



# Séminaire Science et Gestion IFRECOR-DCE

Compte – rendu de l'atelier national « Herbières »  
IFRECOR-DCE

Schoelcher, Martinique 6, 7 & 10 avril 2017

Version finale



**Auteur :** Groupe de travail national IFRECOR-DCE « herbiers »

**Rédaction :** Fanny Kerninon

**Organisation de l'atelier :** Fanny Kerninon, Claire Bissery, Julie Gresser, Olivier Monnier, Aurélie Thomassin et Hélène Udo

**Participants :**

**Jean-Pierre Allenou**, IFREMER  
**Katia Ballorain**, AFB  
**Christelle Batailler**, Créocéan Guadeloupe  
**Claire Bissery**, CRIOBE  
**Stéphane Bocande**, Ifremer Brest (J3)  
**Claude Bouchon**, Université des Antilles  
**Yolande Bouchon**, Université des Antilles  
**Sophie Brugneaux**, AFB (J1)  
**Nicolas Cimiterra**, Ifremer Martinique  
**Julien Chalifour**, RN Saint-Martin  
**Marine Dedeken**, AFB  
**Catherine Desrosiers**, Impact-Mer  
**Guillaume Dirberg**, MNHN  
**Thibaut de Bettignies**, MNHN  
**Béatrice de Gaulejac**, Créocéan Martinique  
**Denis Etienne**, DEAL Martinique  
**Romain Ferry**, Université des Antilles, Groupe BIOSPHERES  
**Patrick Frouin**, Université de La Réunion  
**Julie Gresser**, ODE Martinique  
**Claire Hellio**, LEMAR-UBO  
**Antoine Huguet**, Ifremer Nantes (J3)  
**Sandrine Job**, CORTEX  
**Sophie Kanor**, ODE Guadeloupe (J3)  
**Fanny Kerninon**, LEMAR-UBO  
**Loïc Mangeot**, ODE Martinique  
**Jean-Philippe Maréchal**, OMMM  
**Simone Mège**, PNG

**Olivier Monnier**, AFB  
**Isabelle Nasso**, ODE Guadeloupe (J1 et 2)  
**Adeline Pouget-Cuvelier**, Impact-Mer  
**Olivier Raynaud**, Agence Territoriale de l'environnement Saint-Barthélemy  
**Sandrine Ruitton**, Université Aix Marseille  
**Aurélie Thomassin**, DEB/MTES  
**Ewan Trégarot**, OMMM  
**Hélène Udo**, AFB  
**Amandine Vaslet**, RN Saint-Martin et Saint-Barthélemy  
**Fabien Védie**, DEAL Martinique  
**Julien Wickel**, MAREX

Excusés:

**Alexis Beudin**, DEAL Guadeloupe  
**Renée Dumont**, RN Petite-Terre  
**Claude Payri**, IRD Nouvelle-Calédonie

**Citation:** GTN Herbiers IFRECOR-DCE., 2017. Compte – rendu de l'atelier national « Herbiers » IFRECOR-DCE. Séminaire Science-gestion, 6, 7 & 10 avril 2017, Schœlcher, Martinique. Rapport UBO, 26 pages + annexes.

## ***Résumé et relevé de décisions***

Le premier atelier national sur les herbiers organisé par l'IFRECOR, l'AFB et l'ODE Martinique s'est tenu les 6, 7 & 10 avril 2017 à Schœlcher en Martinique dans le cadre du séminaire « Science et Gestion IFRECOR et DCE ». Constitué de scientifiques, gestionnaires, décideurs et représentants de bureaux d'études, les membres du groupe de travail ont présenté leurs actions sur les herbiers et fait part de leurs retours d'expériences sur la mise en œuvre des protocoles dans le cadre des suivis stationnels en cours dans les outre-mer français. Des bilans régionaux recensant les enjeux, les besoins et les perspectives d'actions par territoire ont été établis. Les échanges techniques sur la mise en œuvre localement des protocoles et des actions de recherche appliquée par ailleurs ont permis de refaire un point sur le choix des paramètres et les méthodologies associées. Dans ce cadre, le protocole de surveillance DCE (RCS) aux Antilles a été adapté, en préconisant notamment la structuration de la station d'échantillonnage autour de 3 transects de 50 mètres. Les méthodes du LIT, du Belt, des quadrats et le prélèvement de sédiments sont utilisées pour la collecte de l'ensemble des paramètres ciblés :

- LIT 50m (x3) : recouvrement des phanérogames et composition spécifique (sans notion d'abondance relative), fragmentation, types de limites (érosive, progressive, stable)
- Belt de 1m (x3) : coraux, oursins (abondance), bioturbation, cyanobactéries (absence/présence/abondance), paramètres complémentaires (algues dérivantes, débris de phanérogames, macroalgues épiphytes)
- Quadrats de 50cmx50cm (x9) : recouvrement et taxons dominants pour les phanérogames et macroalgues, recouvrement en cyanobactéries et type de support (phanérogames, macroalgues ou abiotique), épibioses (nature et ordre de dominance), floraison, sénescence, maladies
- Prélèvement de sédiment, si possible au carottier, sur 5 cm de profondeur (x3) : caractérisation du substrat

Les échanges sur le développement des indicateurs ont fait ressortir l'intérêt d'aboutir à des outils intégrés, nécessitant le test et la calibration de paramètres relatifs à certains compartiments jusqu'alors peu étudiés.

**Mots clés** : Herbiers de phanérogames marines, macroalgues, poissons, IFRECOR, DCE, bioindication, suivis écologiques, évaluation état des herbiers, méthodologies, paramètres, protocoles, valorisation, RUP, PTOM

## **Table des matières**

<b>1. Contexte et objectif de l'atelier .....</b>	<b>1</b>
1.1. Contexte et objectifs généraux de l'IFRECOR sur les herbiers .....	1
1.2. Contexte et objectifs généraux de la DCE sur les herbiers.....	1
1.3. Objectifs communs IFRECOR-DCE sur la thématique des herbiers .....	2
1.4. Objectif de l'atelier national « Herbiers » .....	2
<b>2. Présentation des études récentes des herbiers du Sud-Ouest de l'Océan Indien : vers la mise en œuvre de suivis.....</b>	<b>2</b>
2.1. La Réunion .....	2
2.2. Mayotte et Glorieuses.....	3
<b>3. Présentation des suivis en cours et retours d'expérience de la mise en œuvre des protocoles en outre-mer .....</b>	<b>3</b>
3.1. Suivis stationnels des herbiers aux Antilles.....	3
3.2. Suivis stationnels des herbiers du Pacifique .....	8
3.3. Bilan des protocoles mis en œuvre à l'échelle des outre-mer.....	9
<b>4. Adaptation du protocole DCE pour le suivi des herbiers aux Antilles .....</b>	<b>11</b>
4.1. Typologie des herbiers .....	11
4.2. Choix des paramètres.....	11
4.3. Choix des méthodologies .....	13
<b>5. Développement des indicateurs .....</b>	<b>16</b>
5.1. Exemple de démarches pour le développement d'indicateurs menées par ailleurs.....	16
5.2. Programmation IFRECOR-DCE sur le développement d'indicateurs en outre-mer .....	19
5.3. Réflexion générale sur les liens entre la mise en place de suivis et le développement des indicateurs DCE .....	20
<b>6. Bilans régionaux.....</b>	<b>20</b>
<b>7. Conclusions et perspectives .....</b>	<b>24</b>
<b>8. Références .....</b>	<b>25</b>

## ***Liste des figures***

**Figure 1.** Evolution des protocoles DCE pour le suivi des herbiers en Martinique.

**Figure 2.** Localisation des stations de suivi du réseau réserve.

**Figure 3.** Localisation des stations « herbiers » dans le cadre d'études d'impacts : exemple de la Baie des Citrons, de la Baie de Kouéta et de la zone du Sheraton de Deva.

**Figure 4.** Localisation des stations de suivi des herbiers de Wallis.

**Figure 5.** Protocole pour le suivi des herbiers dans le cadre de la DCE (source : Le Moal et al. 2016).

**Figure 6.** Schéma illustrant le protocole pour les suivis DCE des herbiers aux Antilles, tel que préconisé lors de l'atelier.

**Figure 7.** Pondération des compartiments fonctionnels selon leur poids relatif.

**Figure 8.** Quels paramètres pour quels types d'herbiers ? (Traduit de Kilminster et al. 2015).

**Figure 9.** Paramètres proposés pour chaque objectif de gestion (source : Roca et al. 2016). (\*) paramètres non testés dans l'étude mais largement utilisés et acceptés, (\*\*) paramètres spécifiques au stress nécessitant des tests supplémentaires.

## ***Liste des tableaux***

**Tableau 1.** Evolution des protocoles DCE aux Antilles.

**Tableau 2.** Evolution des protocoles mis en œuvre au sein des aires marines protégées aux Antilles.

**Tableau 5.** Méthodologie mise en œuvre pour chaque paramètre selon leur niveau de pertinence pour la DCE et principales recommandations.

**Tableau 3.** Descriptif des protocoles utilisés pour le suivi des herbiers en outre-mer.

**Tableau 4.** Paramètres recommandés pour les suivis DCE et réponse théorique attendue à la pression. N1 : paramètres pertinents pour la DCE et qui semblent facilement intégrables dès à présent dans un indice ; N2 : paramètres qui semblent pertinents pour la DCE, qui seront probablement intégrés dans l'indice, après confirmation de leur pertinence suite à l'acquisition de données supplémentaires sur 5 ans ; A : Antilles ; OI : Océan Indien ; np : non pertinent ; \*dépend de la métrique choisie (source : Le Moal et al. 2016).

**Tableau 5.** Méthodologie mise en œuvre pour chaque paramètre selon leur niveau de pertinence pour la DCE et principales recommandations.

**Tableau 6.** Réponses biologiques attendues aux pressions anthropiques (Source : modifié d'après Martinez-Crego et al. 2008) (nombre de publications).

**Tableau 7.** Paramètres pré-identifiés dans le cadre de la phase expérimentale pour le développement des indicateurs.

**Tableau 8.** Bilan régional Antilles.

**Tableau 9.** Bilan régional Océan Indien.

**Tableau 10.** Bilan régional Pacifique.

## ***Liste des documents présentés en annexes***

**Annexe 1.** Liste des acronymes.

**Annexe 2.** Liste des documents envoyés en amont du séminaire.

**Annexe 3.** Liste des présentations.

**Annexe 4.** Remarques préliminaires sur la mise en œuvre du protocole herbiers en 2017 (issu de l'atelier science et gestion DCE-IFRECOR d'avril 2017).

**Annexe 5.** Tableau représentant les principaux paramètres relevés (liste non exhaustive) dans le cadre des suivis en outre-mer, ceux qui seront testés durant la thèse IFRECOR-DCE sur ces territoires et ceux préconisés à l'international sur le compartiment « Phanérogames » dans le cadre de démarches de développement de protocoles intégrés (\*) d'après Arthur et al. 2008 et Roca et al. 2016.

**Annexe 6.** Liste et trombinoscope des participants au séminaire Science et Gestion DCE-IFRECOR, Schœlcher, 4-10 avril 2017.

# 1. Contexte et objectif de l'atelier

---

## 1.1. Contexte et objectifs généraux de l'IFRECOR sur les herbiers

Présentation F. Kerninon	Présentation des objectifs, de l'historique et de la nouvelle feuille de route du Réseau Herbiers de l'IFRECOR
-----------------------------	--

Lancé en 2011 par l'IFRECOR, le thème d'intérêt transversal « Réseau Herbiers » a pour objectif de créer un réseau d'observation des herbiers afin d'évaluer leur état de santé à l'échelle de l'outre-mer français. Cela nécessite une harmonisation et une adaptation concertée des protocoles de suivis existants et le développement d'indicateurs répondants aux enjeux et aux problématiques posées dans le cadre des programmes en place aux différentes échelles (locale, régionale et nationale). Ce réseau en cours de mise en œuvre est coordonné et animé par le LEMAR au sein de l'IUEM. La forte diversité spécifique entre les territoires ainsi que les problématiques et spécificités environnementales et techniques locales, rendent complexe la mise en place d'outils méthodologiques adaptés à l'ensemble des territoires abritant des herbiers. Une analyse bibliographique sur les indicateurs ainsi qu'une synthèse sur les pressions et menaces pesant sur les herbiers pour chaque territoire a été réalisée afin de hiérarchiser les enjeux et justifier le choix de premiers indicateurs à développer. En 2015, à l'occasion de la réalisation du bilan de l'état de santé des récifs coralliens et des écosystèmes associés (IFRECOR, 2016), seules 36 stations « herbiers » étaient répertoriées à l'échelle des trois océans, révélant de nombreux vides spatiaux. Après une phase de démarrage incluant des bilans des connaissances et le test de protocoles, les enjeux de la phase IV pour le « Réseau Herbiers » sont de :

- ✓ Mobiliser une communauté d'acteurs sur la thématique des herbiers ;
- ✓ Proposer des outils adaptés et cohérents pour le suivi des herbiers afin d'évaluer leur état de santé à l'échelle de l'outre-mer ;
- ✓ Développer et pérenniser le réseau d'observation des herbiers ;
- ✓ Veiller à la bancarisation des données issues des suivis des herbiers ;
- ✓ Valoriser et communiquer sur les herbiers d'outre-mer.

Plus de détail des actions phase IV « Réseau Herbiers » sont disponibles en ligne : <http://ifrecor-doc.fr/items/show/1710>

## 1.2. Contexte et objectifs généraux de la DCE sur les herbiers

Présentation O. Monnier	Les réflexions du GT DCE concernant les herbiers
----------------------------	--

Dans les départements d'outre-mer, régions ultra-périphériques de l'Union Européenne, s'applique la Directive cadre sur l'eau. Elle implique des attentes réglementaires et s'intéresse aux herbiers en tant qu'élément de qualité pour évaluer l'état écologique des masses d'eau. L'objectif étant l'atteinte du bon état écologique des eaux ou leur maintien le cas échéant. Ceci nécessite le développement d'indicateurs biocénétiques reflétant l'état du milieu, mais étant également capables de rendre compte de manière particulière de l'impact des différentes pressions anthropiques.

Dans le cadre de sa mise en œuvre dans les DOM concernés (Martinique, Guadeloupe, La Réunion et Mayotte), le MNHN a été sollicité par l'Onema de 2011 à 2015 pour apporter un appui scientifique aux

acteurs de la mise en œuvre de la DCE, en vue de développer une méthode de bioindication adaptée aux phanérogames marines (Le Moal et al. 2016). Deux ateliers nationaux sur les herbiers ont été organisés pour avancer sur la pertinence de leur utilisation pour les enjeux DCE, l'identification des paramètres les plus à même de rendre compte de l'état écologique des eaux, la définition des protocoles qui pourraient être associés à leur mesure et l'identification des démarches à mettre en œuvre pour définir des grilles de qualité. Le statut des herbiers comme élément de qualité biologique pertinent pour répondre aux enjeux de la DCE a été actée.

### 1.3. Objectifs communs IFRECOR-DCE sur la thématique des herbiers

Afin d'avoir une meilleure cohérence des actions entre l'IFRECOR et la DCE, le Ministère de l'Ecologie et l'Onema, devenue AFB, ont décidé de mutualiser les actions et les financements dédiés à ces programmes sur le volet herbiers. Cette mutualisation permettra de :

- Pérenniser la mobilisation d'un groupe d'acteurs commun sur la thématique des herbiers
- Développer des protocoles et indicateurs adaptés aux différents enjeux
- Intégrer des protocoles dans une boîte à outils
- Mettre en œuvre une phase de transfert des outils méthodologiques développés
- Analyser de manière opérationnelle les mutualisations possibles entre les suivis.

