

RAPPORT

Directive Cadre sur l'Eau

Suivi du réseau de surveillance des masses d'eau côtières du district de la Guadeloupe 2018-2021 au titre de la DCE :

Physico-chimie, phytoplancton, communautés corallieennes et herbiers

ANNEE 2018

DOCUMENT PRELIMINAIRE AU RAPPORT DE SYNTHESE 2018 : PREREQUIS ET METHODOLOGIES

Version mise à jour : mai 2019
(Bon de commande n° 2018MA04/L1/2018-03)

Office de l'eau de Guadeloupe



creocean
Environnement & océanographie

OFFICE DE L'EAU DE LA GUADELOUPE

DOCUMENT PRELIMINAIRE - SUIVI DE LA PHYSICO-CHIMIE, DU PHYTOPLANCTON, DES COMMUNAUTES CORALLIENNES ET DES HERBIERS AU TITRE DE LA DCE SUR LES MEC DE GUADELOUPE – ANNEE 2018

OFFICE DE L'EAU DE LA GUADELOUPE

DOCUMENT PRELIMINAIRE - SUIVI DE LA PHYSICO-CHIMIE, DU PHYTOPLANCTON, DES COMMUNAUTES CORALLIENNES ET DES HERBIERS AU TITRE DE LA DCE SUR LES MEC DE GUADELOUPE – ANNEE 2018

CLIENT

RAISON SOCIALE	Office de l'Eau de Guadeloupe
COORDONNÉES	Immeuble Valkabois – ZA de Valkanaers Route de Grande Savane - 97 113 GOURBEYRE Tel : 05.90.80.99.78 / Fax : 05.90.80.02.21
INTERLOCUTEUR (<i>nom et coordonnées</i>)	NASSO Isabelle Tél. 05.90.80.96.44 Isabelle.nasso@office-eauguadeloupe.fr

CRÉOCÉAN

COORDONNÉES	Agence CREOCEAN Antilles-Guyane E-mail : caraibes@creocean.fr
INTERLOCUTEUR (<i>nom et coordonnées</i>)	7 rue Amédée Fengarol – Arnouville 97 170 PETIT-BOURG GUADELOUPE Tel : 05.90.41.16.88 / Fax : 05.90.26.57.82
INTERLOCUTEUR (<i>nom et coordonnées</i>)	BATAILLER Christelle Tél. 06.90.39.03.88 E-mail : batailler@creocean.fr

RAPPORT

TITRE	Suivi du réseau de surveillance des masses d'eau côtières du district de la Guadeloupe 2018-2021 au titre de la DCE : Physico-chimie, phytoplancton, communautés coralliennes et herbiers. ANNEE 2018 Document préliminaire au rapport de synthèse 2018 : Prérequis et méthodologies. Version mise à jour : mai 2019 (bon de commande 2018MA04/L1/2018-03)
NOMBRE DE PAGES	55
NOMBRE D'ANNEXES	0
OFFRE DE RÉFÉRENCE	181066A
N° COMMANDE	BC 2018MA04 / L1 / 2018-03

SIGNATAIRE

RÉFÉRENCE	DATE	RÉVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA RÉVISION	RÉDACTEUR	CONTRÔLE QUALITÉ
181066A	23/05/18	Édition 1		BATAILLER Christelle	DE GAULEJAC Béatrice

Sommaire

Préambule	7
Contexte et objectifs de l'étude.....	9
La DCE et sa mise en œuvre dans les MEC de Guadeloupe	12
1. Cadre réglementaire	12
2. La notion de bon état pour les eaux littorales	13
3. Évaluation de l'état écologique d'une masse d'eau	14
4. Rappel sur l'application de la DCE en Guadeloupe.....	18
4.1. Spécificités du milieu littoral guadeloupéen	18
4.2. Historique de mise en œuvre de la DCE pour les MEC de Guadeloupe	19
4.3. Rappel sur le découpage des masses d'eau littorales	20
4.4. Choix des sites de référence et de surveillance.....	22
4.4.1. Définition d'un « réseau de suivi » au sens de la DCE	22
4.4.2. Critères de sélection des sites de suivi	23
4.5. Choix des paramètres et protocoles de suivis.....	23
4.6. Classification des indices/indicateurs et définition des seuils provisoires de qualités	24
Méthodologies DCE adaptées au contexte insulaire tropical guadeloupéen....	26
5. Les réseaux de stations de référence et de surveillance.....	26
5.1. Notion d'échelle de suivi (secteur/site/station)	26
5.2. Le réseau de stations de « référence »	27
5.3. Le réseau de stations de surveillance	29
6. Les protocoles de suivi « DCE compatibles »	32
6.1. Éléments de qualité biologique	32
6.1.1. Suivi du phytoplancton	32
6.1.2. Suivi des communautés coralliennes	36
6.1.3. Suivi des herbiers	41
6.2. Éléments de qualité physico-chimique	51
6.3. Éléments de qualité hydromorphologique	54
7. Bancarisation et analyse des données.....	55
7.1. Bancarisation des données	55
7.2. Analyse des données selon les prérogatives DCE : évaluation de l'état écologique partiel	56
Bibliographie.....	58

OFFICE DE L'EAU DE LA GUADELOUPE
DOCUMENT PRELIMINAIRE - SUIVI DE LA PHYSICO-CHIMIE, DU PHYTOPLANCTON, DES COMMUNAUTES
CORALLIENNES ET DES HERBIERS AU TITRE DE LA DCE SUR LES MEC DE GUADELOUPE – ANNEE 2018

Table des figures

Figure 1 - Éléments à prendre en compte pour définir l'état écologique d'une masse d'eau côtière (d'après MEDDE, 2015b)	13
Figure 2 - Conditions d'évaluation d'une masse d'eau en « bon état » au sens de la DCE et codes couleur correspondant (Impact mer et al., 2009)	14
Figure 3 - Conditions de référence et Ratio de Qualité Écologique : cas où les valeurs de paramètres croissent avec l'amélioration de la qualité de l'eau (Impact-Mer et Pareto, 2009)...	15
Figure 4 - Rôles relatifs des éléments de qualité biologique, hydromorphologique et physico-chimique dans la classification de l'état écologique (MEDDE, 2015b)	16
Figure 5 - Identification des 11 MEC et 6 typologies de MEC de Guadeloupe	21
Figure 6 - Position des 12 stations du réseau de « référence »	28
Figure 7 - Position des 18 stations de surveillance	30

Table des tableaux

Tableau 1 - Définitions métriques, indices, indicateur, grilles et EQR (extrait de Soudant et Belin, 2009).....	15
Tableau 2 - Comparaison des fréquences de suivi figurant dans l'arrêté du 07/08/15 pour les éléments biologiques et physico-chimiques avec les fréquences mises en œuvre en Guadeloupe	17
Tableau 3 - Principales caractéristiques des MEC de la Guadeloupe (d'après SCE/CREOCEAN, 2005).....	20
Tableau 4 - Liste des stations de référence pour le suivi physico-chimique, du phytoplancton et le suivi des peuplements benthiques (+hydromorphologie)	27
Tableau 5 - Station témoin au large (suivi physico-chimique et phytoplancton)	27
Tableau 6 - Liste des stations de référence pour le suivi des herbiers	27
Tableau 7 - Liste des stations de surveillance pour le suivi pour le suivi physico-chimique, du phytoplancton et le suivi des peuplements benthiques (+ hydromorphologie)	29
Tableau 8 - Liste des stations de surveillance pour le suivi des herbiers	29

Préambule

La présente étude vise à la mise en œuvre du suivi de la physico-chimie, du phytoplancton, des communautés coralliennes et des herbiers au titre de la Directive Cadre sur l'Eau sur les masses d'eau littorales de la Guadeloupe, au titre du marché à bons de commande n°2018_MA_04, Lot 1, pour le compte de l'Office de l'Eau de Guadeloupe.

Au titre de ce marché prévu sur la période 2018-2021 (marché reconductible), les rendus finaux seront constitués de rapports de synthèse annuels et de rapports intermédiaires de campagne, rédigés pour chaque bon de commande émis au cours du marché.

Le présent document constitue **une partie introductory commune** aux rapports de synthèse du marché 2018_MA_04, Lot 1. Il rassemble :

- ▶ Les prérequis, éléments de contexte et de cadrage réglementaire existants à l'heure actuelle dans le cadre de la DCE ;
- ▶ Une synthèse des spécificités du territoire de la Guadeloupe et un rappel de l'historique de la mise en œuvre de la DCE sur ses masses d'eau côtières ;
- ▶ Le détail des méthodologies mises en œuvre dans le cadre des suivis biologiques et physico-chimiques dans le cadre du marché.

Cette séparation en 2 documents (un rapport introductif et un rapport de synthèse annuel à proprement parlé) permettra ainsi d'alléger les rapports de synthèse. Leur contenu sera focalisé sur la présentation des résultats de suivi pour la période considérée, les réflexions menées sur les protocoles, indicateurs et indices d'état de santé ainsi que l'évaluation provisoire de l'état écologique partiel des masses d'eau.

Le présent document sera annexé aux rapports de synthèse.

Le suivi des masses d'eau littorales fait pour le moment l'objet d'un bon de commande dans le cadre du marché 2018_MA_04 :

- ▶ BC n°2018MA04/L1/2018-03 : pour la période allant de novembre 2018 à avril 2019.

En fonction de la disponibilité de nouveaux éléments de cadrage DCE en cours de marché ou d'évolution dans la définition des protocoles d'une année sur l'autre, ce document introductif est susceptible de faire l'objet d'actualisations.

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Contexte et objectifs de l'étude

En application de la Directive-Cadre Européenne sur l'Eau (DCE), la délimitation des masses d'eau littorales et un état des lieux du district hydrographique de la Guadeloupe ont été réalisés en 2005 (SCE-CREOCEAN, 2005). Ils ont permis de mettre en évidence les différences fondamentales du milieu littoral des îles tropicales avec celui de l'Europe continentale, et donc la nécessaire adaptation des méthodologies proposées par le groupe de travail littoral DCE.

La définition des masses d'eaux littorales de la Guadeloupe (12 masses d'eau) a permis d'intégrer les réseaux de suivi existants et de programmer les étapes suivantes :

- ▶ **La définition de l'état de référence des masses d'eau littorales et du réseau de surveillance**, qui a débuté fin 2007. Cette première étude (Pareto *et al.* 2007-2009) avait pour objectif de définir le « bon état écologique » pour chaque type de masses d'eau, sur la base de méthodologies scientifiquement validées et « DCE-compatibles », tout en étant adaptées au contexte insulaire tropical. A l'issue de l'étude, aucun des sites pré-identifiés ne s'est avéré être en très bon état écologique partiel (biologie et physicochimie) et ne pouvait donc être qualifié de site de référence au sens de la DCE. La continuité de leur suivi en tant que « référentiel » semblait toutefois pertinente compte tenu du peu de données disponibles car ils étaient parmi les « meilleurs » sites, en termes d'état de santé global, que l'on puisse trouver en Guadeloupe pour chacun des types de masses d'eau. Par ailleurs, il s'est avéré que les indicateurs, seuils et classifications provisoires fixés préalablement à l'étude nécessitaient des adaptations.
- ▶ **La mise en place du réseau de contrôle de surveillance**, objet d'une consultation lancée par la DDE en 2008 (puis gérée par la DIREN/DEAL Guadeloupe) et qui concernait les cinq premières années de ce contrôle (Pareto *et al.* 2008-2013). L'enjeu était d'initier le contrôle de surveillance, qui devra à terme permettre de définir l'état de toutes les masses d'eau et ainsi de mesurer l'écart par rapport aux valeurs présentes dans les conditions de référence applicables à ces masses d'eau (11 des 12 masses d'eau identifiées en 2005, hors masse d'eau de Saint-Barthélemy).
- ▶ **La pérennisation des suivis des sites des réseaux « référence » et surveillance pour l'année 2014 puis pour la période 2016-2018** (indicateurs communautés corallien, herbiers de phanérogames, phytoplancton et la physico-chimie), sous la coordination de l'Office de l'Eau Guadeloupe.
- ▶ **La pérennisation du suivi de ces indicateurs sur les sites DCE pour la période 2018-2021, sous la coordination de l'ODE Guadeloupe et objet de la présente étude.** Celle-ci a été confiée à CREOCEAN.

Depuis 2016, le suivi intègre des paramètres qui n'étaient jusqu'alors pas pris en compte en Guadeloupe dans le cadre de la DCE, notamment pour l'indicateur phytoplancton :

- Dosage de l'ensemble des pigments chlorophylliens (et pas uniquement de la chlorophylle a),
- Évaluation de l'abondance (blooms) par l'analyse du micro-phytoplancton, du pico-phytoplancton et nano-phytoplancton.

La mise en œuvre du suivi doit également prendre en compte le retour d'expérience de l'état de référence et des 1ères années du contrôle de surveillance (méthodologies, indicateurs, seuils, etc.) et les récentes préconisations issues des réflexions menées sur les indicateurs. Ainsi, des nouvelles méthodologies de suivi ont été testées en 2016 puis en 2017 et 2018 en ce qui concerne l'indicateur herbiers.

Parallèlement, des concertations régionales ont été engagées en 2006 entre la Guadeloupe et la Martinique pour l'application de la DCE et l'adoption de protocoles communs dans le cadre de la DCE. L'objectif était de mettre en commun les efforts de connaissance consentis. Ces protocoles ont été validés en février 2007 par les DIREN et DDE de Martinique et de Guadeloupe lors d'un comité de

pilotage en Martinique. Les suivis précédents ont révélé que les protocoles et les paramètres échantillonnés étaient globalement adaptés à la problématique DCE mais que des réflexions et des adaptations étaient nécessaires pour aboutir à la définition d'indicateurs de suivi pertinents dans le cadre DCE.

Début 2012, un atelier portant sur l'application de la DCE dans les DOM s'est tenu au Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) afin d'harmoniser les protocoles et de faire des propositions concrètes pour les suivis à venir. Cette réunion, à laquelle PARETO/CREOCEAN a participé à titre d'expert Antilles (et Océan Indien), a permis de mettre en évidence les actions positives menées dans les DOM, mais aussi les manques concernant des éléments pertinents non pris en compte dans le cadre de la DCE jusqu'à aujourd'hui. L'avancée des réflexions a depuis fait l'objet de 2 ateliers en 2014. De nouveaux ateliers organisés à l'initiative de l'AFB (Agence Française de la Biodiversité) et IFRECOR (Initiative Française pour les REcifs CORalliens) ont eu lieu en Martinique en avril 2017.

La présente étude vise à assurer la mise en œuvre du suivi du réseau de référence et du contrôle de surveillance des masses d'eaux littorales de la Guadeloupe pour la période 2018-2021 en s'inscrivant dans la continuité du travail réalisé depuis 2006 dans les Antilles françaises.

Le présent document rassemble les prérequis et éléments de contexte préalables à la rédaction des rapports de synthèse dans le cadre du marché.

Les indicateurs, métriques et grilles de qualité provisoires utilisés seront présentés dans le cadre des rapports de synthèse, au même titre que les résultats des campagnes de suivi et l'évaluation de l'état écologique partiel provisoire.



La DCE et sa mise en œuvre pour les Masses d'Eau Côtieres (MEC) de Guadeloupe

La DCE et sa mise en œuvre dans les MEC de Guadeloupe

1. Cadre réglementaire

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE ou Directive 2000/60/EC du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour la politique communautaire dans le domaine de l'eau) a été publiée au Journal Officiel des Communautés européennes le 22 décembre 2000, date qui correspond à son entrée en vigueur. La Directive établit un cadre pour la protection de l'ensemble des eaux des pays européens (eaux continentales et littorales).

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

- ▶ Prévenir la détérioration de toutes les masses d'eau de surface,
- ▶ Protéger, améliorer et restaurer les masses d'eau de surface afin de parvenir à un bon état,
- ▶ 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.

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

- ▶ **Caractériser le district hydrographique et identifier les différentes masses d'eau (Article 5) et leur typologie** → travail réalisé en Guadeloupe en 2005 (SCE-CREOCÉAN, 2005),
- ▶ **Définir ce qu'est le « bon état » pour un type de masse d'eau donné** → objectif entamé en Guadeloupe en 2007 pour les Masses d'Eau Côtier (MEC) (Pareto et al, 2009) et poursuivi dans le cadre de la présente étude,
- ▶ **Évaluer à partir de ce référentiel, l'évolution de l'état des masses d'eau c'est-à-dire conduire des programmes de surveillance de l'état des eaux (Article 8)** : → travail en cours depuis 2008 en Guadeloupe (Pareto et al. 2013) et objet de la présente étude.

Plusieurs textes nationaux ont vu le jour afin d'intégrer la DCE. Deux textes servent actuellement de référence pour la mise en place des réseaux de suivi et l'évaluation de la qualité des masses d'eau :

- ▶ **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, **modifié par l'arrêté du 27 juillet 2015 puis par l'arrêté du 27 juillet 2018 (MTES, 2018a)**. Ce dernier définit notamment les éléments de qualité à prendre en compte dans l'évaluation de l'état écologique, les valeurs de référence et valeurs seuils des classes d'état pour les différents paramètres. En ce qui concerne les DOM, aucune valeur de référence ni valeur seuil n'est toutefois précisée.

L'arrêté du 28 juin 2016 modifie également l'arrêté du 25 janvier 2010 mais pour l'état chimique : il précise pour les substances, les dates de prise en compte et de respect des NQE.

- ▶ **L'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, **modifié par l'arrêté du 7 août 2015**. Ce dernier précise notamment pour les paramètres à suivre, la fréquence de suivi et les protocoles de prélèvement et d'analyse. Concernant les DOM, des éléments complémentaires sont présentés mais très peu concernent la Guadeloupe ou la Martinique.

2. La notion de bon état pour les eaux littorales

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

- ▶ **L'état chimique** 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 environnementales 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. La liste a été complétée par 12 substances prioritaires et leur NQE (MEDDE, 2015b), à prendre en compte à compter du 22 décembre 2018 et à respecter à compter du 22 décembre 2027 (MEDDE, 2016).

L'évaluation de l'état chimique des masses d'eau ne fait pas l'objet du lot 1 de ce marché.

