche possible du substrat (moins de 50cm). Il procède ensuite au relevé de type « point intercept ».

3.1.1. Evaluation de la couverture en macroalgues

Matériel :

- 2 quadrats de 25x25cm,
- 2 plaquettes formatées.

Le plongeur n° 2, situé à l'autre extrémité du transect, dispose le quadrat contre le transect (toujours du même côté) avec un pas d'espace de 1 m. Il estime visuellement le

pourcentage de recouvrement en macroalgues et attribue une classe à chaque quadrats selon la grille de classification présentée dans le Tableau 4.

3.2. Résultats de la première campagne de suivi biologique des sites de référence

Suite à des contraintes de temps, de conditions climatiques et budgétaires, seules 5 des 7 stations de références ont pu être échantillonnées, les autres stations situées sur la côte Atlantique très exposée à la houle et au vent, ayant un accès souvent difficile.

3.2.1. Corps de Garde



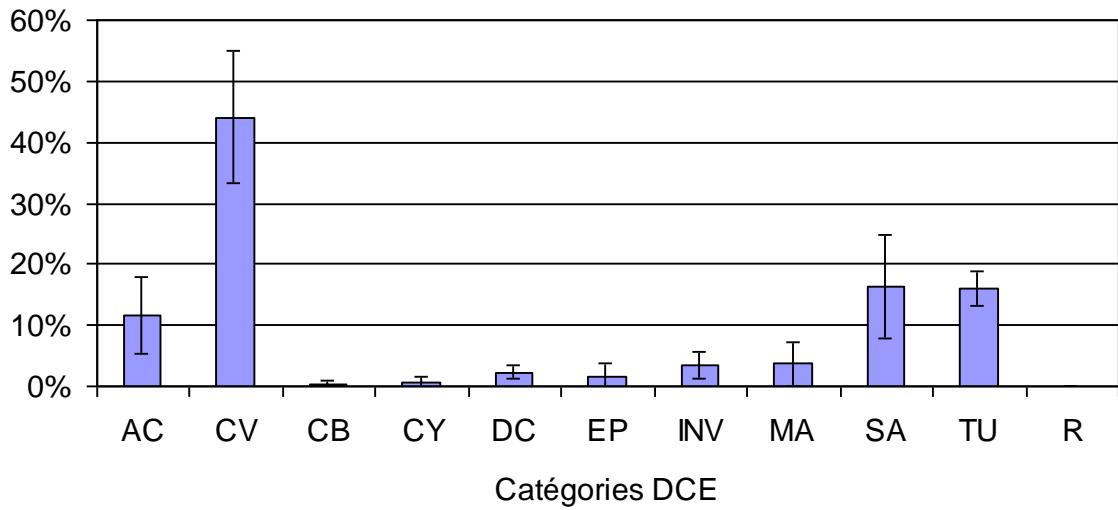
Cliché du site de Corps de Garde. Photo OMMM

Paramètres complémentaires et hydromorphologiques :

Date	17 Juillet 2007
Heure	14h30
Point GPS	CoordX : 721888 CoordY : 1598989
Binômes	J.P. Maréchal & G. Id Daoud, J. Mahieu & C. Sérailine
Conditions climatiques	Beau temps, quelques nuages, vent NE
Température eau	27°C
Substrat à la côte	Sablo-rocheux, urbanisé
Exposition aux vagues	Houle de E-SE
Profondeur	9.8 - 11.2m
Courant	faible
Substrat dans l'eau	Récif corallien, corail mort
Sédimentation	Nulle mais eau turbide
Etat de santé général	2 (bon état écologique)

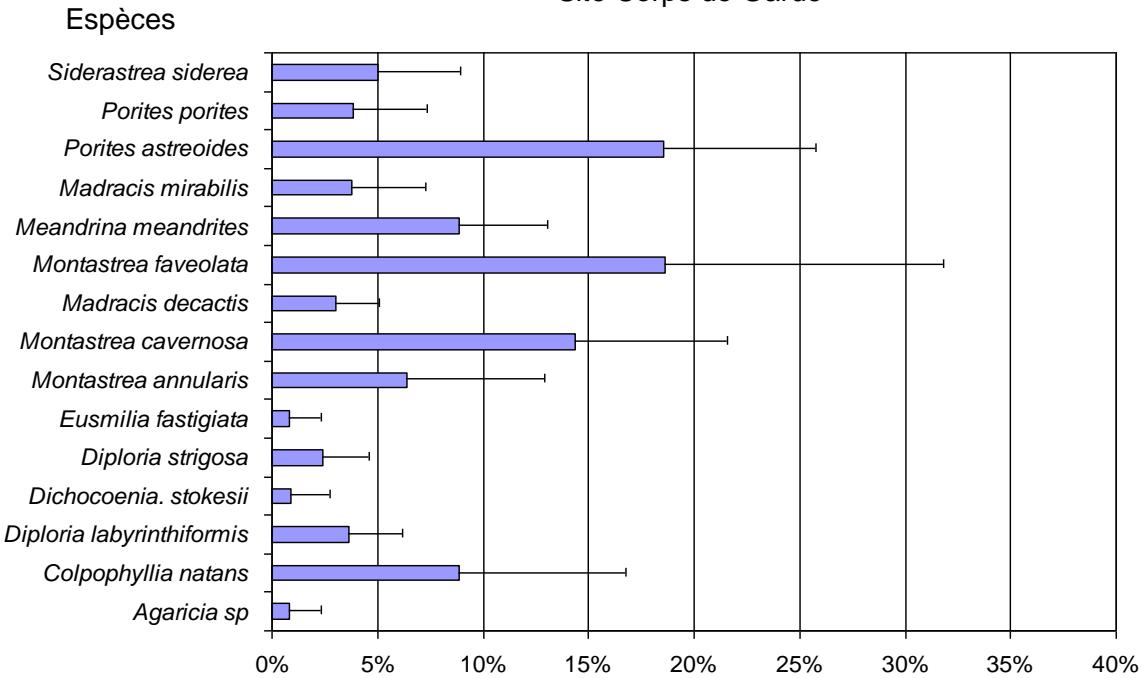
Echantillonnage du benthos récifal :

Figure 3. Suivi Biologique - Site de référence Corps de Garde
ETAT 2



La catégorie dominante est le corail vivant (Figure 3). Le taux de macroalgues est inférieur à 5%, contrairement aux algues calcaires (encroûtantes) présentes à plus de 10%. La catégorie Turf est représentée à plus de 15%.

Figure 4. % de recouvrement en corail par espèce
Site Corps de Garde



La composition spécifique en corail est donnée par la figure 4. Quinze espèces ont été échantillonnées, mais certaines dominent le peuplement : *P. atreoides*, *M. faveolata* et *M. cavernosa*, présentes à plus de 10%.

Indice macroalgues :

L'indice de recouvrement moyen en macroalgues est de 0,4. Le site appartient à la classe 0, ce qui signifie que les algues sont présentes à moins de 1%. Les macroalgues identifiées appartiennent à la famille des Dictyotacées.