### 1.4. Objectif de l'atelier national « Herbiers »

Les objectifs de cet atelier étaient multiples :

- Faire le point sur l'avancement des actions de la DCE et de l'IFRECOR à l'échelle nationale et présenter la feuille de route commune IFRECOR/DCE
- Etablir des bilans régionaux concernant les actions locales et les suivis ainsi qu'en termes d'enjeux et de besoins
- Faire le point sur les retours d'expérience de mise en œuvre des protocoles de suivi, notamment aux Antilles suite aux évolutions récentes
- Définir des paramètres à relever et leurs utilisations pour le calcul des indicateurs
- Avancer dans le développement des indicateurs

## 2. Présentation des études récentes des herbiers du Sud-Ouest de l'Océan Indien : vers la mise en œuvre de suivis

---

### 2.1. La Réunion

Présentation <u>P. Frouin</u>	Etat des connaissances sur les herbiers de La Réunion - bilan de la thèse de doctorat d'A. Cuvillier
----------------------------------	--

La thèse d'Alexis Cuvillier avait pour objectif d'améliorer les connaissances des herbiers monospécifiques à *Syringodium isoetifolium* de La Réunion en étudiant leur dynamique spatio-

temporelle, les effets potentiels entre l'eutrophisation et leur fonctionnement ainsi que les liens trophiques avec les communautés associées (Cuvillier 2017). Son travail révèle une forte dynamique spatiale des herbiers au cours des dernières décennies, pouvant s'expliquer par différents forçages au cours de la période étudiée, tels que l'épandage de désherbants ou la modification des apports nutritifs. Le rôle tampon des herbiers est également démontré face à des enrichissements du milieu en nitrates et en phosphates.

## 2.2. Mayotte et Glorieuses

Présentation <u>K. Ballorain</u>	Etude et suivi des herbiers de Mayotte et des Glorieuses - état d'avancement
-------------------------------------	--

Les territoires français du Sud-Ouest de l'Océan Indien ont récemment bénéficié d'actions d'acquisition de connaissances en faveur des herbiers de phanérogames marines. A Mayotte, de nombreuses études avaient déjà permis d'étudier la distribution et le fonctionnement des herbiers, notamment dans le contexte de la forte pression d'herbivorie exercée par les tortues vertes (Loricourt 2005, Ballorain 2010, Dedeken & Ballorain 2015). Les projets de cartographie (REFCAR) et d'acquisition des connaissances des herbiers subtidaux renforceront les connaissances disponibles. Les projets d'expérimentation (thèse IFRECOR-DCE, projet SeaMay) permettront quant à eux d'avancer sur le développement des protocoles et des indicateurs pour les suivis DCE et ceux du Parc naturel marin de Mayotte à venir. Aux Glorieuses, l'inventaire des espèces de phanérogames marines, leurs distributions ainsi que la localisation d'habitats d'intérêt pour les tortues marines ont été réalisés (Ballorain & Dedeken 2016, Ballorain *in prep*) et sera poursuivie dans le cadre du projet COPRA qui permettra également l'initiation d'un réseau de suivi des herbiers à l'échelle régionale.

## 3. Présentation des suivis en cours et retours d'expérience de la mise en œuvre des protocoles en outre-mer

---

### 3.1. Suivis stationnels des herbiers aux Antilles

#### 3.1.1. Suivis DCE

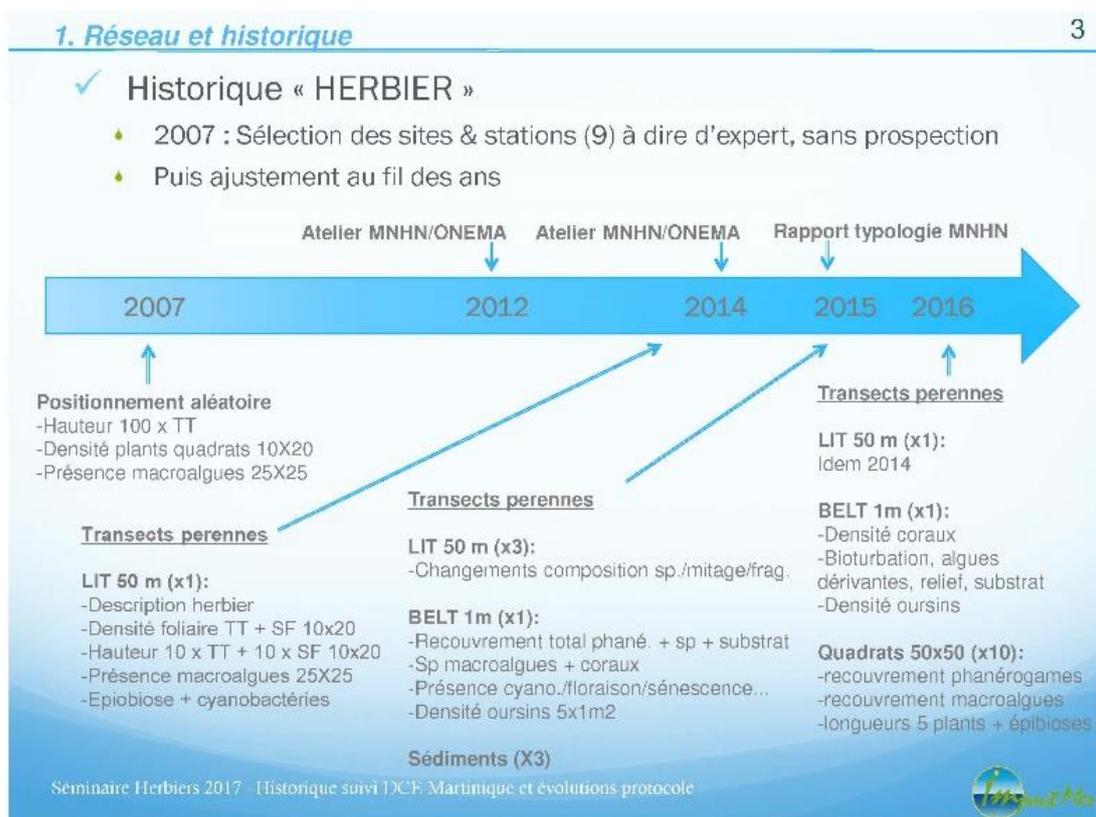
Présentation <u>C. Batailler</u>	Présentation de l'historique des suivis DCE en Guadeloupe et mise en avant des évolutions des protocoles et des problèmes rencontrés sur les protocoles et les paramètres à relever
-------------------------------------	---

Après la délimitation des masses d'eau (2005) et la validation d'un premier protocole (2007) s'appuyant sur celui du réseau des réserves, les suivis DCE ont débuté en Guadeloupe en 2008. 13 stations sont suivies entre la Guadeloupe et Saint-Martin. En 2016, l'OE de Guadeloupe a souhaité tester le protocole préconisé lors de l'atelier de travail de 2014 sur les stations herbiers de Guadeloupe (Créocan, 2016). Celui-ci a ainsi été mis en œuvre par 2 à 3 plongeurs sur chaque station le long de 3 radiales géo-référencées. Les adaptations proposées en 2014 pour limiter le temps d'échantillonnage s'avèrent finalement peu adéquates. De nombreuses difficultés sont rencontrées, rendant la mise en œuvre du protocole DCE très fastidieuse et chronophage. La prise en compte des macroalgues et

l'évaluation des classes de recouvrement en phanérogames marines (alternance dominance entre *Thalassia* et *Syringodium*) le long du LIT sont longues et complexes à relever. Par ailleurs, la définition de groupes fonctionnels pour les macroalgues n'est pas évidente. Le temps restant pour réaliser le parcours d'inventaire est donc réduit. Dans ce cadre, le développement d'un indicateur semble prématuré en Guadeloupe.

Présentation <u>C. Desrosiers</u> & A. Pouget- Cuvelier	Présentation de l'historique des suivis DCE en Martinique et mise en avant des évolutions des protocoles et des problèmes rencontrés sur les protocoles et les paramètres à relever
--	---

Depuis 2007, 9 stations « herbiers », réparties dans les 8 masses d'eaux sont suivies annuellement. En juin 2015, le protocole proposé par le GT DCE en 2014 a été testé pour la première fois en Martinique. De nombreuses difficultés sont rencontrées ne permettant pas la mise en œuvre du protocole dans sa totalité. L'échantillonnage de l'ensemble des paramètres sur 3 transects pérennes s'avère chronophage. La prise en compte de chaque macroalgue sur le transect est impossible et enfin des problèmes d'interprétation sont soulevés (épibioses et cyanobactéries). Une étude bibliographique a donc été réalisée afin d'identifier des méthodologies alternatives permettant de recueillir la majorité des paramètres préconisés dans un temps abordable sur le terrain. Un nouveau protocole (un seul transect pour le LIT et le Belt, complété par des quadrats) a été validé en comité de pilotage, puis testé en 2016 (Impact Mer 2016, **Figure 1**). Si le temps de mise en œuvre est acceptable, d'autres difficultés sont apparues, tel que l'évaluation du pourcentage de recouvrement relatif de chaque espèce, l'attribution d'une valeur globale de certains paramètres sur le Belt. Enfin, la question de la bancarisation des données qui pourrait s'avérer plus longue que prévue est soulevée.



**Figure 1.** Evolution des protocoles DCE pour le suivi des herbiers en Martinique.

Les protocoles DCE ont évolué à de nombreuses reprises au cours des dernières années (**Tableau 1**).

**Tableau 1.** Evolution des protocoles DCE aux Antilles.

DOM	Guadeloupe, Saint Martin		Martinique			
	2008-2014	Depuis 2016	2007-2014	2014	2015	2016
Positionnement	Quadrats aléatoires	Transects pérennes	Quadrats aléatoires	Transects pérennes	Transects pérennes	Transects pérennes
Paramètres et méthodologies	<b>30 quadrats 10x20 cm</b> Densité phan. Hauteur canopée phan. <b>Détermination visuelle</b> Etat de santé herbiers (5 classes)	<b>3 LIT 50 m</b> Compo spécifique phan. Fragmentation mitage herbier Taxon et recouvrement macr. Déchaussement rhiz. Epibiose Recouvrement cyano. <b>3 Belt 50x1 m</b> Recouvrement phan. Bioturbation Densité oursins Présence coraux Sénescences, maladie Etat de santé herbiers (5 classes)	<b>30 quadrats 10x20 cm</b> Densité phan. Hauteur canopée phan. <b>10 quadrats 25x25 cm</b> Taxons macr. Couverture macr. <b>Détermination visuelle</b> Etat de santé herbiers	<b>1 LIT 50 m</b> Description herbier <b>Quadrats 10x20 cm</b> Densité phan. Hauteur canopée <b>10 quadrats 25x25 cm</b> Taxon et recou macr. Epibiose cyanobactéries	<b>3 LIT 50 m</b> Compo spécifique phan. Fragmentation, mitage herbier Taxon et recouvrement macr. Déchaussement rhiz. <b>1 Belt 50x1 m</b> Recouvrement phan. Sénescences Recouvrement cyano. Floraison Coraux Taxon macroalgues Bioturbation <b>5 quadrats 1 m<sup>2</sup></b> Densité oursins	<b>1 LIT 50 m</b> Compo spécifique phan. Fragmentation, mitage herbier Taxon et recouvrement macr. Déchaussement rhiz. <b>1 Belt 50x1 m</b> Densité coraux Densité oursins Bioturbation Algues dérivantes Relief Substrat <b>10 quadrats 50x50 cm</b> Recouvrement phan. Recouvrement macroalgues Longueurs 5 plants Epibioses Recouvrement cyano.

## Discussion

### Paramètres

Une réflexion plus approfondie sur les macroalgues semble nécessaire. Une première liste de macroalgues dans les herbiers a été établie en 2015 (Le Moal & Payri 2015). Le rôle écologique des macroalgues calcifiées n'est pas le même que celui des algues molles et filamenteuses, plus importantes à suivre dans une optique d'évaluation écologique. La charge en épiphyte est un paramètre très variable selon les saisons, la question de la pertinence de ce paramètre reste donc toujours posée.

### Méthodologie

Face aux difficultés rencontrées sur le terrain, les bureaux d'études en charge de la mise en œuvre des suivis ont dû s'adapter et tenter d'optimiser les protocoles pour respecter leurs cahiers des charges. Le relevé du recouvrement en macroalgues le long du LIT pose notamment problème. La méthode est intéressante pour les paramètres paysagers se mesurant aisément de manière linéaire tel que la fragmentation de l'herbier mais n'est pas adapté au comptage des individus ou à l'établissement de faciès. Enfin, la question du volume de sédiment à prélever pour les analyses est posée.

### Temps de mise en œuvre du protocole

Le temps nécessaire à la réalisation du protocole DCE préconisé en 2014 a été sous-estimé. La réalisation de suivis expérimentaux dans le cadre de la surveillance de routine n'est pas adéquate. Les actions réalisées dans le cadre de la thèse permettront d'apporter des éléments sur la pertinence des paramètres à retenir dans le contexte de la bioindication et sur leur mode de collecte.

### Positionnement des stations au sein des masses d'eau

La question de la définition et du positionnement des stations pour chaque masse d'eau est soulevée.

### 3.1.2. Suivis menés au sein des aires marines protégées

Présentation C. Batailler, J. Chalifour, O. Raynaud	Présentation de l'évolution du protocole herbiers dans le cadre du suivi de l'état de santé des réserves marines de Guadeloupe, de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy
--	--

En 2007 un réseau de suivi de l'état de santé des peuplements benthiques des réserves marines de Guadeloupe et des îles du Nord est initié par la DEAL (ex-DIREN) Guadeloupe (**Figure 2**). Il inclut les Réserves Naturelles de Petite-Terre, du Grand-cul-de-sac Marin, de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy. Après l'étape du diagnostic initial, les équipes de gestionnaires formées ont pu pérenniser le suivi grâce au compagnonnage entre les gestionnaires des aires marines concernées avec l'appui de Pareto/Créocéan (Créocéan, 2017). Jusqu'en 2013, le protocole est quasi-identique au protocole DCE (comptage de la macrofaune, dont lambis en plus), il est ensuite adapté afin d'avoir une meilleure prise en compte de l'hétérogénéité et des fonctionnalités de l'herbier. La prise en main du nouveau protocole est rapide et aisée malgré un temps de mise en œuvre plus long. Des ajustements ont été réalisés afin de gagner du temps de manipulation : longueur de feuilles maintenues au sein de 3 quadrats, élargissement du Belt de 50cm à 1m pour le recensement de la macrofaune associée à l'herbier. D'autres ajustements seraient à envisager notamment sur les indices des paramètres globaux.

