

ETUDE DES TECHNIQUES DE COLLECTE DE SARGASSES

Mission 1 :
Suivi & Evaluation des techniques
de collecte de sargasses

RAPPORT DE SYNTHÈSE

Déc.
2022



EXPERTISES

Rédacteur : Mme Astrid Chanteur en collaboration avec Mme Wech Pauline et Mr Bonte Benoit, société SUEZ CONSULTING. Publication décembre 2022.

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 21MAG026

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par Mme Astrid Chanteur de SUEZ Consulting

Coordination technique - ADEME : Marine Marie-Charlotte, Mélanie Cueff

SOMMAIRE

1. PREAMBULE.....	5
2. OBJET & CONTEXTE DE L'ETUDE.....	6
3. METHODOLOGIE	8
3.1 Approche méthodologique générale.....	8
3.2 Equipements nécessaires à la mission	12
3.3 Prise en compte de la sécurité	13
3.3.1 Outils d'information et de prévention	13
3.3.2 Outils d'appréciation des risques	14
4. SUIVI & EVALUATION DES OPERATIONS DE COLLECTE	18
4.1 Barrages en mer.....	19
4.1.1 Généralités	19
4.1.1.1 Objectifs et fonctions des barrages en mer	19
4.1.1.2 Typologie des barrages	21
4.1.1.3 Points de vigilance pour la mise en place d'un barrage.....	22
4.1.2 Présentation des barrages évalués	23
4.1.2.1 Barrage FILET DROM.....	23
4.1.2.2 Barrage MESH BOOM – DESMI.....	35
4.1.2.3 Barrage SARGABARRIER – THE OCEAN CLEANER.....	42
4.1.2.4 Barrage CUBISYSTEM.....	47
4.2 Collecte mécanique en mer	54
4.2.1 Barge de collecte en mer « Sargator II » – Société STMI	54
4.2.2 WATERMASTER – TTTM.....	59
4.2.3 SEA TURTLE MKII – DESMI.....	64
5. SYNTHÈSE	69
5.1 Bilan de l'évaluation des barrages en mer	69
5.2 Bilan de l'évaluation des outils de collecte mécanique en mer	71
5.3 Recommandations quant au choix de la méthode à déployer	74
ANNEXES	75
ANNEXE 1 : GUIDE CEVA.....	76
ANNEXE 2 : FICHE D'EVALUATION ADEME.....	119
ANNEXE 3 : « GUIDE TECHNIQUE » REALISE PAR LA DEAL/PNMM.....	127
ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DE LOCALISATION DES DISPOSITIFS EVALUES.....	135
ANNEXE 5 : FICHES DE SYNTHÈSES.....	139
ANNEXE 6 : TABLEAUX DE SYNTHÈSE D'EVALUATION DES BARRAGES EN MER ..	164
ANNEXE 7 : TABLEAUX DE SYNTHÈSE D'EVALUATION DES ENGINES DE COLLECTE EN MER.....	167
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES	171

1. Préambule

Les arrivages d'algues Sargasses en provenance d'une zone au nord-est du Brésil, touchent les Caraïbes depuis 2011, avec une recrudescence depuis 2017, exposant sur les plans environnemental, sanitaire et économique des régions jusque-là épargnées (toutes les îles des Caraïbes jusqu'à la Floride). La Martinique est essentiellement concernée sur ses communes littorales de la façade Atlantique et du Sud, tandis que la Guadeloupe est concernée notamment sur la côte au vent et les côtes Est à Sud-Est des îles du Sud.

Face à l'ampleur des échouages, les pouvoirs publics se mobilisent. En vue d'optimiser la gestion de ces échouages massifs particulièrement préjudiciables aux territoires et populations, des actions concertées ont été entreprises par les services de l'Etat, avec l'appui des organismes référents tels que l'ADEME qui participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. En effet, l'ADEME apporte un appui technique aux entreprises, collectivités locales, pouvoirs publics et au grand public, de par ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines comme la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et l'adaptation au changement climatique.

Dans ce cadre, l'ADEME a financé plusieurs projets « sargasses », de la collecte à la valorisation, avec pour objectifs la définition de moyens de collecte adaptés aux milieux d'échouage (fonds de baie, plages...) qu'ils soient terrestres ou marins, ou encore l'identification de modes de valorisation de ces algues. On peut citer entre autres :

- L'appel à projet ADEME Martinique (2015) et Guadeloupe (2016) pour la collecte innovante et valorisation des algues sargasses ;
- L'appel à projet ANR Sargassum (2019) pour la recherche, le développement & l'innovation.

La présente étude s'inscrit dans le cadre du renouvellement du marché ADEME pour l'évaluation des dispositifs de collecte innovants sur la période 2020-2022. Le marché se décline en deux volets :

- **Mission 1 « Suivi et évaluation des techniques de collecte » :**

De manière générale, les porteurs de projets soumettent à l'ADEME et ses collaborateurs régionaux (autres services de l'Etat, collectivités régionales, etc.) l'étude de leurs prototypes innovants de collecte et/ou de transfert de sargasses. Dans ce cadre, SUEZ Consulting assure la mission d'évaluation technico-économique de ces différentes méthodes de collecte. Elle repose sur le suivi de chantiers-pilotes pour évaluer en temps réel ces techniques innovantes pour juger de leur efficacité et adaptabilité à la gestion du phénomène.

- **Mission 2 « Etude de la durée de vie du matériel de collecte » :**

Les échouages massifs de sargasses s'imposent aux collectivités bien souvent limitées dans leurs capacités de ramassage, stockage et traitement. Aux difficultés de déploiement des ressources, s'ajoutent de nouvelles problématiques mettant en lumière les limites des moyens déployés. C'est le cas de l'usure et la pérennité du matériel de collecte. Dans ce cadre, SUEZ Consulting assure la mission d'évaluation de la durée de vie du matériel. Elle repose sur un travail de revue bibliographique et d'enquête menée auprès des principaux acteurs.



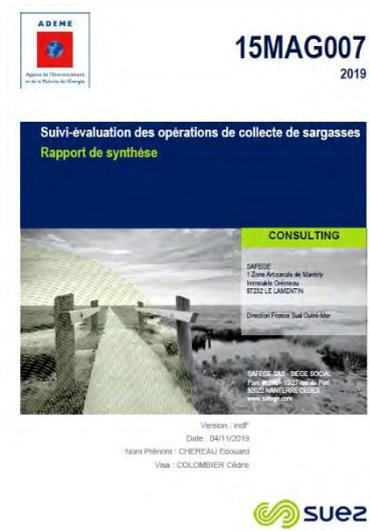
Ce qu'il faut retenir...

Le présent rapport correspond à la restitution de la Mission 1.

2. Objet & contexte de l'étude

Une première étude a été menée par SUEZ CONSULTING pour l'ADEME pour évaluer entre 2015 et 2019 des opérations de collecte de sargasses conduites avec un certain nombre de dispositifs :

- Collecte manuelle à terre :
 - Brigade verte / RSMA
- Collecte mécanique à terre :
 - Ratisseur (SEEN)
 - Véhicule automoteur de ramassage (AXINOR)
 - Pelle long bras (Entreprises de BTP / Communes / DEAL)
 - Caneloader
- Collecte mécanique en mer :
 - Barge de collecte en mer (ALGEANOVA)
 - Petites barges de collecte (Sargator, Lougarou)
 - Dragage aspiratrice en Marche (ELBE)
 - Amphibie de pompage Mobitrac
- Aide à la collecte :
 - Amphibie TRUXOR
 - Râteau Goémonier



Il est ressorti du bilan des observations menées dans le cadre de cette précédente étude que :

