

# Chapitre \_\_ : Phase 1b

## Benchmark des mesures de compensations d'herbiers

### Projet d'extension du port de commerce de Galisbay



**Experts complémentaires**



**PROJET FINANCÉ**  
par le fonds européen  
de développement régional

*Dans le cadre de REACT-EU :  
dispositif de relance de l'Union en  
réponse à la pandémie de COVID-19*

Version	Date	Remarques
1.0	17/02/21	Envoi du modèle
	xx/03/21	

### **Observations sur l'utilisation du rapport**

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de **Gaïa – Terre bleue** ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

**Crédit photographique :**                      **Gaïa – Terre bleue** (sauf mention particulière)

### **Auteurs**

Didier Grosdemange, Océanologue  
Guillaume Tollu, Biologiste  
Caroline Tessier, hydrodynamicienne  
Me Jean-Michel Communier, avocat

**Gaïa - Terre bleue**  
Bureau n°6 – Criée Ouest  
29900 Concarneau - France  
06 08 21 05 67  
[dgrosdemange@gaia-terrebleue.fr](mailto:dgrosdemange@gaia-terrebleue.fr)  
[www.gaia-terrebleue.fr](http://www.gaia-terrebleue.fr)

## Sommaire

---

<b><u>SYNTHESE DES MESURES DE COMPENSATIONS D'HERBIERS</u></b>	<b>5</b>
<b><u>1 ETAT DE L'ART (BIBLIOGRAPHIE ACTUALISEE)</u></b>	<b>6</b>
1.1 UN CONTEXTE DYNAMIQUE	6
1.2 LE MODELE BIOLOGIQUE	6
1.3 LES PROJETS RECENTS REPERTORIES	7
1.4 EXPERTISE ANTERIEURE EIE EGIS 2017	10
<b><u>2 ÉTUDE DE PARANGONNAGE DES METHODES ET TECHNIQUES</u></b>	<b>11</b>
<b><u>3 CONCLUSION – RETOURS D'EXPERIENCE, BILAN DES RESULTATS</u></b>	<b>12</b>
3.1 CONCLUSION DU GUIDE INGENIERIE ECOLOGIQUE IfRECOR	12
3.2 COÛTS	12
3.3 EFFICACITE ECOLOGIQUE	13
<b><u>4 ÉVOLUTIONS EN COURS ET A VENIR</u></b>	<b>13</b>

**Tables des illustrations**

---

### SYNTHESE DES MESURES DE COMPENSATIONS D'HERBIERS

#### « Phase 1b (synthèse des mesures de compensations d'herbiers) »

Cette partie sera rédigée par Impact Mer avec le soutien de Marex (Mathieu Pinault) et Sylvain Pioch, co-auteurs des guides IFRECOR. Il sera réalisé un benchmark des mesures de compensations aux Antilles et USA et également une analyse fine du retour d'expérience du Port autonome de Guadeloupe. »

#### Etape de ce rendu de Phase 1.B. : Méthodologie du DDAEU

- ▶ Phase 1 : Étude de l'état initial de l'environnement sur la base des données bibliographiques et de l'analyse des usages
  - Phase 1.A - Synthèse bibliographique de l'état initial de l'environnement et analyse des besoins
  - Phase 1 B : Synthèse bibliographique des mesures de compensations d'herbiers
- ▶ Phase 2 : Définition de la zone d'immersion
  - Phase 2.A - Élaboration d'un modèle courantologique générale
  - Phase 2.B - Définition de deux zones d'immersion potentielles sur la base de la bibliographie et de l'étude des usages
  - Phase 2.C - Choix de la zone d'immersion
- ▶ Phase 3 : Mission d'AMO pour la passation et le suivi du marché relatif au programme d'investigations océanographiques.
- ▶ Phase 4 : Mission d'AMO pour la passation et le suivi du marché relatif à l'étude du milieu biologique
- ▶ Phase 5 : Études de modélisation sur les sites de Galisbay-Marigot et la zone d'immersion
- ▶ Phase 6 : Élaboration des dossiers réglementaires
- ▶ Phase 7 : Suivi de l'instruction

#### « Phase 1 B : Synthèse bibliographique des mesures de compensations d'herbiers »

##### Objectifs

Les travaux d'aménagement du chenal du Projet de Galisbay vont détruire environ 20 hectares d'herbier auxquels il convient d'ajouter les surfaces détruites par la diffusion du nuage turbide. Il apparaît donc que la compensation de la destruction de plusieurs dizaines d'hectares d'herbiers constitue un enjeu majeur dans l'élaboration du DAEU.