3.2.2. Cap Salomon



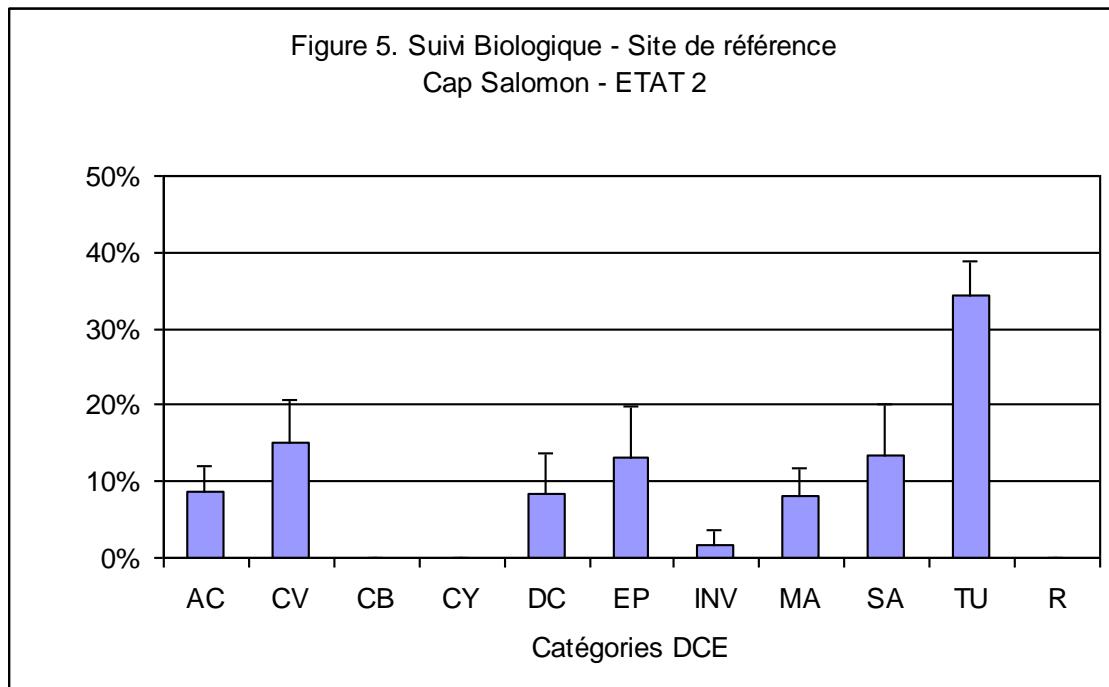
Cliché du site de Cap Salomon. Photos OMM

Paramètres complémentaires et hydromorphologiques :

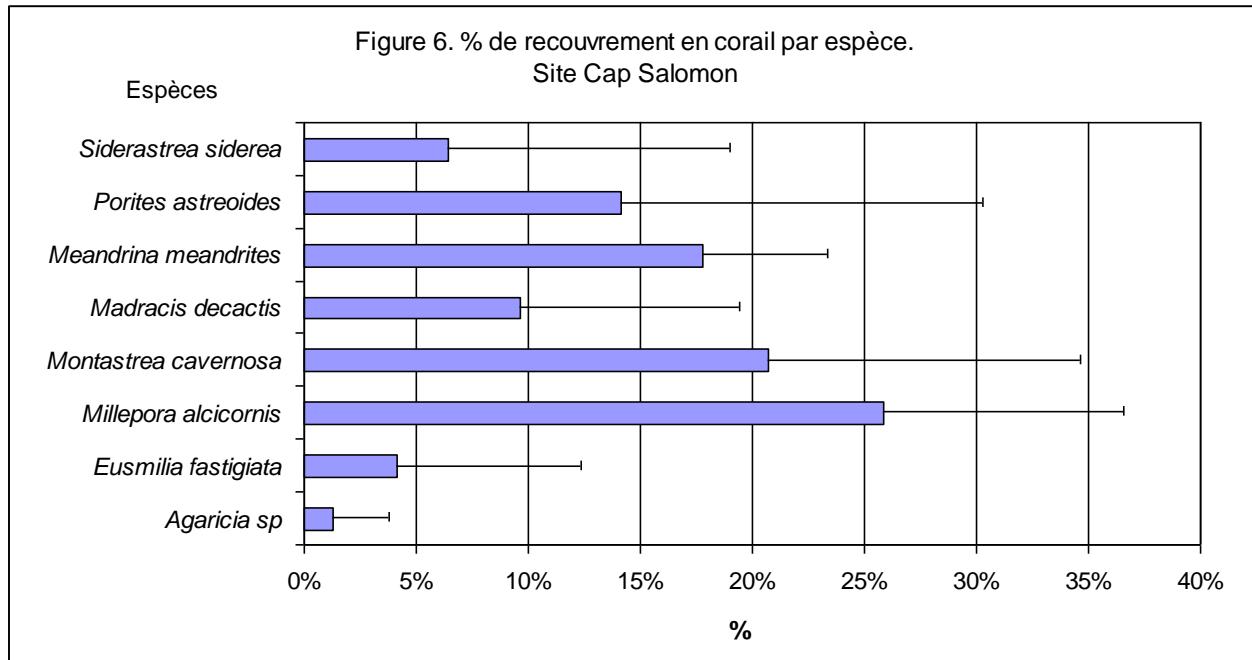
Date	31 juillet 2007
Heure	15:00
Point GPS	CoordX : 704131 CoordY : 1604461
Binômes	J.P. Maréchal & G. Id Daoud, C. Sérarine & J. Mahieu
Conditions climatiques	Nuageux, pluies, grains fréquents, pas de vent
Température eau	28°C
Substrat à la côte	Gros blocs rocheux
Exposition aux vagues	Calmé
Profondeur	11m
Direction et force du courant	modéré
Substrat dans l'eau	Eboulis rocheux
Sédimentation	aucune
Etat de santé	2 (bon état écologique)

Echantillonnage du benthos récifal :

Le taux de recouvrement corallien est de 15% (Figure 5). Les éponges sont une catégorie importante du site (>10%), mais le gazon algal (Turf) est la catégorie la plus représentée (35%). La quatrième catégorie présente à plus de 10% est celle des algues calcaires encroûtantes (mélobésiées).



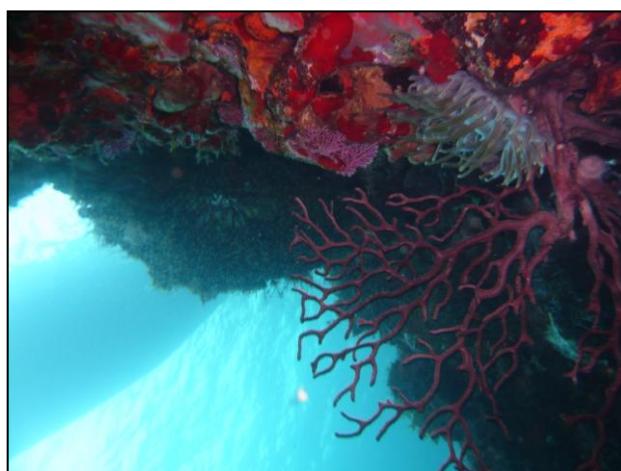
Les espèces corallines les plus représentées parmi les 8 recensées sont *M. meandrites*, *M. cavernosa* et *P. astreoides* (Figure 6). *Millepora alcicornis* (hydrozoaire) ou corail de feu, n'est pas un corail au même titre que les coraux durs ou scléractiniaires, mais domine le peuplement avec un taux de recouvrement supérieur à 25%.