- La solution de collecte idéale vis-à-vis de l'incidence environnementale des algues sargasses est la collecte en mer en proche côtier. Toutefois, pour qu'elle soit réalisable, elle nécessite :
 - Un couplage avec des barrages en mer, pour lesquels les retours d'expérience sont encore insuffisants. En effet, ces derniers peuvent être soumis à de fortes pressions (houle, courant, nappes denses) pouvant engendrer leur rupture. L'entretien et la nécessité de démontage en cas d'alerte cyclonique sont problématiques en cas d'installations sur de longs linéaires ou en de multiples points. Ce point implique de disposer d'effectifs importants en cas de nombreux barrages, or ces effectifs sont susceptibles d'être mobilisés sur d'autres sujets (protection des habitations...).
 - Une amélioration des problématiques de stockage (volume) et déplacement (temps) des appareils, ces deux éléments étant limitants pour le rendement.
- Concernant la collecte à terre, l'utilisation de méthodes à forte incidence telles les pelles long-bras et tractopelles à godet pleins ou à trous est à éviter. Bien que leurs rendements puissent être importants et présenter des coûts a priori intéressants, ces méthodes ont une incidence très forte sur l'érosion des plages. En effet, au regard des observations faites in-situ, 20 à 30% du volume collecté en moyenne correspond à du sable. Ceci entraîne de nombreuses problématiques et aggrave à terme les phénomènes d'échouage de sargasse (augmentation de la surface disponible pour l'échouage par recul des plages, perte de portance, disparition de plage...). Le retour du sable sur site dans le cadre d'un rechargement de plage peut alors s'avérer coûteux. Leur utilisation doit être réservée à des secteurs non accessibles par d'autres méthodes. L'utilisation de godets adaptés peut être un élément de réponse à cette problématique.
Un couplage des méthodes ratisseur/véhicule automoteur de ramassage semble présenter le meilleur ratio efficacité/incidence :
 - Le véhicule automoteur permet d'agir sur des nappes épaisses et laisse une couche réduite sur place ;
 - Le ratisseur permet de collecter cette couche et de ne pas être gêné par des épaisseurs d'algues trop importantes. Ce dernier peut également intervenir régulièrement comme outil d'entretien de plage. Toutefois ces méthodes doivent être utilisées rapidement (moins de 48h) en cas d'échouage massif pour éviter la putréfaction et le compactage des algues pouvant alors poser des difficultés à la collecte.

A chaque rappel du rapport 2015-2019, une icône représentant la page de garde du dossier 2015-2019 sera insérée dans la marge.

Au regard de ces éléments, le bilan des évaluations conduites entre 2015 et 2019 amène à la conclusion de l'intérêt de privilégier :

- Une méthode de collecte selon la configuration du littoral et l'intensité des échouages ;
- La collecte en proche côtier et depuis le rivage pour réduire les impacts et nuisances des échouages, optimiser la collecte de sargasses propres et faciliter la collecte sur les sites difficilement accessibles.

Dans la continuité de cette étude, SUEZ CONSULTING poursuit l'évaluation de nouvelles techniques de collecte dans la Caraïbe et ailleurs. Le présent rapport d'étude pour la **Mission 1 « Suivi et évaluation des techniques de collecte »** repose ainsi sur les résultats d'investigations en matière d'évaluation environnementale et technico-économique de nouveaux chantiers pilotes ainsi que leur adaptation aux différentes configurations du littoral.

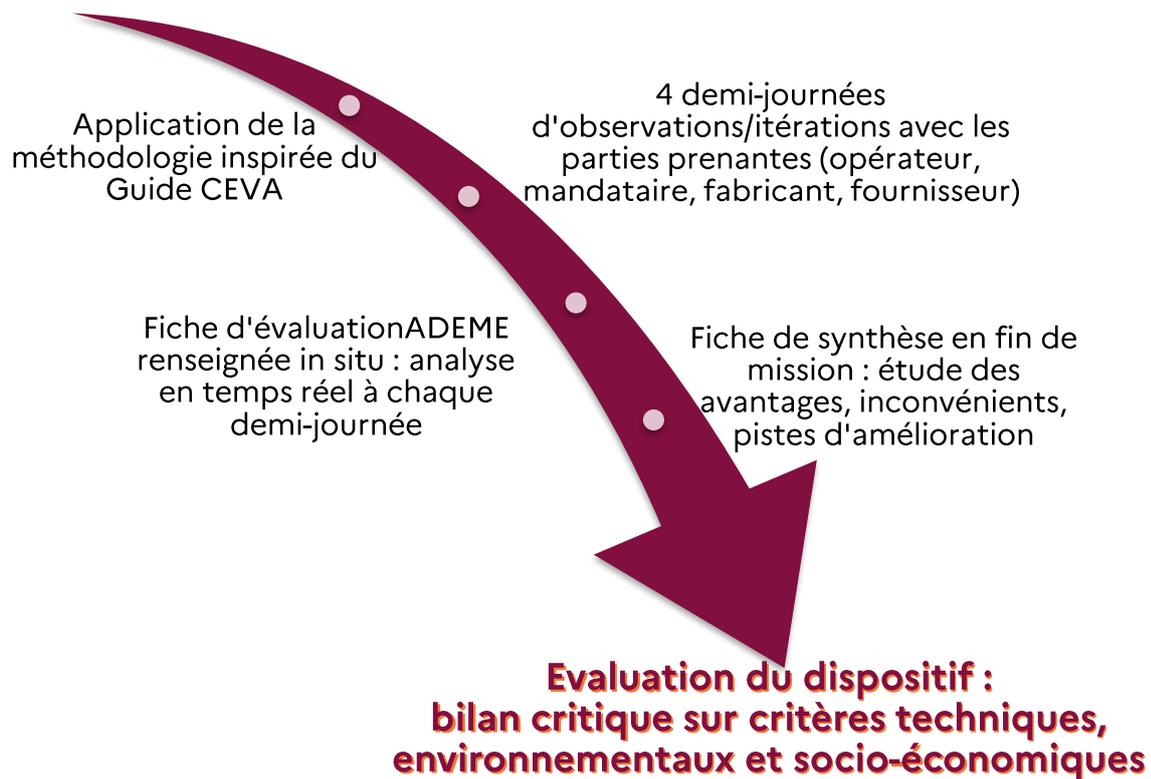
En résonance avec la *Mission 2 « Evaluation de la durée de vie »*, il introduit le paramètre « Durée de vie » qui faisait défaut à l'étude 2015-2019. Concrètement, le suivi réalisé dans le cadre de cette étude doit permettre de :

- Mesurer les performances techniques et proposer des pistes d'optimisation ;
- Identifier par typologie de site d'échouage, les méthodes de collecte les plus adaptées et inversement, par type de machines, les sites accessibles ;
- Evaluer les coûts opérationnels de ces techniques ;
- Identifier les principales limites et dysfonctionnements ;
- Evaluer la durée de vie du matériel de collecte ;
- Evaluer l'impact environnemental (tassement, prélèvement de sable, érosion, sensibilité pour les nids de tortues, biocénose marine...);
- Evaluer l'impact social (retombées en termes d'emploi, conditions de travail...);
- Déterminer les freins au développement de chaque technique (coût, absence d'un tel matériel, entretien et fragilité du matériel, potentiel de valorisation des algues...).

A cet effet, sont présentées les conclusions des évaluations réalisées pour les techniques suivies par le biais d'une présentation de la méthodologie d'évaluation utilisée sur les sites pilotes et d'une présentation des résultats des évaluations ainsi qu'une grille d'évaluation générale.

3. Méthodologie

3.1 Approche méthodologique générale



De manière générale, la méthodologie utilisée par SUEZ CONSULTING est basée sur celle du CEVA (Centre d'Evaluation et de Valorisation des Algues) basé à Pleubian dans les Côtes d'Armor, et qui, en partenariat avec l'ADEME Martinique, a réalisé un manuel méthodologique d'évaluation des expérimentations des collectes d'algues. Les différents critères et items associés pour mener à bien l'évaluation sont synthétisés dans le tableau. La méthodologie détaillée du Guide CEVA est quant à elle présentée en **ANNEXE 1** du présent dossier.

Les évaluations réalisées ont nécessité l'intervention d'un ingénieur et d'un chef de projet. Sur chaque chantier pilote, le processus d'évaluation, détaillé ci-après, est déployé. A noter que suivant le type de technique de collecte ou de chantier, certaines étapes (à l'exemple de l'étape 5) ne sont pas toujours réalisables ou rendues nécessaires (cas des barrages en mer ne nécessitant pas le prélèvement pour mesures/analyses de sargasses pour calcul du poids égoutté ou taux de sable).