Par souci d'anticipation, il s'agit ici de dresser un état des lieux des techniques et des expérimentations dans le domaine de la compensation de destruction d'herbiers (transplantation, etc.).

Ce travail viendra également alimenter l'étude d'impact.

##### Contenu des prestations

Le prestataire assurera une recherche bibliographique et une recherche des expérimentations qui ont été mises en œuvre pour compenser la destruction d'herbier (ex : expérimentation assurée par le Grand Port Maritime de Guadeloupe).

Le prestataire cherchera à dresser un inventaire exhaustif des techniques de compensation. Il présentera ainsi :

- Les techniques de compensation,
- Leur niveau d'efficacité,
- Leur coût de mise en œuvre,
- La faisabilité de la mise en œuvre des techniques au contexte de Saint-Martin. »  
(Extrait du CCTP)



L'objectif de cette étude est la production d'une synthèse de l'état de l'art des mesures de compensations d'herbiers marins, en particulier pour la zone Caraïbes.

Le plan du document est le suivant :

1. **Etat de l'art** (bibliographie actualisée)
2. **Étude de parangonnage** des méthodes et techniques
3. **Retour d'expérience** / bilan des résultats (coût – efficacité écologique)
4. **Évolutions** en cours et à venir.



## 1 ETAT DE L'ART (BIBLIOGRAPHIE ACTUALISEE)

### 1.1 UN CONTEXTE DYNAMIQUE

Le sujet des avancées sur les mesures de compensation des herbiers de phanérogames marines est à la fois un sujet « d'actualité », en parallèle du fort développement des démarches ERC et de l'ingénierie écologique (IE), mais également un sujet de fond depuis plusieurs décennies. En effet des expérimentations sur la culture et la transplantation des herbiers marins ont été menées dès les années 70 (Thorhaug, 1974 & 1979), et même dès 1947 (in Thorhaug, 1976).

Cette large antériorité d'initiatives variées est documentée par une importante bibliographie à l'échelle mondiale. Ces articles scientifiques et rapports divers sont souvent hors de propos, à actualiser pour la zone et le projet. En effet les facteurs de biogéographie, l'écologie des modèles biologiques et les spécificités liées à chaque projet sont fondamentaux.

Cependant toutes les initiatives passées, et singulièrement les plus proches spatialement et techniquement, sont d'un intérêt majeur pour en tirer un maximum d'enseignements.

### 1.2 LE MODELE BIOLOGIQUE

Les herbiers de phanérogames marines ne sont pas constitués par des algues marines mais bien des plantes à fleurs (*ie* angiospermes monocotylédones), comprenant racine, tige ou rhizome, feuille unique ou faisceau de feuilles.

## Synthèse des mesures de compensations d'herbiers

Leur reproduction peut être végétative mais également sexuée : des fleurs fertilisées par des pollens transportés par les courants marins. Ce mode de reproduction leur assure des aires de répartition biogéographique importantes.

**Systematique** : 52 espèces / 12 genres dont 7 tropicaux / 5 genres - 8 espèces en zone Caraïbes : *Ruppia maritima*, *Halodule beaudettei*, *Halodule wrightii*, *Halophila baillonis*, *Halophila decipiens*, *Halophila stipulacea* (EEE), *Syringodium filiforme* et *Thalassia testudinum*

Les espèces largement majoritaires à Saint-Martin et plus largement dans les Petites Antilles et même la Caraïbe sont l'herbe à tortues *Thalassia testudinum* (herbiers climaciques) et *Syringodium filiforme* (plutôt en profondeur jusqu'à -30m environ, attention dormance). Ces espèces se retrouvent souvent mixées et fragmentées. Les zones de substrats nus sont désormais fréquemment colonisées par l'espèce exotique envahissante *Halophila stipulacea*.

Ecologie - Interconnectivité entre les principales biocénoses :

- Relations physiques : protection mutuelle entre les trois écosystèmes majeurs mangrove / herbier / récif
- Interconnectivité écologique :
  - ⇒ relations trophiques (nourriture) : rôle de nourricerie
  - ⇒ cycles biologiques (larves & juvéniles en mangrove, jeunes sur herbier, adultes sur le récif puis frai en mangrove...).