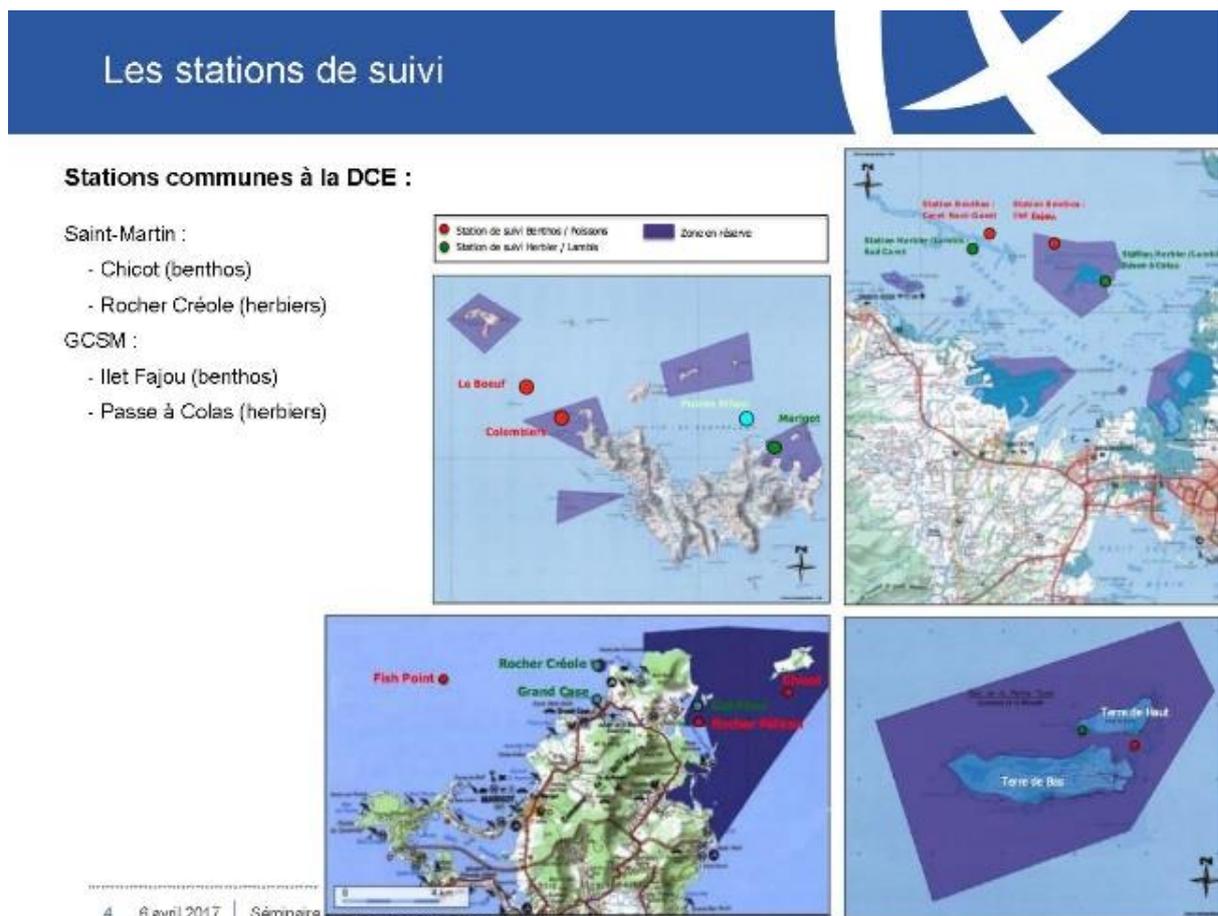


Figure 2. Localisation des stations de suivi du réseau réserve.

Présentation S. Mège	Suivi des herbiers de Phanérogames Marines dans le Grand Cul-de-Sac Marin par le Parc National de la Guadeloupe
-------------------------	---

Depuis 2005, trois stations (dont deux en cœur de Parc) sont suivies annuellement par le Parc. En 2014, les préconisations d'adaptation des protocoles dans le cadre du réseau des réserves marines ont été suivies. Les transects sont matérialisés par des bornes de géomètre. A noter que le comptage des oursins est très chronophage, notamment sur les deux stations situées en cœur de Parc au sein desquelles ils sont abondants.

### Discussion

La question sur l'adaptation de l'indice développé par Bouchon et son équipe en 2003 est posée. Etait-ce pertinent de passer l'indice de 4 à 5 classes pour s'harmoniser au format DCE si certaines classes n'ont pas de sens écologique ?

D'une manière générale, les protocoles de suivi mis en place au sein des aires marines protégées tendent à s'harmoniser (**Tableau 2**).

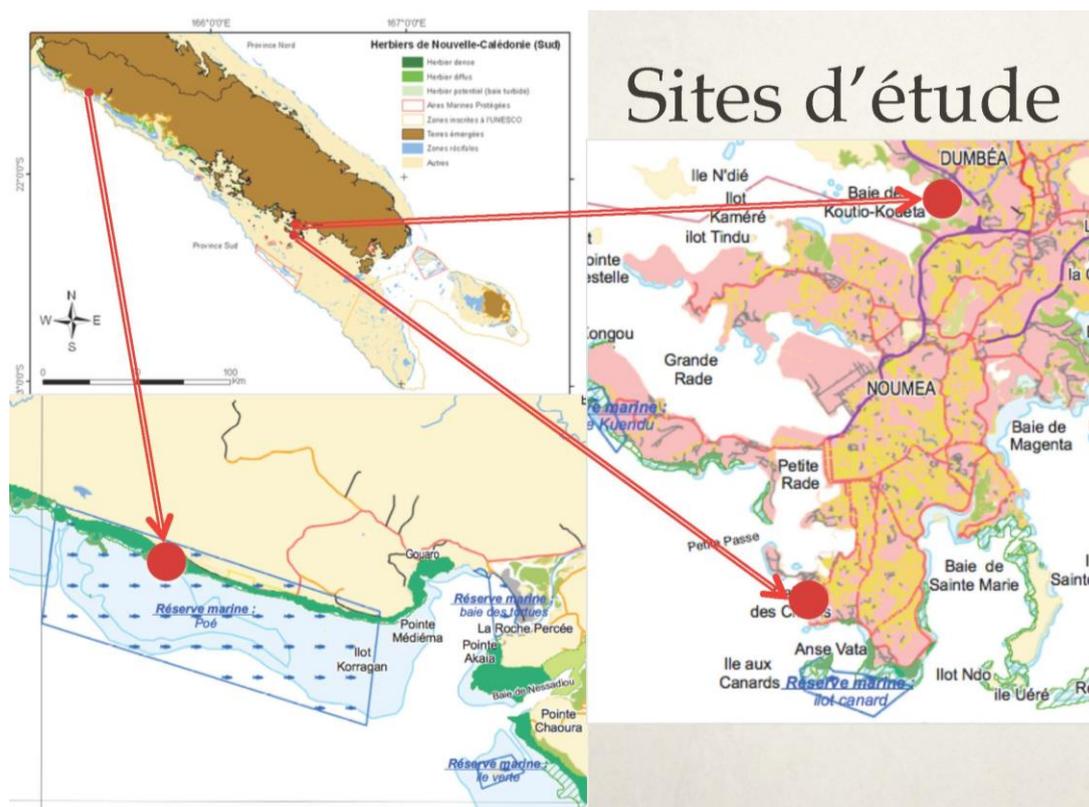
**Tableau 2.** Evolution des protocoles mis en œuvre au sein des aires marines protégées aux Antilles.

Types de suivis	Parc national de la Guadeloupe		Réseau des réserves de Guadeloupe, Saint-Martin et Saint-Barthélemy	
	2005-2012	Depuis 2014	2007-2013	Depuis 2013
Positionnement	Quadrats aléatoires	Transects fixes	Quadrats aléatoires	Transects fixes
Paramètres et méthodologies	<b>20 quadrats 10x20 cm</b> Densité phan. Hauteur canopée phan. <b>1 Belt 150x2 m</b> Mégafaune dont lambis, étoiles de mer et oursins blancs)	<b>30 quadrats 10x20 cm</b> Densité phan. Hauteur canopée phan. <b>Détermination visuelle</b> Etat de santé herbiers (5 classes) <b>3 Belt 50x2m</b> Epibiose Relief Bioturbation Macrophytes non fixées Cyanobactéries Mégafaune dont lambis, étoiles de mer et oursins blancs <b>3 LIT 50 m</b> Fragmentation herbier Mitage herbier Dynamique herbier	<b>30 quadrats 10x20 cm</b> Densité phan. Hauteur canopée phan. <b>Détermination visuelle</b> Etat de santé herbiers (5 classes) prés/abs macr. <b>Transect en U</b> Densité, taille et prévalence mortalité lambis	<b>30 quadrats 10x20 cm</b> Densité phan. Hauteur canopée phan. <b>Détermination visuelle</b> Etat de santé herbiers (5 classes) <b>3 Belt 50x2m</b> Epibiose Relief Bioturbation Macrophytes non fixées Cyanobactéries Mégafaune dont lambis <b>3 LIT 50 m</b> Fragmentation herbier Mitage herbier Dynamique herbier

## 3.2. Suivis stationnels des herbiers du Pacifique

Présentation S. Job Présentation de quelques études et suivis des herbiers de Nouvelle-Calédonie

Avec une surface estimée à près de 1 000 km<sup>2</sup>, 11 espèces de phanérogames marines présentes, les herbiers de Nouvelle-Calédonie sont les plus vastes et les plus diversifiés de l'outre-mer français. Mis à part un suivi industriel en province Nord dans le cadre d'une exploitation minière, il n'existe aucun suivi pérenne des herbiers sur le territoire. En province Sud (**Figure 3**) ainsi qu'à Ouvéa, des études d'impact environnemental ont permis d'initier des suivis sur plusieurs années (CAPSE Nord et al. 2015, CORTEX & Sea Coast 2016, Sea Coast 2017). Afin de faire la part entre les variations naturelles et les impacts des différents projets, le suivi d'herbiers témoins est nécessaire. Pour certains sites, il est apparu difficile de trouver des zones témoins non impactées. Les résultats sur les différentes études ont révélé une grande variabilité temporelle dans la composition spécifique et le taux de recouvrement des herbiers. Les protocoles d'échantillonnage mis en œuvre, incluant les méthodes du LIT, du Belt et des quadrats (**Tableau 3**), semblent adaptés pour évaluer l'évolution des herbiers étudiés. Néanmoins, des mesures complémentaires sur la qualité des eaux et des sédiments seraient une valeur ajoutée pour évaluer les sources de pressions et comprendre certaines évolutions mesurées.



**Figure 3.** Localisation des stations « herbiers » dans le cadre d'études d'impact : exemple de la Baie des Citrons, de la Baie de Kouéa et de la zone du Sheraton de Deva.

Présentation S. Job Présentation de la mise en œuvre du suivi des herbiers de Wallis : retour d'expérience sur le protocole

En 2014 trois stations de suivi des herbiers ont été initiées à Wallis sur des secteurs soumis à des pressions différentes (**Figure 4**). La première campagne de suivi cofinancée par le SENV de Wallis et Futuna et le LEMAR dans le cadre des actions du Réseau Herbiers, a été assurée par Sandrine Job. Une formation aux agents du service de l'environnement a été réalisée afin de garantir le maintien du suivi sur le long terme. Reconduit en 2015, les deux premières campagnes ont essentiellement permis de faire un bilan de connaissance des herbiers de Wallis, d'affiner la collecte des données et les méthodes employées (Job et al. 2015, Bosserelle & Kerninon 2015). La pérennisation du suivi devrait apporter des connaissances sur la dynamique naturelle de ces herbiers et de caractériser plus finement l'impact des pressions humaines qui s'y exercent.



**Figure 4.** Localisation des stations de suivi des herbiers de Wallis.

### 3.3. Bilan des protocoles mis en œuvre à l'échelle des outre-mer

Présentation F. Kerninon Synthèse des protocoles utilisés dans le cadre des suivis des herbiers en outre-mer

Les herbiers des outre-mer français sont principalement suivis dans le cadre de la surveillance générale de l'écosystème (suivis au sein des AMP), de la surveillance de l'état écologique des masses d'eau (DCE dans les RUP) ou encore dans le cadre d'études d'impact (principalement en Nouvelle-Calédonie).

Les protocoles de suivi stationnels mis en œuvre diffèrent selon les régions, davantage en fonction du contexte historique et des spécificités locales que des objectifs propres à ces différents types de suivis. En effet, aux Antilles, les protocoles mis en place dans le cadre des suivis du Parc National de la Guadeloupe, de la DCE puis du réseau des AMP, ont été mis au point dans un souci de compatibilité sur la base du protocole d'évaluation rapide des herbiers de l'Université des Antilles proposé par Bouchon et al. (2003). Par la suite, des réflexions ont été menées sur la cohérence des protocoles pour répondre aux objectifs fixés dans le cadre du suivi des aires marines protégées (Hily & Kerninon, 2013) ou dans le cadre de la DCE (Le Moal et al. 2016, adaptation des protocoles en Martinique et en Guadeloupe, Partie 4.3).

Ces évolutions récentes, montrent une tendance à l'adaptation des protocoles aux objectifs ciblés tout en gardant des méthodologies et paramètres similaires, nécessaire dans un contexte d'harmonisation nationale (**Tableau 3**).

**Tableau 3.** Descriptif des protocoles utilisés pour le suivi des herbiers en outre-mer.

Suivis stationnels	Parc national de la Guadeloupe	Réseau des réserves	DCE Guadeloupe	DCE Martinique	Suivi des herbiers de Wallis	Suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie
Date	Depuis 2014	Depuis 2013	2016	2016	2014 et 2015	2013-2016
Espèces suivies	<i>T. testudinum</i> et <i>S. filiforme</i>				<i>S. isoetifolium</i> , <i>H. uninervis</i> , <i>H. ovalis</i>	<i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halodule uninervis</i> , <i>Syringodium isoetifolium</i>
Méthode et paramètres associés	<b>30 quadrats 10x20 cm</b> Densité phan. Hauteur canopée phan. <b>Détermination visuelle</b> Etat de santé herbiers <b>3 Belt 50x2m</b> Epibiose Relief Bioturbation Macrophytes non fixées Cyanobactéries Mégafaune dont lambis, étoiles de mer et oursins blancs <b>3 LIT 50 m</b> Fragmentation herbier Mitage herbier Dynamique herbier	<b>30 quadrats 10x20 cm</b> Densité phan. Hauteur canopée phan. <b>Détermination visuelle</b> Etat de santé herbiers <b>3 Belt 50x2m</b> Epibiose Relief Bioturbation Macrophytes non fixées Recouvrement cyano. Mégafaune dont lambis <b>3 LIT 50 m</b> Fragmentation herbier Mitage herbier Dynamique herbier	<b>3 LIT 50 m</b> Compo spécifique phan. Fragmentation mitage herbier Taxon et recouvrement macr. Déchaussement rhiz. Epibiose Recouvrement cyano. <b>3 Belt 50x1 m</b> Recouvrement phan. Bioturbation Algues dérivantes Densité oursins Présence coraux Sénescences, maladie Etat de santé herbiers	<b>1 LIT 50 m</b> Compo spécifique phan. Fragmentation, mitage herbier Taxon et recouvrement macr. Déchaussement rhiz. <b>1 Belt 50x1 m</b> Densité coraux Densité oursins Bioturbation Algues dérivantes Relief Substrat <b>10 quadrats 50x50 cm</b> Recouvrement phan. Recouvrement macroalgues Longueurs 5 plants Epibioses Recouvrement cyano.	<b>30 quadrats 50x50 cm</b> Compo spécifique phan. Hauteur canopée phan. Recouvrement phan. Recouvrement épibioses Recouvrement cyano. Abondance invertébrés benthiques Description substrat <b>3 Belt 50x1 m</b> Macrophytes non fixées Faune macro-benthique épigée <b>3 LIT 50 m</b> Compo spé phan. Estimation visuelle densité herbier Fragmentation, mitage herbier Recouvrement macr. Dynamique herbier Compo spé phan. Taxons macr. Recouvrement cyano. Bioturbation Couverture et structure substrat	<b>5 quadrats 50x50 cm</b> Compo spécifique phan. Recouvrement phan. Hauteur canopée phan. Recouvrement épiphytes Recouvrement macr. Description substrat Inventaire des invertébrés sessiles et épifaune <b>1 LIT 20 à 50 m</b> Diversité spécifique Estimation visuelle densité herbier Fragmentation, mitage herbier Recouvrement macr. Dynamique herbier Compo spé phan. Taxons macr. Recouvrement cyano. Bioturbation Couverture et structure substrat

## 4. Adaptation du protocole DCE pour le suivi des herbiers aux Antilles

---

### 4.1. Typologie des herbiers

Présentation O. Monnier Les réflexions du GT DCE concernant les herbiers

Afin de s'affranchir au maximum de la variabilité naturelle, la définition d'une typologie des herbiers est un prérequis nécessaire. L'étude de typologie des herbiers réalisée en 2013 en Martinique a notamment permis de faire ressortir trois types d'herbiers, reflète des conditions environnementales et principalement différenciés par la composition spécifique des phanérogames mais également par la densité de certains taxons de macrofaune et de macroalgues : (1) les herbiers monospécifiques à *Thalassia testudinum*, (2) les herbiers mixtes à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* et (3) les herbiers à *Halophila stipulacea* (Le Moal et al. 2015). Les recommandations du GT DCE sont de réaliser les suivis sur les deux premiers types d'herbiers dans le cadre des suivis DCE aux Antilles, avec une préférence pour le premier type. A Mayotte les suivis se feront probablement sur les herbiers intertidaux plurispécifiques. En fonction des réponses théoriques aux pressions, une liste de paramètres pour les suivis DCE a été préconisée (**Tableau 4**). La collecte des données sera réalisée en plongée aux Antilles et en PMT pour Mayotte autour de trois transects minimum, complétés par un parcours d'inventaire (**Figure 5**).