Figure 1 : Process d'évaluation-type des techniques de collecte de sargasses
(Source : SUEZ CONSULTING)

Dans le cadre de l'évaluation de chaque méthode de collecte de sargasses, il est réalisé un maximum de 4 demi-journées d'évaluation.

Une fiche d'évaluation de terrain sert de support pour noter et recenser sur site et en temps réel les informations nécessaires à la procédure d'évaluation. Cette fiche, dont le format a été préalablement validé par l'ADEME dans le cadre de l'étude menée entre 2015 et 2019, est présentée en ANNEXE 2 du présent dossier.

A l'issue de la phase d'observations et d'itérations avec le fournisseur et/ou le gestionnaire ou personnel opérant sur le chantier pilote, une fiche de synthèse est spécifiquement élaborée pour chaque technique de collecte de sargasses. Les fiches de synthèse des différentes méthodes observées sont présentées en ANNEXE 5 du présent rapport.

In fine, dans le cadre du processus d'évaluation des techniques de collecte de sargasses, l'approche méthodologique retenue repose sur l'évaluation d'un certain nombre de critères prédéfinis. Il s'agit entre autres de critères :

- Techniques ;
- Environnementaux ;
- Socio-Economiques.

Les différents critères, indicateurs, et méthodes de détermination associées pour mener à bien l'évaluation sont synthétisés dans le tableau suivant. Ils sont relativement applicables suivant la technique de collecte évaluée.

Tableau 1 : Critères et indicateurs donnés à titre indicatif (Source : SUEZ CONSULTING)

CRITERE	ITEM	INDICATEUR	METHODOLOGIE	LIMITES
TECHNIQUES	Contextualisation du chantier de ramassage	<u>Description du site :</u> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Accessibilité (sentier, route, cale) ➤ Nature du site (plage, fond de baie, mangrove...) ➤ Complexité (présences d'obstacle...) ➤ Nature des échouages (date, distribution) ➤ Évaluation du stock algal 	Observations visuelles Relevé manuel des dimensions des échouages (longueur/largeur/hauteur) Relevé manuel des ratios $\text{Poid}_{\text{Ségouté1min}}/\text{Volume}/\text{m}^2$	Relevés limités à la fraction échouée à terre Imprécisions sur la date d'échouage Imprécisions de l'évaluation des stocks liées à des distributions non uniformes de l'échouage.
		<u>Description du matériel :</u> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Type de ramassage (manuel/mécanique) ➤ Domaine de ramassage (terre et/ou mer) ➤ Outils (nature, dimensions, emplacement...) ➤ Profondeur de travail ➤ Mode de stockage/transfert 	Observations visuelles Fiche technique Entretien avec le gestionnaire / fournisseur	-
		<u>Description de l'organisation du chantier :</u> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Moyens humains ➤ Organisation des phases de collectes ➤ Facilité de déploiement 	Observations visuelles Minutage de la mise en place du dispositif Entretien avec l'opérateur / fournisseur	Evolution de l'organisation d'une intervention à l'autre (adaptation)
	Evaluation du rendement & faisabilité	Rendement brut (m3 collectés/h) Rendement intégré (m3 collectés/transférés/évacués/h)	Estimation des volumes collectés Minutage des phases d'opérations de collecte/transfert/évacuation	Evolution de l'organisation d'une intervention à l'autre (adaptation) Prestations de collecte / évacuation pouvant être dissociées (temps/intervenants). Imprécisions liées à une estimation visuelle en l'absence de bons de pesée.
	Efficacité des techniques de ramassage	Evolution du stock de biomasse avant/après intervention Entretien Durée de vie théorique	Observations visuelles Relevé manuel des dimensions des échouages ou zone de stockage temporaire (longueur/largeur/hauteur) Relevé manuel des ratios $\text{Poid}_{\text{Ségouté1min}}/\text{Volume}/\text{m}^2$	Imprécisions du stock algal liées à des distributions non uniformes de l'échouage Imprécisions du stock algal pour les sites de collecte en mer
	Sélectivité des techniques de ramassage	Ratio poids humide / poids sec Ratio Masse sable / volume collecté Présence d'indésirables (ramassage matériau autres qu'algal)	Observations visuelles Détermination manuelle des différents ratios par prélèvement et analyse (séparation algues/sable, séchage)	Séchage naturel (soleil pour condition in-situ) influencé par météo (épisodes pluvieux...); Résultats distincts selon nature des algues collectés, (fraîches/anciennes...) et

				profondeur de collecte (surface/profondeur)
	Transport et devenir des algues exportées	<p>Nombre de rotations pour le transport</p> <p>Quantité d'algues collectées / stockées</p> <p>Quantité d'algues envoyées vers l'unité de traitement</p> <p>Distance point de collecte-point de dépôt des algues</p>	<p>Détermination du point de dépôt des algues et calcul de la distance</p> <p>Minutage des phases d'opération de transfert/évacuation</p> <p>Observations visuelles des sites de stockage/traitement et modalités</p> <p>Inventaire des filières de collecte</p>	<p>Remontée des informations complexes car prestations de collecte / évacuation pouvant être dissociées (temps/intervenants)</p> <p>Temps / distance variable selon les sites (proximité de l'évacuation, moyens disponibles...)</p>
ENVIRONNEMENTAUX	Impacts environnementaux	Contraintes d'exploitation (tassement, érosion)	<p>Observations visuelles</p> <p>Entretien avec les opérateurs / fournisseurs</p>	Estimation relativement complexe des incidences
		Incidences potentielles sur la faune/flore/milieu	<p>Observations visuelles</p> <p>Photos et prises de vue sous-marines</p> <p>Bibliographie</p>	-
		Consommation énergétique	<p>Fiche technique</p> <p>Entretien avec les opérateurs / fournisseurs</p>	Défaut de disponibilité et fiabilité des données
SOCIO-ECONOMIQUES	Impacts sociétaux	Incidence sur population (nuisances...)	<p>Observations visuelles et acoustiques</p> <p>Bibliographie</p>	-
		Retombées et création d'emplois	Entretien avec les opérateurs / fournisseurs	-
		Habilitations et formations de travail	Entretien avec les opérateurs / fournisseurs	Difficultés d'accès à la zone d'intervention au plus proche des opérateurs sur certains chantiers
	Sécurité des biens et des personnes	<p>Conditions d'intervention des opérateurs</p> <p>Moyens de protection</p>	<p>Observations visuelles</p> <p>Recensement des EPI</p>	Difficultés d'accès à la zone d'intervention au plus proche des opérateurs sur certains chantiers
	Evaluation économique	Cout d'intervention (personnel, matériel...)	<p>Minutage des phases d'opérations de collecte/transfert/évacuation</p> <p>Analyse des devis transmis</p> <p>Entretien avec les opérateurs / fournisseurs</p>	<p>Coût variable selon les sites (proximité de l'évacuation, moyens disponibles...)</p> <p>Défaut de disponibilité et fiabilité des données</p>
Coût d'évacuation (cout horaire/m ³ évacués)				
Dépenses d'entretien (personnel, matériel...)				

3.2 Equipements nécessaires à la mission

La liste des équipements utilisés est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Matériel requis pour l'évaluation des techniques de collecte de sargasses

EQUIPEMENTS		
Relatifs à la prise de mesures	Appareil photo / Chronomètre	 
	Quadrat	
	Mètre ruban	
	Sac maillé	  
	Balance	
	Seau gradué 10 L pour collecte de sargasses	
	Glacière pour transport ou bac de stockage pour séchage en conditions naturelles	
Relatifs à la sécurité	Demi-masque filtrant anti-gaz mono-cartouche ou double-cartouche	 
	Cartouches filtres anti-gaz A2B2E2K2 ou ABEK1	
	Détecteur de gaz H ₂ S portatif	
	Bottes de chantier et/ou chaussures de sécurité (suivant contexte)	  
	Lunettes de protection	
	Gants	
	Gilet haute visibilité	
	Gilet de sauvetage (pour les évaluations de collecte en mer)	

3.3 Prise en compte de la sécurité

Au-delà de la mise à disposition des équipements relatifs à la sécurité et spécifiquement déployés dans le cadre de la mission, une attention particulière a été portée au risque sanitaire lors des opérations d'évaluation menées par SUEZ CONSULTING à travers différents moyens. Ces derniers sont détaillés ci-après.