Indice macroalgues :

L'indice de recouvrement moyen est de 0,5 pour le site (classe 0). Les macroalgues (familles des Dictyotacées et des Sargassacées) sont présentes à moins de 1%

3.2.3. Rocher du Diamant



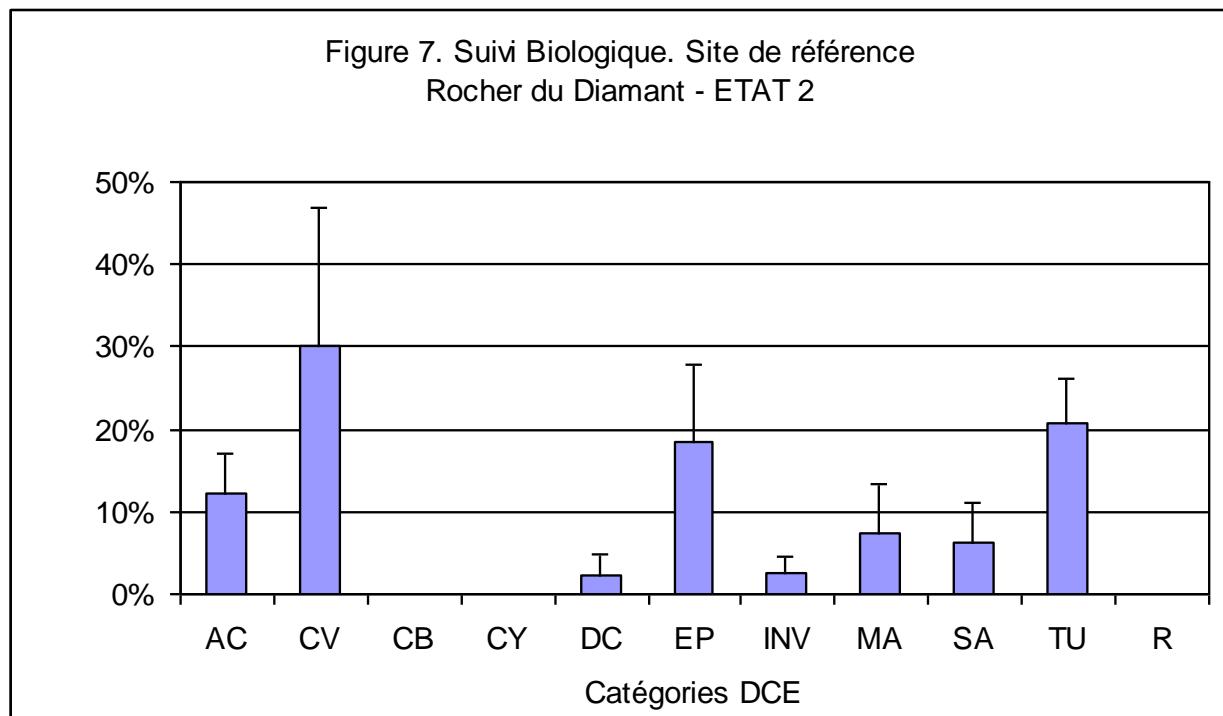
Cliché du site du Rocher du Diamant.
Photos OMMM

Paramètres complémentaires et hydromorphologiques :

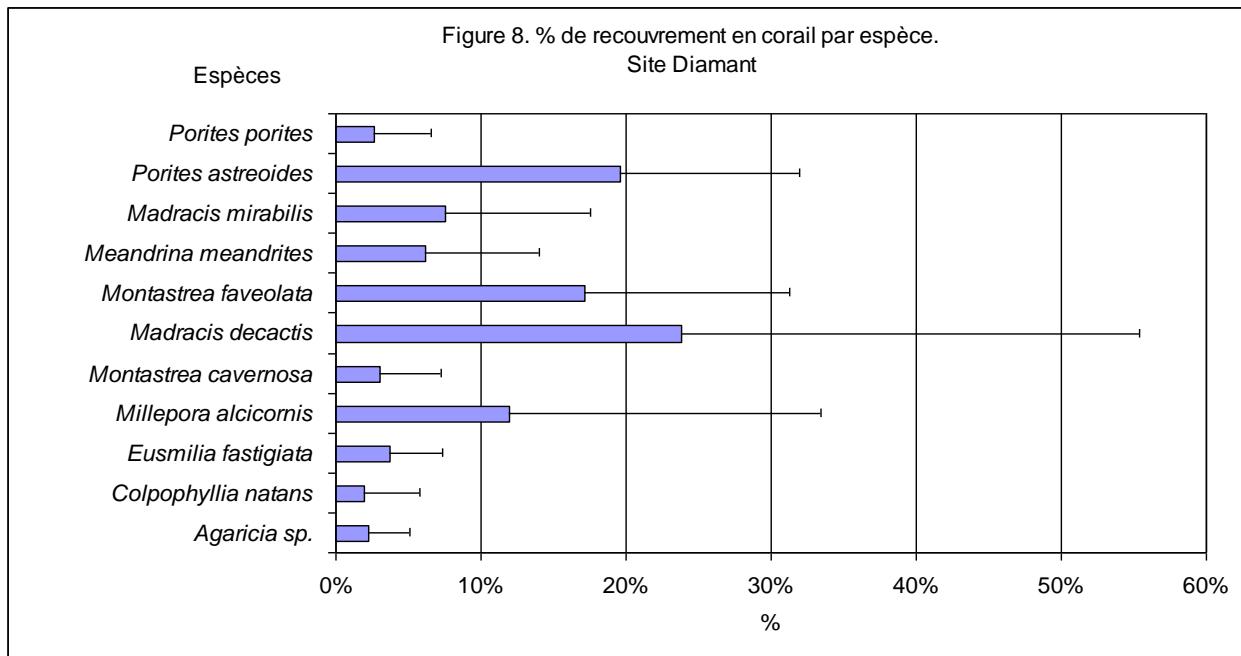
Date	18 Juillet 2007
Heure	9h30
Point GPS	CoordX : 710922 CoordY : 1597640
Binôme	J.P. Maréchal & G. Id Daoud
Conditions climatiques	Temps couvert, pluies, vent NE 3bft
Température eau	27°C
Substrat à la côte	Rocheux
Exposition aux vagues	Abrité
Profondeur	12.8 - 13.9m
Courant	modéré
Substrat dans l'eau	Récif corallien, corail mort
Sédimentation	Nulle
Etat de santé général	2 (bon état écologique)

Echantillonnage du benthos récifal :

Le taux de recouvrement en corail est de 30% en moyenne sur le site (Figure 7). Les éponges sont également bien représentées avec un taux de recouvrement d'environ 20%. Le turf est assez abondant autour de 20% également. Les algues calcaires, principalement les mélobésiés sont présentes à plus de 10 %.



La composition spécifique du peuplement corallien comprend 11 espèces (Figure 8), avec une dominance de *P. astreoides* et de *M. decactis* (avec cependant une très grande variabilité selon les transects). *M. alcicornis* est présent à plus de 10%.



Indice macroalgues :

L'indice de recouvrement moyen est de 0,5. Le site appartient à la classe 0.

Seules quelques Sargasses et des Dictyotales sont observées.

3.2.4. Cap Saint Martin



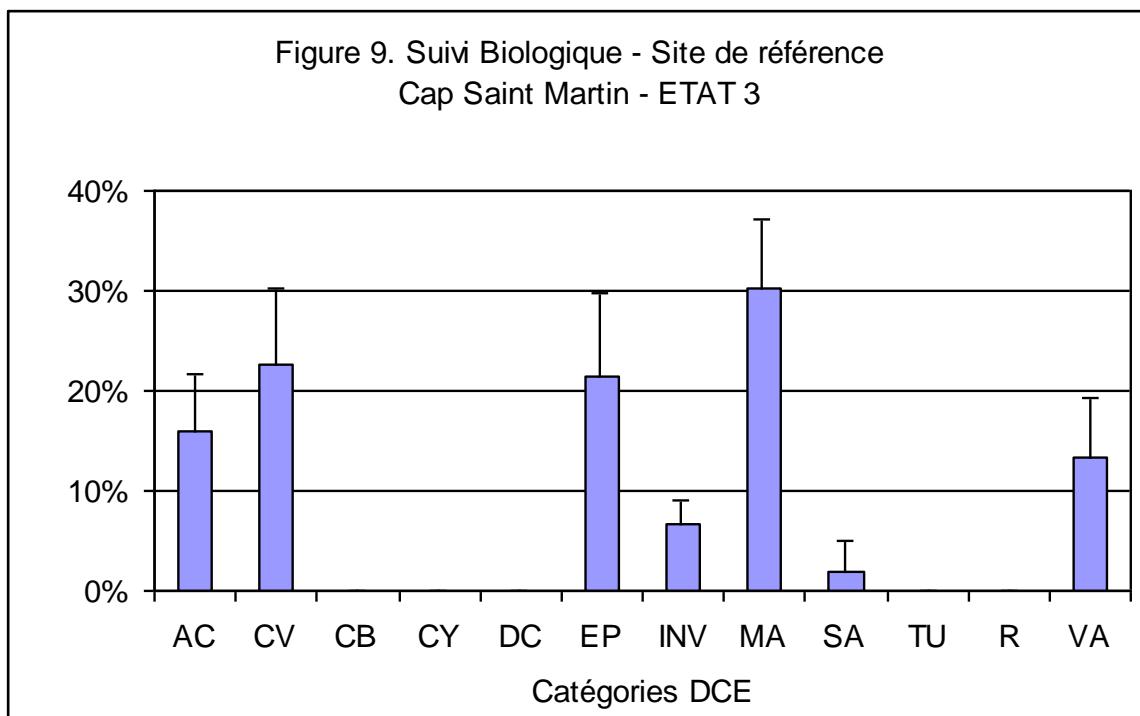
Cliché du site de Cap Saint Martin. Photos OMMM