- ▶ **L'état écologique intègre des éléments biologiques ainsi que des éléments de qualité physico-chimique et hydro-morphologique** (désignés comme « éléments de soutien »). Les paramètres chimiques (polluants spécifiques¹ 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 physico-chimique est demandée dans le cadre de cette étude. Pour cette raison, on parlera d'état écologique partiel.

Etat écologique partiel

Eléments biologiques		Phytoplancton Composition, abondance et biomasse Flore aquatique autre que le phytoplancton Composition et abondance Faune benthique Invertébrée Composition et abondance
Eléments hydromorphologiques soutenant la biologie	Conditions morphologiques	Variations de la profondeur Structure et substrat de la côte Structure de la zone intertidale
	Régime des marées	Direction des courants dominants Exposition aux vagues
Eléments chimiques et physico-chimiques soutenant la biologie		Transparence Température de l'eau Bilan d'oxygène Salinité Concentrations en nutriments
	Eléments généraux	Pollution par tous les polluants synthétiques spécifiques, autres que les substances prioritaires, recensés comme étant déversés en quantités significatives dans la masse d'eau Pollution par tous les polluants non synthétiques spécifiques, autres que les substances prioritaires, recensés comme étant déversés en quantités significatives dans la masse d'eau
	Polluants spécifiques	

Figure 1 - Éléments à prendre en compte pour définir l'état écologique d'une masse d'eau côtière (d'après MEDDE, 2015b)

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

¹ 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).

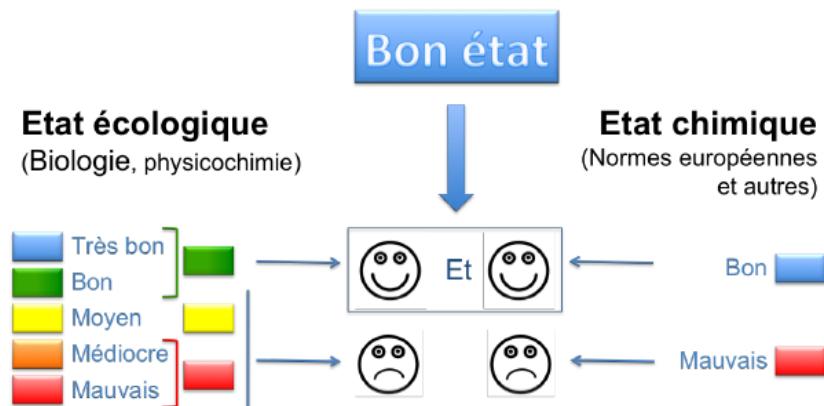


Figure 2 - Conditions d'évaluation d'une masse d'eau en « bon état » au sens de la DCE et codes couleur correspondant (Impact mer et al., 2009)

3. Évaluation de l'état écologique d'une masse d'eau

L'évaluation de l'état écologique d'une masse d'eau selon les exigences DCE doit être adaptée à chaque type de masse d'eau et nécessite un travail préalable, à savoir :

- ▶ Déterminer les éléments (paramètres, indices, etc.) qui vont permettre de juger des états biologiques, physico-chimiques et hydromorphologiques ;
- ▶ Définir ce que sont des conditions non ou très peu perturbées pour les différents indicateurs sélectionnés, c'est-à-dire définir LES CONDITIONS DE REFERENCE ;
- ▶ Définir, sur la base de ces conditions de référence, les valeurs seuils des différentes classes d'état pour chaque indicateur, c'est-à-dire, construire des grilles de qualité pour :
 - L'état biologique en 5 classes (très bon à mauvais)
 - L'état physico-chimique 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.

Conditions de référence

Une **valeur de référence** correspond à la valeur d'un indice attendue en situation « naturelle » (sans perturbation anthropique). Ces valeurs sont calculées **pour chaque type de masses d'eau**, à partir d'observations relevées sur des **sites de référence**, non ou très peu impactés par les activités humaines. Lorsqu'il n'est pas possible de procéder à des observations, les conditions de référence sont définies **à partir de l'analyse de données historiques, de modélisations, ou à des dires d'experts**.

Nb : Lors de l'étude pour la définition de l'état de référence des ME littorales de Guadeloupe qui s'est déroulée sur 2 ans (2007-2009 ; Pareto et al., 2009), aucun des sites suivis, pressentis comme sites de référence potentiels, n'est apparu en très bon état (sur la base des seuils provisoires définis en 2006). Il n'existe pas actuellement en Guadeloupe, de réseau de sites de référence, au sens DCE, pour les masses d'eau littorales.

Une fois les conditions de référence déterminées, **les résultats observés lors du contrôle de surveillance sont comparés aux valeurs de référence** pour chaque indice. C'est l'écart entre cette valeur observée et la valeur de référence qui va permettre d'évaluer la qualité écologique de la masse d'eau en 5 classes. Pour cela, il faut définir des valeurs seuils au-delà (ou au deçà) desquelles la valeur observée pourra être considérée comme correspondante à un état légèrement, modérément, sérieusement ou gravement perturbé. La mise en place de ces valeurs doit se faire en parallèle à

l'identification des pressions. En outre, l'effet de ces pressions sur les différents éléments de qualité doit être estimé et quantifié.

Comparaison entre les états membres

Pour permettre d'établir des comparaisons entre les États membres, les valeurs seuils et résultats observés doivent être exprimés sous forme de **Ratios de Qualité Écologique** (RQE ou EQR). « Le ratio est exprimé comme une valeur numérique entre zéro et un, le très bon état écologique étant représenté par des valeurs proches de un et le mauvais état écologique, par des valeurs proches de zéro » (Annexe V, 1.4.1, illustré dans la Figure 3). Les valeurs seuils et les valeurs observées sont ainsi traduites en EQR pour le rapportage DCE.

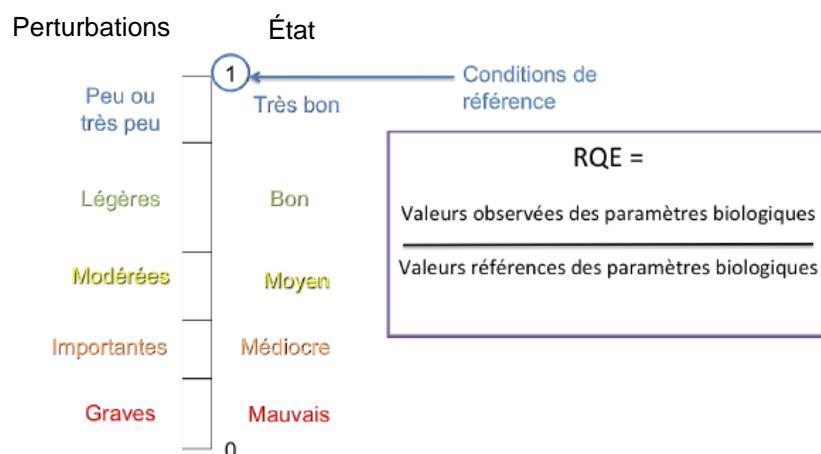


Figure 3 - Conditions de référence et Ratio de Qualité Écologique : cas où les valeurs de paramètres croissent avec l'amélioration de la qualité de l'eau (Impact-Mer et Pareto, 2009)

Tableau 1 - Définitions métriques, indices, indicateur, grilles et EQR (extrait de Soudant et Belin, 2009)

Métrique	Le terme métrique désigne une méthode de calcul mais aussi le résultat de son application à l'ensemble des données d'un paramètre.
Indice	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.
Indicateur	Un indicateur est la combinaison de plusieurs indices pour évaluer un élément de qualité.
Grille	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.
Valeur de référence	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.
EQR	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.

Utilisation des données de surveillance pour l'évaluation de l'état des masses d'eau littorales

Pour évaluer l'état des masses d'eau littorales, l'Annexe 9 de l'Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant celui du 25/07/15 modifiant celui du 25/01/10 - MEDDE, 2018) précise qu' « on utilise toutes les données disponibles et validées » :

- ▶ **Données des six années consécutives les plus récentes pour lesquelles on dispose de données validées.** A défaut de celles-ci, on utilise les données disponibles et validées de la ou des années les plus récentes ;
- ▶ Pour les polluants de l'état chimique et les polluants spécifiques de l'état écologique des eaux de surface : données de la campagne de suivi la plus récente par station.

Les rôles respectifs des éléments de qualité biologiques, physico-chimiques et hydromorphologiques dans la classification de l'état écologique sont résumés sur la figure ci-dessous. 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**.

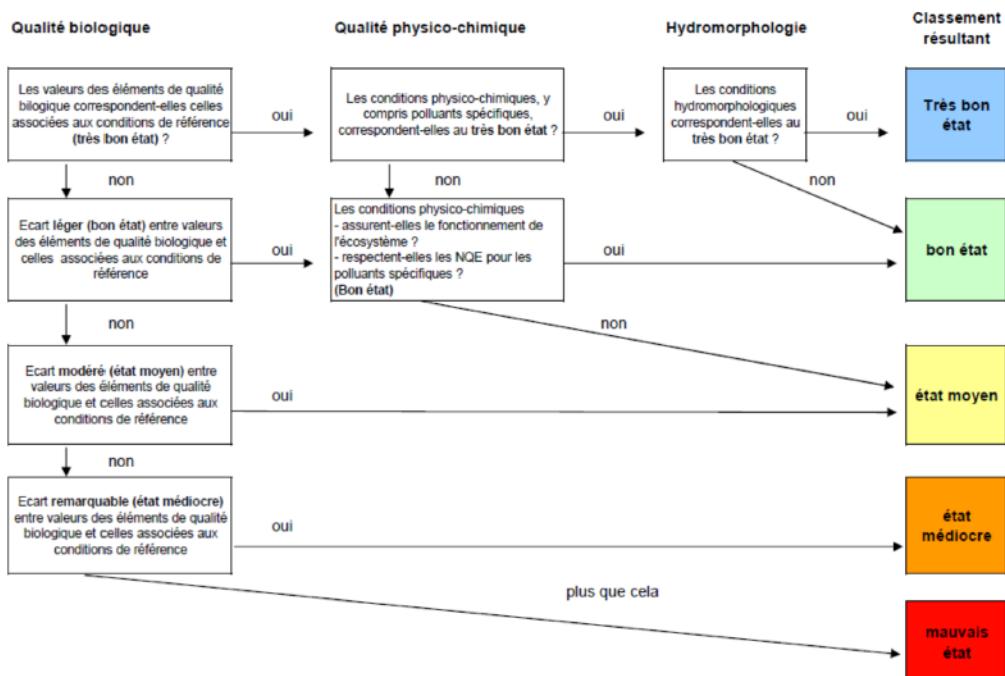


Figure 4 - Rôles relatifs des éléments de qualité biologique, hydromorphologique et physico-chimique dans la classification de l'état écologique (MEDDE, 2015b)

Le **Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) dans le cadre de la DCE (REEL)** établi par le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES, 2018b) reprend l'ensemble des règles ainsi que les dispositions de l'arrêté du 7 août 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 (MEDDE, 2015a), modifié depuis par l'arrêté du 27 juillet 2018 (MTES, 2018).

Éléments de cadrage disponibles pour la Guadeloupe

L'Arrêté du 27 juillet 2015 (modifiant l'Arrêté du 25 janvier 2010) définit notamment les éléments de qualité à prendre en compte dans l'évaluation de l'état écologique, les valeurs de référence et valeurs seuils des classes d'état pour les différents paramètres. En ce qui concerne les DOM, aucune valeur

de référence ni valeur seuil n'est précisée et les indices et métriques ne sont pas fixés en ce qui concerne les éléments de qualité biologique. Cet arrêté a été récemment modifié par l'Arrêté du 27 juillet 2018.

« Les connaissances actuelles ne permettent pas de fixer des indices et valeurs seuils fiables pour les éléments de qualité biologique dans les départements d'outre-mer. Des indicateurs spécifiques adaptés à l'écologie de ces milieux sont en cours de développement. Dans cette attente, le préfet coordonnateur de bassin évalue l'état écologique des masses d'eau de surface, au regard des définitions normatives de l'annexe 1 au présent arrêté, en s'appuyant sur les connaissances actuelles, des indicateurs provisoires et le dire d'expert » (Annexe VI de l'arrêté).

L'Arrêté du 7 août 2015 (modifiant l'Arrêté du 25 janvier 2010) précise entre autres, pour les paramètres à suivre, la fréquence de suivi et les protocoles de prélèvement et d'analyse.

L'annexe VI (qui concerne les paramètres et les fréquences) comporte un tableau spécifique aux eaux côtières de Martinique et de Guadeloupe. Le tableau ci-dessous synthétise les différences avec les fréquences actuellement mises en œuvre en Guadeloupe (suivi 2018-2019) :

Tableau 2 - Comparaison des fréquences de suivi figurant dans l'arrêté du 07/08/15 pour les éléments biologiques et physico-chimiques avec les fréquences mises en œuvre en Guadeloupe

Éléments suivis	Fréquence	
	Annexe VI de l'Arrêté du 07/08/15	Marché DCE 971, 2018-2019
Physico-chimie (paramètres généraux)	6 années de suivi par SDAGE, 4 suivis par an (tous les trimestres)	6 années de suivi par SDAGE, suivis tous les 2 mois sur tous les sites et à une fréquence mensuelle sur un nombre de sites restreint (sur 3 sites)
Phytoplancton (biomasse et abondance)		
Angiospermes		Suivi annuel recommandé (réalisé en juin 2018 et prévu pour juin 2019), soit 6 années par SDAGE, 1 suivi par an
Benthos récifal	2 années de suivi par SDAGE, 1 suivi par an	
Invertébrés de substrat meuble		Non suivi

L'annexe IV-3 décrit les outils, méthodes d'échantillonnage, de traitement et d'analyse des échantillons pour les eaux littorales. Hormis pour le phytoplancton pour lequel les préconisations sont communes à toutes les régions, aucun élément de cadrage ne concerne la Guadeloupe et la Martinique. A noter que la méthodologie pour le benthos récifal est décrite pour La Réunion.

Ainsi, dans les DOM, le travail préalable à la mise en œuvre de la DCE pour l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau doit se poursuivre afin de :

- ▶ Identifier les paramètres / métriques / indices les plus pertinents à suivre pour chaque élément de qualité et ceci en rapport avec les pressions identifiées ;
- ▶ Définir ce que sont des conditions non perturbées = définir les valeurs de référence pour tous les indices retenus ;
- ▶ Évaluer les valeurs seuils séparant chaque classe d'état.

4. Rappel sur l'application de la DCE en Guadeloupe

4.1. Spécificités du milieu littoral guadeloupéen

Les guides méthodologiques édités pour l'application de la DCE dans les états membres sont essentiellement basés sur les conditions de milieux littoraux tempérés existant en Europe continentale. La Guadeloupe, comme les autres départements et collectivités d'outre-mer français, présente des particularités liées au contexte insulaire tropical des Antilles françaises.

Parmi les spécificités géomorphologiques, en partie communes avec la Martinique, on retiendra que:

- ▶ La Guadeloupe est une île pour partie volcanique (Basse-Terre) à relief marqué (la Soufrière, 1467 m) et pour partie d'origine corallienne (Grande-Terre), dont les sols sont facilement érodables. Les îles annexes, de faible altitude, résultent de l'activité sismique intraplaques (subduction).
- ▶ L'île est soumise à un climat tropical humide, avec une incidence marquée de l'océan et d'évènements météorologiques violents (cyclones), favorisant une érosion marquée des sols et l'arrivée de volumes importants de matériaux terrigènes sur la frange littorale.
- ▶ L'île présente un plateau insulaire peu étendu, essentiellement vers l'est et le sud-est.
- ▶ La Guadeloupe et ses îles annexes, sont bordées par des récifs frangeants sur les côtes au vent et des formations non bioconstruites sur les côtes abritées. Au large du Grand Cul-de-Sac Marin (GCSM), s'étend la seule barrière récifale, sur une longueur de 29 km. Les herbiers de phanérogames sont très étendus, notamment dans le GCSM. Les mangroves sont majoritairement développées dans le GCSM.

De nombreuses sources de perturbation de la qualité écologique du milieu sont identifiées :

- ▶ Une densité de population hétérogène en fonction des îles, fortement concentrée sur la côte et notamment entre les communes de Lamentin/Pointe-à-Pitre/Baie-Mahault/Les Abymes d'une part et de Basse-Terre d'autre part. La forte densité sur les zones littorales constitue une pression élevée sur l'environnement marin.
- ▶ L'industrie polluante relativement peu développée mais concentrée sur le littoral, ce qui augmente encore la pression exercée sur l'environnement côtier. Elle est composée de deux sucreries et d'une dizaine de distilleries réparties sur l'île (rejets essentiellement organiques), de deux centrales thermiques (rejets de DCO, de MES et d'hydrocarbures) et de carrières implantées dans les cours d'eau (rejets de matières fines). Depuis quelques années toutefois, les rejets des distilleries dans le milieu aquatique sont désormais quasi nuls avec une revalorisation agricole des déchets.
- ▶ Les rejets d'assainissement sont également concentrés sur les communes de Lamentin/Pointe-à-Pitre/Baie-Mahault/Les Abymes d'une part et de Basse-Terre d'autre part.
- ▶ Il existe de nombreuses décharges sur le trait de côte, à l'origine de lixiviats pollués qui constituent des sources de pollution importantes pour les eaux côtières.
- ▶ La pêche est de type artisanal (petite pêche côtière). En raison de la surexploitation des zones côtières, elle se déploie vers le large grâce aux DCP (dispositifs de concentration de poissons).

Les recherches ou travaux scientifiques menées sur le milieu marin à ce jour sont relativement peu abondants (notamment sur l'impact des activités humaines) et hétérogènes d'un point de vue spatial. D'après Bouchon et Bouchon-Navarro (1998), 80% des récifs sont dégradés ou en voie de dégradation, à cause essentiellement des activités anthropiques.

4.2. Historique de mise en œuvre de la DCE pour les MEC de Guadeloupe

La Martinique puis la Guadeloupe ont été les 1^{ers} DOM à avoir mis en place un suivi DCE sur leurs masses d'eau littorales. **En 2005**, en application de la DCE, **la délimitation des masses d'eau littorales a été réalisée dans le cadre de l'état des lieux du district Guadeloupe** (SCE-CREOCEAN, 2005) pour le compte de la DIREN / Comité de Bassin de Guadeloupe.