3.3.1 Outils d'information et de prévention

La prise en compte des risques sanitaires passe avant tout par un travail de veille documentaire et une mise à disposition de vecteurs d'information sur les risques encourus. Deux documents à visée informative ont été utilisés dans le cadre de la mission : un document externe et un document interne.

- « **Prévention des risques lors de la collecte des sargasses** », *Préfecture de Guadeloupe* :

Ce guide de recommandations établi par la Préfecture de Guadeloupe dresse un bilan des recommandations à l'égard des professionnels confrontés aux sargasses et portées à la connaissance des opérateurs et encadrants tenant compte des risques sanitaires associés aux émissions de gaz générées par les sargasses.

Pour rappel, les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) contraignantes sont les suivantes :

- pour le NH₃ (Ammoniac anhydre) :
 - 10 ppm en moyenne sur 8h
 - 20 ppm sur 15 minutes.
- pour le H₂S (Sulfure d'hydrogène) :
 - 5 ppm en moyenne sur 8h
 - 10 ppm sur 15 minutes.

Ces recommandations portent exclusivement sur l'organisation des opérations de collecte :

1. Réaliser une évaluation des risques ;
2. Privilégier le ramassage des algues encore fraîches c'est-à-dire dans les 24 heures suivant leur échouage et privilégier le recours à des moyens mécaniques de ramassage ;
3. Organiser le travail
 - Proscrire tout travail isolé ;
 - Joindre, guider et faciliter l'accès des secours ;
 - Interdire l'accès du chantier au public ;
 - Informer le public par une signalétique adaptée ;
 - Ne pas procéder au ramassage manuel dans les 15 minutes suivant le départ d'un engin de chantier sur les lieux où des tas de sargasses ont été remuées ;
 - Prévoir une zone de repos à l'ombre et avec de l'eau potable disponible ;
4. Informer et former les encadrants et opérateurs ;
5. Assurer la protection des travailleurs ;
6. Assurer la traçabilité des expositions.

• « Notice méthodologique interne », SUEZ CONSULTING :

Destinée aux intervenants SUEZ CONSULTING, cette notice interne a constitué une feuille de route pour préparer et mener à bien l'évaluation sur les chantiers pilotes. Ce document détaille l'approche méthodologique à mettre en œuvre dans des conditions optimales de sécurité.

21MAG026
Notice méthodologique Mission 1 – Suivi de chantier

Anticiper et assimiler les enjeux

Imprégné·e·s des lieux. Pour cela, rendez-vous sur le lieu de collecte avant le démarrage de l'évaluation. Notez déjà les caractéristiques du site, si nécessaire, au moyen de la fiche d'évaluation ADEME. Identifiez également les points particuliers du site s'il y en a (difficultés d'accès, intérêt environnemental notable (panneaux d'informations sur la faune, balisage particulier), présence de baigneurs, usages/activités in situ...).

Attention : L'idéal est d'arriver au moins 20 minutes avant le démarrage du suivi.

Mener une évaluation des plus exhaustives

Afin de pouvoir vous concentrer et rentrer dans le vif du sujet, anticipez le remplissage de la fiche d'évaluation en amont de votre déplacement. A titre d'exemple, la section « Informations générales » peut déjà être renseignée. Le gain de temps sera effectif dès le 1^{er} suivi mais aussi pour les autres visites à venir pour une même technique (redondance des informations).

N'hésitez pas à questionner l'opérateur sur le matériel utilisé (volume de benne, organisation du cycle...). Mettez-en œuvre votre propre méthode de calcul pour estimer certaines données : par exemple la quantité d'algues ramassées en un cycle, en une journée.

Certaines informations peuvent être difficiles à renseigner. C'est le cas notamment de la section « Caractérisation de l'échouage ». S'agissant du prélèvement d'algues, celui-ci n'est à effectuer et renseigner que pour les techniques à terre et/ou en proche côtier. Il convient de se référer au [Guide CEVA](#) sur ce point.

Attention : Pour évaluer certaines données, il est parfois indispensable d'avoir recours à certains calculs hors site, une fois revenus à l'agence. C'est le cas du « Taux de recouvrement » ou de la « Surface d'échouage estimée » sur site calculable par confrontation des mesures prises sur site avec les vues aériennes ou SIG.

Bien se préparer en amont

Mettez toutes les chances de votre côté pour votre mission !

- Elaborez l'analyse de risques liés à votre intervention en renseignant le [document prévu à cet effet](#).
- Pensez à votre santé et sécurité en vous équipant des APR (Appareils de Protection Respiratoire) :
 - Ne partez pas sur le terrain sans avoir récupéré au préalable votre détecteur H2S, votre demi-masque et suivant le modèle la (ou les) cartouche(s).
 - Vérifiez que vous avez le bon type de filtre (cartouche de type ABEK1).
 - Vérifiez que vous disposez du bon équipement (cartouche adaptée au masque) et que le compte y est : certains demi-masques nécessitent parfois 2 cartouches, d'autre 1 cartouche.
- Équipez-vous du matériel nécessaire et adapté au site évalué :
 - Carte et/ou vue aérienne du site
 - Mètre ruban
 - Quadrat 1mX1m ou 25cmX1m
 - Peso/balance portative
 - Gants de protection
 - Seau 10L / Sacs congélation pour échantillon
 - Glaçière noire EUROFINIS
 - Smartphone (Appareil photo + GPS + Chronomètre)
 - Marqueur indélébile.
- Munissez-vous de vos supports et outils d'évaluation : La grille d'évaluation ADEME ou Fiche d'évaluation « chantier pilote sargasses » sera le support à avoir à disposition.

Attention : Pour certains types de chantier ou technique de collecte, certains équipements ne sont pas nécessaires. C'est le cas d'évaluation de barrage ou de suivi de collecte en mer, pour lesquels il ne sera par exemple pas nécessaire de prélever des échantillons de sargasses.

Analyser et synthétiser

Une fois le suivi effectué, questionnez-vous sur les points qu'il aurait été utile d'observer sur site, les données qu'il aurait été opportun de relever. Réfléchissez déjà aux points forts de la méthode de collecte, aux difficultés rencontrées, aux incidences sur le milieu, aux possibilités d'amélioration.

Attention : Il est impératif de se poser et de procéder à votre propre auto-évaluation suite à la 1^{ère} visite de suivi de la technique de collecte. En cas de constat de données insuffisantes, vous pourrez rectifier votre approche à l'occasion de la 2^{ème} ou éventuelle 3^{ème} visite de suivi.

Donner une dimension visuelle à votre contenu

L'étape ultime consiste à mettre en forme vos éléments d'analyse. Il s'agit de produire une **Fiche de synthèse** à partir du canevas disponible dans les [données d'entrée](#) sur le serveur.

Attention : Il convient de se conformer au canevas. Pour toute modification majeure, l'ensemble de l'équipe devra être tenue informée pour veiller à l'uniformisation des livrables.

Figure 2 : Notice méthodologique (Source : SUEZ CONSULTING)

3.3.2 Outils d'appréciation des risques

• VMS :

La VMS (Visite Managériale de Sécurité) constitue un outil qui permet d'émettre des observations dans le cadre d'une mission donnée et de communiquer sur la sécurité au sein d'une entreprise. Déployée à l'initiative de la direction, la VMS est également un outil d'implication et de responsabilisation des équipes. Dans ce cadre, la direction et l'encadrement doivent organiser et entraîner leurs équipes dans un état d'esprit de prudence et de performance, suivant 3 étapes :



Figure 3 : Etapes classiques de la VMS (Source : SUEZ CONSULTING)

Préalablement au démarrage de la mission de suivi des techniques de collecte de sargasses, une VMS a été menée avec le Directeur des opérations et l'ensemble des collaborateurs de SUEZ CONSULTING susceptibles d'intervenir dans le cadre de la mission. Elle se base sur les principes suivants :

- Pas de jugements, réprimandes ou mesures disciplinaires
- Concentration sur les points positifs et les points à améliorer
- Entente conjointe sur les actions & Priorité donnée aux actions immédiates
- Focus sur les « Règles qui Sauvent » de SUEZ CONSULTING.