**Discussion : Qu'entend-on par « typologie » ? Faut – il inclure *Syringodium filiforme* dans les choix d'herbiers à retenir pour la DCE aux Antilles ?**

La question de la pertinence de la composition spécifique comme clé d'entrée pour une typologie DCE a été soulevée. Cela ne permet pas de prendre en compte les autres critères, pourtant structurants, comme la géomorphologie. Malgré l'importance de la distribution des herbiers monospécifiques à *Syringodium filiforme* aux Antilles, l'intérêt de travailler sur *Thalassia testudinum* intégrant davantage les pressions, a été réaffirmée.

### 4.2. Choix des paramètres

L'appui scientifique du MNHN dans le cadre du développement d'une méthode de bioindication adaptée aux phanérogames marines dans les DOM a permis de recommander une série de paramètres à mesurer tous les ans (excepté pour la superficie tous les 6 ans) lors des suivis DCE en fonction de leurs réponses théoriques aux pressions et de leur facilité de mise en œuvre (**Tableau 4**). Il a notamment été décidé d'abandonner le suivi des paramètres « densité » et « hauteur de la canopée » précédemment relevés, dont la mesure est chronophage et le lien avec des changements de qualité de l'eau peu évident (Le Moal et al. 2016).

**Tableau 4.** Paramètres recommandés pour les suivis DCE et réponse théorique attendue à la pression. N1 : paramètres pertinents pour la DCE et qui semblent facilement intégrables dès à présent dans un indice ; N2 : paramètres qui semblent pertinents pour la DCE, qui seront probablement intégrés dans l'indice, après confirmation de leur pertinence suite à l'acquisition de données supplémentaires sur 5 ans ; A : Antilles ; OI : Océan Indien ; np : non pertinent ; \*dépend de la métrique choisie (source : Le Moal et al. 2016).

Paramètres pour l'indicateur	Apport en nutriments	Augmentation de la turbidité	Augmentation de la sédimentation	Destruction Physique <sup>5</sup>
Recouvrement cyanobactéries, N1	↗	np	np	np
Recouvrement macroalgues, N1	↗	↘	↘	↘
Taxons macroalgues, N2	↗↘	↗↘	↗↘	np
Recouvrement phanérogames, N2	↗↘	np	↘	↘
Fragmentation herbier, N2	?	?	↗	↗
Composition spécifique phanérogames, N2	↗↘	↗↘	↗↘	↗↘
Teneur en CNP des tissus des phanérogames, N2	↗*	np	np	np
Morphes de certaines phanérogames, N2 <sup>M</sup>	?	?	?	np
Epibiose, N2 <sup>M</sup> C <sup>A</sup>	↗	↗	↗	np

Paramètres complémentaires	
<b>Liés à la qualité de l'eau</b>	Floraison, sénescences précoces, déchaussement des rhizomes, coraux, superficie de l'herbier, analyse des sédiments
<b>Explicatifs</b>	Oursins, mégafaune, bioturbation

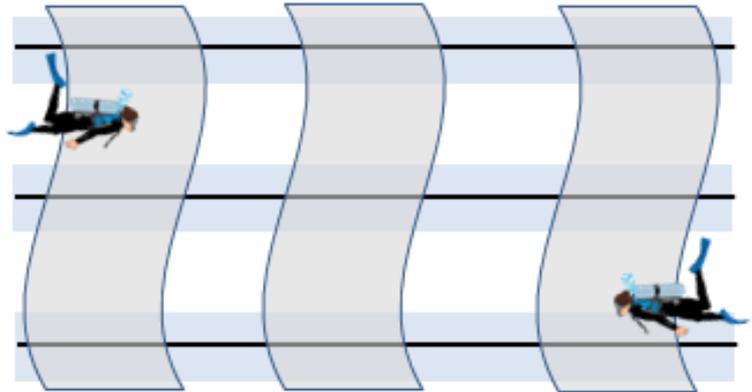
Parmi les dix-huit paramètres préconisés (**Tableau 4**), 14 ont pu être testés aux Antilles dans le cadre des suivis DCE réalisés en 2015 (Martinique) et 2016 (Martinique et Guadeloupe) (**Tableau 1**, **Tableau 3**). Les paramètres restants sont spécifiques à Mayotte ou n'ont pas encore été testés du fait de la nécessité d'informations complémentaires et de données ciblées au préalable.

Hormis quelques interrogations sur certains paramètres (épibioses), la pertinence du classement des paramètres proposés pour la DCE lors de l'atelier DCE de 2014 n'a pas été rediscutée lors de ce présent atelier, ceci par manque de temps et manque d'informations complémentaires sur les paramètres concernés.

Un bilan des paramètres préconisés à l'international selon les types de suivis est présenté en **Figure 9** et une synthèse globale incluant la démarche actuelle en outre-mer et les paramètres prochainement testés dans le cadre de la thèse est présentée en **Annexe 5**.

### 4.3. Choix des méthodologies

Lors de l'atelier herbiers de 2014, plusieurs contraintes avaient été prises en compte dans l'adaptation du protocole DCE : le choix d'une échelle spatiale adaptée à l'hétérogénéité naturelle des herbiers, la prise en compte des spécificités opérationnelles locales (en particulier aux Antilles) et les besoins d'harmonisation au niveau régional (notamment à Mayotte). Ainsi, il avait été proposé de réaliser les suivis le long d'un minimum de 3 transects, complétés par un parcours d'inventaire (Figure 5). Des précisions avaient été apportées pour chacune des régions (Le Moal et al. 2016) :



**Figure 5.** Protocole pour le suivi des herbiers dans le cadre de la DCE (source : Le Moal et al. 2016).

- **Antilles** : transects de 50m. L'orientation des transects n'est pas spécifiée, le but étant de rester dans une strate homogène. Rendre les transects pérennes, fixes.
- **Mayotte** : longueur des transects variable selon la largeur de l'herbier, d'environ 145m. Le choix de la distance entre les transects est en cours de réflexion, pour savoir s'ils seront fixés de manière aléatoire lors de la 1ère année de suivi ou si un écart de 50m est choisi d'emblée. Les mêmes radiales seront ensuite conservées au cours des années de suivis. Orientation côte-large des radiales. Matérialisation des limites de radiales en cours de réflexion.

Suite aux premiers retours d'expérience des opérateurs en charge de la mise en œuvre des suivis DCE aux Antilles, un besoin d'adaptation méthodologique du protocole a été soulevé. De nombreux points de difficultés ont été listés, tels que :

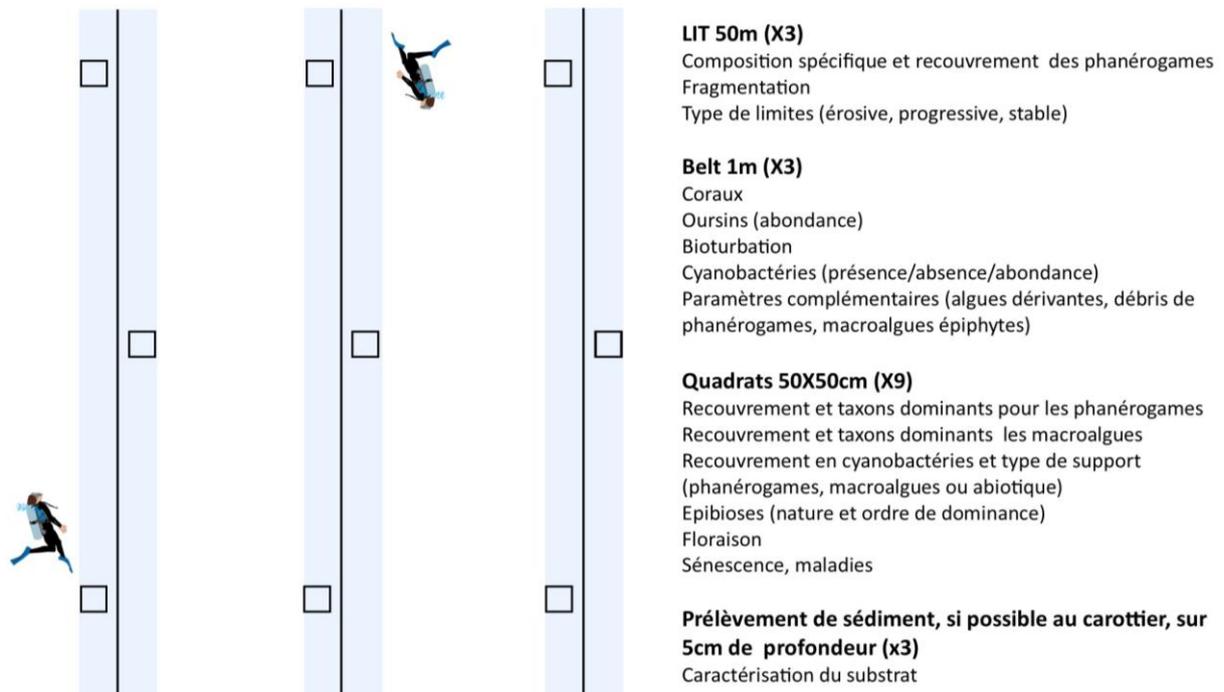
- le temps de mise en place des 3 transects pérennes est long et il est difficile de les retrouver l'année suivante ;
- l'acquisition des données du LIT est chronophage, la méthode n'est notamment pas adaptée pour les paramètres relatifs aux macroalgues, la description de l'épibiose et le recouvrement en cyanobactéries ;
- un besoin d'intercalibration entre les opérateurs.

Le mode de collecte de chacun des paramètres a donc été rediscuté afin de trouver des compromis entre la robustesse du protocole (nombre de répliques et degré de précision des paramètres) et le temps de collecte en plongée (actuellement limité). La liste des paramètres utilisés et leur mode de collecte en Martinique et en Guadeloupe lors des derniers suivis DCE est présentée dans le **Tableau 5**, accompagnés des principales recommandations.

**Tableau 5.** Méthodologie mise en œuvre pour chaque paramètre selon leur niveau de pertinence pour la DCE défini lors du GTN DCE « herbiers » de 2014 et principales recommandations.

Paramètres	Niveau	Guadeloupe (existant)	Martinique (existant)	Mayotte (existant) (*)	Choix et recommandations
<b>Recouvrement et taxons dominants macroalgues</b>	N1	Définition au genre sur 1 LIT de 50m	Détermination des classes recouvrement et genre dominant (10 quadrats de 50x50cm)	Non testé. Pas de guide détermination macroalgues	Définition genre dominant et pourcentage total recouvrement tous les genres (classes à définir ultérieurement) dans les quadrats
<b>Recouvrement cyanobactéries</b>	N1	Recouvrement le long des 3 LIT	Détermination du taux de recouvrement + substrat dominant (10 quadrats de 50x50cm)	Rapid assesment à Moheli (1 herbier)	Détermination du taux de recouvrement dans les quadrats (+ substrat cyano) + noter présence/absence le long du LIT
<b>Fragmentation</b>	N2	Taux de fragmentation (3 LIT 50m)	Taux de fragmentation (1 LIT 50m)	Transect limite inférieur à supérieure herbier (taille non fixe)	LIT avec points GPS et orientation cote et isobat (intérêt à valider), 3 minimum
<b>Epibiose</b>	N2 Mayotte, C Antilles	Présence/absence des catégories d'épibiose (3 LIT 50m)	Nature et proportion d'épibiose (10 quadrats 50x50cm)	Quadrats	Observation complémentaire : différents types d'épibiose. Réflexion à mener sur les faisabilités en local de la mesure de la biomasse. Hydraires à rediscuter
<b>Teneur en CNP dans les tissus des phanérogames</b>	N2	Non testé	Non testé	Non testé	Test en cours dans la thèse
<b>Morphes phanérogames (Mayotte)</b>		Non testé	Non testé	Non testé	Test en cours dans la thèse
<b>Composition spécifique phanérogame et recouvrement</b>	N2	LIT (que Th et Sy) et QUA	Recouvrement toutes espèces (dominances espèces) le long du LIT et dans les quadrats	Belt (herbiers mixtes)	LIT (évaluation cortège sp sans notion d'abondance relative) QUA : recouvrement en phan tot et hiérarchisation de dominance en terme de couverture)
<b>Types de limites</b>		Caractérisation interruptions (3 LIT 50m)	Caractérisation interruptions (1 LIT 50m)	Caractérisation interruptions le long du LIT	Caractérisation interruptions le long du LIT
<b>Floraison</b>	C	Note si observation, mais rare	Note si observation, mais rare	Note (observation sur Halophila et Thalassia, mais très rare)	Regarder spécifiquement dans les quadrats et noter si observation à côté
<b>Sénescence/maladie</b>	C		Observation au sein des quadrats		Regarder spécifiquement dans les quadrats et noter si observation à côté
<b>Coraux</b>	C	Comptage des individus le long du LIT	Comptage des individus le long du LIT + nombre de colonies sur Belt (sauf Ilet à Rats)		Absence, présence occasionnelle et plus et noter les espèces le long du Belt
<b>Oursins</b>	C	Comptage des 3 espèces (3 Belt 1m)	Comptage des 3 espèces (1 Belt 1m)		Abondance le long du Belt
<b>Bioturbation</b>	C	Attribution d'un indice (3 Belt 1m)	Comptage du nombre de monticules et d'entonnoires (1 LIT 50m)	Belt de 2m	Attribution d'un indice le long du Belt en 3 catégories
<b>Superficie</b>	C				Tous les 6 ans
<b>Nature sédiment</b>	C	Attribution d'un indice (3 Belt 1m)	Prélèvement d'1,5L de sédiment à la pelle (2015) et grille de lecture RR (2016)		Prélèvement du sédiment au carottier sur 5cm, puis analyse au granulomètre laser
<b>Large mégafaune</b>	C (Mayotte)			Survol aérien par drones	
<b>Hauteur de canopée</b>	Abandon en 2014		Mesure de 5 plants (10 quadrats)		

Les retours d'expériences techniques ainsi que les propositions d'adaptation ont permis d'ajuster le protocole DCE sur la base des paramètres qui avaient été préconisés en 2014 (**Figure 6**). Le nombre de transects est maintenu à trois, géolocalisés par un point GPS en début et en fin de transect (pas de matérialisation physique). Les transects sont à orienter selon la configuration de l'herbier, si possible selon une orientation côte-large.



**Figure 6.** Schéma illustrant le protocole pour les suivis DCE des herbiers aux Antilles, tel que préconisé lors du présent atelier.