En 2006, des concertations régionales ont été engagées entre la Guadeloupe et la Martinique pour l'application de la DCE et l'adoption de protocoles communs « DCE compatibles » et adaptés au contexte insulaire antillais. Des indicateurs et seuils de classifications provisoires ont été mis en place sur la base des données bibliographiques disponibles. Ces protocoles ont été validés en **février 2007** par la DIREN Martinique et la DIREN/DDE Guadeloupe lors d'un comité de pilotage en Martinique.

En 2007, la DDE Guadeloupe a lancé une consultation pour **la définition de l'état de référence écologique (paramètres biologiques et physico-chimiques uniquement) de chaque type de masses d'eau de Guadeloupe, et la définition du réseau de surveillance**. Le document final de l'étude a été présenté aux membres du comité de suivi le 4 mars 2010. L'étude qui s'est déroulée sur 2 ans (2007-2009, Pareto et al., 2009) a conclu qu'aucun des sites suivis, pressentis comme sites de référence potentiels, n'est apparu en très bon état écologique (sur la base des seuils provisoires définis en 2006 ; sans prise en compte des paramètres hydro-morphologiques et polluants spécifiques). Il n'existe pas actuellement en Guadeloupe, de sites de référence au sens DCE, pour les masses d'eau littorales. Toutefois, les sites suivis sont apparus comme parmi les sites en meilleur état de santé global que l'on puisse trouver pour chacun des types de masse d'eau (sur la base des observations de terrain non exhaustives, des données bibliographiques, et avis d'experts).

Dès septembre 2008, la DDE a lancé une nouvelle consultation pour **la mise en œuvre du réseau de surveillance et du suivi de l'état écologique partiel** (paramètres biologiques et physico-chimiques uniquement) de 2008 à 2013 (étude gérée ensuite par la DIREN/DEAL Guadeloupe). Le suivi concernait les cinq 1^{ères} années du contrôle de surveillance (Pareto & al., 2013). L'enjeu était d'initier celui-ci, qui devra à terme permettre de définir l'état de toutes les masses d'eau et ainsi de mesurer l'écart par rapport aux valeurs présentes dans les conditions de référence.

Depuis 2014, l'Office de l'Eau de Guadeloupe est en charge des suivis relatifs à la DCE et a lancé une consultation pour la pérennisation des suivis des sites des réseaux « référence » et surveillance **pour l'année 2014**. Il concernait les indicateurs communautés corallien, herbiers de phanérogames et phytoplancton et la physico-chimie (Pareto, 2015).

En 2016, le suivi a été reconduit pour ces mêmes indicateurs sur la période 2016-2018.

Fin 2018, le suivi est reconduit pour la période 2018-2021 et fait l'objet de la présente étude. La mise en œuvre du suivi doit, d'une part, prendre en compte le retour d'expérience de l'état de référence et des 1^{ères} années du contrôle de surveillance (méthodologies, indicateurs, seuils, etc.) et d'autre part, préparer la mise en œuvre des contrôles opérationnels et des programmes de surveillance.

En parallèle, des réflexions ont été menées au niveau national pour assister la mise en place de la DCE dans les DOM. Début 2012, un 1^{er} atelier portant sur l'application de la DCE dans les DOM s'est tenu au MNHN afin d'harmoniser les protocoles et faire des propositions concrètes pour les suivis à venir. Cette réunion a permis de mettre en évidence les actions positives menées dans les DOM, mais aussi les manquements concernant des éléments pertinents non pris en compte dans le cadre de la DCE. Un 2nd atelier portant plus spécifiquement sur l'élément de qualité « benthos récifal » a eu lieu en février 2014 au MNHN afin de discuter de l'avancement des travaux du groupe de travail national. Un atelier plus spécifique à l'élément de qualité « herbiers de phanérogames » s'est tenu en Guadeloupe en octobre 2014. Parallèlement, une mission spécifique de terrain sur les macroalgues a été réalisée dans l'optique d'étudier la pertinence d'un éventuel indicateur « macroalgues » pour l'évaluation de l'état écologique. **Une série d'ateliers de travail organisés par l'AFB/IFRECOR a eu lieu en Martinique en avril 2017 sur les éléments de qualité benthos et herbiers. Une thèse est actuellement en**

cours sur la thématique herbiers (F. Kerninon, thèse IFRECOR-DCE) ; elle devrait permettre d'avancer sur les indicateurs à prendre en compte pour cet élément de qualité.

4.3. Rappel sur le découpage des masses d'eau littorales

La délimitation des masses d'eau littorales réalisée en 2005 dans le cadre de l'état des lieux du district Guadeloupe (SCE-CREOCEAN, 2005) s'est appuyée sur les recommandations de l'IFREMER émises dans une étude confiée par le MEDD (aujourd'hui MEEDE) visant à analyser les différents critères à prendre en compte pour proposer une démarche commune sur l'ensemble du littoral français.

Parmi les principaux facteurs pris en compte, on peut rappeler les deux types de critères suivants :

La capacité de renouvellement des eaux (par mélange et transport) :

- ▶ Le marnage,
- ▶ Le mélange sur la verticale (influence sur l'écologie),
- ▶ Les courants à une échelle de temps supérieure à la marée,
- ▶ Les vents (les alizés de secteur Est soufflent presque toute l'année et induisent des courants pérennes fortement impliqués dans le renouvellement des eaux côtières).

Les critères géomorphologiques :

- ▶ La nature des fonds marins,
- ▶ La nature du trait de côte,
- ▶ La bathymétrie.

Sur les critères de délimitation retenus, **12 Masses d'Eau Côtières (MEC) ont été identifiées sur le littoral Guadeloupéen**. Aucun autre type de masse d'eau n'a été identifié (transition, fortement modifiées, artificielles). Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Tableau 3 - Principales caractéristiques des MEC de la Guadeloupe (d'après SCE/CREOCEAN, 2005)

CODE	NOM	MELANGE	RENOUVELLEMENT	HOULE	NATURE DES FONDS
FRIC 01	Côte Ouest Basse Terre	Faible	Fort	Moyen	Sables fins et coraux
FRIC 02	Pointe du Vieux Fort Sainte Marie	Moyen	Fort	Moyen	Sables grossiers et coraux
FRIC 03	Petit Cul de Sac Marin	Moyen	Moyen	Faible	Argile à sable moyen et coraux
FRIC 04	Pointe Canot Pointe des Châteaux	Moyen	Fort	Moyen	Sables grossiers et coraux
FRIC 05	Pointe des Châteaux Pointe de la Grande Vigie	Fort	Fort	Fort	---
FRIC 06	Grande Vigie-Port Louis	Fort	Fort	Moyen	Sables grossiers et coraux
FRIC 07A	Grand Cul de Sac Marin Sud	Faible	Faible	Faible	Vase, sables grossiers et coraux
FRIC 07B	Grand Cul de Sac Marin Nord	Faible	Faible	Faible	Vase, sables grossiers et coraux
FRIC 08	Pointe Madame Pointe du Gros Morne	Moyen	Moyen	Moyen	Sables grossiers et coraux
FRIC09	Saint-Barthélemy	Fort	Fort	Fort	---
FRIC 10	Saint Martin (Partie française)	Fort	Moyen	Moyen	Sables fins et grossiers
FRIC 11	Les Saintes	Moyen	Fort	Moyen	Sables grossiers et coraux

Nb : le 31/03/08, la Collectivité d'Outre-Mer de Saint-Barthélemy a délibéré pour demander l'élaboration de son propre SDAGE. La Masse d'Eau Côtière correspondante (FRIC 09) n'a donc pas été prise en compte dans les études et suivis menés en Guadeloupe dans le cadre de la DCE.

Les 12 MEL définies précédemment appartiennent à 6 typologies de MEC présentant des types littoraux et un niveau d'exposition différents :

- Type 1 : fond de baie : FRIC 03, FRIC 07A.
- Type 2 : côte rocheuse peu exposée : FRIC 02, FRIC 04, FRIC 09, FRIC 10, FRIC 11.
- Type 3 : récif barrière : FRIC 07B.
- Type 4 : côte rocheuse très exposée : FRIC 05.
- Type 5 : côte rocheuse protégée : FRIC 01.
- Type 6 : côte exposée à récifs frangeants : FRIC 06, FRIC 08.

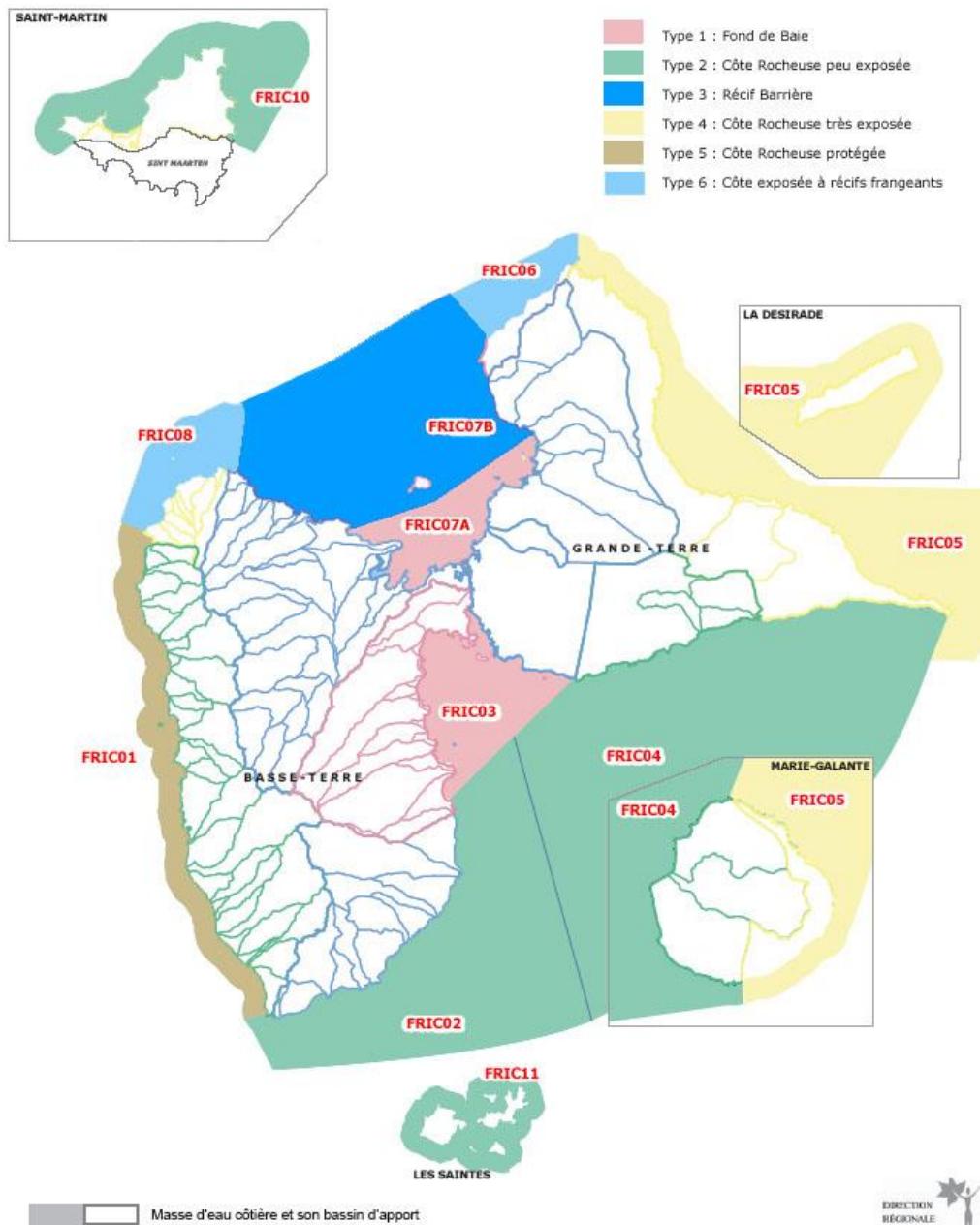


Figure 5 - Identification des 11 MEC et 6 typologies de MEC de Guadeloupe

4.4. Choix des sites de référence et de surveillance

Le choix des sites des réseaux référence et surveillance a été réalisé en 2007 (Pareto et al., 2007) selon plusieurs critères présentés ci-après.

4.4.1. Définition d'un « réseau de suivi » au sens de la DCE

► Les objectifs d'un réseau de suivi

Chaque état membre doit fournir les éléments techniques précis sur la base desquels il envisage de construire son niveau de « bon état écologique » et ses méthodologies d'évaluation de l'état des masses d'eau. Il s'agit en particulier de constituer des listes de taxons de référence pertinents par type de masse d'eau.

Le but du réseau de suivi est donc de contribuer à la mise au point de méthodologies « DCE compatibles » pour l'évaluation de l'état des masses d'eau littorales.

Un réseau de suivi est ainsi constitué d'un ensemble de sites de suivi, répartis et positionnés dans chaque masse d'eau littorale. Le « réseau de référence » comprend un site de suivi par type de masse d'eau, et le « réseau de surveillance » comprend un site de suivi par masse d'eau.

► Les deux types de « sites de suivi »

■ Site de référence

Un site de référence comprend plusieurs stations (biologique, hydrologique) qui vont permettre de déterminer les conditions de référence pour un type de masse d'eau.

Il s'agit de choisir un site correspondant à un très bon état écologique. Dans un premier temps, le choix des sites est fonction des données existantes sur les pressions exercées sur le milieu et sur la circulation des eaux littorales. L'étude pour la définition de l'état de référence (2007-2009) a pris en charge le suivi de ces sites de référence potentiels pour déterminer s'ils pouvaient être conservés ou non comme site de référence.

Il s'est avéré à l'issue de l'étude qu'aucun des sites suivis, pressentis comme sites de référence potentiels, n'est apparu en très bon état (sur la base des seuils provisoires définis en 2006). Ils ne peuvent donc être considérés comme sites de référence, au sens DCE. Toutefois, ces sites seraient parmi les sites en meilleur état de santé global en Guadeloupe. Compte tenu du manque actuel de données pour établir les indices, métriques, seuils et valeurs de référence en Guadeloupe et aux Antilles françaises, la pérennisation de leur suivi est donc essentielle.

■ Site de surveillance

Un site de surveillance comprend plusieurs stations (biologique, hydrologique) représentatives de la masse d'eau concernée et où seront mesurés plusieurs paramètres biotiques et abiotiques.

Les sites de surveillance permettront de veiller au bon état écologique et chimique des masses d'eau en fonction de leur écart aux conditions de référence. Ils permettront également de suivre l'évolution des masses d'eau face aux changements à long terme qu'ils soient d'origine naturelle ou dus à l'activité anthropique.

4.4.2. Critères de sélection des sites de suivi

Fin 2007, la première phase de l'étude a fait l'objet d'un rapport présentant la proposition de sites de référence et de surveillance des Masses d'Eau Littorales (MEL) : sur la base d'une analyse multicritères, des sites de suivi ont été proposés sur chaque masse d'eau puis validés par le groupe de travail DCE composé de l'UAG, de la DDE, de la DIREN Guadeloupe et de Pareto (Pareto, 2007).

La localisation des sites a été déterminée selon plusieurs critères, et basée sur les connaissances et les suivis existants. Il s'agit essentiellement des études anciennes réalisées par l'UAG (Université Antilles-Guyane) (Laborel, Bouchon, Louis etc.) des données en interne et études réalisées par des bureaux d'études (études de rejet, d'impact, cartographies des biocénoses, des pressions littorales...), des suivis biologiques IFRECOR et enfin des suivis physico-chimiques du Réseau National d'Observation (RNO) réalisés par la Cellule Qualité de l'Environnement Littoral (CQEL).

Le choix des stations de suivi est donc 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 ME.

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 la surveillance. C'est-à-dire en fonction du biotope (profondeur, géomorphologie, courants...), des pressions et **des écosystèmes** présents (herbiers, communautés corallines ou mixtes) lorsque ceux-ci sont connus (recherche bibliographique) ou observables à partir des orthophotos IGN, donc selon des **critères de délimitation des masses d'eau** (établis dans la caractérisation du district hydrographique de la Guadeloupe, SCE-CREOCEAN, 2005).

Les réseaux de suivi existants sont autant que possible intégrés au réseau de suivi de la DCE. Des propositions d'extension de ces réseaux en adéquation avec la méthodologie DCE sont prévues, en concertation avec les organismes concernés.

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.

4.5. Choix des paramètres et protocoles de suivis

Les éléments de suivis DCE pour la Martinique et la Guadeloupe sont listés dans l'Annexe 1 de l'Arrêté ministériel du 25/01/10 modifié par l'Arrêté du 27 juillet 2015 (MEEDDM, 2015b).

Les paramètres et protocoles de suivi préconisés par la DCE pour les masses d'eau françaises (Pellouin-Grouhel 2005 et Guillaumont et al., 2005) sont adaptés aux eaux tempérées de l'Europe continentale. Or 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) (Impact-Mer & DIREN Martinique, 2006).

Des méthodologies de suivi identiques ont été retenues en 2007 pour la mise en œuvre de la DCE en Martinique et en Guadeloupe. Ces protocoles font l'objet depuis 2012 de discussions (ateliers du Groupe de Travail national DCE), des adaptations s'avérant nécessaires pour le développement de méthodes de bioindication DCE adaptées pour le benthos récifal et les herbiers de phanérogames.

Les propositions réalisées dans le cadre de ces réflexions ont en partie été intégrées aux suivis actuels. Les protocoles et fréquences de suivi retenus dans le cadre du suivi 2016 sont présentés en détail ci-dessous dans le chapitre « méthodologies DCE adaptées au contexte insulaire tropical guadeloupéen ».

4.6. Classification des indices/indicateurs et définition des seuils provisoires de qualités

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, les classifications des différents indicateurs choisis ont été établies à partir de données bibliographiques et d'avis d'experts (Impact-Mer, 2006) à l'issue des 5 premières années du contrôle de surveillance (Pareto *et al.*, 2013).

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. En l'absence de connaissances suffisantes sur le milieu marin de Guadeloupe, ces éléments (indicateurs, grilles de classification, etc.) restent provisoires et devront être redéfinis et affinés au cours des années.