In fine, la VMS a permis de connaître les enjeux de sécurité dans le cadre de la mission, identifier les risques de n'importe quelle situation de travail suivant le site ou domaine d'intervention d'un chantier pilote à un autre et trouver toutes les solutions possibles pour maîtriser ces risques. Ce, avec pour finalité de renforcer la culture sécurité et l'état d'esprit en matière de sécurité.

Les axes majeurs de réflexion et pistes d'action se sont orientés vers :

- L'analyse de risques : à réaliser en amont de chaque intervention sur un chantier pilote ;
- La liste exhaustive des EPI (Equipement de Protection Individuel) : à adapter/réviser suivant le type de chantier ;
- L'identification et tenue à disposition des appareils de protection respiratoire (APR) : dont les composants (cartouches) et quantités sont à définir en fonction du type de dispositif.

suez		Formulaire		Ref. N° 03S-R01-P01-F01-F	
COMPTE-RENDU VISITE MANAGERIALE DE SÉCURITÉ				Version: 1	
				Date: 17/05/2018	
			PRINCIPES CLEFS POUR LES VMS ✓ 3 étapes : Observer/Discuter/Se mettre d'accord ✓ Pas de jugements, de réprimandes ou de mesures disciplinaires ✓ Se concentrer sur les points positifs et les points à améliorer (3 PP pour 1 AD/OD) ✓ Donner la priorité aux actions immédiates ✓ Les actions doivent être convenues conjointement entre le visiteur et la personne rencontrée ✓ Se concentrer sur les Règles qui Sauvent des vies		
Visite réalisée par : Gilles TORELLI		Date: 14/04/2021		Réf :	
BU/BA : MAG - Suez Consulting		Accompagné par : SD			
Site : Guadeloupe - Martinique		Personne(s) rencontrée(s) (nom/fonction) : ARGOUGES Thibault - BLEZES Jordan - CHANTEUR Astrid - GAVEL Audrey			
Activité : Consulting					
A renseigner par le visiteur			A renseigner par la hiérarchie		
Observations	Type (PP, AD, OD)	Actions actées	Correction immédiate (O / N)	Responsable de l'action	Date de réalisation prévue
Cette VMS s'inscrit en préparation du marché ADEME – Suivi de chantier de collecte de Sargasses (21MAG026) Les interventions sur place consistent à suivre une technique de collecte des Sargasses en Guadeloupe ou en Martinique. L'intervention se passe à la demi-journée sur des chantiers extérieurs. Il est à noter que Jordan Blezes a déjà réalisé ce type d'intervention En cas d'intervention sur d'autres périmètres des Antilles un nouveau point sécurité devra être réalisé.					
Cette VMS est à diffuser à tous les intervenants de cette opération par le Chef de projet					
Analyse de risques	PP	Compte tenu de la spécificité de chaque intervention, le chef de projet effectue une analyse des risques avant chaque intervention de ses coéquipiers en prenant en compte la technique de collecte, le site, les risques inhérents à l'opération etc. Elle doit pour se faire prendre contact avec l'entreprise et son interlocuteurs ADEME afin de récolter toutes les infos. L'analyse de risques est ensuite détaillée et contrasignée par l'intervenant. Elles indiquent les risques à prendre en compte, les EPI à amener et toutes procédures sécurité nécessaires.	N	AC	Modèle à réaliser au plus tôt. À faire avant chaque intervention ensuite
EPI	PP	Les EPI pouvant être nécessaire dans ce type d'intervention sont détaillés en séance ainsi que leur cas d'application. Compte tenu de la	N		

PP : Point Fortifié
 AD : Achez Dangereuse : descendre un escalier sans tenir la rampe, téléphoner en conduisant, ne pas appliquer une consigne...
 OD : Condition dangereuse : un escalier non équipé de rampe, une consigne pas à jour, des trous dans le sol...

Page: 1/1

Figure 4 : Extrait du compte-rendu de VMS (Source : SUEZ CONSULTING)

• Analyse des risques

En amont de chaque session d'évaluation sur un chantier pilote, les collaborateurs SUEZ CONSULTING détachés pour la mission ont eu pour obligation de renseigner le **formulaire interne « Analyse des risques »**. De plus, un échange a lieu entre l'ADEME et SUEZ CONSULTING pour définir la nature du dispositif à évaluer et le site du chantier pilote.

Ensuite, une prise de contact est effectuée directement par SUEZ CONSULTING auprès de l'opérateur ou de l'entreprise responsable du dispositif de collecte afin d'en connaître les spécificités (type et modèle d'engin à évaluer) et domaine d'intervention (haute mer, proche côtier, terrestre) spécifique au chantier pilote.

L'objectif de cette analyse de risque est de porter à la connaissance des intervenants potentiels :

- Le cadre d'intervention de l'opération ;
- Les potentiels dangers associés au site, au matériel ou aux conditions d'intervention ;
- Les moyens de prévention/protection d'ores et déjà disponibles ou restant à mettre en œuvre sur site,
- La responsabilité de ces mesures préventives/actions immédiates (SUEZ CONSULTING, entreprise exécutante ou mandataire).

Cette analyse de risque se veut évolutive de manière à optimiser la prise en compte des risques :

- Analyse préliminaire des risques (APR) : analyse préparée au plus tard la veille de l'intervention par le collaborateur SUEZ CONSULTING ;
- Mise à jour de l'analyse des risques : nouvelle analyse des risques permettant une mise à jour de l'APR le jour de l'intervention (20 minutes min. avant le démarrage) et à l'occasion de la MAS (Minute Arrêt Sécurité).



Vous devez vous rendre sur site pour suivre un chantier de collecte de sargasses ?

1. Renseignez ce document sur les risques connus ou associés à la technique collecte à évaluer sur site.
2. Vérifiez en amont de la visite que vous disposez des EPI (Equipements de Protection Individuels) requis.
3. Emargez et transmettez ce document au chef ou directeur de projet pour l'en informer.
4. Mettez à jour l'analyse des risques une fois sur site le cas échéant et communiquez le document.

Site / Type de technique à suivre :	Date d'élaboration :	Emargement du rédacteur :

Analyse préliminaire des risques

- Renseignez ci-après les **risques théoriques identifiés** en vue de la visite de site :

Risques identifiés en amont		
Nature du risque	Contre-mesure mise en œuvre	Responsable de la mise en œuvre
<i>Indiquez ici l'origine ou les conditions d'apparition d'un risque, l'observation d'une situation dangereuse susceptible de générer un danger</i>	<i>Détaillez les mesures mises en œuvre pour éviter ou limiter le danger sur site.</i>	<i>Indiquez l'identité de l'opérateur de la mesure (SAFEGE SUEZ CONSULTING, Entreprise extérieure, Collectivité...)</i>
Intoxication à l'H2S (difficultés respiratoires, malaise, nausées)	<input type="checkbox"/> Port d'un détecteur H2S normé (10 à 15 ppm) et activé à portée de vue et d'ouïe	SAFEGE SUEZ CONSULTING
	<input type="checkbox"/> Masque ou demi-masque à cartouche filtrante de type ABEK1 tenu à portée de main (accroché par mousqueton)	SAFEGE SUEZ CONSULTING
	<input type="checkbox"/> Port immédiat d'APR (masque ou demi-masque à cartouche filtrante de type ABEK1) & évacuation du site en cas d'alerte sonore du détecteur	SAFEGE SUEZ CONSULTING
Ecrasement par véhicule, engin ou autre matériel/infrastructure de collecte	<input type="checkbox"/> Port du gilet haute visibilité	SAFEGE SUEZ CONSULTING
	<input type="checkbox"/> Respect d'une distance de sécurité vis-à-vis du périmètre d'intervention	
Brûlure/démangeaison (cellules urticantes)	<input type="checkbox"/> Mise à disposition au sein du véhicule de gants de protection	SAFEGE SUEZ CONSULTING
	<input type="checkbox"/> Utilisation de gants de protection en cas de prélèvement important et prolongé de sargasses	SAFEGE SUEZ CONSULTING
Noyade	<input type="checkbox"/> Communication amont sur les conditions d'intervention dans le cadre de l'évaluation	ADEME / Cellule PULSAR
	<input type="checkbox"/> Prise d'information amont sur les conditions d'intervention dans le cadre de l'évaluation auprès de l'opérateur	SAFEGE SUEZ CONSULTING
	<input type="checkbox"/> Equipement de gilet de sauvetage en cas de recours à une évaluation par voie nautique	SAFEGE SUEZ CONSULTING
Risque routier	<input type="checkbox"/> Respect des limitations de vitesse et du code de la route pour se rendre au site d'évaluation	SAFEGE SUEZ CONSULTING
Insolation	<input type="checkbox"/> Bouteille d'eau tenue à disposition : hydratation régulière. Abri à l'ombre.	SAFEGE SUEZ CONSULTING
Contamination par la COVID-19	<input type="checkbox"/> Respect des gestes barrières (distanciation sociale de 1m, port du masque hors port d'APR, utilisation de gel hydroalcoolique avant et après évaluation sur site)	SAFEGE SUEZ CONSULTING
	<input type="checkbox"/> Désinfection des APR à l'eau claire (sans solvant ou savon) après chaque utilisation (= port effectif).	SAFEGE SUEZ CONSULTING