Cette nouvelle évolution du protocole DCE s'inscrit dans le processus itératif d'adaptation des protocoles de surveillance DCE en lien étroit avec l'action de recherche et développement sur les indicateurs ainsi qu'avec les diverses actions d'acquisition de connaissances et de données ciblées sur les herbiers utiles à la démarche.

Un échange technique en groupe restreint a eu lieu à la suite de l'atelier et a permis de préciser certains aspects opérationnels du protocole en vue de la mise en œuvre des suivis DCE aux Antilles en juin 2017.

A la suite de cet atelier, ce nouveau protocole a pu être testé en Martinique et en Guadeloupe dans le cadre des suivis DCE 2017. Les retours d'expérience de sa mise en œuvre sont présentés en **Annexe 4**.

## 5. Développement des indicateurs

### 5.1. Exemple de démarches pour le développement d'indicateurs menées par ailleurs

Présentation S. Ruitton Indicateur écosystémique pour l'évaluation de l'état écologique des herbiers de posidonie en Méditerranée

En Méditerranée les herbiers à *Posidonia oceanica* sont classés comme habitats prioritaires au sein de la Directive Habitat Faune Flore (DHFF) et de nombreux outils ont été développés pour évaluer leur état de conservation. Dans le cadre de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin, le programme GECO-med (Gestion des ECOSystèmes MEDiterranéens) a développé une approche écosystémique de gestion des habitats méditerranéens. L'objectif étant la gestion et la conservation intégrée de l'environnement tout en bénéficiant de ses services. Le développement de l'indice de qualité écosystémique a nécessité plusieurs étapes :

- 1) Établir un modèle conceptuel simplifié du fonctionnement de l'écosystème
- 2) Pondérer les compartiments fonctionnels par leurs poids relatifs : de 1 à 5 (Figure 7)
- 3) Évaluer les compartiments fonctionnels par des paramètres pertinents
- 4) Calcul de l'indice de qualité écosystémique (Ecosystem Based Quality Index - EBQI)
- 5) Calcul de l'Indice de Confiance de l'EBQI (CIEBQI) = fiabilité de l'évaluation

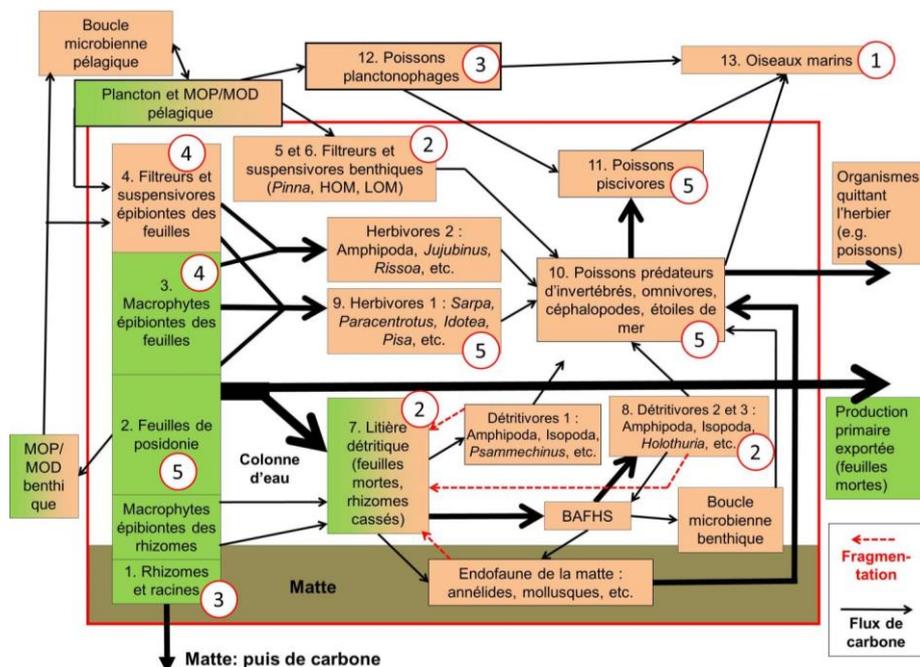


Figure 7. Pondération des compartiments fonctionnels selon leur poids relatif.

Dans un contexte d'activité anthropique une gestion écosystémique qui tient compte du fonctionnement de l'écosystème permet de gérer au mieux les sources d'impact, tout en maintenant l'activité humaine et en préservant un bon état environnemental (Personnic et al. 2014).

## Discussion

### Quelles sont les possibilités de transposition en outre-mer ?

Les possibilités de transposition de cette méthode intégratrice se posent étant donné le manque de données historiques, la complexité méthodologique et la diversité spécifique beaucoup plus importante qu'en Méditerranée. Le protocole est relativement chronophage, un maximum 10 heures avec 4 plongeurs scientifiques sont nécessaires pour l'échantillonnage d'une station. Ceci soulève la question du manque d'ETP et de moyens dédiés aux outre-mer. La question de l'insuffisance de données historiques dans les outre-mer est également soulevée. L'Université des Antilles dispose de données « poissons » issues de 28 ans de suivi (Y. Bouchon). A noter que la pêche n'est pas considérée comme une pression pour la DCE. Néanmoins, ce projet est un bon exemple de démarche de développement d'indicateurs intégrés, issus de modèles conceptuels.

Présentation F. Kerninon	Présentation d'une analyse bibliographique sur les indicateurs et bilan des dernières avancées à l'international
-----------------------------	--

A l'échelle mondiale, les principales pressions et menaces sont liées au développement des zones côtières et la dégradation induite de la qualité et de la turbidité de l'eau (Short et al. 2011) et leurs effets se traduisent au sein des différents compartiments biologiques (**Tableau 6**).

**Tableau 6.** Réponses biologiques attendues aux pressions anthropiques (Source : modifié d'après Martinez-Crego et al. 2008) (nombre de publications).

Niveaux biologiques et descripteurs	↘ Lumière	↗ Nutrim.	Acidif. Réchauff. clim.	↗ niv. océans	Polluants	↗ MO / anoxie	Physique / sédimentation				Aquacult.	
							Dragage	Mouillages, activités nautiques	Sédim. directe / enterrement	Pêche à pied		
<b>Physiologie / biochimie</b>												
Teneur en N, P	↑ (4)	↑ (10)										↑ (1)
Teneur en acides aminés	↑ (1)	↑ (6)			↓ (1)							↑ (1)
Teneur en C et carbohydate	↓ (6)	↓ (3)				↓ (1)			↓ (1)			↓ (2)
δ <sup>13</sup> C	↓ (3)					↓ (1)						
δ <sup>15</sup> N		↑ (6) / ↓ (4)							↑/↓ (1)			↑ (1)
δ <sup>34</sup> S					↑ (1)	↑/↓ (2)						
Substances phénoliques			↓ (1)									
Métaux					↑ (12)							↑ (1)
<b>Individu</b>												
Paramètres morphologiques	↓ (7) / ↑ (1)	↑/↓ (11)			↓ (1) / ↑ (1)	↓ (2)	↓ (5)	↓ (1)	↓ (1) / ↑ (1)	↓ (4)		↓ (3) / ↑ (3)
Nécroses		↑ (2)			↑ (2)	↑ (1)						
Effort reproductif / floraison												↑ (2)
<b>Population</b>												
Composition spécifique				↑ (1)								
Densité, recouvrement	↓ (10)	↓ (5)				↓ (2)	↓ (3)	↓ (3)	↓ (3)	↓ (5)		↓ (6)
Type de croissance des rhizomes							↑ (1)	↑ (2)	↓ (1)	↓ (1)		
Dénudation des rhizomes								↑ (1)	↑ (2)			↓ (1)
Distribution/ Superficie	↓ (1)	↓ (1)		↓? (2)			↓ (7)	↓ (2)				
Fragmentation							↑ (1)	↑ (5)				
<b>Communauté</b>												
Biomasse des épiphytes	↓ (4)	↑ (12)			↑ (1) / ↓ (1)							↑ (5)
Teneur en N, C des épiphytes	↓ (1)	↑ (1)										
Herbivorie		↑ (4)	↑? (1)									↑ (5)
Espèces associées		↓ (1)										↓ (3)

Il est aujourd’hui possible de sélectionner les paramètres les plus robustes ou potentiellement robustes répondant aux principales pressions s’exerçant sur les herbiers. Certains paramètres physiologiques comme la teneur en N et en  $\delta^{13}\text{C}$  dans les feuilles répondent bien à la diminution de la lumière ; la teneur en saccharose dans les rhizomes et en  $\delta^{15}\text{N}$  dans les feuilles d’herbiers ou la biomasse du système racinaire sont quant à eux de bons indicateurs d’une augmentation de la charge en nutriments (Roca et al. 2016). Ainsi, les paramètres structuraux (densité de pied, biomasse par exemple) présentent une sensibilité élevée mais non spécifique aux pressions, tandis que les paramètres biochimiques et physiologiques répondent plus vite et de manière plus spécifique aux événements de stress (Tableau 6, Roca et al. 2016). Cependant toutes les espèces de phanérogames marines n’ont pas bénéficié du même niveau de connaissances. Ainsi, *Posidonia oceanica*, *Zostera marina* et *Thalassia testudinum* figurent parmi les espèces les plus étudiées sur les relations pressions-état (Roca et al. 2016). Pour ces herbiers dits « pérennes », l’objectif principal est de mettre en place les bons outils de gestion pour prévenir leur dégradation et leur déclin du fait de leur faible capacité de résilience. Ainsi, le suivi des paramètres de type « distribution, abondance et composition de l’herbier » est recommandé de même que celui des perturbations s’exerçant sur le milieu (Figure 8). Ces indicateurs ne sont cependant pas adaptés aux espèces de type colonisatrices ou opportunistes pour lesquelles le suivi des capacités reproductives doit être privilégié, ceci afin d’évaluer leurs capacités de recolonisation (Kilminster et al. 2015, Figure 8).

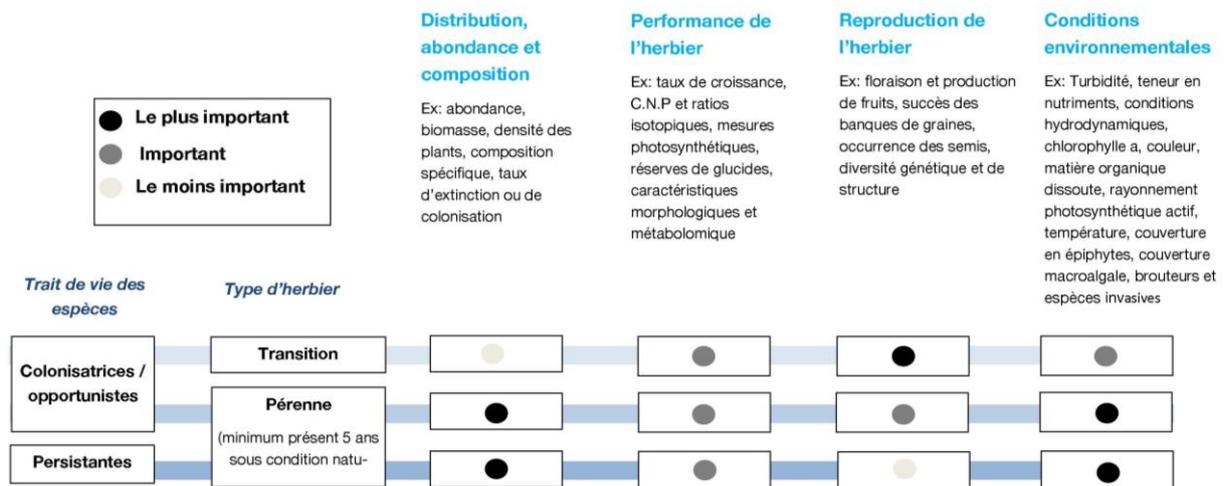
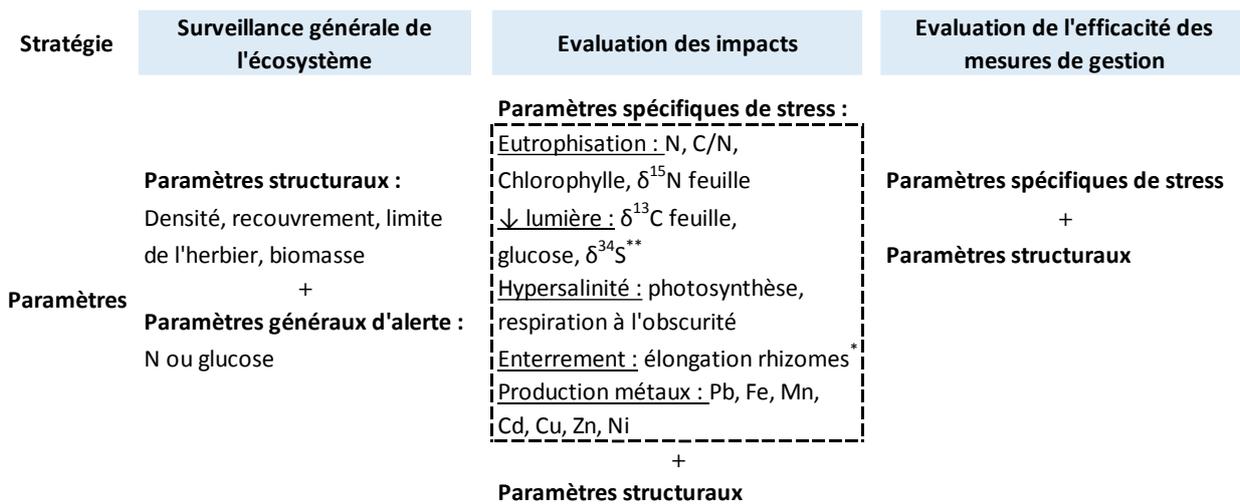


Figure 8. Quels paramètres pour quels types d’herbiers ? (Traduit de Kilminster et al. 2015).

L’objectif du suivi est un élément important à considérer dans le choix des paramètres. Cela peut concerner :

- La surveillance générale de l’écosystème soumis à un panel de pressions
- Le diagnostic de l’état de santé de l’environnement (bioindication)
- L’évaluation des impacts
- L’évaluation de la résilience de l’écosystème et l’efficacité des mesures de gestion

Etant donné qu’aucun indicateur unique ne peut satisfaire tous les objectifs de gestion, Roca et al. (2016) ont proposé un ensemble de paramètres adaptés à ces objectifs de gestions (Figure 9).



**Figure 9.** Paramètres proposés pour chaque objectif de gestion (traduit de Roca et al. 2016). (\*) paramètres non testés dans l'étude mais largement utilisés et acceptés, (\*\*) paramètres spécifiques au stress nécessitant des tests supplémentaires.

## 5.2. Programmation IFRECOR-DCE sur le développement d'indicateurs en outre-mer

Présentation <u>F. Kerninon</u>	Présentation de l'action IFRECOR/DCE sur le développement d'indicateurs pour évaluer l'état de santé des herbiers d'outre-mer et de leur environnement (boîte à outils)
------------------------------------	---

L'objectif de la thèse débutant dans le cadre de l'IFRECOR et de la DCE est de caractériser les relations pressions-état afin de définir des indicateurs adaptés aux enjeux de ces deux programmes incluant le développement d'une boîte à outils. Pour se faire, une liste de paramètres biotiques et abiotiques seront testés le long de gradients de pressions anthropiques dans le cadre d'expérimentations *in situ*. Elles auront lieu au sein de différents territoires pilotes : la Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy et Mayotte. Les perturbations ciblées comme prioritaires concernent la charge en nutriments, en matière organique et la turbidité. Afin de couvrir les effets des pressions le long du gradient, un jeu de paramètres aux spécificités variées et répartis au sein des différents compartiments biologiques a été sélectionné selon les recommandations du dernier GT national DCE et des retours d'expériences menés aux différentes échelles pour être testés localement (**Tableau 7**).