La présente étude s'inscrit dans cette démarche d'adaptation des indicateurs/indice et seuils de qualité.

Les derniers indicateurs à l'étude actuellement et les classifications provisoires auxquelles vont être confrontées les données acquises dans le cadre du présent marché, sont présentés dans le cadre des rapports de synthèse, en amont de l'analyse des données.



METHODOLOGIES DCE ADAPTEES AU CONTEXTE INSULAIRE TROPICAL GUADELOUPEEN

Méthodologies DCE adaptées au contexte insulaire tropical guadeloupéen

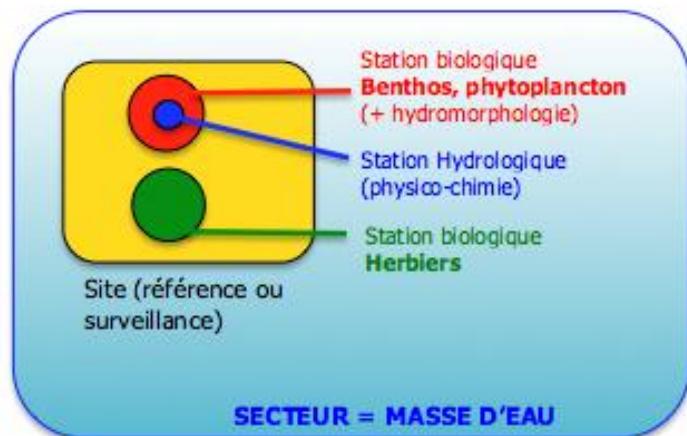
5. Les réseaux de stations de référence et de surveillance

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

Une **masse d'eau** correspond à un secteur d'étude. Un **site de référence**, correspondant à une zone peu ou pas perturbée, a été identifié par type de masse d'eau, afin de caractériser le référentiel en termes de qualité écologique et chimique des différentes masses d'eau.

L'état des masses d'eau est par ailleurs suivi sur un **site de surveillance**, représentatif de la masse d'eau.

Chaque site de suivi comprend **une ou deux stations « biologiques »** (« communautés coralliennes » et « Herbiers » lorsqu'il y en a) et **une station « hydrologique »** :



Le suivi de la physico-chimie (station hydrologique) et du phytoplancton est réalisé sur la station biologique « peuplements benthiques » pour l'ensemble des masses d'eau. Seule la masse d'eau FRIC07a fait exception car elle ne comporte pas de peuplements coralliens. Le suivi physico-chimique et phytoplancton dans le cadre du réseau de surveillance a donc lieu sur la station de suivi des herbiers de la masse d'eau.

Dans la mesure du possible, les stations sont les plus proches possibles, afin de caractériser les conditions de milieu dans lesquelles se développent les peuplements fixés (coraux, algues, herbiers).

5.2. Le réseau de stations de « référence »

L'objectif du suivi des stations de référence de Guadeloupe est de contribuer à la détermination des conditions de référence pour chaque type de masse d'eau.

La liste des 12 stations de suivi proposées pour le réseau de référence est présentée dans le Tableau 4 et Tableau 5.

Une station de référence physico-chimique a également été implantée au large côté Atlantique, pour analyser le bruit de fond physicochimique de l'eau océanique des Petites Antilles (Tableau 5). La courantologie générale de la Caraïbe étant caractérisée par un courant d'est en ouest, ce site correspondrait à une masse d'eau vierge de toute pollution directe. Les résultats des analyses physicochimiques obtenus à cet endroit permettraient de déterminer une eau dite « de référence ». En fonction des résultats obtenus pour les masses d'eau côtières, il serait possible de déduire les mesures de la qualité d'eau « normale ».

Lors des 1^{ères} prospections réalisées sur ces stations par notre équipe d'étude en 2007-2009 dans le cadre de l'étude pour la définition de l'état de référence et du réseau de surveillance, aucun herbier à *Thalassia testudinum* n'a pu être trouvé dans la masse d'eau FRIC 01 (Pareto et al., 2009), et ce malgré des explorations dans les zones proches de la station pressentie pour cette masse d'eau, Anse Thomas.

Le réseau de référence est donc composé de **11 stations de référence (6 benthos/hydro et 5 herbiers)**, soit une station benthos et une station herbier par type de MEC, excepté pour FRIC01. Ainsi que **d'1 station de référence hydrologique au large**.

Tableau 4 - Liste des stations de référence pour le suivi physico-chimique, du phytoplancton et le suivi des peuplements benthiques (+hydromorphologie)

Code ME	Nom de la station	Latitude (N)	Longitude (O)	Profondeur (m)
FRIC 01	Rocroy – Val de l'Orge	16°02,4220	61°45,697	13
FRIC 11	Gros Cap	15°50,9170	61°39,0970	12
FRIC 03	Caye à Dupont	16°09,6430	61°32,7100	13
FRIC 05	Pointe des Colibris	16°17,8530	61°06,3440	12
FRIC07b	Ilet à Fajou	16°21,7170	61°36,0730	12
FRIC08	Ilet Kahouanne	16°22,2430	61°46,6450	12

Tableau 5 - Station témoin au large (suivi physico-chimique et phytoplancton)

Nom de la station	Latitude (N)	Longitude (O)	Profondeur (m)
Large (Désirade)	16°26,000	61°00,4300	2 000

Tableau 6 - Liste des stations de référence pour le suivi des herbiers

Code ME	Nom de la station	Latitude (N)	Longitude (O)	Profondeur (m)
(FRIC 01	Anse Thomas → NON RETENUE	16°16,7500	61°48,2670	-)
FRIC 11	Ilet à Cabrit	15°52,2740	61°35,6110	9
FRIC07a	Pointe Lambis	16°18,2891	61°32,7825	2
FRIC07b	Passe à Colas	16°21,068	61°34,3380	2
FRIC08	Ilet Kahouanne	16°21,7657	61°46,6102	7
FRIC05	Grande Anse (Désirade)	16°18,1952	61°03,9757	2

OFFICE DE L'EAU DE LA GUADELOUPE

DOCUMENT PRELIMINAIRE - SUIVI DE LA PHYSICO-CHIMIE, DU PHYTOPLANCTON, DES COMMUNAUTES CORALLIENNES ET DES HERBIERS AU TITRE DE LA DCE SUR LES MEC DE GUADELOUPE – ANNEE 2018

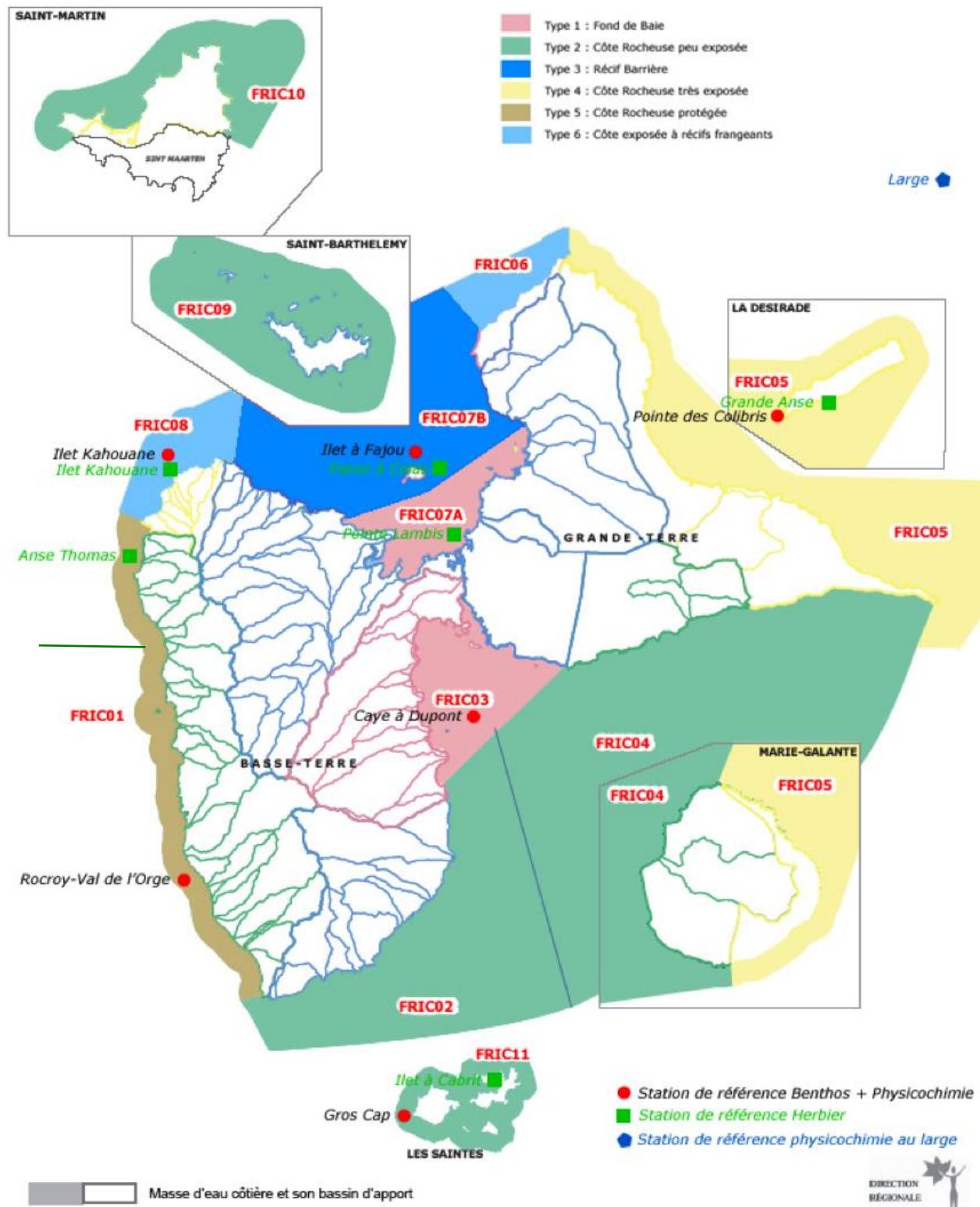


Figure 6 - Position des 12 stations du réseau de « référence »

5.3. Le réseau de stations de surveillance

La liste des stations de suivi proposées pour le réseau de surveillance est présentée dans le Tableau 7 et le Tableau 8. La masse d'eau FRIC07a étant dépourvue de peuplements coralliens, la liste des stations de suivi proposées comporte 10 stations benthos/hydro et 11 stations herbiers. Le suivi physico-chimique et le suivi du phytoplancton ont lieu sur la station herbier « Ilet à Christophe » pour la ME FRIC07a.

Une station benthos et une station herbier de surveillance ont ainsi été déterminées par MEC dans le cadre de l'étude pour la définition de l'état de référence et du réseau de surveillance en 2009. Les 1^{ers} suivis sur ces stations ont été réalisés par notre équipe d'étude en 2009 dans le cadre de l'étude pour la réalisation du contrôle de surveillance des MEC de la Guadeloupe (1^{ère} campagne de relevés biologiques). Lors de cette 1^{ère} campagne de suivi, aucun herbier à *Thalassia testudinum* n'a pu être identifié dans la masse d'eau FRIC 01 (station pressentie pour cette masse d'eau : Deshaies), confirmant l'observation réalisée dans le cadre du suivi des sites de référence. De même, aucun herbier à *T. testudinum* n'a pu être trouvé dans les MEC FRIC 02 (station Capesterre) et FRIC06 (station Anse Bertrand).

Le réseau de surveillance est donc composé de **18 stations de surveillance (10 benthos/hydro et 8 herbiers dont 1 herbier/hydro)**, soit une station benthos et une station herbier par MEC, excepté pour FRIC01, 02 et 06.

Tableau 7 - Liste des stations de surveillance pour le suivi pour le suivi physico-chimique, du phytoplancton et le suivi des peuplements benthiques (+ hydromorphologie)

Code ME	Nom de la station	Latitude (N)	Longitude (O)	Profondeur (m)
FRIC 01	Sec pointe à Lézard	16°08,4151	61°46,8476	12
FRIC 02	Capesterre	16°03,2550	61°32,3140	12
FRIC 03	Ilet Gosier	16°11,5360	61°29,4880	12
FRIC 04	Main jaune	16°14,4560	61°14,6450	12
FRIC 05	Le Moule	16°20,3830	61°20,5000	12
FRIC 06	Anse Bertrand	16°28,4436	61°31,1636	12
FRIC 07b	Pointe des Mangles	16°25,8710	61°32,5740	12
FRIC 08	Tête à l'Anglais	16°23,0160	61°45,8710	12
FRIC 10	Chicot	18°06,5120	62°58,9800	13
FRIC 11	Ti pâté	15°52,2934	61°37,6095	12

Tableau 8 - Liste des stations de surveillance pour le suivi des herbiers

Code ME	Nom de la station	Latitude (N)	Longitude (O)	Profondeur (m)
(FRIC 01	Deshaies → NON RETENUE	16°18,2830	61°47,9330	-)
(FRIC 02	Capesterre → NON RETENUE	16°04,7469	61°32,6843	-)
FRIC 03	Ilet Fortune	16°09,055	61°33,945	2
FRIC 04	Petit Havre	16°12,548	61°25,667	4
FRIC 05	Le Moule	16°20,1000	61°20,2670	1
(FRIC 06	Anse Bertrand → NON RETENUE	16°28,3218	61°31,1042	-)
FRIC 07a	Ilet à Christophe	16°17,5460	61°34,1360	3
FRIC 07b	Pointe d'Antigues	16°26,2260	61°32,3190	2
FRIC 08	Tête à l'Anglais	16°22,6500	61°45,7170	5
FRIC 10	Rocher Créole	18°06,9900	63°03,4240	6
FRIC 11	Ti Pâté (Grande Anse)	15°51,855	61°37,290	11

OFFICE DE L'EAU DE LA GUADELOUPE

DOCUMENT PRELIMINAIRE - SUIVI DE LA PHYSICO-CHIMIE, DU PHYTOPLANCTON, DES COMMUNAUTES CORALLIENNES ET DES HERBIERS AU TITRE DE LA DCE SUR LES MEC DE GUADELOUPE – ANNEE 2018

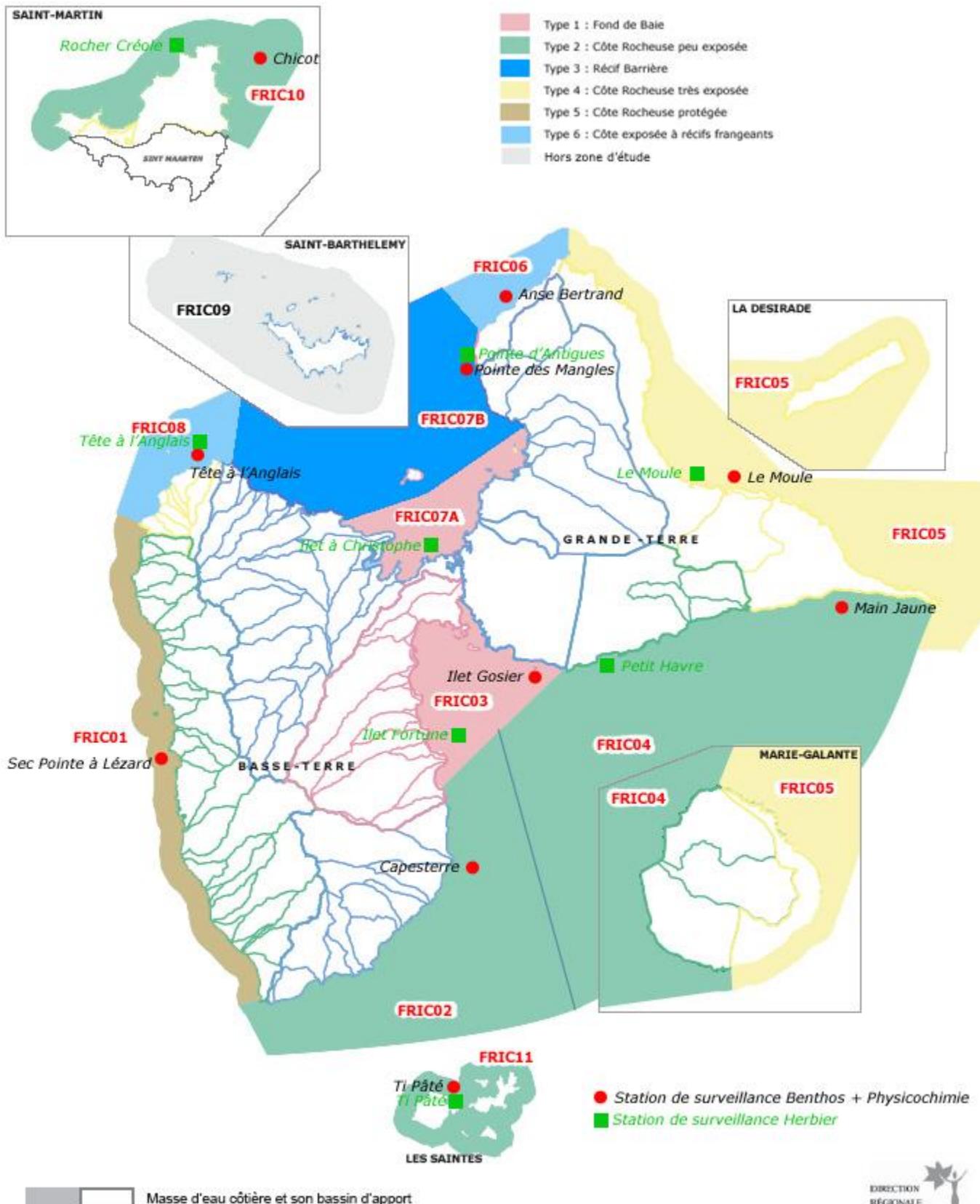


Figure 7 - Position des 18 stations de surveillance

Les suivis à réaliser par station dans le cadre de la présente étude sont récapitulés dans le tableau suivant :

RESEAU	Code MEC	Nom de la station	Type de suivi réalisé				
			Hydro-morphologie	Benthos	Herbier	Phytoplancton	Physico-chimie
REFERENCE	FRIC 01	Rocroy – Val de l'Orge	X	X		X	X
	FRIC 11	Gros Cap	X	X		X	X
	FRIC 03	Caye à Dupont	X	X		X	X
	FRIC 05	Pointe des Colibris	X	X		X	X
	FRIC07b	Ilet à Fajou	X	X		X	X
	FRIC08	Ilet Kahouanne	X	X		X	X
	FRIC 11	Ilet à Cabrit			X		
	FRIC07a	Pointe Lambis			X		
	FRIC07b	Passe à Colas			X		
	FRIC08	Ilet Kahouanne			X		
SURVEILLANCE	FRIC05	Grande Anse (Désirade)			X		
	Large		X			X	X
	FRIC 01	Sec pointe à Lézard	X	X		X	X
	FRIC 02	Capesterre	X	X		X	X
	FRIC 03	Ilet Gosier	X	X		X	X
	FRIC 04	Main jaune	X	X		X	X
	FRIC 05	Le Moule	X	X		X	X
	FRIC 06	Anse Bertrand	X	X		X	X
	FRIC 07b	Pointe des Mangles	X	X		X	X
	FRIC 08	Tête à l'Anglais	X	X		X	X
	FRIC 10	Chicot	X	X		X	X
	FRIC 11	Ti pâté	X	X		X	X
	FRIC 03	Ilet Fortune			X		
	FRIC 04	Petit Havre			X		
	FRIC 05	Le Moule			X		
	FRIC 07a	Ilet à Christophe	X		X	X	X
	FRIC 07b	Pointe d'Antigues			X		
	FRIC 08	Tête à l'Anglais			X		
	FRIC 10	Rocher Créole			X		
	FRIC 11	Ti Pâté (Grande Anse)			X		

6. Les protocoles de suivi « DCE compatibles »

Les protocoles décrits ci-après ont été fournis par la DEAL Guadeloupe (ex DIREN) et validés d'un point de vue scientifique en comité de pilotage dans le cadre de la réalisation de l'état de référence en Martinique (février 2007) auquel a été associée la Guadeloupe dans une optique d'harmonisation de l'adaptation de la DCE au contexte insulaire tropical. Ils ont fait l'objet d'adaptations suite aux ateliers de 2012 et 2014 pilotés par le MNHN.