### 1.3 LES PROJETS RECENTS REPERTORIES

#### 1.3.1 Projets dans les Antilles françaises

Guadeloupe : SAG extractions granulats Petit-Havre 2008-09 / CG971 Port Ste-Rose / GPMG

Martinique : quelques émergences d'idées mais pas de projet concret à l'étude ou en exécution

Saint-Martin : quelques émergences d'idées mais pas de projet concret à l'étude ou en exécution.

#### Focus Station Antillaise de Granulats (SAG) Compensation des extractions à Petit-Havre

ETAPE	BILAN
2008 : Phase 1 – Etude faisabilité création herbiers pour le compte de la Station Antillaise de Granulats (SAG)	Bilan biblio. biologie espèces cibles & méthodologies
2009 : Projet Phase 2 - Identification sites donneurs et à restaurer, phase expérimentale de restauration et suivis évolution herbiers restaurés	Non réalisé => SANS SUITES CONNUES



### Focus Projet Cayoli

Décembre 2012 : étude de faisabilité de transplantation de coraux et d'herbiers par Créocéan et Impact Mer pour le compte du PAG (actuel GPMG)

Différentes actions ont été menées ensuite autour de l'année 2018. Aucun bilan n'est cependant disponible. *A priori* les actions se sont soldées par des échecs mais il n'y a pas eu de détails rendus publics ou publiés.

<p><b>Collecte de graines</b> de <i>T. testudinum</i> par ex. à Petit-Havre au Gosier</p>		<p>Bilan ?</p>
<p>Culture en <b>pépinière expérimentale</b> (Aquarium de Guadeloupe)</p>		<p>Bilan ?</p>
<p><b>Implantation en milieu naturel #1</b> à l'îlet à Cochon</p>		<p>Bilan ?</p>
<p><b>Implantation en milieu naturel #2</b> à l'îlet Gosier</p>		<p>Bilan ?</p>

### Focus Conseil Général 971 – Compensation travaux port de Sainte-Rose

Source Léocadie, Pioch et Pinault 2020 – Guide ingénierie écologique Ifreco

Sainte-Rose possède un port départemental « à vocations multiples ».

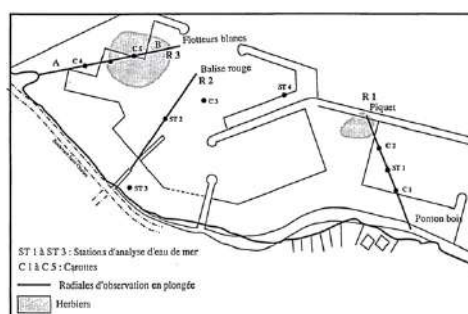
2012 : transplantation manuelle de 4635 m<sup>2</sup> d'herbe à tortues (*T. testudinum*) uniquement

Quatre mois de travaux sous-marins de transplantation manuelle (site receveur à proximité)

Coût d'environ 430 000 € (autre source 390 000 € ?) pour moins de 0,5 ha de transplantation

Mise en œuvre de 2 techniques différentes, avec ou sans ancrage, sur différents dispositifs (dalles de ciment percées, grillages métalliques, tuteurs (piquets ou crochets), toiles de jute

Éléments de succès non connus (suivi sur 5 années programmé ?)





### 1.3.2 Projets dans la Caraïbe

Il est probable que des projets aient émergé sur des territoires de la Caraïbe mais l'accès à la bibliographie est difficile pour de la littérature grise, en particulier pour des études à portée « locale » (cf. projet Cayoli). De ce fait, aucun élément n'a pu être trouvé concernant les autres territoires de la Caraïbe.

### 1.3.3 Projets dans la même province biogéographique

Suivant que l'on considère la Floride dans la même province biogéographique ou non, c'est sans conteste un des territoires qui a mené le plus de projets de restauration, avec environ 33 projets datant de 3 à 33 ans (Rezek et al. 2019).

Certains de ces projets concernent des réparations de dommages d'impacts causés par des navires (raguages, hélices, ancres).

### 1.3.4 Projets dans le monde

En 2016, Van Katwijk et al., ont réalisé une revue de 1786 projets différents, partout dans le monde, sur tous modèles biologiques.

Un des enseignements majeurs est l'importance de la réduction des pressions au préalable, en particulier pour la qualité des eaux et l'eutrophisation.

Cette conclusion fondamentale est à mettre en parallèle avec la « Doctrine Boudouresque » en France (Boudouresque et al. 1994, 2001, 2021), qui introduit les notions « éthiques » de constitution de toutes les conditions favorables au succès d'un projet de restauration d'herbier avant sa mise en œuvre effective.