Paramètres complémentaires et hydromorphologiques :

Date	13 Août 2007
heure	10:20
Point GPS	CoordX : 692897 CoordY : 1643899
Binômes	M. Leray & G. Id Daoud, J.P. Maréchal & S. Alleaumes
Conditions climatiques	Beau temps, Vent NNE
Température eau	28°C
Substrat à la côte	Côte rocheuse
Exposition aux vagues	Houle de NNE
Profondeur	11m
Courant	Fort
Substrat dans l'eau	Eboulis rocheux
Sédimentation	Envasement prononcé, ancien.
Etat de santé général	3 (état écologique moyen)

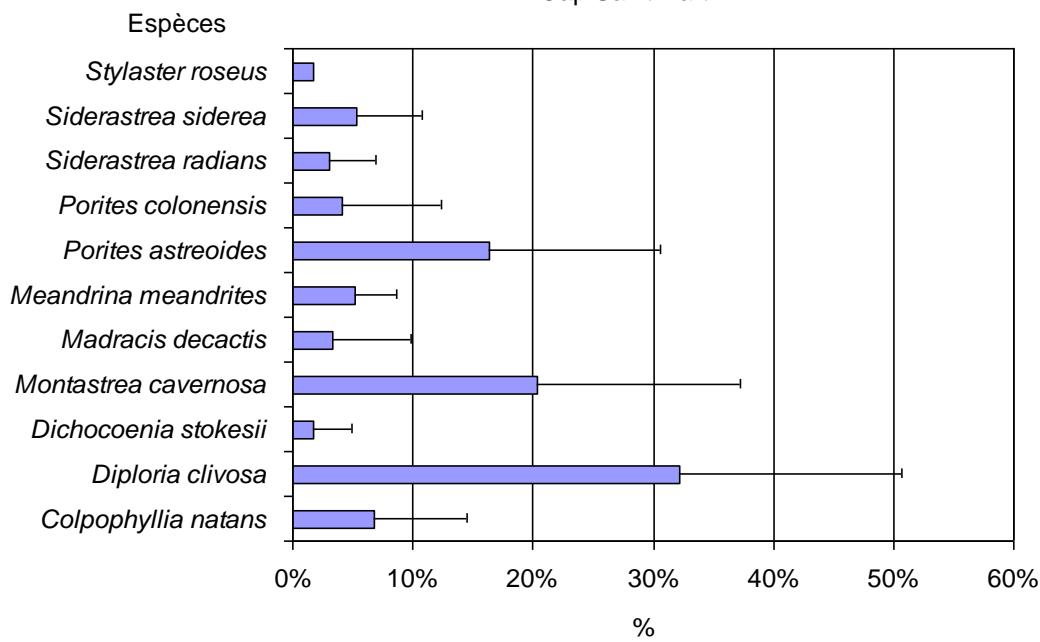
Echantillonnage du benthos récifal :

Ce site présente une forte hypersédimentation qui rend difficile l'identification de certaines espèces. Le corail est néanmoins présent à plus de 20% (Figure 9). Le taux de macroalgues est élevé (>30%). L'état de santé du site implique de revoir son choix comme site de référence.



Onze espèces de corail sont présentes (Figure 10), majoritairement *D. clivosa*, *M. cavernosa* et *P. astreoides*. *Millepora alcicornis* est absent de ce site.

Figure 10. % de recouvrement en corail par espèce
Cap Saint Martin



Indice macroalgues :

Un indice de recouvrement de 1,5 a été calculé d'après les estimations visuelles de recouvrement en macroalgues, ce qui correspond à une classe 1. Les algues observées sont majoritairement des rhodophycées (algues rouges) non identifiées. Quelques *Jania adherens* (algue rouge calcaire) ont pu être reconnues.

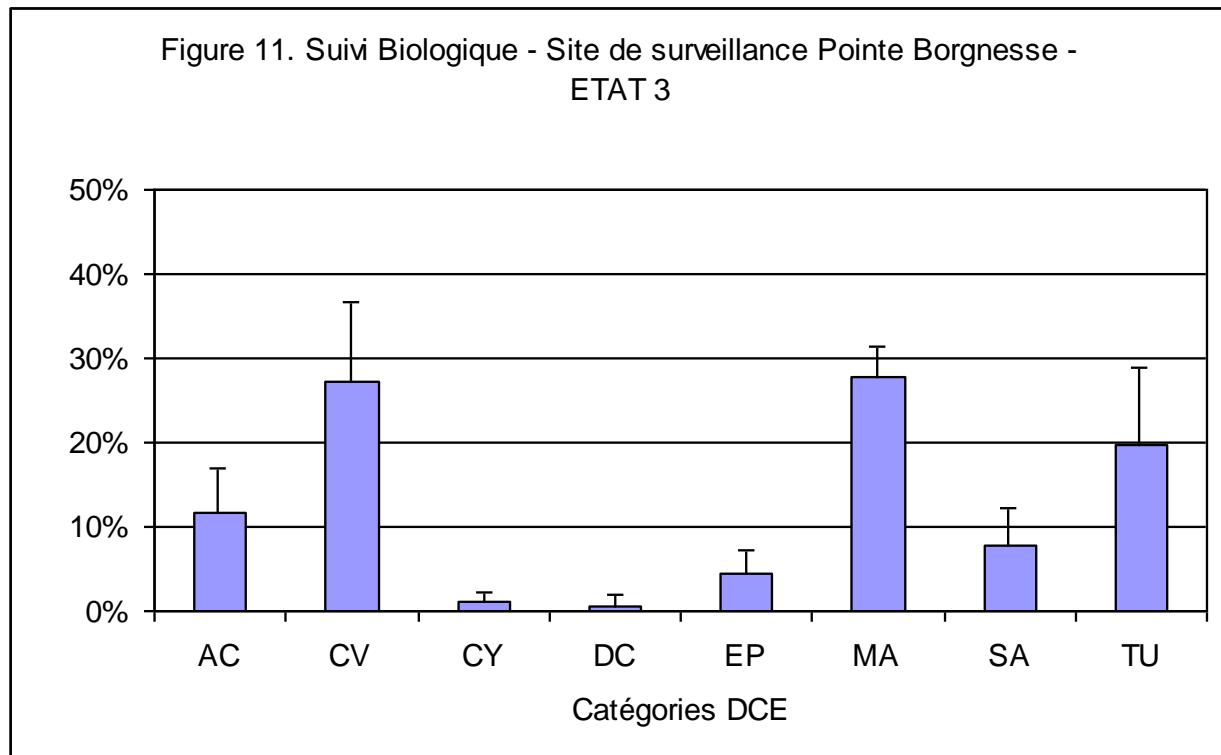
3.2.5. Pointe Borgnesse

Paramètres complémentaires et hydromorphologiques :