**Tableau 7.** Paramètres pré-identifiés dans le cadre de la phase expérimentale pour le développement des indicateurs.

Niveau d'organisation	Paramètres
<b>Physiologique et biologique</b>	Teneur en CNP, $\delta^{13}\text{C}$ , $\delta^{15}\text{N}$ et métaux traces dans les tissus des phanérogames marines
<b>Individu</b>	Caractéristiques morphologiques de la plante (longueur et largeur de la feuille et de la gaine, type de feuille, morphes*), nécroses
<b>Population</b>	Richesse spécifique, densité et recouvrement des phanérogames marines, biomasse foliaire, présence de fleurs ou de fruits, type de rhizomes
<b>Communauté</b>	Taxon et recouvrement en macroalgues, épiphytes (type, biomasse et recouvrement), faune associée (oursins, lambis, coraux et faune épigée), communautés microbiennes (**), bioturbation
<b>Substrat et sédiment</b>	Couverture et type de substrat, taux de matière organique et de nutriments, granulométrie
<b>Environnement</b>	Profondeur, matière en suspension, description des activités anthropiques

(\*) Spécifique à Mayotte

(\*\*) Spécifique à la Guadeloupe

Durant la période 2017-2019, plusieurs campagnes sont prévues pour chacune des deux bio-régions en partenariat avec les gestionnaires locaux. Les sites d'études ont été choisis en fonction des perturbations ciblées et des types d'herbiers présents en se basant sur les éléments de typologie des herbiers existants (Le Moal et al. 2015, Dedeken & Ballorain 2015). Ces expérimentations permettront d'apporter des précisions sur la pertinence des paramètres identifiés pour répondre aux objectifs de la DCE, de l'IFRECOR à l'échelle nationale mais aussi aux enjeux de gestion locaux. L'objectif est de développer ensuite des indicateurs en fonction de la nature de la pression et adaptés aux herbiers locaux, ainsi qu'aux différents types de suivis des herbiers en cours et à venir. Un guide méthodologique opérationnel adapté aux enjeux de gestion des herbiers d'outre-mer sera élaboré. Il comprendra des préconisations concernant la mise en œuvre des suivis sur la collecte des données, leur traitement, leur analyse et le rapportage. Cet outil d'aide à la décision permettra d'harmoniser les protocoles mis en œuvre et de poser les bases opérationnelles sur les mutualisations possibles entre les actions de surveillances existantes.

### **5.3. Réflexion générale sur les liens entre la mise en place de suivis et le développement des indicateurs DCE**

Actuellement, les données acquises dans le cadre de la surveillance DCE ne permettent pas de développer des indicateurs, la localisation des stations et les protocoles mis en œuvre pour la surveillance n'étant pas optimisés en vue de cet objectif. Comme pour les récifs, la question de l'affectation des moyens est posée. Faut-il poursuivre les actions de surveillance au détriment de l'achèvement rapide des méthodes de bioindication, ou au contraire mettre les moyens dans le développement des méthodes qui seulement permettront une évaluation robuste?

Un rapportage auprès de la commission européenne est obligatoire à l'issue de chaque cycle de gestion (6 ans), nécessitant la mise en œuvre de deux campagnes de surveillance au minimum sur cette période (arrêté national « surveillance »). Dans le cadre des évolutions des protocoles DCE herbiers et dans l'objectif d'acquies de la donnée réseau, un arrêté préfectoral de bassin stipule la mise en œuvre annuelle des suivis DCE en Martinique.

## **6. Bilans régionaux**

---

Un des objectifs de cet atelier était de pouvoir établir des bilans par territoires en termes d'enjeux, de besoins et de perspectives d'actions sur la thématique des herbiers. L'ensemble des échanges auront permis la remontée d'information dans ce sens (**Tableau 8**, **Tableau 9** et **Tableau 10**).

**Tableau 8.** Bilan régional Antilles.

Territoires	Stations	Bilan des actions menées et perspectives	Manques et diagnostics à mener	Autre
<b>Martinique</b>	10 DCE	<p>Suite au dernier GTN DCE, l'adaptation des protocoles est difficile → nécessité de valider le protocole DCE (densité, canopée, épibiontes?)</p> <p>Liens avec les travaux du CNRS (travaux de D. Chevalier et collaborateurs) dans le cadre du travail sur l'impact de l'herbivorie sur les herbiers à <i>Halophila stipulacea</i></p> <p>Une étude sur la répartition d'<i>Halophila stipulacea</i> par drone pourrait démarrer en 2017 (CNRS)</p> <p>La période d'évaluation du contrat de baie de Fort-de-France sera sûrement prolongée pour une deuxième phase</p> <p>Une station DCE a été rajoutée en 2014</p>	<p>Mise à jour des données de superficies des herbiers datant de 2010. A quelle échelle (territoire, masse eau)? Quelle méthode utiliser et à quel pas de temps?</p>	
<b>Guadeloupe</b>	13 stations DCE 4 stations réseau des réserves (dont 3 stations PNG)	<p>La cartographie par télédétection va être refaite avec TBM dans le GCSM.</p> <p>Cartographie <i>Halophila stipulacea</i> jusqu'à 65 mètres. Programme européen <i>Halophila stipulacea</i> Petite Terre (demande financement FEDER)</p> <p>Site pilote thèse IFRECOR-DCE</p>	<p>Projet de cartographie des herbiers par photographies aériennes à l'échelle des sites DCE pour évaluation des superficies reporté au mieux en 2018.</p> <p>Renforcement des liens entre les actions menées dans le cadre et de la DCE et l'IFRECOR sur la question des outils</p> <p>Indicateurs performants et lisibles pour évaluer l'effet réserve</p>	<p>Pérennisation suivi Petite Terre → source de financement pour le suivi et l'analyse</p>
<b>Saint-Martin</b>	1 station DCE 3 stations réseau des réserves	<p>Pérennisation et réitération suivi herbier dans le cadre du réseau des réserves marines</p> <p>Thèse de R. James sur dynamique sédimentaire dans le cadre des changements globaux en lien avec les herbiers</p> <p>Travaux de J. Kiska sur les interactions <i>Halophila stipulacea</i>-herbier-aïres d'alimentations des tortues vertes (+maladie tortue verte)</p> <p>Site pilote thèse IFRECOR-DCE</p>	<p>Ok pour être un relais terrain.</p> <p>Besoin de soutien pour l'exploitation et la production des moyens de rapportage et la valorisation des données produites</p>	<p>Besoin d'un soutien financier pour la réalisation suivi (compagnonnage) et surtout pour la phase d'analyse</p>
<b>Saint-Barthélemy</b>	1 station réseau des réserves	<p>Reprise en 2016 du suivi de la station de Marigot. La station semble représentative (pas nécessité de plus de stations ? pour le moment)</p> <p>Projet de localisation d'herbier par drone en lien avec la gestion des mouillages</p> <p>Site pilote thèse IFRECOR-DCE</p>	<p>A court terme : besoin de données sur la qualité de l'eau et les apports terrigènes</p> <p>Lien entre l'évaluation état santé des herbiers et le suivi des pressions</p> <p>A long terme : mise en œuvre de mesures de gestion</p>	

**Tableau 9.** Bilan régional Océan Indien.

Territoires	Station	Bilan des actions menées et perspectives	Manques et diagnostics à mener	Autre
<b>La Réunion</b>		<p>Priorité : suivi à long terme, notamment concernant la superficie des herbiers (analyse spatiales et temporelles) → Pas de temps à définir</p> <p>Développement d'indicateurs d'état de santé</p> <p>Continuer à soutenir les études</p> <p>Pistes intéressantes pour la DCE mais les herbiers ne concernent qu'une masse d'eau</p> <p>Etudes sur les poissons (soutien à la recherche)</p> <p>Réflexion à mener sur le compartiment poissons pour la DCE? + invertébrés? Cependant difficulté technique de mise en œuvre → Besoin de se réunir plus largement sur cette thématique</p>	<p>Absence de suivis pérenne des herbiers.</p> <p>Réserve intéressée pour initier un suivi →</p> <p>Nécessité choisir le type d'image (images aériennes, hyperspectrales) et d'avoir des outils automatisés opérationnels (travail d'automatisation nécessaire)</p> <p>Priorité sur les paramètres de superficie et de fragmentation.</p> <p>La question de l'intérêt des herbiers pour DCE à la Réunion se pose. A voir si un proxy peut être trouvé</p> <p>Nécessité de soutenir la réserve marine</p>	
<b>Mayotte</b>		<p>L'inventaire des herbiers intertidaux de Mayotte a été réalisé en 2014 par le Parc</p> <p>Perspectives : indicateur herbiers peut-être pas pertinent pour Mayotte</p> <p>Priorité : suivi sur le long terme de ces habitats avec la problématique de capacité d'accueil des espèces patrimoniales</p> <p>Suivis à venir, harmonisés à l'échelle régionale</p> <p>Projet PADI : travailler sur le lien pression/impact /état sur des gradients de pression</p> <p>Site pilote thèse IFRECOR-DCE</p> <p>Les travaux qui y seront menés (tests de paramètres) permettront d'apporter des éléments sur la pertinence d'un indicateur "herbiers DCE" pour Mayotte.</p>	<p>Manque de méthodes et d'outils pour leur interprétation, notamment dans le cadre des études d'impacts</p> <p>Rôle fonctionnel et interaction avec les écosystèmes associés + services écosystémiques</p> <p>Nécessité de valider l'intérêt de prise en compte des herbiers pour la DCE et de suivis à long terme (paramètres communs)</p>	
<b>Iles éparses</b>		<p>Démarrage du projet COPRA</p>	<p>Idem que Mayotte, excepté pour la DCE</p>	<p>Types d'herbiers différents à Mayotte et aux Glorieuses/Europa pour servir d'état de référence + surface très petites</p>

**Tableau 10.** Bilan régional Pacifique (réalisé a posteriori. Secteur de Wallis amendé par A. Malau du SENV).

Territoires	Station	Bilan des actions menées et perspectives	Manques et diagnostics à mener	Autre
<b>Nouvelle-Calédonie</b>		Etude des herbiers dans le cadre de l'évaluation des impacts (Baie des citrons, Baie de Kouéta et Gouaro Deva) Etude surfacique des herbiers de Deva et de Kanuméra	Pas de suivis pérennes des herbiers Absence de données sur la qualité des eaux et des sédiments Intérêt d'avoir des outils adaptés aux enjeux de gestion	
<b>Wallis</b>	3 stations suivies par le SENV	Projet de renforcer le réseau de suivi des herbiers dans le cadre de la gestion de zones clés de la biodiversité (récifs, herbiers et mangroves) en associant les scolaires	La difficulté de maintenir le suivi annuellement devrait potentiellement être levée avec le recrutement d'un chargé de mission biodiversité en 2018	
<b>Polynésie</b>		Pas de projets spécifiques sur les herbiers		

## 7. Conclusions et perspectives

---

Cet atelier a permis de réunir pour la première fois une communauté d'acteurs composée de scientifiques, gestionnaires et décideurs investis sur la thématique des herbiers à l'échelle des territoires de l'outre-mer.

Des bilans régionaux recensant les enjeux, les besoins et les perspectives d'actions par territoire ont été établis. Ils font ressortir, notamment, l'importance d'avoir une cohérence entre les protocoles et le développement des indicateurs répondant aux enjeux de gestion locaux.

Les retours d'expériences techniques, sur la mise en œuvre des protocoles en local et les actions de recherche appliquées sur les herbiers en Méditerranée et à l'international, ont permis d'avancer sur le choix des paramètres ainsi que sur leur mode de collecte. Il en ressort un besoin important de calibration de certains paramètres déjà relevés dans les suivis en cours en outre-mer (taux de recouvrement des phanérogames et des macroalgues) et d'en tester de nouveaux (taux de CNP dans les tissus, isotopes, biomasse des épiphytes, etc.), potentiellement plus intégrateurs des pressions, afin d'optimiser les protocoles selon les problématiques ciblées. Cela permettra d'augmenter leur robustesse, tout en ayant un temps de mise en œuvre raisonnable et compatible avec le contexte de plongée hyperbare (Antilles). Par ailleurs, une meilleure compréhension du fonctionnement des herbiers à l'échelle écosystémique pourrait permettre, au même titre que l'indicateur EQBI pour les herbiers de Posidonies en Méditerranée, d'avoir une vision globale intégrant les différents compartiments de l'écosystème. Une réflexion sur les modèles conceptuels serait également intéressante pour accompagner le développement des outils. En attendant les retours de la phase de recherche appliquée pour le développement d'indicateurs en cours de mise en œuvre dans le cadre de l'IFRECOR et de la DCE, qui permettra notamment d'apporter de la donnée ciblée, de nouvelles préconisations, principalement méthodologiques, ont pu être actées concernant le protocole de suivi DCE Antilles. Si les actions de développement des méthodes et de surveillance font appel à des stratégies de mise en œuvre différentes, il est nécessaire de travailler en commun.

Par ailleurs, le besoin d'élaboration de documents validés, listant les éléments nécessaires à prendre en compte selon le(s) objectif(s) des études et des suivis à mettre en œuvre a également été soulevé, afin que les services de l'état et des Offices de l'Eau puissent s'y référer dans le cadre de l'élaboration des arrêtés et de leurs cahiers des charges. Cela permettrait aux décideurs de justifier plus facilement les types de protocoles à mettre en œuvre selon les besoins (suivis temporel, études d'impact, etc.) et de prévoir les budgets nécessaires. L'ensemble de ces éléments montrent la nécessité de travailler en synergie afin d'établir des outils méthodologiques harmonisés à l'échelle nationale et adaptés aux spécificités et problématiques locales. La mutualisation IFRECOR-DCE à l'échelle nationale va dans ce sens et la tenue de cet atelier en est une première étape. A terme, la mutualisation doit permettre de renforcer l'efficacité des suivis et la robustesse des données qui en seront issues.

Une phase de transfert et de valorisation des résultats et des outils qui auront été produits dans le cadre de cette collaboration est prévue à l'échéance de 2020. Une nouvelle mobilisation de ce groupe de travail est prévue à cette même période avec pour principaux objectifs la validation des outils développés et la structuration du Réseau Herbiers aux différentes échelles.