L'influence des techniques employées et le second point d'importance mis en exergue dans le cadre de cette revue de première importance.

En effet de nombreux projets avec des ambitions très variables en termes de dimensions et de techniques ont été réalisés durant ces dernières décennies. Le spectre est large entre un projet de moins d'un hectare à Sainte-Rose, en Floride ou en Italie, et les projets ambitieux de transplantations mécanisées « industrielles » avec les engins dédiés de transplantation de matras de 0,25 m<sup>2</sup> posidonies nommés Ecosub 1 et 2 en Australie, dont rendent compte Paling et al. tout au long de leurs publications des années 2000.

Tout récemment, dans le cadre des travaux portuaires de Monaco, c'est une désoucheuse d'arbres qui a été marinisée et adaptée sur une pelle bras long sur une barge pour permettre des transplantations de boules de matras entières d'herbiers de posidonies (*Posidonia oceanica*).



### 1.4 EXPERTISE ANTERIEURE EIE EGIS 2017

---

- Transplantation d'herbiers de phanérogames: retours d'expériences et limite de la compensation
- Coût des transplantations d'herbiers
- Faisabilité de la transplantation des herbiers impactés dans la baie de Galisbay

Transplantation d'herbiers de phanérogames: retours d'expérience et limite de la compensation

- ⇒ Présentation des projets de transplantation de grande envergure par mottes avec mécanisation documentés (rares) : Ecosub 1 et Ecosub 2 en Australie, GUTS en Floride et Altea en Espagne
- ⇒ Succès variables et à surveiller dans la durée, techniques complexes et coûteuses, durées importantes

Coût des transplantations d'herbiers

- ⇒ Peu d'informations fiables et détaillées
- ⇒ Fonseca 2001 avance un coût de plus de 100 000 € par hectare, budget encore bien plus important avec les suivis

- ⇒ La compensation des travaux de digue de Sainte-Rose auraient coûté 430 k€ pour 0,5 ha

Faisabilité de la transplantation des herbiers impactés dans la baie de Galisbay

=> Difficultés majeures pour transplanter grandes surfaces de TT et SF ainsi que pour trouver site d'accueil adéquat et enfin pour obtenir un résultat réellement conforme en terme de fonctionnalités écologiques

### 2 ÉTUDE DE PARANGONNAGE DES METHODES ET TECHNIQUES

Méthode	Ptojet / Localisation	Espèces	Méthodologie	Bilan
TRANSPLANTATION	Cayali / GPMG	<i>T. testudinum</i>	Prélèvement site donneur Transport vers site receveur Transplantation sur site receveur	Applicable à des petites surfaces Dégradation site donneur ? Coûts élevés Efficacité faible
CREATION – SEMIS (ensemencement)	Pas d'exemples en Caraïbes	<i>T. testudinum</i>	Prélèvement graines site donneur Transport vers site receveur Ensemencement sur site receveur	Long projet difficile à évaluer Efficacité ?
MICROPROPAGATION	Cayali / GPMG	<i>T. testudinum</i>	Prélèvement graines site donneur Germination en pépinière Transplantation des plantules sur site receveur	Complexité ?
FACILITATION (gestion passive)	Pas d'exemples en Caraïbes	<i>T. testudinum</i>	Optimisation site (substrat) Recrutement naturel Développement des herbiers	Pas de bilan

## 3 CONCLUSION – RETOURS D'EXPERIENCE, BILAN DES RESULTATS

### 3.1 CONCLUSION DU GUIDE INGENIERIE ECOLOGIQUE IFRECOR

(Source Léocadie, Pioch et Pinault 2020 – Guide ingénierie écologique Ifrecor)

Les objectifs de restauration, les conditions locales, les espèces d'herbiers et les budgets alloués déterminent l'approche de plantation la plus appropriée pour un site donné (Björk *et al.*, 2008). Plusieurs conditions sont à respecter pour augmenter les chances de réussite d'un projet de restauration, comme par exemple (d'après Paling *et al.*, 2009 ; Cunha *et al.*, 2012; Van Katwijk *et al.*, 2016) :

- ① Définir les buts et les objectifs clairs du projet et sélectionner les sites appropriés
- ② Définir les méthodes adaptées aux conditions du/des sites, le temps de surveillance et les critères de réussite du projet
- ③ Connaître et éliminer les menaces locales (bioturbation, herbivorie, hydrologie, impact anthropique, *etc.*) avant de lancer des projets
- ④ Initier des essais de restauration à petite échelle avant d'engager des projets de grande envergure
- ⑤ Minimiser les dommages sur le site donneur
- ⑥ Répartir les essais sur différents sites et utiliser des méthodes différentes pour améliorer le succès et l'efficacité des restaurations
- ⑦ Faire preuve de flexibilité en cas d'événements inhabituels, la gestion adaptative devrait être la base d'un projet de restauration
- ⑧ Apprendre des expériences passées et utiliser les informations obtenues pour améliorer les méthodes
- ⑨ La publication des résultats et le partage d'expériences est essentiel.