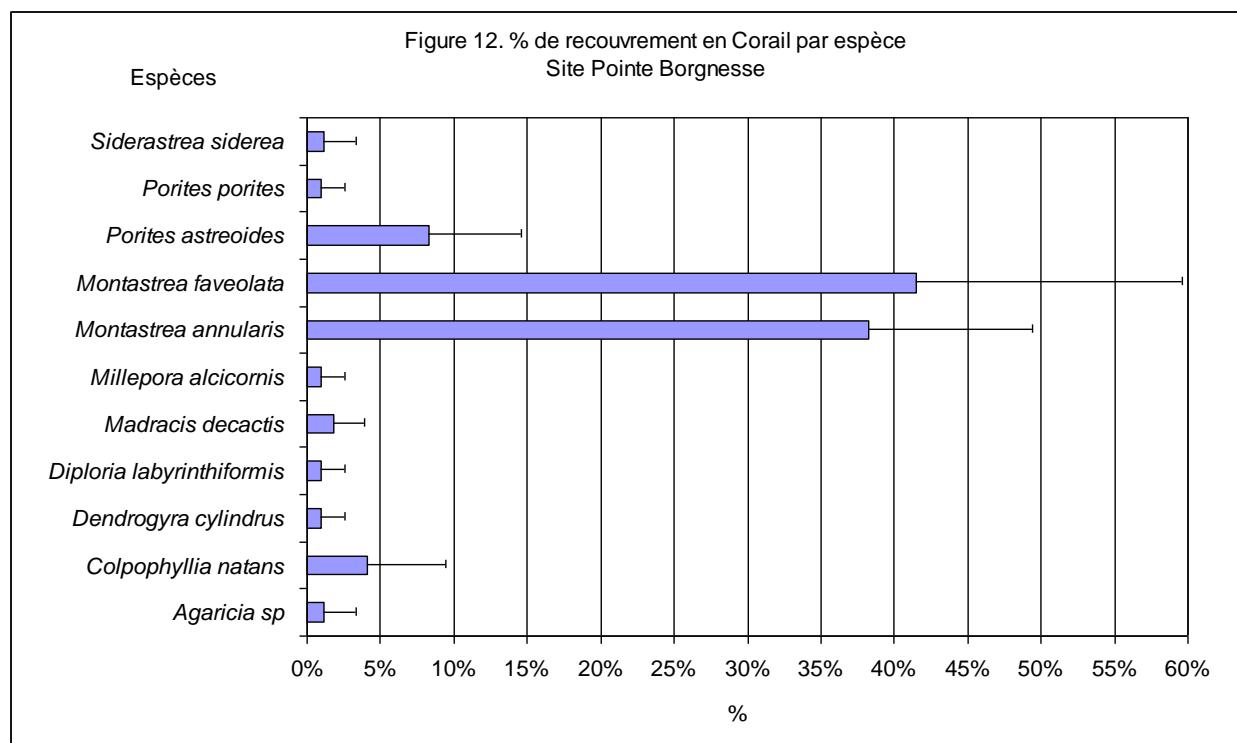
Date	24 Juillet 2008
heure	9h30 et 15h
Point GPS	
Binômes	Rizlene Id Daoud
Conditions climatiques	Beau temps, quelques nuages
Température eau	28°C
Substrat à la côte	Sable
Exposition aux vagues	Sud
Profondeur	10m
Direction et force du courant	Faible courant
Substrat dans l'eau	Corallien (<i>Montastraea annularis</i>), Sableux
Sédimentation	légère
Etat de santé	3 (état écologique moyen)

Echantillonnage du benthos récifal :

Le corail est prédominant sur le site, mais la catégorie macroalgues est presque équivalente en terme de couverture (Figure 10). Ainsi, macroalgues et turf comptent pour 47,3% du recouvrement total, contre 27,3% pour le corail vivant. Ce site fait l'objet d'une dégradation continue depuis l'année 2005.



Les espèces du genre Montastraea dominent le peuplement à Pointe Borgnesse, notamment *M. faveolata* et *M. annularis* (Figure 11). Les autres espèces sont représentées à moins de 10%.



Indice macroalgues :

Un indice de recouvrement de 2,15 a été calculé d'après les données quadrats, ce qui correspond à une classe 2. Les macroalgues appartiennent en majorité à la famille des Dictyotales.

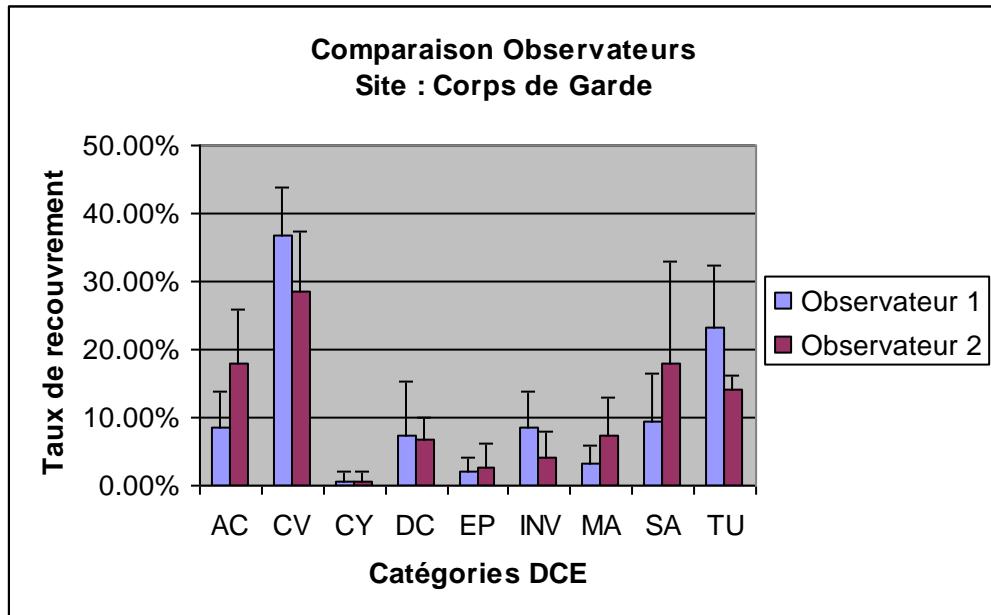
4. Discussion

4.1. Protocole d'étude de la qualité écologique des biocénoses benthiques

Les descripteurs DCE donnent un aperçu global des communautés benthiques. Les catégories CV (corail vivant), MA (macroalgues) et TU (turf) ont une importance majeure. Leur évolution est caractéristique des variations environnementales et la prédominance de l'une ou l'autre des catégories peut indiquer un dérèglement de l'écosystème.

Les méthodes d'échantillonnage les plus pratiques ont été retenues de manière à rendre le protocole rapide et simple d'utilisation. Le travail est réalisé par 2 binômes de plongeurs. Le biais observateur est minimisé par la simplicité du protocole et des catégories benthiques. Afin d'apprécier l'amplitude de ce biais, 3 transects ont été échantillonnés en point intercept par 2 observateurs différents sur le site de Corps de Garde (Sud Caraïbe). La variabilité des

mesures est donnée par la figure 13. Les différences mises en évidence ne sont pas significatives et reflètent la variabilité intra transects.



Pour les données de recouvrement algal, l'échantillonnage par point intercept surestime le taux de macroalgues sur le site. Ceci s'explique par le fait que les méthodes diffèrent dans les techniques d'évaluation. Les quadrats permettent d'évaluer une surface de recouvrement réelle ($3,75 \text{ m}^2$) alors que le point intercept n'est qu'une représentation de l'occurrence d'un groupe donné (nb de points / 300 points).

4.2. Sites de référence

Le protocole permet d'étudier les sites de référence à travers la composition et l'abondance des organismes benthiques qui le composent. La qualité du récif est déduite de l'abondance et de la biodiversité en corail, mais également de la présence de turf et d'algues calcaires encroûtantes comme les mélobésées. Un indice de « pression herbivore » peut être calculé en rapportant le taux de macroalgues sur le taux de turf.