## 8. Références

---

- Arthur R., Babu Y., Lobo A. S., Iyer V., Moses K. S., Santhankrishnan M., Sen S., Alcoverro T. M., 2008. Scraping the bottom: Monitoring human impacts on benthic ecosystems of Tamil Nadu. UNDP/UNTRS and NCF. Chennai, 218 pages.
- Ballorain K., 2010. Ecologie trophique de la tortue verte *Chelonia mydas* dans les herbiers marins et algues du sud-ouest de l'océan Indien. Thèse de doctorat, 280 pages + annexes.
- Ballorain K. (coord), 2013. Les herbiers marins de Mayotte : cadres et projets d'étude. Parc naturel marin de Mayotte / Agence des aires marines protégées, 19 pages.
- Ballorain K. (en préparation). Distribution, inventaire et description des herbiers marins des Bancs du Geysier et de la Zélée : Résultats préliminaires. Mission du 15 au 23 avril 2015, Parcs naturels marins de Mayotte et des Glorieuses, Agence des aires marines protégées.
- Ballorain K., Dedeken M., 2016. Mission PANAMAG #1, acquisition de connaissances dans le cadre de la gestion durable du patrimoine naturel marin des Glorieuses. Mission du 25 septembre au 11 octobre 2015.
- Bosserelle P., Kerninon F., 2015. Suivi des herbiers de phanérogames marines de Wallis. Compte-rendu de la mission terrain réalisée en septembre 2015. Rapport interne STE, 53 pages.
- Bouchon C., Bouchon-Navarro Y., Louis, M., Portillo P., 2003. Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe. Université des Antilles et de la Guyane, 56 pages.
- CAPSE Nord, CORTEX & EEL., 2015. Analyse de l'extension et de la dynamique des herbiers de Déva et de Kanuméra. Phase 1: Synthèse bibliographique. Rapport bilan, 66 pages + annexes.
- CORTEX & Sea Coast., 2016. Diagnostic environnemental des communautés récifales et herbiers de phanérogames marines. Suivi n°6 - Avril 2016. Suivi environnemental suite aux travaux de réhabilitation de la plage de la baie des Citrons (Nouméa), 60 pages.
- Créocéan 2016., Suivi de la physico-chimie, des communautés coralliennes et des herbiers au titre de la DCE sur les masses d'eau du district de la Guadeloupe – Année 2016. Rapport intermédiaire n°1, 139 pages + annexes.
- Créocéan 2017. Suivi de l'état de santé des Réserves Naturelles Marines de Guadeloupe et Saint-Barthélemy - État des lieux 2016 et évolution 2007-2016.
- Cuvillier A., 2017. Dynamique et fonctionnement des herbiers marins dans un complexe récifal anthropisé (île de la Réunion, océan Indien). Ecologie, Environnement. Université de la Réunion, 2016. Français.
- GT DCE Herbier & Benthos Récifal, 2015. Compte-rendu de l'atelier n°3 du groupe de travail national « herbiers et benthos récifal », 15-17 octobre 2014, Gourbeyre, MNHN-SPN, Onema, 30 pages.
- Dedeken M., Ballorain K., 2015. Les herbiers marins de Mayotte : état des lieux des herbiers intertidaux en 2014. Parc naturel marin de Mayotte / Agence des aires marines protégées, 22 pages.
- Hily C., Kerninon F., 2013. Proposition de protocole de suivi stationnel des herbiers de phanérogames marines : paramètres mesurés et détails techniques. Proposition destinée à une application test

- dans le cadre de l'évolution des suivis de la réserve naturelle de Saint-Martin en 2013. TIT Resobs Herbiers de l'IFRECOR. Document de travail LEMAR, 10 pages.
- IFRECOR, 2016. Etat des récifs coralliens et des écosystèmes associés des Outre-mer français en 2015, 168 page.
- Impact Mer 2016., Suivi physico-chimique et biologique des stations des réseaux de référence et de surveillance des Masses d'Eau Côtières au titre de l'année 2015. Etat écologique partiel. Rapport de Synthèse. Rapport final VF, 190 pages.
- Job S., Hily C., Kerninon F., 2015. Mise en place d'un suivi des herbiers de phanérogames marines à Wallis. Compte-rendu de la mission de terrain réalisée en mai 2014, 38 pages.
- Kilminster K., McMahon K., Waycott M., Kendrick G.A., Scanes P., McKenzie L.J., O'Brien KR., Lyons M., Ferguson A., Maxwell P., Glasby T., Udy J., 2015. Unravelling complexity in seagrass systems for management: Australia as a microcosm. *Sci Total Environ.* 2015 Nov 15: 534: 97-109.
- Loricourt A. 2005. Etude des herbiers à Phanérogames marines de Mayotte. Rapport de Master 2, Université de La Réunion, Kelonia, DAF-Mayotte, 58 pages.
- Le Moal M. & Payri C. 2015. Etat des lieux et perspectives pour l'utilisation des macroalgues comme outil de bioindication DCE dans les DOM. Rapport MNHN-IRD, 30 pages.
- Le Moal M., Kerninon F., Aish A., Monnier O., Doré A. et Payri C., 2015. Typologie des herbiers de Martinique, rapport Onema-MNHN, 34 pages.
- Le Moal M., Aish A., Monnier O., 2016. La bioindication en outre-mer - Réflexions autour du développement d'indicateurs DCE pour les herbiers et les récifs coralliens. Synthèse des séminaires du groupe de travail national DCE « herbiers et benthos récifal », 88 pages.
- Martínez-Crego B., Vergés A., Romero J., Alcoverro T., 2008. Selection of multiple seagrass indicators for environmental biomonitoring. *Marine Ecology Progress Series*, 361: 93-109.
- Personnic S., Boudouresque C.F., Astruch P., Ballesteros E., Blouet S., Bellan-Santini D., Bonhomme P., Thibault-Botha D., Feunteun E., Harmelin-Vivien M., Pergent G., Pergent-Martini C., Pastor J., Poggiale J-C., Renaud F., Thibaut T., Ruitton S., 2014. An Ecosystem-Based Approach to Assess the Status of a Mediterranean Ecosystem, the *Posidonia oceanica* Seagrass Meadow. *PLoS ONE* 9(6): e98994. doi:10.1371/journal.pone.0098994.
- Roca G., Alcoverro T., Krause-Jensen D., Balsby T.J.S., van Katwijk M., Marbà N., Santos R., Arthur R., Mascaró O., Fernández-Torquemada Y., Pérez M., Duarte C.M., Romero J., 2016. Response of seagrass indicators to shifts in environmental stressors: A global review and management synthesis. *Ecological Indicators*, 63: 310–323.
- Sea Coast 2017. Complexe hôtelier SHERATON Deva Suivi environnemental du milieu marin (phase exploitation). Campagne 2017, 20 pages + annexes.
- Short F.T., Polidoro B., Livingstone S.R., Carpenter K.E., Bandeira S., Bujang J.S., et al., 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biol. Conserv.* 144: 1961–1971.

## **Annexe 1.** Liste des acronymes.

**AFB** : Agence Française pour la Biodiversité

**AMP** : Aire Marine Protégée

**ATE** : Agence Territoriale de l'Environnement de Saint Barthélemy

**DCE** : Directive Cadre sur l'Eau

**DCSMM** : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin

**DEAL** : Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement

**DEB** : Direction de l'Eau et de la Biodiversité

**EPHE** : Ecole Pratique des Hautes Etudes

**EQB** : Elément de Qualité Biologique (DCE)

**ETP** : Equivalent Temps Plein

**GT** : Groupe de Travail

**IFRECOR** : Initiative Française pour les REcifs CORalliens

**IFREMER** : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

**IUEM** : Institut Universitaire Européen de la Mer

**LEMAR** : Laboratoire des sciences de l'environnement marin

**ME** : Masse d'Eau (DCE)

**MEC** : Masse d'Eau Côtière (DCE)

**MTES** : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

**MNHN** : Muséum National d'Histoire Naturelle

**OE, ODE** : Office de l'Eau

**OMMM** : Observatoire du Milieu Marin Martiniquais

**ONEMA** : Office national de l'eau et des milieux aquatiques (devenu AFB)

**PNG** : Parc National de Guadeloupe

**PTOM** : Pays et Territoires d'Outre-Mer

**PNMM** : Parc Naturel Marin de Mayotte

**UA** : Université des Antilles

**UBO** : Université de Bretagne Occidentale

**RN** : Réserve Naturelle

**RUP** : Régions UltraPériphériques

**SENV** : Service de l'environnement de Wallis et Futuna

## **Annexe 2.** Liste des documents envoyés en amont du séminaire.

- Rapport DCE Martinique 2015 :  
[http://www.eaumartinique.fr/IMG/pdf\\_Impact\\_Mer\\_2016\\_rapportannuel\\_DCE2015\\_VF\\_ODE.pdf](http://www.eaumartinique.fr/IMG/pdf_Impact_Mer_2016_rapportannuel_DCE2015_VF_ODE.pdf)
- Bilan d'état de santé IFRECOR : <http://www.ifrecor-doc.fr/items/show/1670>
- Indicateur ONB récifs coralliens :  
<http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/indicateurs/evolution-de-letat-des-recifs-coralliens>
- Feuille marine 2016 : <http://ifrecor-doc.fr/items/show/1646>
- Plaquette de présentation du programme d'action IFRECOR :  
<http://ifrecor-doc.fr/items/show/1674>
- CR du GT récifs coralliens océan Indien : <http://ifrecor-doc.fr/items/show/1709>
- Préfiguration réseau récifs IFRECOR : <http://ifrecor-doc.fr/items/show/1708>
- Préfiguration herbiers IFRECOR : <http://ifrecor-doc.fr/items/show/1710>
- Rencontres de l'Onema » sur la bioindication en outre-mer :  
[http://www.onema.fr/sites/default/files/bioindication-outremer2016\\_0.pdf](http://www.onema.fr/sites/default/files/bioindication-outremer2016_0.pdf)
- Rencontres de l'Onema » sur les travaux du GT DCE DOM « herbiers et benthos récifal » :  
[http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/RS\\_Recifs-herbiers-bioindication\\_19-1-17.pdf](http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/RS_Recifs-herbiers-bioindication_19-1-17.pdf)

### **Annexe 3. Liste des présentations.**

#### **Jeudi 6 avril 2017**

- O. Monnier : Les réflexions du GT DCE concernant les herbiers (Réflexions\_GT\_DCE\_herbiers\_OMonnier)
- F. Kerninon : Présentation des objectifs, de l'historique et de la nouvelle feuille de route du Réseau Herbiers de l'IFRECOR (Réseau\_Herbiers\_Fkerninon)
- P. Frouin : Etat des connaissances sur les herbiers de La Réunion. Bilan de la thèse de doctorat d'A. Cuvillier (Etat\_connaissances\_herbiers\_La\_Réunion\_PFrouin)
- K. Ballorain : Etude et suivi des herbiers de Mayotte et des Glorieuses. Etat d'avancement - Avril 2017 (Etudes\_suivis\_herbiers\_Mayotte\_Glorieuses\_KBallorain)
- C. Desrosiers & A. Pouget-Cuvelier : Historique suivi DCE Martinique et évolutions des protocoles (Suivi\_herbiers\_DCE\_Martinique\_CDesrosiers)
- C. Batailler : DCE – Suivi des herbiers de phanérogames dans les MEC de Guadeloupe. Evolution des protocoles, discussions et perspectives (Suivi\_herbiers\_DCE\_Guadeloupe\_CBatailler)
- C. Batailler, J. Chalifour, O. Raynaud : Suivi des réserves naturelles de Petite Terre, Saint-Martin et Saint-Barthélemy. Herbiers de phanérogames marines : évolution des protocoles (Suivi\_herbiers\_AMP\_CBatailler, Suivi\_herbiers\_Réserves\_St-Barthélemy\_ATE\_Créocéen)
- S. Mège : Suivi des herbiers de phanérogames marines dans le Grand Cul-de-Sac Marin par le Parc National de la Guadeloupe
- S. Job : Herbiers marins de Nouvelle-Calédonie, quelques exemples d'études et de suivis (Etudes\_suivis\_NC\_Suivis\_WF\_SJob)
- S. Job : Herbiers marins de Wallis, mise en place d'un réseau de suivi et suivi temporel (Etudes\_suivis\_NC\_Suivis\_WF\_SJob)

#### **Vendredi 7 avril 2017**

- F. Kerninon : Bilan des protocoles utilisés dans les outre-mer et pistes d'harmonisation (Bilan\_protocoles\_OM\_FKerninon)
- S. Ruitton, C.F Boudouresque, T. Thibaut, A. Blanfune : Indicateur écosystémique (EBQI) pour l'évaluation de l'état écologique des herbiers de posidonie en Méditerranée (GECO-Med\_EBQI\_SRuitton)
- F. Kerninon : Analyse bibliographique sur les indicateurs et bilan des dernières avancées à l'international (Analyse\_biblio\_indicateurs\_FKerninon)
- F. Kerninon : Développement d'outils méthodologiques pour le suivi et l'évaluation de l'état de santé des herbiers d'outre-mer et de leur environnement, dans un contexte de perturbations multiples (Projet\_thèse\_IFRECOR-DCE\_FKerninon)

#### **Lundi 10 avril 2017**

- C. Batailler : Synthèse des nouvelles recommandations du protocole DCE « herbiers » (Synthèse\_préconisation\_protocole\_DCE\_herbiers\_CBatailler)
- F. Kerninon : Bilan de l'état de santé 2015 « herbiers » (Bilan\_état\_herbiers\_OM\_FKerninon)

**Annexe 4.** Remarques préliminaires sur la mise en œuvre du protocole herbiers en 2017 (issu de l'atelier science et gestion DCE-IFRECOR d'avril 2017).



<b>Directive Cadre sur l'Eau - Mise en œuvre du contrôle de surveillance sur les masses d'Eau Littorales de Guadeloupe et Martinique : Indicateur Herbier de phanérogames</b>
<b>Rédacteurs : Christelle BATAILLER (CREOCEAN) – Catherine DESROSIERS (IMPACT-MER)</b>
<b>Date : 19/02/18</b>
<b>Objet : Remarques préliminaires sur la mise en œuvre du protocole herbiers en 2017 (issu de l'atelier science et gestion DCE-IFRECOR d'avril 2017)</b>

**Lors du 2<sup>nd</sup> atelier spécifique à l'élément de qualité « Herbiers de phanérogames » organisé en novembre 2014 par le MNHN**, 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. Il a notamment été décidé d'abandonner le suivi des paramètres « densité » et « hauteur de la canopée », dont la mesure *in situ* est très coûteuse en temps et le lien avec des changements de qualité de l'eau peu évident (MNHN, 2014, CR Atelier, version provisoire). Les paramètres et protocoles de suivi proposés ont été testés en 2015 en Martinique puis en 2016 en Guadeloupe.

Afin de choisir une échelle spatiale de suivi adaptée à l'hétérogénéité naturelle des herbiers et de tenir compte des contraintes locales, le suivi a été réalisé le long de 3 transects de 50 m par 2 à 3 plongeurs, complétés par un parcours d'inventaire. Compte tenu du caractère non finalisé du protocole, il a été décidé de ne pas laisser sous l'eau de piquets ou autre système de marquage permettant de signaler les débuts et fins de radiales. Les points GPS de début et fin de radiale (ou a minima le point de début et le cap de direction de la radiale) ont toutefois été relevés afin de pouvoir si besoin repositionner approximativement les radiales au même endroit lors d'un suivi ultérieur.

Des remarques avaient été formulées dans le cadre du rapport de synthèse en 2016 vis à vis de la mise en œuvre de ce protocole (Créocéan, 2017). Il ressortait que les relevés le long des 3 radiales s'avéraient particulièrement fastidieux et chronophages (notamment le relevé LIT) et difficiles à mettre en œuvre dans un temps de plongée raisonnable, avec le nombre d'intervenants habituellement mobilisé.

**Lors du séminaire science et gestion DCE-IFRECOR qui s'est tenu en avril 2017 en Martinique**, des discussions entre experts ont mené notamment à ajuster ces protocoles afin de les rendre plus opérationnels, tout en gardant en tête l'objectif d'identifier, à terme, les paramètres pertinents à la construction d'un indicateur herbier. Parallèlement, une thèse AFB/IFRECOR (menée par Fanny Kerninon) devrait permettre d'apporter des éléments de réponses quant à la pertinence des paramètres à mesurer dans un objectif de bioindication.

Ces protocoles ajustés ont été mis en œuvre en juin 2017 sur les stations DCE de Guadeloupe et Martinique le long de 3 radiales de 50 m.

Les remarques ci-dessous peuvent d'ores et déjà être émises concernant la mise en œuvre des protocoles :

#### **Relevé de type LIT (Line Intersept Transect) :**

Contrairement au protocole de 2016 qui consistait à relever la structure de l'herbier (mesure du recouvrement de tous les éléments constitutifs : phanérogames, macroalgues, etc.), le protocole mis en

œuvre en 2017 sur trois transects de 50 m s'est avéré beaucoup moins fastidieux. Il a permis de relever :

- ▶ La composition spécifique en phanérogames (% de recouvrement de chaque espèce ou assemblage d'espèce) sans notion d'abondance relative
- ▶ Les points de ruptures de l'herbier : trous de sable > 50 cm, substrat non colonisable et type de limite (érosif/stable/progressif).