Mise à jour de l'analyse des risques

- Complétez l'analyse avec les **risques identifiés sur site** avant le démarrage de la session d'évaluation :

Risques identifiés in situ		
Nature du risque	Contre-mesure mise en œuvre	Responsable de la mise en œuvre
<i>Indiquez ici l'origine ou les conditions d'apparition d'un risque, l'observation d'une situation dangereuse susceptible de générer un danger</i>	<i>Détaillez les mesures mises en œuvre pour éviter ou limiter le danger sur site.</i>	<i>Indiquez l'identité de l'opérateur de la mesure (SAFEGE SUEZ CONSULTING, Entreprise extérieure, Collectivité...)</i>
Collision ou choc avec des tiers et/ou leur équipement (planches à voile, kite surfs, jet skis, bateaux de plaisanciers)	<input type="checkbox"/> Reconnaissance de site en amont de la session d'évaluation pour identification des éventuelles situations de coactivité sur site	SAFEGE SUEZ CONSULTING
	<input type="checkbox"/> Port du gilet haute visibilité	SAFEGE SUEZ CONSULTING
	<input type="checkbox"/> Respect d'une distance de sécurité avec les périmètres de coactivités identifiés	SAFEGE SUEZ CONSULTING
Chute d'objet	<input type="checkbox"/> Reconnaissance de site en amont de la session d'évaluation pour vérification (présence de noix de coco)	SAFEGE SUEZ CONSULTING
	<input type="checkbox"/> Utilisation de chaussures de sécurité et port du casque en cas de danger identifié	SAFEGE SUEZ CONSULTING
Chute de personne	<input type="checkbox"/> Reconnaissance de site en amont de la session d'évaluation pour vérification (présence de rochers, dépressions dans le sable, filets de pêche, obstacles ou déchets volumineux)	SAFEGE SUEZ CONSULTING

Figure 5 : Formulaire d'analyse des risques développé spécifiquement pour la mission
(Source : SUEZ CONSULTING)

4. Suivi & évaluation des opérations de collecte

Dans le cadre de la mission de suivi évaluation des techniques de collecte, plusieurs dispositifs ont été testés en Martinique, en Guadeloupe et au Mexique. Ces dispositifs peuvent être regroupés en 2 catégories :

- Les barrages en mer ;
- La collecte mécanique en mer (proche côtier).

La liste des dispositifs ayant fait l'objet d'une évaluation est présentée ci-après :

Tableau 3 : Synthèse des dispositifs de collecte de sargasses évalués

Catégories	Structures	Outils
Barrages en mer	FILET DROM	Barrage bloquant avec flotteurs PROCAP®
	DESMI	Barrage déviant avec flotteurs MESH BOOM
	THE OCEAN CLEANER	Barrage bloquant et déviant avec flotteurs SARGABARRIER
	CUBI SYSTEM	Barrage bloquant et déviant avec flotteurs CUBISYSTEM®
Collecte mécanique en mer	TTTM	WATERMASTER : Drague amphibie
	STMI	SARGATOR II : Barge de collecte à tapis convoyeur
	DESMI	SEA TURTLE : Unité flottante mécanique

La cartographie versée en ANNEXE 5 présente l'implantation géographique des dispositifs évalués.

Une synthèse globale des résultats des expérimentations menées est présentée au chapitre 5 Synthèse.

4.1 Barrages en mer

4.1.1 Généralités

4.1.1.1 Objectifs et fonctions des barrages en mer

La mise en place d'un barrage en mer peut s'avérer particulièrement pertinente pour protéger :

- Des sites à forts enjeux humains, économiques ou écologiques forts : écoles, quartiers résidentiels, hôtels, mangrove...
- Des sites sur lesquels une collecte depuis la terre n'est pas faisable sur le plan technique.

Ce type de dispositif offre par ailleurs l'opportunité d'améliorer les conditions de collecte des sargasses (absence d'émissions de H₂S) et voire d'optimiser les processus de traitement ou valorisation (fraîcheur des algues collectées, non nécessité de procédé de stabilisation).

Suivant l'objectif visé, différentes fonctions peuvent être attribuées aux barrages en mer. Elles sont synthétisées au moyen du schéma ci-dessous :

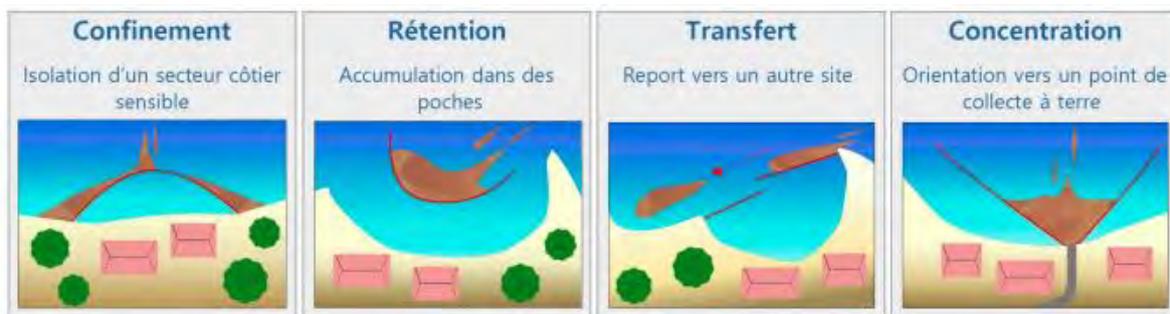


Figure 6 : Fonctions des barrages (Source : © DEAL Martinique, Mission Sargasse)

- Le confinement (isolation de secteur côtier sensible) ou la rétention en mer (stockage dans des poches) implique que le « radeau » de sargasses s'accumule le long du barrage et reste captif jusqu'à récupération par des méthodes de collectes en mer ou jusqu'à dégradation sur place et coulage en l'absence de ramassage. Le barrage bloquant est disposé différemment :
 - Pour le confinement d'un secteur côtier, en disposition ouverte : Elle vise un maintien en mer. Toutefois, elle reste particulièrement dépendante de son positionnement, de la taille de la nappe et la régularité du courant. Une modification de ce dernier peut entraîner un déplacement du banc en-dehors de la zone de confinement. De plus, dans cette configuration la pression pouvant s'exercer sur le barrage est maximale.
 - Pour une rétention en mer, en disposition fermée : Elle joue à la fois un rôle de concentration et de déviation, et permet d'assurer qu'une partie de la côte est protégée des échouages, indépendamment de la taille de la nappe et du sens du courant. Elle n'empêche pas l'échouage à ses extrémités : le barrage peut également être contourné une fois plein.