6.1. Éléments de qualité biologique

Le suivi de la qualité biologique sur chaque site de suivi concerne :

- ▶ Le phytoplancton,
- ▶ Le benthos récifal (coraux, algues, substrat),
- ▶ Les herbiers.

6.1.1. Suivi du phytoplancton

Dans le cadre de l'indicateur phytoplancton, 2 indices sont pris en compte dans le cadre de la présente étude :

- ▶ La biomasse : mesure de la chlorophylle a par HPLC (et autres pigments chlorophylliens),
- ▶ L'abondance : identification taxinomique et dénombrement des cellules par microscopie inversée (méthode Utermöhl) et étude du pico et nano phytoplancton par cytométrie en flux.

Caractéristiques de la station de suivi

- ▶ Même site que la station de suivi du benthos récifal (ou de l'herbier pour FRIC07a),
- ▶ Même station que pour le suivi physico-chimique.

Protocole

- ▶ Les prélèvements et les mesures sont réalisés conformément aux préconisations de Aminot et Kérouel (IFREMER, 2004), A. Daniel (IFREMER, DVD 2009) et conformément à la norme NF EN 15972 (guide pour l'étude quantitative et qualitative du phytoplancton marin).
- ▶ Une station par type de masse d'eau pour le réseau de référence et une station par masse d'eau pour le réseau de surveillance.
- ▶ Le prélèvement est effectué en sub-surface (0-1m) à l'aide d'une bouteille à prélèvement Niskin dans la matinée et à heure fixe, et en absence de vent >10m/s les jours précédents.
- ▶ Le prélèvement est constitué d'eau brute et stocké dans un flaconnage opaque en plastique, conservé au noir et au frais jusqu'à son analyse.

■ Analyse des pigments chlorophylliens par HPLC

Le volume prélevé pour analyse des pigments phytoplanctoniques par HPLC est de 2 litres. L'échantillon est stocké dans des flacons en plastique opaque conservés au noir et au frais jusqu'à la procédure de filtration qui intervient dans les 8h suivant le prélèvement. L'échantillon est filtré sur filtre GF/F par le personnel de CREOCEAN, à l'Institut Pasteur de Guadeloupe. Les filtres pliés et stockés dans des cryotubes sont ensuite plongés dans de l'azote liquide puis stockés à -80°C avant envoi sous carboglace au laboratoire pour analyse. La méthode par HPLC (chromatographie en phase liquide à haute performance) a été retenue pour le suivi 2016, elle permet de quantifier les différents types de pigments présents dans

l'échantillon. Les analyses sont réalisées par le Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (plateforme SAPIGH : Service d'Analyse de Pigments par HPLC). Un envoi unique sous carboglace est réalisé à l'issue de la dernière campagne par un transporteur spécialisé.

■ Analyse du microphytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl)

Des prélèvements de 500 ml d'eau brute sont réalisés sur chaque station à l'aide d'une bouteille à prélèvement Niskin en sub-surface (<1 m). Les flacons en plastique opaque sont conditionnés en glacière. De retour à quai, le conservateur (lugol) est ajouté à l'échantillon. Celui-ci est homogénéisé puis conservé au frais.

Les échantillons sont envoyés à Sylvain Coulon à Toulouges (66), en charge des déterminations et comptages au microscope. Les flacons sont conservés à l'**obscurité** et au **frais** pendant toute la durée de l'étude.

Avant analyse, chaque échantillon subit une **phase de préparation** comprenant les étapes d'acclimatation de l'échantillon à température ambiante, son homogénéisation, puis un sous-échantillon est directement transféré dans une chambre de sédimentation. Le volume mis à sédimentier est mesuré et noté. La durée de la **sédimentation** est fonction du volume déposé.

L'observation et la détermination se font au microscope inversé (Leica DMI 3000B). Au début de l'observation, un balayage de la cuve est effectué au plus faible grossissement (objectif 40x) afin d'évaluer le mode global de distribution des particules et d'avoir une idée de la composition globale du peuplement (espèces présentes, petites ou grosses cellules, présence de colonies, etc.).

Le **comptage** se fait ensuite à plus fort grossissement (objectif 63x), par un choix aléatoire de champs sur la totalité de la cuve. Si la concentration cellulaire le permet, un minimum de 400 individus est dénombré (précision de comptage à +/- 10%). Pour les cas où la concentration est faible, le nombre de champs observés est augmenté afin de couvrir la plus grande surface de cuve possible. Le nombre maximum de champs observés au cours de cette étude est de 800.

Pour l'identification des espèces, la méthodologie d'observation et de dénombrement utilisée est la "**flore totale**". Il s'agit de l'identification et du dénombrement de toutes les espèces phytoplanctoniques dont la taille est supérieure à 20 µm, et celles dont la taille est inférieure mais qui sont en chaînes. Les espèces plus petites sont dénombrées seulement quand elles concernent des espèces potentiellement toxiques (d'après le "Manuel d'observation et de dénombrement du phytoplancton marin – Ifremer, 2006"). L'identification et le dénombrement du phytoplancton marin (flore totale) suit les recommandations de la norme *NF EN 15204 (2006-12-01) - Qualité de l'eau - Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl)*, du *Manuel d'observation et de dénombrement du phytoplancton marin – Document de méthode REPHY de l'Ifremer (2006)*, rédigé par Hubert Grossel et du *Manuel d'Observation et de dénombrement du phytoplancton marin par microscopie optique photonique – Spécifications techniques et méthodologiques appliquées au REPHY – Document de méthode de l'Ifremer (2015)*, rédigé par Nadine Neaud-Masson sur la base du document de H. Grossel.

■ Pico et nanophytoplancton par cytométrie en flux (abondance par classe de taille)

Concernant les analyses quantitatives du pico-phytoplancton, l'échantillon est placé dans un cryotube de 2 ml avec un fixateur (0,25% final de Glutaraldehyde et 0,01% final de Pluronic (Poloxamer)), conformément aux préconisations du laboratoire. Les tubes sont plongés dans de l'azote liquide puis stockés à -80°C jusqu'à leur envoi au laboratoire d'analyse, la PRECYM de l'Institut Méditerranéen d'Océanologie de Marseille. L'envoi des échantillons est réalisé avec carboglace 1 à 2 fois par an conformément aux préconisations du laboratoire via un transporteur aérien.

Les abondances du pico- et nano-phytoplancton sont déterminées par cytométrie en flux à l'aide d'un cytomètre analyseur-trieur Influx (Becton Dickinson), équipé de 3 lasers (bleu 488nm, vert 561nm et UV 351nm). La discrimination des différents groupes phytoplanctoniques est réalisée à partir de graphiques, à l'aide d'un logiciel dédié (BDFACSort).

Deux types de réglages du cytomètre analyseur-trieur sont utilisés pour acquérir les données : un premier réglage "PiNa" (PicoNano) permettant une meilleure résolution des plus grosses cellules phytoplanctoniques autotrophes (nanoeucaryotes et nanophytoplancton), et un deuxième réglage "ProSyn" permettant la résolution fine du picophytoplancton, prochloro et synecho-coccus. La discrimination entre le Pico et Nanophytoplancton se fait sur la base des signaux de diffusion aux petits angles (FSC, en relation avec la taille des particules) (laser bleu 488nm) en utilisant des billes fluorescentes de 2µm de diamètre (Picophytoplancton < 2µm < Nanophytoplancton). Au sein des 2 classes pico et nano-phytoplancton, des groupes de cellules sont recherchés sur la base de leurs propriétés d'autofluorescence induite par les pigments photosynthétiques : fluorescence Rouge de la Chlorophylle a et fluorescence orange de la Phycoérythrine (cyanobactéries) (extrait de Impact-Mer, 2016).

- ▶ Les prélèvements destinés aux analyses par HPLC et cytométrie (envois hors Guadeloupe) sont réalisés en doublon, conformément au CCTP. Ces doublons constitueront une sauvegarde en cas de problème lors du transport et seront conservés jusqu'à la fin de la prestation.
- ▶ Les mesures et prélèvements pour analyse physico-chimique sont réalisés en parallèle.

Plan d'échantillonnage

Conformément au CCTP, l'ensemble des mesures concernant le phytoplancton est réalisé :

- ▶ Sur 1 station par site de référence et 1 station par site de surveillance, et sur la station de référence au large, soit 18 stations échantillonnées tous les 2 mois,
- ▶ Sur un nombre restreint de stations, à une fréquence mensuelle. Le nombre de stations concernées est variable selon les bons de commande du marché. La liste des stations concernées est détaillée dans le rapport de synthèse du bon de commande correspondant.

Fréquence de suivi

Le cahier des charges prévoit de réaliser ce suivi de manière synchrone avec les campagnes de suivi hydrologique selon le planning suivant :

- ▶ Suivi réalisé sur les 18 stations tous les 2 mois.
- ▶ Suivi réalisé mensuellement sur un nombre restreint de stations.

La fréquence de suivi (nombre de mois et nombre de stations concernées) variant d'un bon de commande à l'autre, les fréquences d'échantillonnage détaillées sont présentées dans le rapport de synthèse du bon de commande correspondant.

Paramètres suivis

- ▶ Dosage de la chlorophylle a et des autres pigments phytoplanctoniques par HPLC sur tous les sites.
- ▶ Abondance (blooms) par analyse de la flore totale (micro-phytoplancton) au microscope sur tous les sites.
- ▶ Abondance par cytométrie en flux (pico et nano-phytoplancton) sur tous les sites.

Résultats attendus

Les teneurs en biomasse chlorophyllienne et composition des populations phytoplanctoniques des sites DCE seront déterminées pour chaque masse d'eau, ainsi que leur variation au cours de l'année.

Au terme de l'étude, il sera ainsi possible de déterminer l'écart éventuel mesuré sur les stations de surveillance, représentatives de la masse d'eau, par rapport aux conditions de référence (dont la détermination n'est pas finalisée), sur la base des grilles d'indices existantes.

6.1.2. Suivi des communautés corallieennes

Lors du suivi 2014, le changement majeur en termes d'échantillonnage dans le cadre des suivis du benthos récifal, a consisté en **la mise en place de transects pérennes**. Au cours des suivis précédents, des variations, parfois importantes, de la couverture corallienne de certaines stations ont été observées. Il est toutefois difficile de juger si ces différences interannuelles sont liées à une variation effective du milieu ou à l'effet de site. En effet, le caractère aléatoire des transects et la forte hétérogénéité des peuplements sur de faibles surfaces peuvent entraîner des comparaisons interannuelles quelquefois difficiles. La mise en place de transects pérennes est donc apparue nécessaire afin de s'assurer de la reproductibilité de l'échantillonnage d'une année sur l'autre et ainsi de la fiabilité des données.

Lors du suivi 2014, des transects de suivi pérennes ont été matérialisés sur les stations : des piquets (fer à béton et/ou Galva lorsque cela était possible) avaient été implantés en début et en fin de transect et tous les 10 m, ainsi que des flotteurs avec plaque de signalisation en début et fin de transect. Compte tenu de l'absence de suivi réguliers entre 2014 et 2016, la localisation des piquets en 2016 s'est avérée peu évidente et certains transects ont dû être totalement réinstallés (Pointe des Mangles, Capesterre, Ilet Kahouanne notamment). En 2017, l'ensemble des transects a été retrouvé et consolidé (sur les stations de surveillance uniquement). Celui de la station d'Anse Bertrand a néanmoins dû être en partie réinstallé, le substrat rocheux sans relief ne permettant pas une fixation optimale des piquets sur ce site qui peut ponctuellement être soumis à des houles ou du courant marqué.

A noter que sur la station de Chicot, située dans la Réserve naturelle de Saint-Martin, seul le début du transect est matérialisé. Le site est en effet particulièrement fréquenté par les plongeurs, susceptibles d'arracher les repères malgré les plaquettes de signalisation. Le décamètre est déroulé à partir de ce point en suivant le même cap chaque année.

Ainsi à chaque suivi, une partie du temps passé en plongée sous-marine est, dans la mesure du possible, consacrée à l'entretien des transects de suivi.

Comme les années précédentes, une autorisation d'intervention a été demandée par l'ODE au Parc National afin de réaliser les suivis sur les stations situées dans le périmètre du Parc et d'utiliser le transect pérenne de l'Ilet Fajou mis en place par le Parc National.

Caractéristiques de la station de suivi

- ▶ Zone récifale homogène.

Protocole

- ▶ Expertises réalisées par une équipe de 2 plongeurs professionnels titulaires du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie (CAH, mention 1B),
- ▶ 6 transects de 10m (ou 3 de 20m en fonction des caractéristiques de milieu),
- ▶ Positionnement le long du transect fixe dans la zone récifale homogène choisie,
- ▶ Même isobathe (entre 10 et 15 m de profondeur).

Surface d'échantillonnage

- ▶ Site non pentu : les transects sont positionnés dans un disque de 50 m autour du centre de la station (point GPS),
- ▶ Site pentu : les transects sont positionnés dans une bande de 100 m de long parallèle aux isobathes (entre 10m et 12m).

Plan d'échantillonnage

Conformément au CCTP, les analyses sont réalisées sur une station par site de référence et une station par site de surveillance (sauf sur FRIC 7a où il n'y a pas de peuplements coralliens), soit **16 séries de mesures par campagne et par an.**

Fréquence de suivi

Ce type de suivi doit être réalisé une fois par an en saison sèche entre février et juin. Les suivis précédemment réalisés dans le cadre de la DCE sur ces stations ont eu lieu en juin/juillet. Il est important de conserver la même période de suivi dans un souci de comparabilité des données.

Paramètres suivis

Conformément aux suivis précédemment réalisés, les protocoles proposés dans le CCTP sont mis en œuvre pour les 7 paramètres suivants :

- ▶ Paramètre n°1 : structure du peuplement benthique : prise en compte de la couverture corallienne, du recouvrement en macroalgues, des gorgones, zoanthaires, etc. Identification des colonies corallienes et des macroalgues au genre.
- ▶ Paramètre n°2 : densité de juvéniles,
- ▶ Paramètre n°3 : état de santé écologique général des communautés corallientes,
- ▶ Paramètre n°4 : informations complémentaires,
- ▶ Paramètre n° 5 : densité en Échinides,
- ▶ Paramètre n°6 : blanchissement corallien,

Ces paramètres sont ceux suivis dans le cadre des précédentes études DCE (état de référence et contrôle de surveillance) et/ou sont les mêmes que pour le suivi des Réserves Naturelles Marines de Guadeloupe (excepté l'identification au genre des coraux et macroalgues et le suivi de l'ichtyofaune qui diffère).

Résultats attendus

L'objectif est d'acquérir des données afin de faire avancer la réflexion sur la mise au point des indices pertinents, permettant d'évaluer l'état de santé pour l'indicateur Benthos récifal.

Une fois que ces indices seront finalisés, des caractéristiques de peuplements benthiques seront déterminées sur les sites DCE, pour chaque masse d'eau, et notamment la couverture corallienne et algale.

A terme, il sera ainsi possible de déterminer l'écart éventuel mesuré par rapport aux conditions de référence (dont la détermination n'est pas finalisée) sur la base des grilles d'indices existantes.

Les données récoltées permettront notamment de calculer ou d'établir les indices suivants, pour lesquels des grilles de classification d'état ont déjà été proposées :

- ▶ Indice état de santé général,
- ▶ Indice couverture corallienne,
- ▶ Indice macroalgues.
- ▶ Indice blanchissement,
- ▶ Indice oursins.

Les protocoles de suivi des 6 paramètres sont détaillés sur les fiches ci-après.

OFFICE DE L'EAU DE LA GUADELOUPE

DOCUMENT PRELIMINAIRE - SUIVI DE LA PHYSICO-CHIMIE, DU PHYTOPLANCTON, DES COMMUNAUTES CORALLIENNES ET DES HERBIERS AU TITRE DE LA DCE SUR LES MEC DE GUADELOUPE – ANNEE 2018

PARAMETRE N°1 : STRUCTURE DU PEUPLEMENT BENTHIQUE

Le plongeur n°1 déroule le transect 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 », avec un pas d'espace de 20 cm. Pour cela, il identifie la nature du substrat présent sous le transect, tous les 20 cm.