Les premiers résultats des suivis biologiques montrent que certains sites de référence DCE ne répondent pas entièrement à leur qualité de site de référence. C'est le cas du site Cap Saint Martin situé sur la côte Nord Caraïbe, qui s'avère être soumis à trop de facteurs de dégradation, notamment l'hypersédimentation.

4.3. Espèces indicatrices

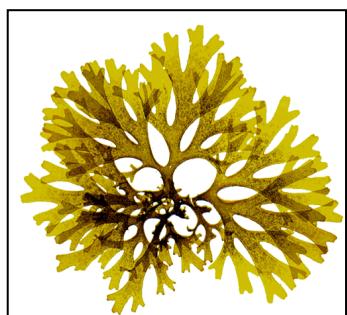
Outre les critères de description des communautés benthiques, certaines espèces dites indicatrices peuvent être utiles à la description des sites, en indiquant notamment un signe de dégradation ou de pollution. Il est possible d'évaluer l'abondance de ces espèces lors de l'échantillonnage prévu par le protocole en effectuant un point intercept.

Une espèce indicatrice doit répondre à certains critères pour pouvoir être considérée comme telle (Linton and Warner, 2003) :

- abondance normale (espèce non exploitée)
- facile à échantillonner
- taxonomie stable de manière à être identifiée par des non-spécialistes

Plusieurs espèces parmi les espèces récifales peuvent remplir cette fonction, notamment parmi les macroalgues, les éponges ou certains invertébrés.

Trois genres de macroalgues brunes sont couramment utilisées pour décrire des problèmes d'eutrophisation, lorsqu'elles sont très abondantes dans le récif (Lapointe 2004, 2005) :



Dictyota sp.
www.biol.tsukuba.ac.jp



Sargassum sp.
www.users.ugent.be



Lobophora variegata
www.botany.hawaii.edu

Parmi les éponges, les espèces perforantes de corail indiquent souvent un mauvais état de santé du récif. La bioérosion du corail est un phénomène fréquent dans les récifs coralliens. Dans un récif relativement sain, la vitesse d'érosion du corail est équivalente à la vitesse de construction corallienne (Hein and Risk, 1975). Or il a été démontré qu'une augmentation du niveau d'eutrophisation augmente le phénomène de bioérosion (Rose and Risk, 1985). Une abondance anormale d'éponges perforantes pourrait donc indiquer un état de dégradation du site. Quelques espèces d'éponges perforantes facile à identifier pourraient être utiles :



Cliona delitrix, Photos OMMM



Siphonodictyon coralliphagum
www.wetwebmedia.com

Une espèce commune parmi les invertébrés des récifs coralliens, *Palythoa caribeaorum*, est également considérée comme espèce indicatrice. Il s'agit d'un compétiteur majeur qui s'approprie l'espace en produisant une toxine, la palytoxine (Suchanek and Green, 1981). Sa présence en abondance dans un récif corallien peut refléter un état de dégradation.



Palythoa caribeaorum
<http://fac.hsu.edu/engmanj/jamaica2002/Palythoa.jpg>

5. Conclusion

Le protocole d'étude mis en place est rapide (1 heure de plongée à 2 binômes). Il est simple à mettre en œuvre, ce qui le rend utilisable aux personnes issues de formation non scientifique. Les données recueillies décrivent de manière pertinente l'état de santé du récif corallien à travers la composition et l'abondance des organismes benthiques.

Il répond aux exigences de la Directive-Cadre Européenne sur l'Eau et permettra d'effectuer un suivi régulier des sites de référence et des sites de surveillance.

En outre, la correspondance des codes DCE avec les codes COREMO (base de donnée internationale sur l'état de santé des récifs coralliens) permettra d'utiliser ces données au delà du cadre DCE.

Les stations initialement programmées dans le cadre de ce projet feront l'objet d'une demande de financement complémentaire. En effet, la variabilité des conditions environnementales sur le secteur atlantique fait apparaître de grande disparités entre les sites. Il est nécessaire d'identifier les sites répondant le mieux aux exigences DCE. L'extension du

projet mettra en œuvre des techniques de vidéo sous-marine embarquée afin de prospector dans les zones difficiles et identifier les sites qui feront l'objet d'un échantillonnage détaillé à l'aide du protocole DCE.

6. Références bibliographiques

Carteron S., 2006. *Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique. Rapport définitif.* Impact Mer 113p.

Bouchon C., Bouchon-Navarro Y., Louis M., 2001. *Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe*, version provisoire. UAG, 22p.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Louis M., 2004. *Critères d'évaluation de la dégradation des communautés corallines dans la région Caraïbe.* Revue d'écologie (la Terre et la Vie), Vol. 59.

OMMM 2004. *Les agressions d'origines anthropiques sur le milieu marin côtier et leurs effets sur les écosystèmes coralliens et associés de la Martinique – Les cahiers de l'Observatoire*, No. 1, Edition 2004 – Fort de France : Observatoire du Milieu Marin Martiniquais, 96 p.

Hein F.J., Risk M.J., 1975. *Bioerosion of coral heads: inner patch reefs, Florida reef tract.* Bulletin of Marine Science 25:133–138.

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, 308:23-58.

Lapointe B.E., Barile J., Littler M.M., Littler D.S., Bedford B.J., Gasque C., 2005. *Macroalgal blooms on southeast Florida coral reefs I. Nutrient stoichiometry of the invasive green alga Codium isthmocladum in the wider Caribbean indicates nutrient enrichment.* Harmful Algae 4: 1092-1105.

Linton D.M. and Warner G.F., 2003. *Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management.* Ocean and Coastal Management 46:261-276.

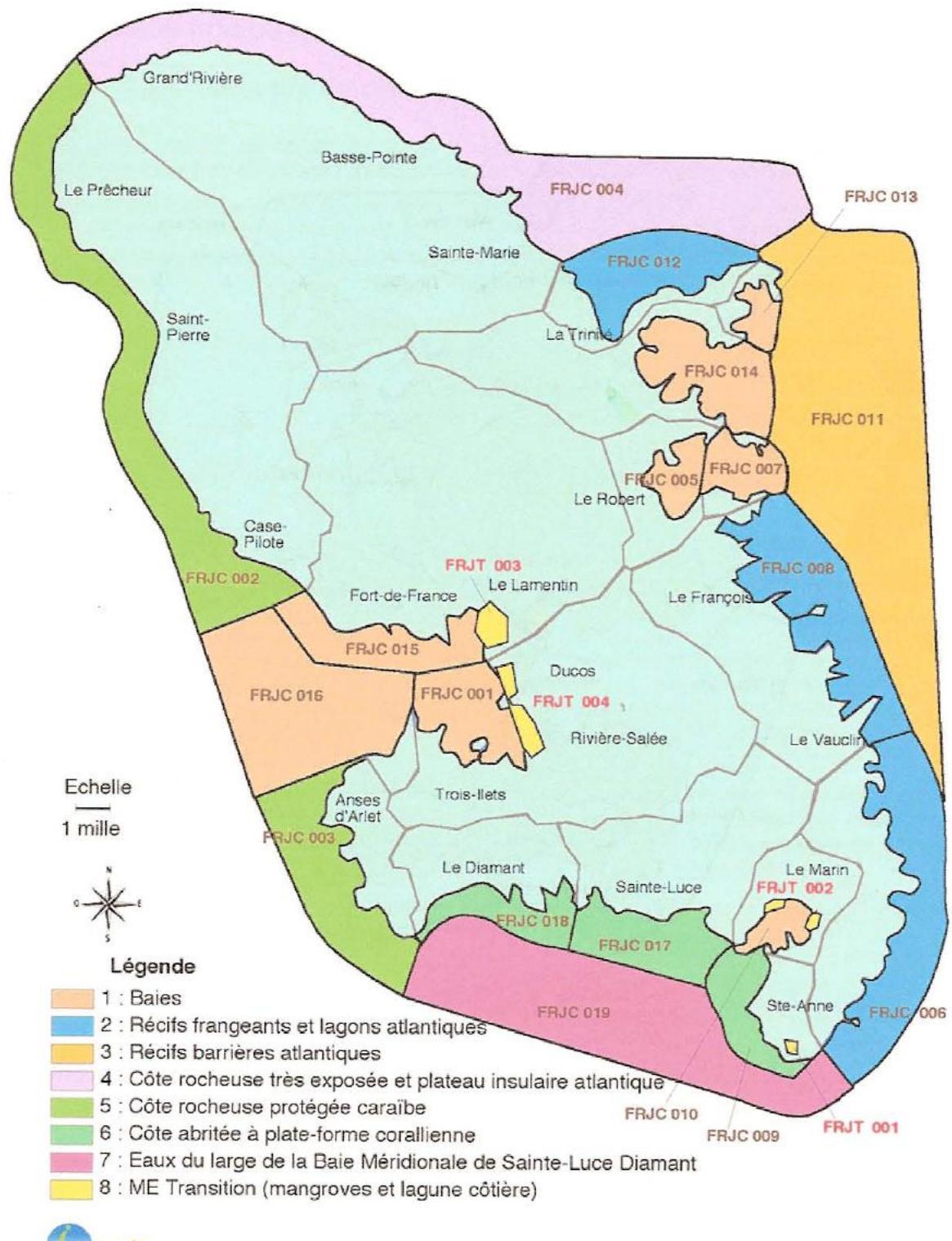
Ogden J.C., 1983. *Coral reefs, seagrass beds and mangroves: their interaction in the coastal zones of the Caribbean.* – Virgin Islands: UNESCO, 133p.