Les autres composants de l'herbier (macroalgues, cyano, etc.) ont été relevé notamment au sein de quadrats, méthode qui semble plus pertinente pour leur prise en compte.

### Relevé au sein de Quadrats :

La taille des quadrats (50 x 50 cm) est apparue adaptée ainsi que le choix de leur positionnement aléatoire autour des marques 5, 25 et 45 m. Le temps de mise en œuvre du relevé n'est pas excessif compte tenu du nombre de quadrats (3 par radiales soit 9 au total) et une photo de chaque quadrat a pu être réalisée. Il faudra toutefois s'assurer que ce nombre est suffisant pour assurer la robustesse de l'analyse des résultats.

En Martinique, le positionnement du quadrat devait initialement être fait de manière aléatoire autour des distances 5, 25 et 45, mais à la mise en œuvre il s'est avéré plus simple de positionner le quadrat au niveau de ces points précis (notamment pour la codification des photoquadrats, cf. image).



L'ensemble des paramètres suivants sont relevés au sein des quadrats :

- ▶ % de recouvrement en 6 classes des phanérogames (précision des espèces par ordre de dominance), des macroalgues (précision des genres/espèces par ordre de dominance) et des cyanobactéries (précision du substrat) ;
- ▶ Catégories d'épibioses si présentes, nature et ordre de dominance des épibioses (algues filamenteuses, algues calcaires, film biosédimentaire, hydrides, macroalgues épiphytes) ;
- ▶ Floraison (nombre de fleurs) ;
- ▶ Sénescence/maladie (présence/absence).

Le fait de relever l'ensemble des paramètres dans chaque quadrat et non lors d'un parcours d'inventaire (fleurs, maladie) ou le long d'un belt (épibiose) permet à l'observateur de se concentrer sur l'ensemble des paramètres de l'herbier avec le même effort.

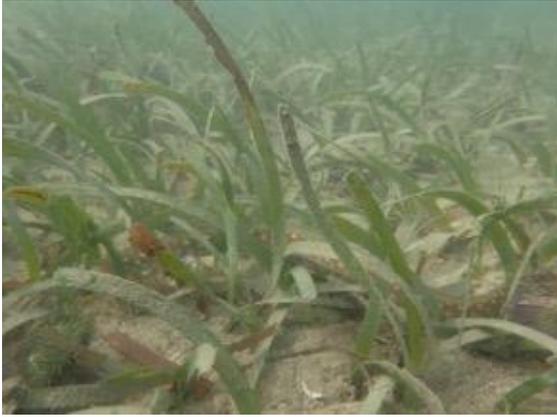
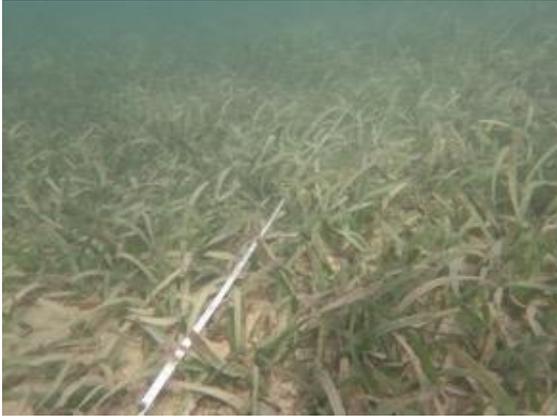
**Les 6 classes de recouvrement proposées** pour les phanérogames, macroalgues et cyanobactéries (0-10, 10-25 ; 25-50 ; 50-75 ; 75-90 ; 90-100%) n'ont a priori pas posé de problèmes aux observateurs. Les classes « extrêmes » (0-10 et 90-100%) permettent de discriminer les recouvrements quasi nuls ou quasi total dans les quadrats (notamment pour les phanérogames).

A l'usage, il paraîtrait pertinent de faire une classe 0 en cas d'absence totale, puis une classe 1-10. C'est souvent le cas pour les cyanobactéries par exemple, et le fait de noter 0-10 laisse penser qu'il peut y en avoir alors qu'elles sont absentes.

**La nature de l'épibiose** semble difficile à définir et son relevé peut parfois poser un problème selon les observateurs (notamment la distinction entre algues filamenteuses et film biosédimentaire). Il y a

souvent plusieurs catégories représentées et l'ordre de dominance n'est pas évident à établir. Au niveau du traitement de la donnée, il sera probablement difficile de faire ressortir des différences.

Par exemple, la notation pour un herbier hyper sédimenté avec un film biosédimentaire épais sur les feuilles ne diffèrera pas de celle d'un herbier avec un faible film biosédimentaire. Comment ce critère d'hypersédimentation qui caractérise l'herbier ressortira au niveau des résultats ? (par une plus faible couverture en phanérogames ?). Quelques photos d'illustrations sont présentées ci-après.

	
Film sédimentaire épais Noté FS>AC	Herbier en eau turbide, mais dense toutefois
	
Film sédimentaire présent. Noté FS>AC	Herbier en eau non turbide, dense. A priori en meilleur état de santé, ce qui ne transparaît pas dans la notation des épibioses.

**Aucune fleur** n'a été observée au sein des quadrats lors du suivi 2017 ; l'observation de ce paramètre au sein de quadrats est toutefois probablement plus pertinente que l'observation au cours d'un éventuel parcours d'inventaire réalisé le plus souvent à la fin de la plongée en fonction du temps restant.

### Relevé le long d'un Belt Transect :

Ce relevé réalisé dans un couloir de 1 m de large le long des 3 radiales de 50 m n'a a priori pas posé de problème particulier. Il a permis de :

- ▶ Compléter les informations sur les cyanobactéries par une notion d'abondance semi-quantitative (absence, présence occasionnelle, présence en abondance) sur 1 m de large ;
- ▶ Relever de manière semi-quantitative l'abondance des signes de bioturbation (monts et entonnoirs), d'algues dérivantes, de débris de feuilles, de macroalgues épiphytes et de coraux (971) ainsi que les espèces présentes (absence, présence occasionnelle, présence en abondance) ;

- ▶ Relever de manière quantitative la densité des 3 espèces d'oursins inféodées à l'herbier, et les espèces de coraux présentes (972) ;
- ▶ État de santé de chaque transect (selon 5 classes).

En Martinique, le substrat dominant et secondaire a également été noté.

En Martinique, sur certaines stations à forte densité corallienne et d'oursins, le comptage s'est fait :

- ▶ Sur un mètre carré de chaque belt puis reporté à la longueur totale ;
- ▶ Ou sur 50 cm sur tout le belt puis doublé.

Ce choix de compter les coraux à l'espèce est apparu assez contraignant en termes de temps. L'information d'abondance semi-quantitative semble suffisant et pourrait être donnée pour chaque espèce de coraux présente.

**Ce protocole a semblé soulever moins de problème d'inter calibration entre les différents intervenants de Guadeloupe et Martinique sur la manière de prendre en compte les catégories de peuplements/substrats que le protocole de 2016.**

**Par ailleurs, le protocole 2017 a permis d'assurer la qualité des relevés dans un temps d'intervention raisonnable :** Il n'y a pas de difficulté particulière à la mise en œuvre technique de ce protocole, à condition que les transects ne soient pas trop distants les uns des autres (environ 10 m). Ceci permet des allers-retours assez aisés entre les différents transects et donc aux opérateurs de s'entre-aider.

**La pertinence de ces paramètres ainsi que la manière d'analyser ces données dans un contexte de bioindication et de construction d'un indicateur global herbier restent toutefois à définir.**

Les critères qui varient le plus d'un herbier à un autre et qui permettront probablement de les distinguer sont les espèces de phanérogames présentes, la couverture en phanérogames et en macroalgues.

Certains paramètres distinctifs de l'herbier (rendant compte de l'aspect caractéristique global de celui-ci) ne sont pas traduits par les paramètres actuellement relevés, par exemple : la présence d'algues épiphytes en abondance, l'aspect ras ou au contraire long de l'herbier, l'environnement turbide, la richesse globale du milieu (holothuries, étoiles de mer, poissons, etc.). Les travaux réalisés dans le cadre de la thèse en cours permettront de vérifier leur pertinence à traduire les pressions et de ce fait l'intérêt de les prendre en compte.

**Annexe 5.** Tableau représentant les principaux paramètres relevés (liste non exhaustive) dans le cadre des suivis en outre-mer, ceux qui seront testés durant la thèse IFRECOR-DCE sur ces territoires et ceux préconisés à l'international sur le compartiment « Phanérogames » dans le cadre de démarches de développement de protocoles intégrés (\*) d'après Arthur et al. 2008 et Roca et al. 2016.

Compartiments Paramètres	Surveillance générale de l'écosystème				Evaluation de la qualité de l'environnement			Boîte à outils	
	Suivis PNG	Suivis Réseau Réserves	Suivi Wallis	Préconisations Phanérogames (*)	DCE Guadeloupe	DCE Martinique	Etudes Nouvelle-Calédonie	Préconisations Phanérogames (*)	En test (thèse IFRECOR-DCE)
<b>Phanérogames</b>									
Physiologie et biochimie	C dans les tissus							x	x
	N dans les tissus			x				x	x
	P dans les tissus								x
	S dans les rhizomes							x	
	Glucides			x				x	
	Acides aminés								x
	C et carbohydate								x
	$\delta^{15}\text{N}$							x	x
	$\delta^{13}\text{C}$							x	x
	$\delta^{34}\text{S}$							x	
Métaux							x	x	
Activité photosynthétique							x		
Individu	Caractéristiques morphologiques		x	x	x			x	x
	Biomasse					x		x	x
	Floraison					x	x		x
Sénescence / maladies					x	x		x	
Population	Richesse spécifique		x	x	x		x		x
	Densité		x	x		x		x	x
	Recouvrement des phanérogames		x	x	x	x	x	x	x
	Fragmentation et mitage		x	x	x	x	x	x	x
	Type de limite		x	x	x	x	x	x	x
Limite en profondeur								x	
<b>Communauté</b>									
Macrophytes	Taxons et recouvrement macroalgues		x	x	x		x	x	x
	Recouvrement épibioses		x	x	x		x	x	x
Faune associée	Biomasse des épibioses								x
	Recouvrement cyanobactéries		x	x	x		x	x	x
	Macrofaune		x	x	x		x	x	x
	Bioturbation		x	x	x		x	x	x
<b>Substrat et sédiment</b>									
Couverture et structure du substrat		x	x	x		x	x		x
Granulométrie						x	x		x
Carbonates						x	x		x
Matière organique						x	x		x
C et N dans le sédiment									x
<b>Environnement</b>									
Profondeur		x	x	x		x	x	x	x
MES									x
Description de l'environnement		x	x	x		x	x	x	x

**Annexe 6.** Liste et trombinoscope des participants au séminaire Science et Gestion DCE-IFRECOR, Schœlcher, 4-10 avril 2017.

	<p><b>Jean-Pierre Allenou</b> Ifremer Martinique jean.pierre.allenou@ifremer.fr</p>		<p><b>Katia Ballorain</b> PNM Mayotte-Glorieuses katiaballorain@cedtm-asso.org</p>		<p><b>Christelle Batailler</b> Créocéan Guadeloupe batailler@creocean.fr</p>		<p><b>Claire Bissery</b> CRIOBE (IFRECOR-AFB) cbissery@wanadoo.fr</p>		<p><b>Stéphane Bocande</b> Ifremer Brest stephane.bocande@ifremer.fr</p>
	<p><b>Claude Bouchon</b> Université des Antilles claud.bouchon@univ-antilles.fr</p>		<p><b>Yolande Bouchon</b> Université des Antilles yolande.bouchon@univ-antilles.fr</p>		<p><b>Sophie Brugneaux</b> AFB sophie.brugneaux@afbiodiversite.fr</p>		<p><b>Julien Chalifour</b> Réserve Naturelle St-Martin science@rnsn.org</p>		<p><b>Nicolas Cimiterra</b> Ifremer Martinique Nicolas.Cimiterra@ifremer.fr</p>
	<p><b>Béatrice de Gaulejac</b> Créocéan Martinique degaulejac@creocean.fr</p>		<p><b>Thibaut de Bettignies</b> UMS PatriNat thibaut.de-bettignies@mnhn.fr</p>		<p><b>Marine Dedeken</b> PNM Mayotte (AFB) marine.dedeken@afbiodiversite.fr</p>		<p><b>Catherine Desrosiers</b> Impact Mer cdesrosiers@impact-mer.fr</p>		<p><b>Guillaume Dirberg</b> MNHN guillaume.dirberg@mnhn.fr</p>
	<p><b>Denis Etienne</b> DEAL Martinique denis-l.etienne@developpement-durable.gouv.fr</p>		<p><b>Romain Ferry</b> Université des Antilles, Groupe BIOSPHERES r.ferry@laposte.net</p>		<p><b>Patrick Frouin</b> Université de la Réunion patrick.frouin@univ-reunion.fr</p>		<p><b>Julie Gresser</b> ODE Martinique julie.gresser@eamartinique.fr</p>		<p><b>Claire Hellio</b> LEMAR-UBO claire.hellio@univ-brest.fr</p>
	<p><b>Antoine Huguet</b> Ifremer Nantes antoine.huguet@ifremer.fr</p>		<p><b>Sandrine Job</b> CORTEX Sandrinejob@yahoo.fr</p>		<p><b>Sophie Kanor</b> ODE Guadeloupe sophie.kanor@office-eauguadeloupe.fr</p>		<p><b>Fanny Kerninon</b> LEMAR-UBO (IFRECOR-AFB) fanny.kerninon@univ-brest.fr</p>		<p><b>Lucie Labbouz</b> CAR-SPAW lucie.labbouz.carspaw@guadeloupe-parcnational.fr</p>
	<p><b>Loïc Mangeot</b> ODE Martinique loic.mangeot@eamartinique.fr</p>		<p><b>Jean-Philippe Maréchal</b> OMMM marechal.jean@gmail.com</p>		<p><b>Simone Mège</b> Parc National de la Guadeloupe simone.mege@guadeloupe-parcnational.fr</p>		<p><b>Olivier Monnier</b> AFB olivier.monnier@afbiodiversite.fr</p>		<p><b>Isabelle Nasso</b> ODE Guadeloupe Isabelle.nasso@office-eauguadeloupe.fr</p>
	<p><b>Adeline Pouget-Cuvelier</b> Impact Mer apouget@impact-mer.fr</p>		<p><b>Olivier Raynaud</b> ATE St-Barthélemy olivier.raynaud@agence-environnement.fr</p>		<p><b>Sandrine Ruitton</b> Université Aix Marseille sandrine.ruitton@mio.osupytheas.fr</p>		<p><b>Aurélie Thomassin</b> MTES aurelie.thomassin@developpement-durable.gouv.fr</p>		<p><b>Ewan Trégarot</b> OMMM ewan.tregarot@gmail.com</p>
	<p><b>Hélène Udo</b> MNHN AFB helene.udo@afbiodiversite.fr</p>		<p><b>Amandine Vaslet</b> Réserve Naturelle St-Martin et St-Barthélemy amandine.vaslet@rnsn.org</p>		<p><b>Fabien Védie</b> DEAL Martinique Fabien.vedie@developpement-durable.gouv.fr</p>		<p><b>Julien Wickel</b> MAREX julien.wickel@gmail.com</p>	<p><b>Liste et trombinoscope des participants au séminaire Science et Gestion DCE-IFRECOR, Schœlcher, 4-10 avril 2017</b></p>	