Chaque point est décrit en utilisant les codes (colonne 2) et notes (colonne 4) du tableau ci-dessous, permettant d'identifier sans ambiguïté les différents types de substrat (colonne 1). On note que les codes utilisés sont ceux de la base COREMO 3 – niveau intermédiaire (Reef Check), recommandés par l'IFRECOR.

Saisie DCE - Description du benthos récifal			Pour mémoire	
Descripteur	Code descripteur	Note	Nom COREMO3	Code DCE v0
Corail vivant	HC/SC		Hard Coral / Soft Coral	CV
Corail blanchi	HC	CB	Hard Coral	CB
Eponge	SP		Sponge	EP
Autres invertébrés	OT	INV	Other	INV
Macroalgues non calcaires	NIA	MA + nature substrat	Nutrient Indicator Algae	MA
Algues calcaires	OT	AC + nature substrat	Other	AC
Turf algues	OT	TU + nature substrat	Other	TU
Cyanophycées	OT	CY + nature substrat	Other	CY
Herbier	OT	HE	Other	HE
Corail mort récemment (<1an)	RKC		Recent Killed Coral	CM
Roche non corallienne	RC		Rock	R
Débris coralliens	RB		Rubble	DC
Sable	SD		Sand	SA
Vase	SI		Silt/Clay	

NB : Lorsque le substrat est composé de macroalgues (calcaires ou non), de turf ou de cyanophycées, on note la nature du substrat sur lequel ceux-ci se développent.

Les gorgones, zoanthaires, éponges, etc. font ainsi l'objet d'un relevé dans le cadre de la mise en œuvre du PIT pour l'étude de la structure du peuplement benthique.

Effort d'échantillonnage : 300 points au total par station, soit 50 points par transect de 10 m ou 100 par transect de 20 m.

L'identification au genre est réalisée pour l'ensemble des organismes algues ou coraux échantillonnés le long du transect PIT (en tenant compte des évolutions taxonomiques, dont notre équipe se tient informée).

En cas de difficultés concernant les macroalgues, quand ces dernières ne pourront pas être identifiées directement sur le terrain, des photographies et échantillons sont récoltés et analysés en laboratoire grâce à des clés de déterminations présentées dans des ouvrages et sites internet reconnus (Littler et Littler, 2000 ; Algaebase.org...). De même, lors de difficultés d'identification sur le terrain des colonies corallines, des photographies sont prises et analysées par notre équipe d'experts grâce aux ouvrages et clés de déterminations reconnues dans la Caraïbe (Humann, 1993 ; <http://species-identification.org> ; <http://www.marinespecies.org> ; ...). Dans le cas où une identification au genre ne pourrait être réalisée par nos équipes, la forme de la colonie corallienne est notée.

PARAMETRES N° 2 : DENSITE EN JUVENILES

Après les mesures de recouvrement corallien et algal sur chaque station, il est proposé de réaliser simultanément sur chaque transect des comptages des coraux juvéniles (<2cm) sur une largeur de 0,5 m à gauche du transect (marquage à l'aide d'un tube en PVC de 0,5 m).

Ces informations permettront d'évaluer la capacité de renouvellement des peuplements coralliens.

Effort d'échantillonnage : 1 quadrat de 50 cm x 1m par mètre linéaire de transect / 30m² au total.

PARAMETRE N°3 : EVALUATION DE L'ETAT DE SANTE GENERAL

L'état général de santé écologique du site est déterminé à partir des cinq classes suivantes (un indice par transect de 10 m) (grille adaptée de Bouchon *et al.*, 2004). L'indice général est obtenu en moyennant les 6 valeurs d'état de santé des transects.

OFFICE DE L'EAU DE LA GUADELOUPE

DOCUMENT PRELIMINAIRE - SUIVI DE LA PHYSICO-CHIMIE, DU PHYTOPLANCTON, DES COMMUNAUTES CORALLIENNES ET DES HERBIERS AU TITRE DE LA DCE SUR LES MEC DE GUADELOUPE – ANNEE 2018

	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 = état médiocre	La majorité des coraux sont morts, les fonds sont envahis par les macroalgues ou entièrement sédimentés	
	5 = mauvais état	Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envahis, aucune espèce sensible.	

PARAMETRE N°4 : INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Sur chaque station échantillonnée, des informations complémentaires concernant la position de la station et les conditions de milieu sont relevées :

- Date et heure de la plongée,
- Nom des observateurs,
- Point GPS de la station (systèmes WGS84-UTM 20 Nord),
- Conditions climatiques (vent, houle, courant, marée, pluviométrie),
- Température de l'eau.

Ces informations permettront :

- De disposer de facteurs explicatifs quant à l'état de santé des peuplements benthiques,
- De disposer d'une traçabilité des données dans le cadre de l'assurance qualité.

PARAMETRE N° 5 : DENSITE EN ECHINIDES (OURSINS DIADEMES et autres espèces)

Après les mesures de recouvrement corallien et algal sur chaque station, il est proposé de réaliser simultanément sur chaque transect des comptages d'oursins à droite du transect sur une largeur de 1 m (grâce à un quadrat de 1m²) tout le long du transect.

L'échantillonnage est réalisé à heure fixe, et toutes les espèces visibles sont comptées sans déplacer les éléments de substrat ou fouiller les crevasses.

Ces informations permettront de disposer de facteurs explicatifs quant aux conditions environnementales.

Effort d'échantillonnage : 1 quadrat de 1m x 1m par mètre linéaire de transect / 60 m² au total.

PARAMETRE N°6 : BLANCHISSEMENT CORALLIEN

Le plongeur n°1 note pour chaque corail présent sur les points intercept une classe de blanchissement :

Code	Type blanchissement	% blanchissement
0	Pas de blanchissement	0%
1	Partiel ou tache	1-10%
2	blanchi	11-50%
3	Blanchi et partiellement mort	51-90%
4	Mort récemment	91-100%

Effort d'échantillonnage : 300 points au total par station, soit 50 points par transect de 10 m ou 100 par transect de 20 m.

PARAMETRE N°8 : POISSONS HERBIVORES - IDENTIFICATION DES ESPECES CIBLES

Le plongeur réalise un passage unique sur une bande de 2m de large sur 5m de hauteur, de part et d'autre du transect de 60 m de long (3 transects x 20 m ; relevé de type Belt). Le plongeur s'arrête tous les 5m pendant 1 mn afin de limiter les perturbations et permettre à certaines espèces de revenir. L'identification des herbivores est réalisée à chaque arrêt et complétée si nécessaire lors de la nage (passage éclair de certains individus). Chaque individu appartenant aux espèces cibles ci-dessous est pris en compte.

GT		Nom Scientifique		Nom vernaculaire
		<i>Scarus guacamaia</i>	Zawag flamand	
		<i>Scarus iserti</i>	Perronet rayé	
		<i>Scarus taeniopterus</i>	Perronet princesse	
		<i>Scarus vetula</i>	Perronet royal	
		<i>Sparisoma atomarium</i>	Perronet tache verte	
		<i>Sparisoma viride</i>	Perronet viride	
		<i>Sciaenidae</i>	Poisson perroquet	

Abondance : Chaque plongeur comptabilise les individus appartenant aux espèces cibles identifiées.

Taille : Chaque plongeur estime la taille des individus appartenant aux espèces cibles identifiées (classe de taille).

NB : les recommandations lors du dernier séminaire science et gestion DCE-IFRECOR d'avril 2017 au sujet de ce paramètre étaient que ce dernier n'était pas requis pour la DCE (mais que l'intérêt des poissons pour la DCE dans le contexte tropical insulaire était à évaluer). Son suivi n'a d'ailleurs pas été mis en œuvre en 2017, conformément aux discussions de l'atelier. Sa mise en œuvre lors des prochains suivis sera à discuter avec l'ODE, compte tenu du facteur limitant constitué par le temps de plongée (qui pourrait alors être redirigé a minima vers l'entretien des transects de suivi).

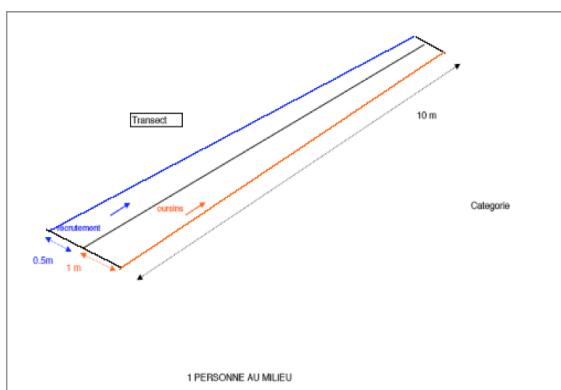


Illustration d'un transect « benthos » et des zones de comptage le long du transect

6.1.3. Suivi des herbiers

Lors des divers ateliers de travail sur la thématique qui se sont succédés depuis 2012, la pertinence pour la DCE de plusieurs paramètres a été discutée, en fonction de leur capacité de réponse à un changement de la qualité de l'eau et de la facilité de mise en œuvre. Ainsi, un certain nombre de paramètres initialement suivis ont été retenus et d'autres écartés.

Préalablement à la mise en œuvre des protocoles, afin de choisir une échelle spatiale de suivi adaptée à l'hétérogénéité naturelle des herbiers et de tenir compte des contraintes locales, **le suivi sera réalisé le long de 3 transects (au minimum) de 50 m.** Les transects seront orientés de manière à rester dans une strate homogène et à être pérennisés par le relevé des coordonnées GPS de début et fin.

Caractéristiques de la station de suivi

- ▶ Zones d'herbier homogène (*Thalassia testudinum*) x 3.

Protocole

- ▶ Expertises réalisées par une équipe de 2 plongeurs professionnels titulaires du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie (CAH, mention 1B),
- ▶ Relevés de type LIT, Belt et Quadrats,
- ▶ Positionnement de 3 transects de 50 m au niveau de 3 zones d'herbier homogène choisies,
- ▶ Même isobathe (< 10m de profondeur).

Surface d'échantillonnage

L'herbier est échantillonné le long de 3 transects de 50 m, en évitant dans la mesure du possible sa périphérie (conditions de milieu différentes).

Plan d'échantillonnage

Les analyses sont réalisées sur 1 station par site de référence et sur 1 station par site de surveillance, excepté pour les MEC où aucun herbier à *T. testudinum* n'a été trouvé lors des précédents suivis (FRIC01, 02 et 06). **Soit 13 séries de mesures par campagne et par an.**

Fréquence de suivi

Ce type de suivi doit être réalisé une fois par an en saison sèche entre février et juin. Les suivis précédemment réalisés dans le cadre de la DCE sur ces stations ont eu lieu en juin/juillet. Il est important de conserver la même période de suivi dans un souci de comparabilité des données.

Paramètres suivis

Conformément aux dernières préconisations réalisées lors de l'atelier Science-Gestion DCE-IFRECOR d'avril 2017, les protocoles sont mis en œuvre pour les paramètres suivants :

Paramètres relevés sur transect LIT (Line Intersect Transect) 3 x 50 m :

- ▶ Paramètre n°1 : composition spécifique en phanérogames : évaluation du cortège d'espèces, sans notion d'abondance relative,
- ▶ Paramètre n°2 : fragmentation / mitage (et nature des limites : déchaussement des rhizomes).

Paramètres relevés au sein de quadrats (50 x 50 cm, 3 par radiale, soit 9 au total) :

- ▶ Paramètre n°3 : composition spécifique en phanérogames et recouvrement,

- ▶ Paramètre n°4 : recouvrement en macroalgues et taxons dominants,
- ▶ Paramètre n°5 : recouvrement en cyanobactéries et substrat associé,
- ▶ Paramètre n°6 : épibioses,
- ▶ Paramètre n°7 : floraison,
- ▶ Paramètre n°8 : sénescence, maladies.

Paramètres relevés le long d'un Belt Transect (1 x 50 m x 3) :

- ▶ Paramètre n°5 : cyanobactéries (présences/absence/abondance),
- ▶ Paramètre n°9 : coraux,
- ▶ Paramètre n°10 : oursins (*Lytechinus variegatus*, *Tripneustes ventricosus*, *Diadema antillarum*),
- ▶ Paramètre n°11 : bioturbation,
- ▶ Paramètres n°12 : paramètres complémentaires : algues dérivantes, débris de phanérogames, macroalgues épiphytes.

Autres paramètres :

- ▶ Paramètre n°13 : caractérisation du substrat.
- ▶ Évaluation de l'état de santé global de l'herbier,
- ▶ **Il est prévu, en 2019, de déterminer la superficie des herbiers DCE.** Ce suivi serait réalisé une fois à l'échelle du plan de gestion, soit tous les 6 ans (MNHN, 2014, CR Atelier, version provisoire). Il permettra d'évaluer les superficies des herbiers au temps T.

Ce volet de la prestation **sera réalisé pour les 12 herbiers de Guadeloupe, hors herbiers de Saint-Martin** (Rocher créole) par notre partenaire **GEODESIS**, spécialisé dans les prises de vues aériennes par drones et en cartographie. **Pour l'herbier de Saint-Martin, la RNSM** se chargera de la prestation ; un de ses membres est en effet habilité à piloter un drone et possède le matériel et les compétences nécessaires à la réalisation de ce travail.

Résultats attendus

L'objectif est dans un 1^{er} temps de valider ou non la faisabilité du protocole remanié et le cas échéant, de proposer des adaptations. Dans un 2nd temps, l'objectif est d'acquérir des données sur ces paramètres afin d'aider à la réflexion pour la mise au point d'indices pertinents, permettant d'évaluer l'état de santé pour cet indicateur.

À l'avenir, une fois que ces indices seront définis, des caractéristiques d'herbiers de référence ou proches des valeurs relevées en conditions de référence (sites non impactés) seront déterminées par type de masse d'eau. Des caractéristiques de peuplements d'herbiers seront déterminées pour chaque masse d'eau par le suivi des sites de surveillance. A terme, l'objectif est de pouvoir déterminer l'écart éventuel mesuré par rapport aux conditions de référence (qui seront à définir pour les indices mis au point) sur la base des grilles d'indices qui seront à développer au fur et à mesure des suivis.

Les protocoles de suivi des paramètres sont détaillés sur la fiche ci-après.

RELEVES SUR TRANSECT LIT (LINE INTERSECT TRANSECT) :

PARAMETRE N°1 : COMPOSITION SPECIFIQUE EN PHANEROGAMES

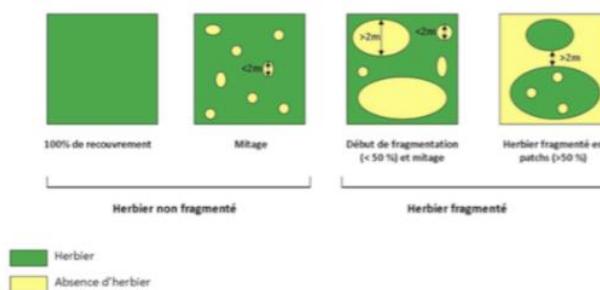
Le plongeur réalise un trajet le long du transect de 50 m et relève la longueur occupée pour chaque cortège d'espèces de phanérogames rencontré, sans notion d'abondance relative, selon les codes suivants :

Espèce phanérogame	Code terrain
<i>Thalassia testudinum</i>	TT
<i>Syringodium filiforme</i>	SF
<i>Halophila decipiens</i>	HD
<i>Halophila stipulacea</i>	HS
<i>Halodule wrightii</i>	HW

PARAMETRE N°2 : FRAGMENTATION / MITAGE ET NATURE DES LIMITES

Le plongeur réalise un trajet le long du transect de 50 m pour relever les points de rupture de l'herbier (limites entre l'herbier et le sable nu) et caractériser ces points. L'herbier est considéré comme fragmenté lorsque la longueur du substrat nu est supérieure à 2 m, et mité lorsqu'elle est comprise entre 0,5 et 2 m.

Le déchaussement des rhizomes est observé (rupture de l'herbier de type microfalaise faisant apparaître les racines de l'herbier à nu (signe d'un herbier en érosion).



Limite de fragmentation : Érosive (E) = présence de microfalaise faisant apparaître les racines, Progressive (P) = colonisation du sable nu par traçage des rhizomes ; Stable (S)

RELEVES AU SEIN DE QUADRATS :

Des quadrats de 50 x 50 cm sont positionnés le long des radiales de 50 m, à raison de 3 quadrats par radiales, soit 9 quadrats au total. Ils sont posés aléatoirement autour des graduations 5m, 25m et 45 du ruban, pas forcément collés au ruban, à gauche ou à droite de ce dernier. Une photo de chaque quadrat est si possible réalisé.

PARAMETRE N°3 : COMPOSITION SPECIFIQUE EN PHANEROGAMES ET RECOUVREMENT

Le recouvrement TOTAL en phanérogames (TT, SF, HS, etc.) est estimé au sein de chaque quadrat selon les 6 classes de recouvrement suivantes : 0-10% ; 10-25% ; 25-50% ; 50-75% ; 75-90% et 90-100%.

La notion de hiérarchisation de dominance entre les espèces est également notée pour chaque quadrat.

PARAMETRE N°4 : RECOUVREMENT EN MACROALGUES

Le recouvrement TOTAL en macroalgues (tous genres confondus) est estimé au sein de chaque quadrat selon les 6 classes de recouvrement suivantes : 0-10% ; 10-25% ; 25-50% ; 50-75% ; 75-90% et 90-100%.

Le genre dominant de macroalgues est identifié au sein de chaque quadrat.

OFFICE DE L'EAU DE LA GUADELOUPE

DOCUMENT PRELIMINAIRE - SUIVI DE LA PHYSICO-CHIMIE, DU PHYTOPLANCTON, DES COMMUNAUTES CORALLIENNES ET DES HERBIERS AU TITRE DE LA DCE SUR LES MEC DE GUADELOUPE – ANNEE 2018

PARAMETRE N°5 : RECOUVREMENT EN CYANOBACTERIES

Le recouvrement en cyanobactéries est estimé au sein de chaque quadrat selon les 6 classes de recouvrement suivantes : 0-10% ; 10-25% ; 25-50% ; 50-75% ; 75-90% et 90-100%.