Rose C.S., Risk M.J., 1985. *Increase in Cliona delitrix infestation of Montastrea cavernosa heads on an organically polluted portion of the Grand Cayman fringing reef.* Marine Ecology 6(4):345–363.

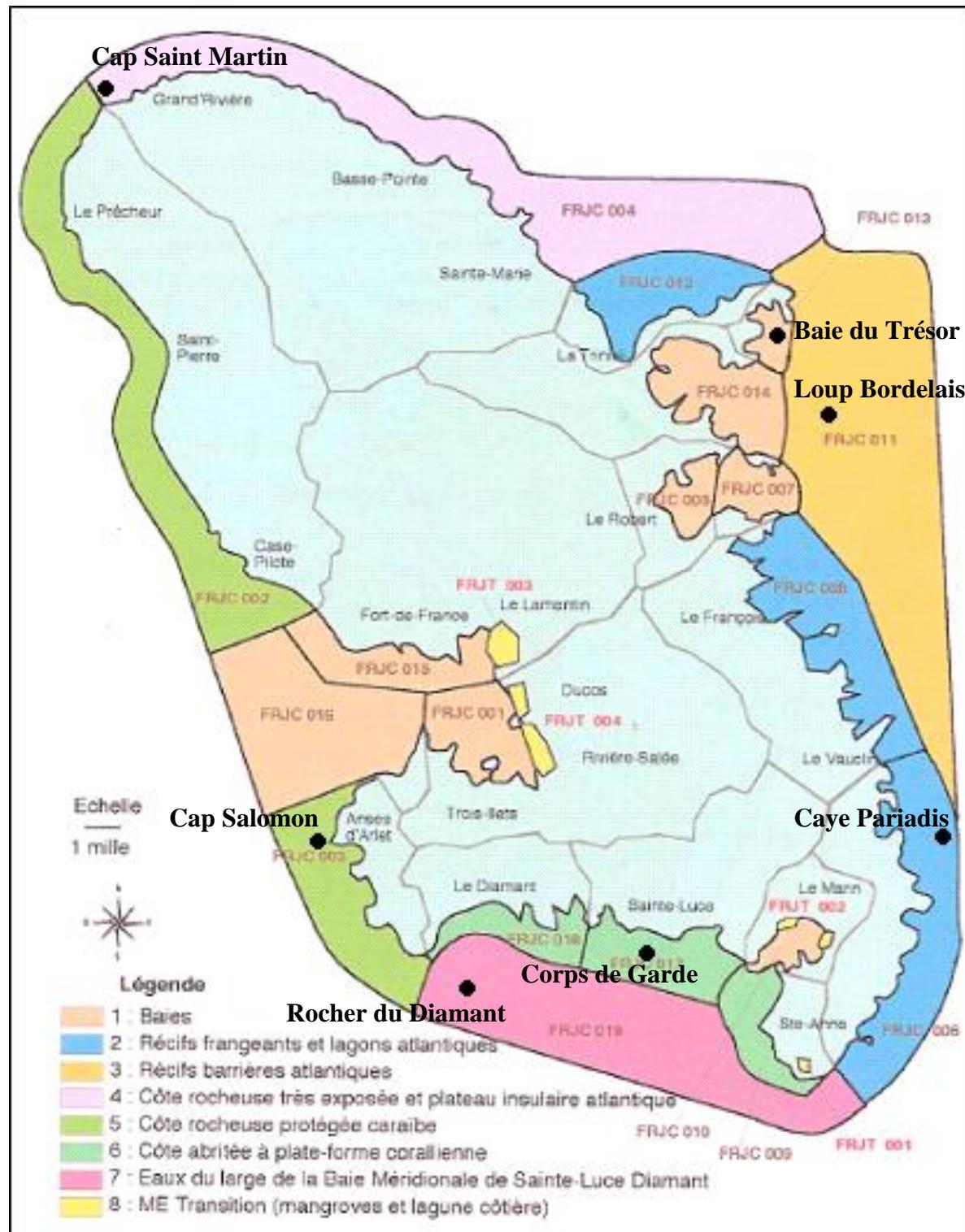
Suchanek T.H., Green D.J., 1981. *Interspecific competition between palythoa caribeaorum and other sessile invertebrates on St Croix Reefs, U.S. Virgin Islands.* Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila, 1981, Vol. 2.