Il est important de préciser que si un habitat naturel donné ne présente naturellement pas d'herbier, alors il n'y a pas lieu d'avoir recours à de la restauration. En effet, cette absence est probablement dû à plusieurs raisons (hydrodynamique, qualité de l'eau, du sédiment, des apports nutritifs, *etc.*).

### 3.2 COÛTS

Les coûts des projets sont des données généralement difficiles à acquérir, mais également à consolider et rendre intelligibles et comparables avec celles d'autres projets.

Il a ainsi été mis en évidence des disparités importantes entre les coûts des différents retours d'expérience disponibles. Un des soucis majeurs de cette évaluation est la différence dans l'analyse de la prise en compte des différentes étapes des projets.

Il paraît possible d'avancer un découpage des enveloppes budgétaires des projets de l'ordre de :

- ⇒ Coûts des études préliminaires environ 20%
- ⇒ Coûts des travaux environ 60%
- ⇒ Coûts des suivis environ 20%.

Dès lors les disparités constatées entre les budgets avancés pourraient être expliquées par la prise en compte ou pas des études d'expertises en amont et en aval des travaux, qui pourraient devoir représenter jusqu'à 40% du budget total d'un projet.

### 3.3 EFFICACITE ECOLOGIQUE

Les données concernant l'efficacité écologique des projets sont des généralement difficiles à obtenir, en supposant déjà que des données de suivi fiables aient été acquises et pérennisées.

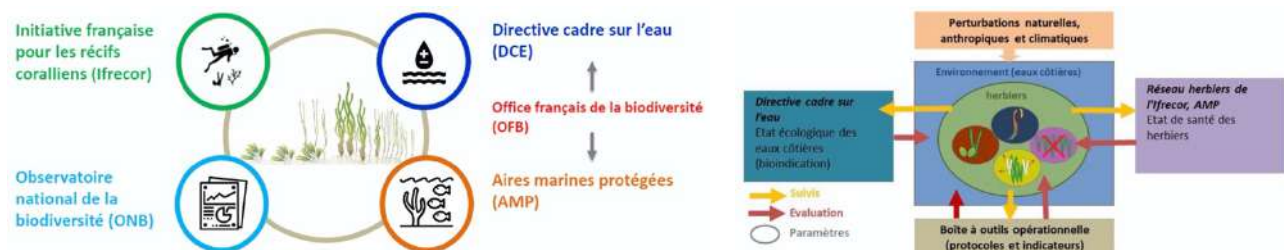
Il apparait que les bilans sont souvent mitigés. De nombreux projets sont avortés. Ceux qui voient le jour de manière effective et sont réalisés connaissent des difficultés d'exécution. Les efficacités écologiques effectives par la suite ne sont pas forcément convaincantes ou méconnues.

Cela est d'autant vrai que les durées de suivi doivent être importantes pour pouvoir juger de la véracité de la réussite d'un programme de restauration d'herbiers.

## 4 ÉVOLUTIONS EN COURS ET A VENIR

Diverses perspectives sont en gestation avec le GT "herbier" de l'Ifreco et entre autres les travaux de développement des indicateurs « opérationnels » de « Merci-cor » ou la définition d'une nouvelle typologie des biocénoses marines des Antilles françaises, herbiers en particulier, par le MNHN.

Dans le cadre d'un projet parallèle de l'EPSM, « CARTOGRAPHIE ET ANALYSE DE L'ETAT DE CONSERVATION DES HABITATS MARINS DANS LES BAIES DE MARIGOT, GRAND-CASE ET CUL DE SAC SUR L'ILE DE SAINT-MARTIN », c'est un protocole de suivi croisé entre celui utilisé par Pareto en 2013, celui utilisé jusqu'à cette année et le protocole nouvellement développé avec les travaux de F. Kerninon qui sera utilisé.



Les travaux de thèse "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" Ministère de l'Ecologie, Dvpt durable / OFB – MTES. UBO, 2020 devraient être prochainement publiés.