Le substrat des cyano est également noté : phanérogames (H), sable (SD), macroalgues (MA), etc.

PARAMETRE N°6 : EPIBIOSE

Paramètre important pour apprécier la qualité de l'eau, il résume les conditions de turbidité et lumière disponibles pour les feuilles. Une valeur d'indice globale est attribuée par transect (photos Hily & Kerninon, 2013).

La présence/absence de chacune des catégories d'épibiose suivantes au sein de chaque quadrat est notée selon les codes suivants :

Type d'épibiose	Code terrain
Algues calcaires	AC
Algues filamenteuses	AF
Film biosédimentaire	FS
Hydriaires	HYD
Macroalgues épiphytes	MAE

Les catégories présentes sont classées en termes de dominance.

PARAMETRE N°7 : FLORAISON

La présence de fleur dans les quadrats est observée. Le nombre de fleurs observées par espèce dans chaque quadrat est comptabilisé.

PARAMETRE N°8 : SENESCENCE, MALADIES

La présence ou l'absence de signe de sénescence ou de maladies des phanérogames est noté pour chaque quadrat.

RELEVES LE LONG D'UN BELT TRANSECT :

Les relevés sont réalisés sur un couloir de 1 mètre le long du transect de 50 m, sur les 3 radiales.

PARAMETRE N°9 : CYANOBACTERIES

L'absence ou la présence de cyanobactéries le long du couloir de 1 m est notée et une classe est attribuée en fonction de leur abondance selon la grille ci-dessous :

Cyanobactéries	Classes	Description
Absence	0	Pas de cyanobactéries
Présence occasionnelle	1	Des tâches de cyanobactéries sont présentes occasionnellement dans l'herbier et/ou présence de cyanobactéries sur les feuilles de nombreux pieds d'herbier
Présence forte	2	L'herbier est majoritairement colonisé par les cyanobactéries jusqu'à asphyxie dans les cas extrêmes

NB : la saison d'échantillonnage est à prendre en compte dans l'interprétation des résultats.

PARAMETRE N°10 : CORAUX

L'absence ou la présence occasionnelle ou en abondance de coraux au sein du couloir de 1 m est notée. Les espèces présentes sont également relevées.

PARAMETRE N°11 : OURSINS

Le plongeur compte les individus d'oursins des 3 espèces suivantes sur un couloir de 1 mètre le long de la radiale : *Tripneustes ventricosus* (oursin blanc), *Diadema antillarum* (oursin diadème) et *Lytechinus variegatus* (oursin variable).

La présence d'autres espèces est notée en remarque.

PARAMETRE N° 12 : BIOTURBATION

La présence de tumulus et entonnoirs d'au moins 10 cm de diamètre, correspondant à l'activité de l'endofaune est évaluée. Celle-ci peut jouer un rôle sur les plants d'herbiers qui peuvent être fortement recouverts par les sédiments relargués en surface par ces organismes sous forme de monticules ou creusés (entonnoirs) avec une destruction des rhizomes et racines.

Dans un couloir de 1 m le long du transect de 50m, la bioturbation est évaluée selon les classes suivantes :

- 0 : absence de bioturbation
- 1 : bioturbation occasionnelle
- 2 : bioturbation importante et continue

PARAMETRE N°13 : PARAMETRES COMPLEMENTAIRES DE L'HERBIER

Au sein du couloir de 1 m de long, les paramètres informatifs complémentaires suivants sont relevés :

- présence d'algues dérivantes et de débris de feuilles,
- présence de macroalgues épiphytes.

Une des classes suivantes leur est attribué en fonction de leur abondance :

- 0 : absence
- 1 : présence occasionnelle
- 2 : présence en abondance

AUTRES PARAMETRES :**PARAMETRE N°14 : CARACTERISATION DU SUBSTRAT**

A l'issue des suivis, 3 prélèvements au hasard dans l'herbier sont réalisés.

Au laboratoire (laboratoire Alpa Chimie à Rouen), chaque prélèvement fait l'objet :

- d'une analyse de la granulométrie,
- d'une analyse de la proportion en carbonates.

EVALUATION DE L'ETAT DE SANTE GLOBAL DE L'HERBIER

Ce paramètre pris en compte lors des précédents suivis est relevé à titre indicatif en 2016 et 2017. L'état écologique de l'herbier est déterminé à partir des cinq classes du tableau suivant :

1 = très bon état	Herbier de <i>Thalassia testudinum</i> monospécifique
2 = bon état	Herbier mixte à <i>T. testudinum</i> et <i>Syringodium filiforme</i> , avec présence ou non de macroalgues typiques de l'herbier (en faible abondance)
3 = état moyen	Signe d'eutrophisation ou de sédimentation
4 = état médiocre	Herbier avec macroalgues (typiques abondantes et/ou autres macroalgues) ou envahi. Eutrophisation ou hypersédimentation marquée.
5 = mauvais état	Herbier envahi par les macroalgues ou très envahi

DETERMINATION DE LA SUPERFICIE DE L'HERBIER :

Ce suivi serait réalisé une fois à l'échelle du plan de gestion, soit tous les 6 ans (MNHN, 2014, CR Atelier, version provisoire), vraisemblablement en 2019.

Ce volet de la prestation sera réalisé :

- ▶ Par GEODESIS pour les 12 herbiers de Guadeloupe, hors herbiers de Saint-Martin (Rocher créole) ;
- ▶ Par la RNSM pour l'herbier de Saint-Martin, Rocher Créole.

NB : le Parc National de Guadeloupe a d'ores et déjà été contacté au sujet de la possibilité de survoler les herbiers situés en cœur de Parc dans le cadre de la présente étude (Passe à Colas, Pointe Lambis, Ilet Christophe). Une demande d'autorisation devra leur être adressée en amont des survols. La période de reproduction des oiseaux devra être évitée à l'Ilet Christophe.

[Suivi de la superficie des herbiers DCE de Guadeloupe, hors Saint-Martin \(Rocher Créole\) : 12 stations - GEODESIS](#)

Les zones d'herbiers seront délimitées à partir d'orthophotos aériennes (drone) et devront être discriminées des autres habitats benthiques, notamment les dalles avec couverture algale. La mission à réaliser pour la cartographie des herbiers comprendra les phases suivantes :

1/ Analyse des types de conditions sur les différentes stations

Les stations sont classées selon les caractéristiques suivantes :

- ▶ Profondeur et pente de l'herbier ;
- ▶ Turbidité de l'eau ;
- ▶ Exposition à la houle.

Nous distinguons ainsi les types de stations suivants :

- ▶ Type lagon : herbier peu profond (1 à 5 m), mer peu agitée. Les stations identifiées sont "Le Moule", "Pointe d'Antigues", "Désirade", "Ilet Fortune", "passe à Colas" et "Petit Havre".
- ▶ Type exposé : ces stations ne sont pas protégées de la houle mais l'herbier demeure peu profond. Les stations identifiées sont "Ilet Kahouane" et "Tête à l'Anglais".
- ▶ Type profond : les 2 stations des Saintes ont des herbiers à une profondeur de 11 m, avec une forte pente pour celui de "l'ilet Cabrit".
- ▶ Type turbide : les herbiers sont très peu profonds mais les eaux ont potentiellement une forte turbidité. Les stations identifiées sont "Pointe Lambis" et "Ilet à Christophe".

Nous choisirons les conditions optimales de vol suivantes en fonction des types de stations, sachant que dans tous les cas, le vent devra être faible (10 kt max) pour éviter le clapot, et la houle faible. La hauteur de vol sera choisie entre 60 m et 120 m.

- ▶ Type lagon : pas de contraintes particulières hormis le vent
- ▶ Type exposé : conditions de mer très calme avec une houle d'Est-Sud-est
- ▶ Type profond : conditions de mer très calme. La hauteur de vol pourra être plus importante sur ces stations.
- ▶ Type turbide : pas de précipitations les jours précédant le survol de ces stations. La hauteur de vol pourra être moins importante.

Note : sur les stations de type "profond" et "turbide", un vol test pourra être réalisé afin de choisir la hauteur de vol optimale.

2/ Vérités terrain

Afin de valider la présence d'herbiers sur les prises de vue obtenues, plusieurs vérités terrain seront mesurées selon le type de station. La radiométrie des images peut en effet être différente en fonction de la colonne d'eau (profondeur et turbidité).

Nous prévoyons des vérités terrain spécifiques pour les types de stations suivants : type lagon, type profond et type turbide. Une station représentative du type sera choisie pour chacune des 3 campagnes de vérités terrain.

Remarque : les vérités terrain seront réalisées par l'équipe de CREOCEAN sur des points fixes déterminés, en PMT ou à l'aide d'une caméra avec un retour en surface pour les zones les plus profondes. Afin d'être représentatifs, certains des échantillons devront si possible comporter plusieurs types d'habitats susceptibles d'être confondus sur les photos aériennes, à savoir des herbiers (avec potentiellement des compositions différentes : ex : tapis d'*Haliphora stipulacea*) et des dalles à couverture algale

3/ Réalisation des vols

Description générale et contraintes météo

Pour chaque station, les vols seront réalisés sur les zones d'herbiers préalablement délimitées en concertation avec CREOCEAN. Une attention particulière sera portée sur les conditions météo le jour des vols. En effet, nous éviterons au maximum la présence de nuages générant des ombres et des reflets, artefacts affectant le processus de construction de l'orthophoto et la radiométrie des images. Par ailleurs, le vent devra être faible (entre 5 et 10 kt) afin de minimiser les reflets spéculaires sur l'eau. Nous avons en effet constaté que ces reflets peuvent dégrader la qualité du résultat final.

De même, la hauteur significative des vagues devra être faible, en particulier sur les stations de type "exposé" (voir paragraphe précédent).

Enfin, les vols seront réalisés en dehors de la plage horaire proche de la hauteur zénithale du soleil (10h-14h), ceci pour minimiser les reflets spéculaires.

Tâches réalisées

- ▶ Préparation mission : demande des autorisations DSAC pour les vols dans la CTR, proches de la piste aéroportuaire, ou proches des aérodromes de la Désirade et des Saintes ;
- ▶ Préparation des plans de vols automatiques : chaque zone à survoler sera découpée de manière à conserver une distance maximale de 1 km du télépilote, comme l'impose la réglementation ;
- ▶ Survol de la zone choisie : chaque vol automatique sera réalisé à la hauteur choisie pour la station. Il garantira un recouvrement important entre les clichés (75 % min en longitudinal et 65 % min en latéral), indispensable pour les besoins de la photogrammétrie.

Plan prévisionnel des vols

Le tableau suivant permet de lister les vols prévus sur les différentes stations. Dans certains cas plusieurs stations de la même zone seront survolées durant la même session, minimisant ainsi les coûts (zones grisées groupées). Des moyens bateau seront prévus pour les vols où un décollage depuis un bateau est requis.

Nom station	Profondeur max	Type de station	Nombre de vols	Position télépilote	Réglementation drone	Parc national
Le Moule	2	lagon	1	plage		
Pointe d'Antigues	3	lagon	1	plage		
Grande anse (Désirade)	2	lagon	1	plage	Aérodrome	
Petit Havre	5	lagon	1	plage	Secteur B	
Ilet Fortune	2	lagon	1	canot ou plage sud illet	zone évolution ULM	
Ilet à Cabrit	11	profond	1	plage	Aérodrome	
Ti pâté	11		1	côte		
Ilet Kahouane	5	exposé	1	canot		
Tête à l'anglais	5		1			
Passe à colas	3	lagon	2		Secteur C	X
Pointe à lambis	1	turbide	2	canot	Secteur B	X
Ilet à Christophe	2	turbide	2		Secteur A	X

Remarque importante : GEODESIS a signé les protocoles d'accord adéquats avec l'organisme de contrôle aérien de Pointe à Pitre et le Conseil Général. C'est de fait un opérateur drone en conformité avec la réglementation.

4/ Traitement des clichés

Les traitements suivants seront réalisés pour chaque station :

- ▶ Géotag des clichés obtenus avec les points GPS enregistrés pendant le vol : la précision relative obtenue sera centimétrique (de 3 à 5 cm) ;
- ▶ Pré-traitement des clichés géolocalisés : rehaussement de contraste et élimination des reflets spéculaires résiduels ;
- ▶ Traitement photogrammétrique : les clichés sont injectés dans une chaîne de traitement photogrammétrique afin d'obtenir une orthomosaïque géoréférencée ;
- ▶ Découpage de l'orthoimage finale pour ne conserver que la zone d'emprise des herbiers.

5/ Délimitation des herbiers

Un traitement semi-automatique sera mis en œuvre afin de détourer les zones d'herbiers. Les échantillons issus des vérités terrain seront pris en compte durant cette phase. Le traitement se basera sur les informations radiométriques et texturales de l'orthoimage.

Une étape manuelle servira à éliminer les polygones éventuels ne correspondant pas à des herbiers. De la même manière, les zones de fragmentation seront délimitées (substrat nu interrompant l'herbier sur une longueur > 2 m).

Le résultat obtenu sera ensuite vectorisé sur QGIS et la superficie des polygones sera calculée.

Livrables : une couche au format Shapefile représentant les zones d'herbiers avec leur superficie + une couche au format Shapefile représentant les zones de fragmentation avec leur superficie.

6/ Moyens techniques et organisation

Matériels & logiciels

Les matériels mis en œuvre par GéoDeSIS sont les suivants :

- ▶ Drone 3DR Iris+ < 2 kg ;
- ▶ Sony RX100 M2, APN professionnel de 20M de pixels ;
- ▶ Logiciel de photogrammétrie Micmac ou Agisoft Photoscan ;
- ▶ SIG QGIS.

Équipe

Durant les interventions sur site, une équipe de 1 à 2 personnes sera prévue pour les vols à décollage depuis un bateau :

- ▶ Le télépilote
- ▶ Un assistant pour les vols depuis un bateau (voir tableau des vols) et ceux où une coordination forte est requise avec la tour de contrôle.

Suivi de la superficie de l'herbier DCE de Saint-Martin : Rocher Créole

La Réserve Naturelle de Saint-Martin, équipée d'un drone de type Phantom, réalisera un travail similaire pour la zone d'herbier située dans le périmètre de la Réserve : station de Rocher Créole.

NB : la zone d'herbier dont fait partie la station de Rocher Créole semble à 1^{ère} vue occuper l'ensemble de la baie de Grand Case. L'échantillonnage de l'ensemble de la zone à l'aide d'un drone suivi du traitement a posteriori demanderait un temps de travail particulièrement important. Il a été décidé, en concertation avec la RNSM, de considérer la station de Rocher Créole comme étant la partie de l'herbier située dans le périmètre de la Réserve. Les pressions n'étant en effet pas les mêmes sur cette zone et sur la zone adjacente située hors réserve (mouillage, pêche, etc. non réglementés par un statut de protection).

Limite de la méthode

La méthodologie retenue apparaît la plus pertinente compte tenu de sa précision (prise en compte la fragmentation au sein de l'herbier à un instant T) mais également de son coût de mise en œuvre.

Sur certains des types d'herbiers identifiés, la technique est toutefois susceptible de comporter des limites liées :

- ▶ **A la turbidité** : sur les herbiers de fonds de baie Ilet Christophe et Pointe Lambis. Sur ces 2 sites, la faible profondeur (<3 m) nous permet toutefois d'espérer de bons résultats si les images sont prises à une période favorable (pas de précipitations ni d'agitation les jours précédents).
- ▶ **A la profondeur** : sur les 2 herbiers des Saintes (profondeur : sur 11 m). Sur ces 2 sites, la hauteur de vol pourra être adaptée mais nous n'avons pas l'assurance d'obtenir une visibilité suffisante des fonds.

La qualité et l'exploitabilité des photographies aériennes (visibilité des fonds) est en effet dépendante des conditions de vents, d'agitation, de luminosité mais également des conditions de milieu propres à chaque site.

Nous préconisons toutefois de mettre en œuvre dans un 1^{er} temps la méthodologie proposée sur l'ensemble des stations malgré ces possibles limites : tout sera mis en œuvre pour réaliser les prises de vue dans les conditions les plus favorables possibles, permettant de maximiser les chances d'obtenir

des images exploitables par la suite, malgré les conditions de milieu contraignantes. **Nous aurons alors une obligation de moyen, mais pas de résultat sur ces stations.**

Dans la mesure où la mise en œuvre de cette technique d'échantillonnage ne permettrait pas d'arriver à l'estimation de la superficie de l'herbier, il est proposé en **VARIANTE**, la mise en œuvre d'une autre méthodologie, certes moins précise, de détermination. Elle est également plus coûteuse, compte tenu du temps et des moyens nautiques à mobiliser.

En fonction des résultats obtenus par la mise en œuvre de la 1^{ère} technique, l'ODE pourra décider ou pas de mettre en œuvre la seconde méthodologie afin d'avoir des informations a minima sur la superficie des herbiers qui n'auraient pas pu être délimités.

Un système de vidéo tractée avec retour de l'image en surface sera mis en œuvre par **CREOCEAN** (matériel disponible en interne), à partir d'une embarcation adaptée. La zone d'herbier sera échantillonnée le long de radiales rectilignes dont l'espacement sera adapté selon la configuration de l'herbier. Les points de début et fin d'herbier seront relevés depuis la surface avec un GPS à main, à l'aide du retour surface de l'image. L'emprise de l'herbier sera ensuite extrapolée entre les radiales et une superficie globale pourra ainsi être déterminée.

A noter toutefois que l'ensemble des zones fragmentées (>2 m) ne pourront être prises en compte avec cette technique, compte tenu de leur abondance potentielle sur certains sites très fragmentés et de la précision limitée du GPS (supérieure à 2 m). Les plus grosses interruptions seront néanmoins relevées, dans la mesure du possible. Dans tous les cas, un indice de fragmentation qualitatif, sur la base du visionnage des images prises par la vidéo tractée sera attribué à l'herbier.