7. ANNEXES

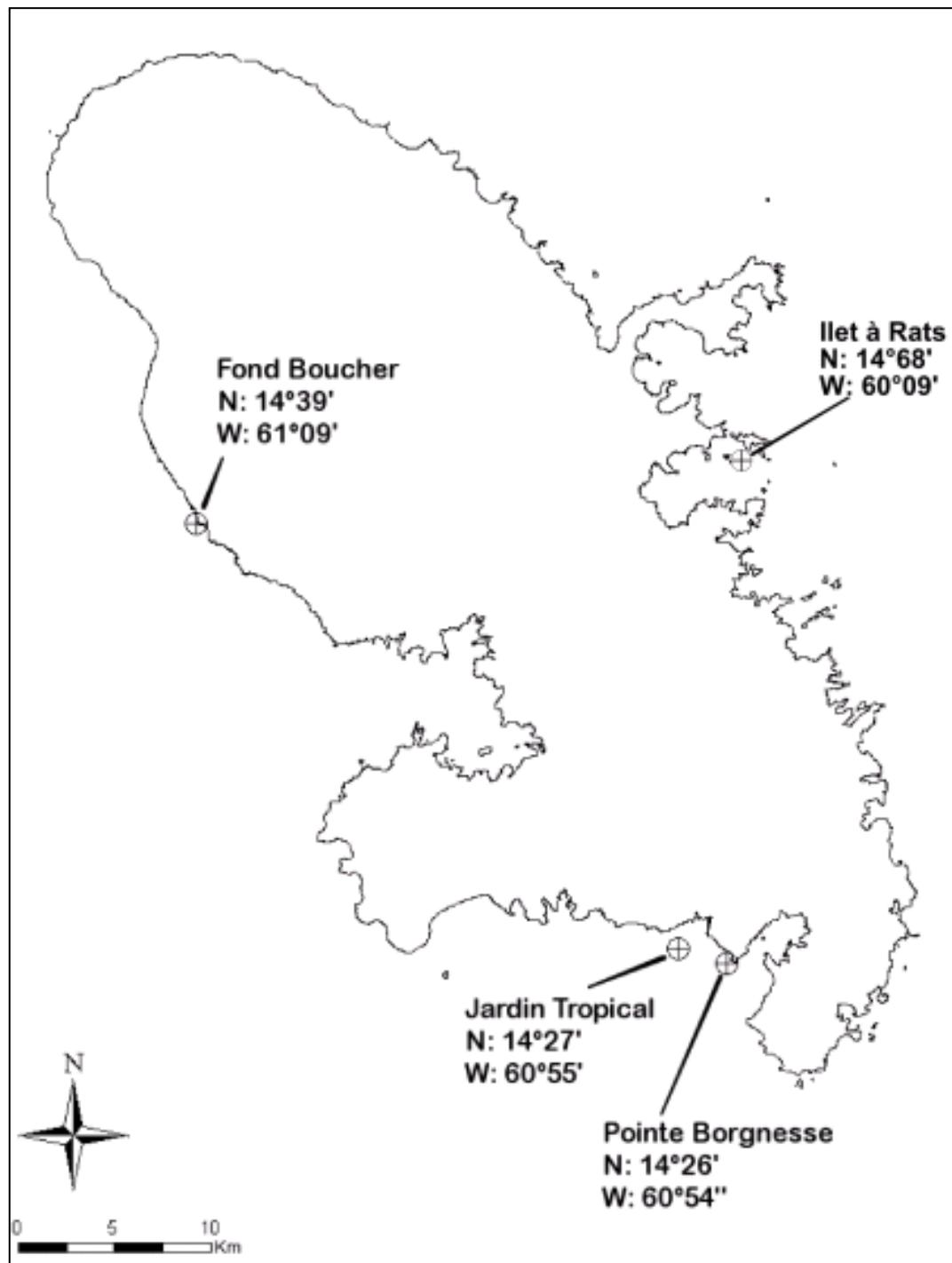
Annexe 1 : Délimitation des masses d'eau littorale. Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique. Rapport définitif 2006. Impact Mer.



Annexe 2 : Sites de référence DCE. *Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique*. Rapport définitif 2006 (modifié). Impact Mer.



Annexe 3 : Carte des 4 stations IFRECOR (Initiative Française pour les Récifs Coralliens.



Annexe 4 : Indices de recouvrement algal.

- Corps de Garde :

VISUEL	IMAGE
0	0.3
0	0.3
0	0.3
0.4	0.3
1.1	0.7
0.7	0.6

Test de Mann-Whitney W = 41.5, p-value = 0.7422

- Cap Salomon :

VISUEL	IMAGE
0.7	0.8
0.9	0.8
0.7	0.7
0.3	0.2
0.2	0.1
0.3	0.4

Test de Mann-Whitney W = 39.5, p-value = 1.0000

- Diamant :

VISUEL	IMAGE
0.8	1
0.2	0.2
0.2	0.3
0.7	0.8
0	0.1
0.8	0.3

Test de Mann-Whitney W = 37.0, p-value = 0.8072

SUIVI BENTHOS RECIFAL

Secteur : zone récifale homogène

Protocole : 6 transects de 10m
Positionnement aléatoire
Même isobathe : environ 10m de profondeur

Surface d'échantillonnage :

- *Site non pentu* : les transects sont positionnés dans un rayon de 50m autour d'un point GPS identifiant le site.
- *Site pentu* : les transects sont positionnés dans une bande de 100m de long et quelques mètres de large, dans laquelle la différence maximale de profondeur entre les transects ne dépasse pas 2m (entre 10 et 12m, ou selon la configuration du site).

Recueil des données :

1/Evaluation de la structure du peuplement benthique (abondance/diversité):

Le plongeur déroule le transect et l'attache en 2 points fixes tendu au dessus du fond et au plus proche du substrat. Au premier passage le plongeur réalise un point intercept (tous les 20cm) le long du transect, en identifiant chaque organisme présent sous le point.

Chaque point est codé selon le tableau des descripteurs (tableau 1).

Pour les catégories corail, macroalgues et éponges (si possible), les organismes seront identifiés au niveau spécifique ou du genre.

Effort d'échantillonnage : 50 points par transects / 300 points au total.

Descripteur	Indicateur	Indicateur COREMO
Corail vivant	CV	HC
Corail blanchi	CB	
Eponge	EP	OT
Autres invertébrés	INV	OT
Macroalgues	MA	AL
Algues calcaires	AC	AL
Turf ou gazon algal	TU	AL
Herbier	HE	
Sable	S	AB
Roche	R	AB
Cyanophycées	CY	

Tableau 1 : détails des descripteurs du protocole "point intercept" DCE.

2/Evaluation de la couverture en macroalgues

L'observateur n°2 réalise 10 quadrats de 25x25 cm le long du transect de 10m, tous les mètres. Le recouvrement en macroalgues est évalué visuellement par quadrat selon les 5 classes du tableau 2.

Effort d'échantillonnage : 10m² par transect / 60m² au total.

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

Tableau 2 : classes de recouvrement en macroalgues - protocole DCE.

3/ Evaluation de l'état de santé général

L'état de santé écologique du site est déterminé à partir des cinq classes du tableau 3.

1 = très bon état	Coraux non nécrosés avec gazon algal. Pas de macroalgues
2 = bon état	Coraux présentant peu de nécroses, avec quelques macroalgues et/ou une légère hypersédimentation
3 = état moyen	Coraux avec nécroses et un peuplement algal dominé par des macroalgues et / ou hypersédimentation forte
4 = mauvais état	La majorité des coraux sont morts, les fonds sont envahis par les macroalgues ou entièrement sédimentés
5 = très mauvais état	Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envasés, aucune espèce sensible.

Tableau 3 : Etat de santé écologique des communautés corallieennes - protocole DCE.

4/ Paramètres non biologiques

Date et heure de plongée
Nom des observateurs
Point GPS de la zone considérée comme homogène
Conditions climatiques du jour
Température de l'eau

Fréquence de suivi :

Ce suivi sera réalisé une fois par an, entre le mois de février et le mois de juin (saison sèche).

SUIVI DES HERBIERS

Secteur : zone d'herbier homogène (*Thalassia testudinum* ou *T.testudinum* + *Syringodium filiforme*)

Protocole : 20 quadrats aléatoires de 10x20cm

Surface d'échantillonnage : la totalité de l'herbier. L'échantillonnage évitera la périphérie de l'herbier où les conditions écologiques sont différentes.

Recueil des données : densité et croissance de l'herbier

1/ Quadrats

Le nombre de plants (*T.testudinum* et *S. filiforme*) est comptabilisé dans chaque quadrat.

2/ Longueur des plus grandes feuilles

La longueur de 100 feuilles prises au hasard et appartenant à des pieds différents est mesurée depuis leur base jusqu'à leur extrémité.

3/ Evaluation de l'état de santé de l'herbier

L'état écologique de l'herbier est déterminé à partir des cinq classes du tableau 4 :

1 = très bon état	Herbier de <i>Thalassia testudinum</i> pur
2 = bon état	Herbier mixte à <i>T.testudinum</i> et <i>Syringodium filiforme</i> ou herbier à <i>S.filiforme</i> pur
3 = état moyen	Signe d'eutrophisation ou de sédimentation
4 = mauvais état	Herbier avec macroalgues ou envasé. Eutrophisation ou hypersédimentation marquée.
5 = très mauvais état	Herbier envahi par les macroalgues ou très envasé

Tableau 4 : Etat de santé écologique des communautés corallieennes - protocole DCE.