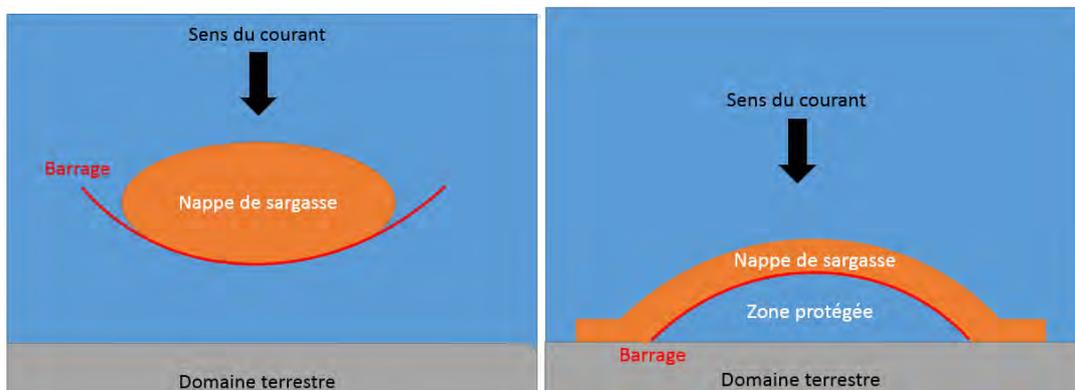


Figure 7 : Dispositions-type d'un barrage visant la rétention (disposition ouverte à gauche) et le confinement (disposition fermée à droite)



Figure 8 : Illustration d'un barrage à visée de confinement, en disposition fermée
(Source : AlgeaNova, République dominicaine, Mai 2018)

- La déviation par transfert ou concentration vers un point de collecte: le radeau de sargasse « glisse » le long du barrage via les courants vers un site d'échouage préférentiel (collecte à terre). Dans un telle configuration, le site peut être équipé d'un poste de collecte fixe ou être facile d'accès pour une collecte à terre.

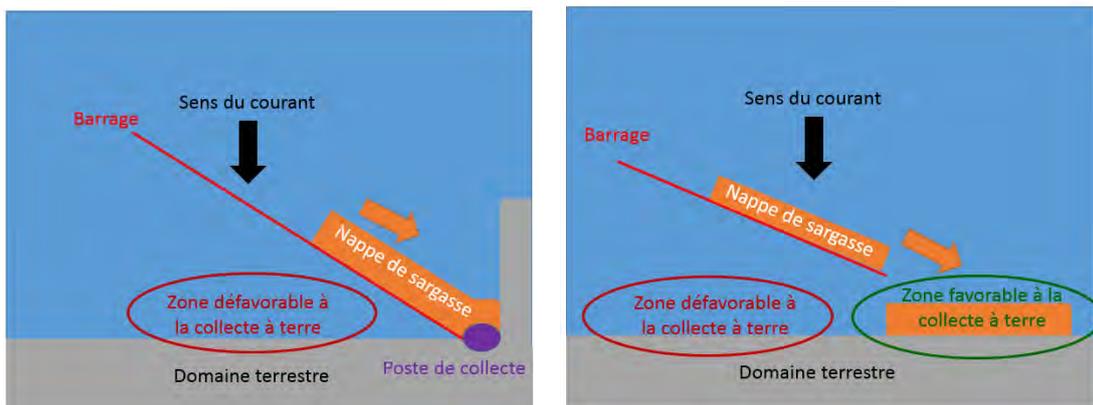


Figure 9 : Principe d'un barrage visant la déviation
(vers un collecteur à gauche, et vers un site d'échouage à droite)



A noter

L'utilisation de barrage dit de confinement ou bloquant doit s'envisager uniquement dans les cas où le renouvellement de l'eau est suffisant pour que les paramètres physico-chimiques de l'eau soient peu modifiés par une dégradation de la sargasse.

A l'exception des barrages visant la déviation complète des nappes, un couplage du barrage avec une méthode de collecte est recommandé, notamment en cas d'échouage massif.

Les barrages évalués dans le cadre de la mission correspondent à des barrages déviants et bloquants.

4.1.1.2 Typologie des barrages

Basée sur une étude bibliographique et deux missions réalisées en juillet et en octobre 2019 avec l'appui de la Sous-préfecture et de la DEAL de la Guadeloupe, l'étude « Emploi des barrages contre les sargasses Bilan et perspectives en Guadeloupe » menée par le CEREMA a permis de :

- Présenter une typologie des barrages utilisés ou expérimentés en réponse à cette problématique ;
- Mettre en regard les conditions météocéaniques des côtes de la Guadeloupe avec les conditions de fonctionnement des barrages pour en tirer des conclusions quant à leur positionnement et leur exploitation ;
- Evaluer l'impact environnemental des barrages et le coût global de leur utilisation ;
- Dresser des perspectives pour l'emploi des barrages dans le cadre d'un schéma global d'intervention.

Les éléments de typologie des barrages définis par le CEREMA sont mis en regard avec les observations réalisées sur les barrages évalués dans le cadre de la mission.

Les barrages en mer destinés à la protection des sargasses et expérimentés correspondent à des barrages fixes et non mobiles (manœuvrés par des engins nautiques, comme dans le cas de pollutions marines accidentelles par exemple). Il s'agit de barrages toujours ancrés ou rattachés à des supports fixes (piquets, pieux, ouvrages portuaires). Selon l'étude du CEREMA, l'utilisation en mode fixe présente toutefois des **inconvenients** :

- **techniques** : du fait des orientations potentiellement variables des flux de sargasses ;
- **économiques et écologiques** : du fait des ancrages qui représentent un poste important sur ces dispositifs.

Cela s'avère fondé au regard des éléments constatés dans le cadre des évaluations. Sur les barrages FILET DROM et CUBISYSTEM, les moyens d'ancrages représentent une contraintes sur l'aspect écologiques. Les corps-morts mis en œuvre sur les barrages FILET DROM relativement nombreux ont nécessité pour leur mise en œuvre un équipement adapté et assez lourd à déployer (mise à disposition de barge avec bras / camions avec bras/grue de levage). Concernant le barrage CUBISYSTEM, les corps-morts ont parfois une tenue insuffisante et nécessitent la mise en place d'ancres de 75 à 150 kg. Les chaînes d'ancrage ont quant à elles une incidence sur les fonds marins : un ragage ponctuel est à noter.

Selon l'étude CEREMA, les barrages en mer relèvent de trois catégories :

- **Les barrages flottants présentant une jupe pleine ou ajourée :**

Les barrages flottants utilisés en protection contre les sargasses, soit sont les mêmes que ceux développés dans le cadre de la lutte contre les pollutions marines accidentelles par hydrocarbure, soit s'en inspirent fortement dans leur conception, l'adaptation principale consistant à remplacer la jupe pleine par une jupe ajourée.

On peut citer les exemples suivants de type de barrages flottants à jupe pleine ou ajourée :

- Barrage Goéland RIS'K, Port du Marigot, Martinique ;
- Barrage CUBI System, Le Robert, Martinique ou Saint-François, Guadeloupe ;
- Barrage DESMI MESH BOOM, Akumal, Mexique ;
- Barrage SARGABARRIER, Akumal, Mexique.

- **Les barrages constitués de grilles tendues sur pieux ou sur piquets :**

Selon l'étude CEREMA, les barrages sur piquets et sur pieux présentent de bons résultats que dans des conditions bien précises : ils ne peuvent en effet être utilisés que par petits fonds, et lorsque le sol permet d'enfoncer les supports et d'assurer la reprise des efforts.

On peut citer les exemples suivants de type de barrages sur pieux ou piquets :

- Barrage FILET DROM, Cap Est, Le François, Martinique ;
- Barrage en bambou, Pointe Faula, Vauclin, Martinique.

- **Les barrages sur câbles (et les filets) :**

Les barrages sur câbles disposés sur des distances relativement longues nécessite l'ajout de flotteurs et de points d'ancrage, ce qui rapproche ces dispositifs des barrages flottants : ils ne se distinguent plus de ces derniers que par la présence d'un câble en tension sur leur partie supérieure et éventuellement en partie inférieure. Quant aux filets, ils peuvent être utilisés sur de très faibles longueurs (inférieures à 20 m) sans flotteur. Quel que soit le dispositif envisagé, son implantation nécessite une étude particulière sur le positionnement du barrage par rapport aux actions hydrauliques et au flux de sargasses. Les impacts environnementaux doivent également avoir été appréciés au préalable par une étude d'incidence.