6.2. Éléments de qualité physico-chimique

Le suivi des éléments de qualité hydrologique sur chaque site de référence et de surveillance permettra (i) d'évaluer les valeurs de ces éléments de qualité dans des conditions peu ou pas perturbées par type de masse d'eau (site de référence) et (ii) de déterminer les caractéristiques physico-chimiques générales de la masse d'eau (site de surveillance). Il s'appuie sur l'étude :

- ▶ **De paramètres généraux** mesurés *in situ* (Température, Salinité, O₂ dissous/saturation O₂),
- ▶ **De paramètres de charge particulaire** (Turbidité) mesurés *in situ* conformément aux préconisations du CCTP,
- ▶ **De paramètres d'enrichissement** en azote et phosphore (Nitrite, Nitrate, Ammonium, Phosphate) ainsi que les orthosilicates, analysés en laboratoire.

Les analyses des substances prioritaires ne font pas partie de la prestation.

Les données collectées à l'aide de ces protocoles sont compatibles avec la base de données QUADRIGE 2 de l'IFREMER.

Caractéristiques de la station de suivi

- ▶ Même station que la station de suivi du benthos récifal (ou de l'herbier pour FRIC07a).

Protocole mis en œuvre

- ▶ Échantillonnage à l'aide d'une bouteille à prélèvement de type Niskin conformément aux préconisations de Aminot et Kérouel (2004),
- ▶ Mesures *in situ* à l'aide de sondes multiparamètres de type YSI, adaptées aux mesures sur eaux salines (capteurs optiques),
- ▶ Prélèvements d'eau brute et stockage au frais en glacière avant dépôt au laboratoire d'analyse le jour même (délai < 8 heures),
- ▶ Mesures et prélèvements (sub-surface) effectués de préférence dans la matinée et à heures fixes, et en absence de vent >10m/s (20nds) les jours précédents.

Surface d'échantillonnage

Sans objet

Plan d'échantillonnage

Conformément au CCTP, l'ensemble des mesures est réalisé :

- Sur 1 station par site de référence et 1 station par site de surveillance, et sur la station de référence au large, soit **18 stations échantillonnées tous les 2 mois**,
 - Sur un nombre restreint de stations, à une fréquence mensuelle. Le nombre de stations concernées est variable selon les bons de commande du marché. La liste des stations concernées est détaillée dans le rapport de synthèse du bon de commande correspondant.
-
- ▶ Paramètres généraux : 2 mesures sur la colonne d'eau, c'est à dire en sub-surface (0-1m) et au fond (-12 m ou -3 m sur Ilet Christophe).
 - ▶ Charge particulaire : 1 mesure en sub-surface.
 - ▶ Enrichissement : 1 mesure en sub-surface.

Fréquence de suivi

Le cahier des charges prévoit de réaliser ce suivi de manière synchrone avec les campagnes de suivi du phytoplancton selon le planning suivant :

- ▶ Suivi réalisé sur les 18 stations tous les 2 mois.
- ▶ Suivi réalisé mensuellement sur un nombre restreint de stations.

La fréquence de suivi (nombre de mois et nombre de stations concernées) variant d'un bon de commande à l'autre, les fréquences d'échantillonnage détaillées sont présentées dans le rapport de synthèse du bon de commande correspondant.

Paramètres suivis

Les 3 groupes de paramètres suivants sont considérés :

- ▶ Groupe n°1 (paramètres généraux) : Température, Salinité, O₂ dissous (mg/l),
- ▶ Groupe n°2 (charge particulaire) : Turbidité,
- ▶ Groupe n°3 (enrichissement minéral) : Nitrite, Nitrate, Ammonium (= DIN : Dissolved Inorganic Nitrogen), Orthophosphate et Orthosilicates.

Résultats attendus

Les caractéristiques hydrologiques des sites DCE seront déterminées pour chaque masse d'eau, et notamment la charge particulaire et l'enrichissement azoté / phosphoré.

A terme, il sera ainsi possible de déterminer l'écart éventuel mesuré sur les stations de surveillance, représentatives de la masse d'eau, par rapport aux conditions de référence (dont la détermination n'est pas finalisée), sur la base des grilles d'indices existantes.

Les protocoles de suivi des 3 groupes paramètres sont détaillés sur les fiches ci-après.

GROUPE N°1 : PARAMETRES GENERAUX

Les prélèvements sont effectués à heure fixe, au fond et en sub-surface (0-1m), à l'aide d'une bouteille Niskin. Les mesures sont effectuées *in situ*. Les appareils utilisés sont des sondes YSI qui font l'objet d'opérations rigoureuses de métrologie (étalonnage avant chaque campagne et intercalibration périodique lors de campagnes de doubles-mesures à l'aide de deux sondes).

L'équipe d'étude dispose de 2 appareils de mesure disponibles en Guadeloupe et Martinique. Le capteur à O₂ est un capteur à luminescence. Ces matériels permettent de répondre aux exigences analytiques mentionnées ci-dessous :

Paramètre	Lieu d'analyse	Méthode d'analyse	Gamme de mesure	Précision	Résolution
Température	In situ	Sonde YSI	-5 à 70°C	+/-0,2°C	0,1°C
Salinité	In situ	Sonde YSI	0 à 70 ppt	+/-1,0% de la lecture (ou 0,1ppt, la valeur la plus grande)	0,1 ppt
Oxygène diss./sat.	In situ	Sonde YSI	0 à 20 mg/l ou -100,1 mg/l ou +/-1% de l'élevé. Selon la valeur la plus élevée	0,02 ou 0,1 mg/l (mise à l'échelle automatique)	

Effort d'échantillonnage : 2 mesures par station sur la colonne d'eau (surface et fond), 18 stations tous les 2 mois et mensuellement sur un nombre restreint de stations.

GROUPE N°2 : CHARGE PARTICULAIRE

Les prélèvements sont effectués à heure fixe, en sub-surface (entre 0 et 1 m), à l'aide d'une bouteille Niskin. Les mesures sont effectuées immédiatement sur le terrain, conformément aux préconisations d'Ifremer, à l'aide d'un turbidimètre de terrain qui fait l'objet d'opérations rigoureuses de métrologie (étalonnage avant chaque campagne et au cours la campagne si nécessaire). Le turbidimètre de terrain disponible en interne à CREOCEAN est conforme aux spécifications de la norme NF EN ISO 7027. Ces matériels permettent de répondre aux exigences analytiques mentionnées ci-dessous :

Paramètre	Lieu d'analyse	Méthode d'analyse	Gamme de mesure	Précision	Résolution
Turbidité	In situ	Turbidimètre de terrain	0 à 1000 NTU	+/- 2% de la mesure	0,01 NTU sur la gamme la plus basse

Effort d'échantillonnage : 1 mesure (sub-surface), 18 stations tous les 2 mois et mensuellement sur un nombre restreint de stations.

GROUPE N°3 : ENRICHISSEMENT MINERAL

Les prélèvements sont effectués à heure fixe, en sub-surface (entre 0 et 1 m), à l'aide d'une bouteille Niskin (5 L), à l'avant de l'embarcation, moteur arrêté. L'agent préleveur est muni de gants à usage unique non poudrés (nitrile) afin d'éviter toute contamination.

L'échantillonnage des paramètres physico-chimiques est réalisé avant celui de la chlorophylle a et du phytoplancton. Le prélèvement pour analyse de l'ammonium est réalisé en 1^{er}.

Les échantillons font l'objet d'une pré-filtration sur le terrain, conformément aux préconisations d'IFREMER (DVD Daniel, 2009).

Les échantillons sont stockés au frais et à l'abri de la lumière, et déposés au laboratoire dans un délai maximal de 8 heures.

Le laboratoire prend en charge les échantillons conformément aux procédures en vigueur pour analyse immédiate ou stockage avant analyse (notamment échantillons pour analyse de NO₃+NO₂ placés debout au congélateur (-25°C) ; filtration pour analyse des silicates sur membrane d'acétate de cellulose à 0,8µm dès l'arrivée au laboratoire). Il a été convenu avec le laboratoire que les analyses soient réalisées à l'issue de chaque campagne, soit dans un délai de 1 mois maximum après le prélèvement.

Les analyses sont effectuées au laboratoire de l'Institut Pasteur de Guadeloupe, dans la mesure où ce laboratoire est agréé par le MEDDE pour les paramètres NH₄, NO₂, NO₃, PO₄ et accrédité pour le paramètre Orthosilicates et répond aux exigences mentionnées ci-dessous :

Paramètre	Lieu analyse	Méthode analyse	Limite de quantification	Précision
Azote ammoniacal	Laboratoire IPG	Aminot & Kérouel (2004)	0,1 µM	0,01
Nitrate	Laboratoire IPG	Aminot & Kérouel (2004)	0,05 µM	0,01
Nitrite	Laboratoire IPG	Aminot & Kérouel (2004)	0,05 µM	0,01
Orthophosphate	Laboratoire IPG	Aminot & Kérouel (2004)	0,05 µM	0,01
Orthosilicate	Laboratoire IPG	Aminot & Kérouel (2004)	0,4 µM	0,01

Effort d'échantillonnage : 1 mesure (sub-surface), 18 stations tous les 2 mois et mensuellement sur un nombre restreint de stations.

6.3. Éléments de qualité hydromorphologique

Le travail de définition de l'indicateur hydromorphologique est piloté par le BRGM.

L'application du volet « hydromorphologie des eaux littorales » dans le cadre de la DCE dans les 3 DOM Guadeloupe, Guyane et Martinique a fait l'objet d'une action dans le cadre d'une convention ONEMA-BRGM. L'objectif était de procéder à la classification de l'état des masses d'eau littorales de Guadeloupe d'un point de vue hydromorphologique, par confrontation de leurs caractéristiques physiques et des pressions anthropiques étant recensées et pouvant être à l'origine de perturbations.

Une réunion de travail à laquelle a participé Pareto/Créocéan s'est tenue en décembre 2013 en Guadeloupe. Les objectifs étaient notamment de consulter les experts locaux du milieu marin en ce qui concerne :

- ▶ L'inventaire des différentes pressions et perturbations affectant les différentes masses d'eau littorales de Guadeloupe ;
- ▶ Le pré-classement réalisé.

Dans le cadre de la présente étude, le suivi des caractéristiques hydromorphologiques sur chaque site de surveillance et de référence a été réalisé en 2014 : nous avons déterminés *in situ* simultanément au suivi des paramètres biologiques :

- ▶ Les conditions morphologiques (variation de la profondeur, structure et substrat de la côte, structure de la zone intertidale),
- ▶ Le régime des marées (direction des courants dominants, exposition aux vagues).

Dans le cadre du présent marché, le suivi a consisté en une actualisation de ces paramètres si nécessaire par des observations *in situ* pendant les suivis biologiques en juin.

7. Bancarisation et analyse des données

7.1. Bancarisation des données

Les données concernant les résultats hydrologiques et le phytoplancton sont saisies dans la base de données QUADRIGE 2 de l'IFREMER.

Saisie des données

L'ensemble des données brutes est saisi dans des fichiers QUADRILABO intégrables dans Quadrige 2, suite à la fourniture par IFREMER d'une « stratégie/référentiel » compatible.

La conformité des fichiers « paramètres physico-chimiques » peut être vérifiée sur le site de Q2 (http://wwz.ifremer.fr/quadrige2_support/Mes-donnees) et les fichiers peuvent ensuite être intégrés à la base de données Quadrige 2 via ce même site.

Parallèlement, les fichiers QUADRILABO sont envoyés à la cellule Q2 d'IFREMER et à l'ODE. Des contacts avec la cellule QUADRIGE d'IFREMER ont lieu afin d'assurer la bonne intégration des données dans la BD Quadrige 2.

Concernant les flores phytoplanctoniques, la bancarisation dans le fichier QUADRILABO est assurée par Sylvain Coulon qui réalise les analyses au microscope. Il se peut qu'un certain nombre de taxons observés ne possèdent pas de code Sandre et ne soient pas communs avec la liste de Martinique. Dans ce cas, la liste des taxons non codifiés est communiquée à Ifremer Martinique qui la fait remonter à la cellule Q2 qui transmet la demande de codification au Sandre.

Les données concernant les pigments chlorophylliens sont saisies dans un 2nd temps du fait d'un décalage dans la remise des résultats par les laboratoires qui réalisent ces analyses.

La saisie des données du pico et nanoplancton sous Quadrige 2 est temporairement suspendue (à partir des données 2017) ; la coordination du REPHY a été sollicité afin d'initier un groupe de travail sur cette thématique afin 1/ d'obtenir des consignes pour la saisie des résultats et notamment de nouveaux groupes décrits et 2/ transmettre des consignes au laboratoire sous-traitant afin qu'ils transmettent des résultats directement interprétables et "bancarisables" dans Quadrige (mail de JP. Allenou du 28/11/18).

Validation et qualification des données

Les données intégrées via Quadrilabo sont validées automatiquement, il convient donc de bien les vérifier avant l'intégration. La qualification sera réalisée par les responsables du programme REPHY et la cellule administrative Q2, en concertation avec CREOCEAN.

Les données concernant les résultats biologiques (hors phytoplancton) seront intégrées à la base de données BD-Récif développée par IFREMER.

Les données issues du relevé du benthos récifal seront saisies directement dans BD-Récif, sous réserve qu'une « stratégie / référentiel » compatible soit disponible pour la Guadeloupe avant la fin de la campagne de terrain correspondante.

Des échanges réguliers auront lieu avec IFREMER afin d'assurer une bancarisation optimale des données dans BD-Récifs.

Concernant les données herbiers, celles-ci ne peuvent pour le moment pas faire l'objet d'une saisie sous BD-Récif, le développement opérationnel de l'outil pour cet indicateur étant en cours.

En l'absence de disponibilité de l'outil avant la fin de la campagne de terrain, les résultats correspondants à cette campagne seront transmis au format Excel, dans des fichiers structurés, à l'ODE et à IFREMER.

7.2. Analyse des données selon les prérogatives DCE : évaluation de l'état écologique partiel

L'analyse des données sera réalisée dans le cadre des rapports annuels. Elle comprendra notamment :

- ▶ Une présentation synthétique de l'ensemble des résultats de suivi par station et pour chaque indicateur ;
- ▶ Un test des indices et grilles actuellement disponibles sur la base des données acquises en Guadeloupe sur les 6 dernières années sur l'ensemble des stations ;
- ▶ Une évaluation provisoire de l'état écologique partiel des masses d'eau sur la base des données des 6 dernières années.

Les indicateurs, métriques et grilles de qualité provisoires auxquels vont être confrontées les données acquises dans le cadre du présent marché seront présentés dans le cadre des rapports de synthèse, en amont des résultats des campagnes de suivi et de l'évaluation de l'état écologique partiel provisoire. Ils peuvent en effet évoluer d'un suivi à l'autre en fonction des résultats de l'analyse critique qui sera menée à leur sujet et ainsi être adaptés d'une année sur l'autre.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

AMINOT A. & CHAUSSEPIED M. (1983) Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans, BNDO. 396 pp.

AMINOT A., KEROUEL R. (2007) Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines : méthodes en flux continu. Ed. Ifremer, Méthodes d'analyse en milieu marin, 188 p.

AMINOT A., KEROUEL R. (2004) Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ifremer, 336 p.

BOUCHON C., BOUCHON-NAVARO Y. & LOUIS M. (2001) Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe. Version provisoire. Rapport DIREN Guadeloupe. 23 pp.

DIREN, SCE, CREOCEAN (2005) Directive Cadre, état des Lieux, 186 pp.

GUILLAUMONT B., GAUTHIER E. (2005) Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE – Recommandations concernant le benthos marin. Novembre 2005. 152p.

IFREMER (2004) Délimitation des masses d'eaux naturelles dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Applications aux eaux marines des départements d'Outre-Mer, Guadeloupe, Martinique, Guyane, Réunion, 27p.

IMPACT MER (2006) Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique. Rapport définitif. Janvier 2006. 112p.

MEDDE (2015a) Arrêté du 7 août 2015 modifiant l'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 NOR : DEVL1513988A.

MEDDE (2015b) Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant 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 pris en application des articles R.212-10, R.212-11 et R.212-18 du code de l'environnement NOR : DEVL1513989A.

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.

MNHN, ONEMA (2015) Développement d'indicateurs benthiques DCE (benthos récifal et herbiers de phanérogames) dans les DOM – Typologie des herbiers de Martinique. En collaboration avec le CNRS, IRD, ODE et DEAL Martinique, 34 p.

MNHN, ONEMA (2014) Développement du bioindicateur DCE « benthos récifal » dans les DOM : Avancement des travaux du GT national. Présentation dans le cadre du Séminaire Bioindication – 21 mars 2014.

MNHN, ONEMA (2012) Compte-rendu Atelier indicateurs benthiques DCE (récifs coralliens et phanérogames) dans les DOM. Paris, 31 janvier - 2 février 2012

MTES (Ministère de la Transition Écologique et Solidaire) (2018a) Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant 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 pris en application des articles R.212-10, R.212-11 et R.212-18 du code de l'environnement NOR : TREL1819388A.

MTES (2018b). Guide relative aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) dans le cadre de la DCE. Février 2018, 275 p.

PARETO (2015) DCE Suivi du réseau de surveillance des masses d'eaux littorales du district de la Guadeloupe. Année 2014. Biologie, Physico-chimie, Hydromorphologie. Rapport final de synthèse, décembre 2015, 153 pages + annexes.

PARETO, IMPACT MER, ARVAM, ASCONIT, R.N. ST-MARTIN (2013) : Directive Cadre sur l'Eau : réalisation du contrôle de surveillance des masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Biologie, Physico-chimie, Hydromorphologie. Rapport de synthèse final (5ème année de suivi). Tranche conditionnelle n°4 (2012-2013), rapport final, octobre 2013, 132 pages + annexes.

PARETO, IMPACT MER, ARVAM, ASCONIT, R.N. ST-MARTIN (2009) Directive Cadre sur l'Eau : définition de l'état de référence et du réseau de surveillance pour les masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Rapport de synthèse des deux années de suivi (2007-2009), rapport final, Décembre 2009, 106 pages + annexes.

PARETO, IMPACT MER, ARVAM, ASCONIT, R.N. ST-MARTIN (2007) Directive Cadre sur l'Eau. Définition de l'état de référence et du réseau de surveillance pour les masses d'eau littorales de la Guadeloupe : Période 2007 - 2009. Phase 1 : Définition des sites de référence et de surveillance. Rapport final du 10/12/2007. Rapport pour : DDE Guadeloupe, 47 (+ Annexes) pp.

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. Ifremer, 58 p.



www.creoccean.fr

GROUPE KERAN