On peut citer les exemples suivants de type de barrages sur câbles :

- Barrage SDIS 971, Porte d'enfer, Martinique.



A noter

Parmi les exemples cités, le barrage RIS'K disposant d'une jupe pleine PVC et le barrage SDIS ont fait l'objet d'une évaluation dans le cadre de l'étude 2015-2019.

Les barrages FILET DROM, DESMI MESH BOOM, SARGABARRIER et CUBISYSTEM ont quant à eux été évalués dans le cadre de la présente mission.

4.1.1.3 Points de vigilance pour la mise en place d'un barrage

La mise en place d'un barrage doit être bien pensée en amont afin de considérer :

- **La forme et la taille du barrage**, selon le but recherché (confinement et/ou déviation), le sens des vents et courants dominants et la présence éventuelle d'activités nautiques (passage de bateau, jet-ski...);
- **La nature des ancrages** à mettre en place : corps morts, ancre à vis... Ce choix dépend de la nature du substrat marin (vase, sable...) et de la biocénose benthique (herbiers, coraux...);
- **Le nombre et le dimensionnement des ancrages**, dépendant de la forme souhaitée, de la force des courants, de la houle, de la bathymétrie et de la pression susceptible de s'exercer sur le barrage : masse d'eau et poids de la nappe de sargasse (notamment pour les barrages visant le confinement);
- **La vitesse de pose/retrait** : en cas de conditions météorologiques extrêmes ou dépassant le seuil de résistance de l'ouvrage (cyclone, forte houle...), le barrage doit pouvoir être démonté/remonté rapidement afin d'éviter une rupture du barrage pouvant entraîner une perte totale du matériel et des pollutions du milieu (débris de barrage en plastique par exemple). Il faudra prévoir que l'ensemble des barrages du littoral seront concernés par ces aléas en même temps.
- **La résistance et la facilité d'entretien du barrage** : ce dernier va être soumis à de nombreuses contraintes (houle, UV, chlorures, chocs potentiels de flottants, pressions conjuguées des courants et de la nappe, colonisation par la faune et la flore aquatique...). Ces contraintes peuvent entraîner une dégradation plus ou moins rapide des équipements constituant le barrage et donc un besoin de renouvellement important du matériel ou une perte complète d'efficacité. Ainsi une jupe en filet offrira moins de résistance à la pression de l'eau et des structures modulaires interchangeables seront plus susceptibles de pouvoir être remplacées facilement en cas de dégradation.
- **L'emprise au sol** : la longueur d'un barrage peut faire plusieurs centaines de mètres dépassant parfois le kilomètre. Par conséquent, le recours à des structures pleines (flotteurs notamment, à l'exemple de CUBISYSTEM, FILET DROM, MESH BOOM, SARGABARRIER) nécessiteront une emprise au sol plus importante que des structures gonflables (à l'exemple de RISK). En effet, cela implique de tenir compte du volume à l'importation, de la surface au sol pour le stockage des éléments de rechange ou cas d'un retrait pour conditions météorologiques défavorables).
- **Les points d'atterrage (raccord terre-mer)** : dans les cas où le barrage vise un objectif de confinement, le point de démarrage du barrage se fait depuis la terre. En effet :
 - Le barrage ne doit pas pouvoir être contourné par les algues selon la marée, ce dernier doit donc pouvoir « suivre » le marnage. La courantologie est ainsi un paramètre important à considérer.
 - La proximité avec le rivage peut être source de dégradation du barrage : ex : flotteur frottant contre des enrochements, etc.



A noter

Les caractéristiques des ancrages (nature et dimensions) ne sont pas spécifiques à un modèle de barrage mais à un site selon sa bathymétrie, la nature du substrat, les courants... Deux barrages de même modèle et de même dimension pourront ainsi nécessiter un système d'ancrage complètement différent selon leurs localisations.

Afin d'assurer une bonne tenue des barrages le dimensionnement des ancrages doit être effectué en amont par un organisme compétent. Un réajustement du nombre d'ancrage après la pose du barrage peut s'avérer nécessaire : ce cas est souvent observé sur les barrages en place.

4.1.2 Présentation des barrages évalués

4.1.2.1 Barrage FILET DROM

Plusieurs barrages anti-sargasse ont été mis en place par FILET DROM au lieu-dit Cap-Est sur la commune du François en Martinique sur la base de financements privés :

- Un barrage flottant bloquant de 2,7 km au Cap Est, installé depuis 2012 et rénové en janvier 2019, pour lequel deux visites d'observations ont eu lieu les 29 avril 2021 en présence de la DEAL Martinique et le 19 août 2021 ;



Figure 10 : Vue sur le barrage de 2,7 km du Cap Est en Avril 2021 (Source : SUEZ CONSULTING)

- Un barrage flottant bloquant de 150 m au Cap Est installé depuis 2021, pour lequel une visite d'observation a eu lieu le 29 Avril 2021 ;



Figure 11 : Vue sur le barrage de 150 m pour protéger le littoral de l'hôtel du Domaine des Fonds Blancs (Cap Est) en Avril 2021 (Source : SUEZ CONSULTING)

- Un barrage flottant bloquant de 190 m à Pointe Cerisier installé en 2009 et rénové en Juillet 2019, pour lequel une visite d'observation a eu lieu le 9 Avril 2021.



Figure 12 : Vue sur le barrage de 190 m de Pointe Cerisier en Avril 2021
(Source : SUEZ CONSULTING)

L'ensemble des sites d'implantation des barrages est relativement protégé de la houle. La profondeur est faible sur l'ensemble du linéaire (0.5 à 1.5m).

Les dispositifs FILET DROM© sont brevetés sous le n°FR1905429. Ils font l'objet de financements privés variés : Association de riverains « Objectif Santé Publique » (barrage 2,7 km) ; Collectif Pointe Cerisier (barrage 190 m) ; Particulier propriétaire d'hôtel (barrage 150 m).

Afin d'obtenir le panorama le plus complet possible dans le cadre de l'évaluation du dispositif, plusieurs entretiens ont été menés :

- Le 9 Avril 2021 avec le fabricant FILET DROM ;
- Le 20 Décembre 2021 avec le Parc Naturel Marin de la Martinique (PNMM).

4.1.2.1.1 Evolution du dispositif

Le dispositif a fait l'objet d'une évaluation par SUEZ CONSULTING en 2019. Le dispositif était composé par :

- Des blocs polystyrène tous les 1,5 m utilisés comme flotteurs, en cours de remplacement progressif par des bouées en plastiques brevetées ;
- Une jupe composée d'un filet rigide grillagé en plastique dont les éléments sont cousus les uns aux autres. Les mailles du filet sont de 5cm et sa hauteur varie de 1 à 2m dont 0,2m sont hors d'eau. L'ancrage du filet se fait via deux cordes tressées dans les mailles en partie haute et basse du barrage ;
- Des lests composés par soit par une corde lestée, soit par des tronçons de barres en acier rattachées à la partie basse du barrage ; Le filet est ainsi lesté à sa base soit par une corde plombé, soit par une barre de fer dans les secteurs où le ressac ou les courants sont plus importants.
- Des ancrages par ancres de 55 kg, ces dernières sont seules ou doublées selon les secteurs. Ces ancres sont reliées au filet par des bois flotteurs. Afin de donner de l'élasticité au barrage au niveau des ancrages, un grillage plus souple fait la transition entre les bois flotteurs et le grillage principal.



Figure 13 : Vue du barrage de Cap Est en août 2019 (à gauche) et état de décomposition des flotteurs polystyrène entre juin et septembre 2018 (à droite) (Source : SUEZ CONSULTING)



Figure 14 : Vue sous-marine du barrage de Cap Est lors de la visite d'observation en août 2019 (Source : SUEZ CONSULTING)

Depuis, des modifications ont été apportées par FILET DROM sur le premier prototype de barrage :

- ▷ Les flotteurs en polystyrène ont été remplacés par les flotteurs en plastique rigide ;
- ▷ Les filets ont été eux aussi remplacés par un nouveau type de filet dont la rigidité et consistance ont été renforcées ;
- ▷ Les piquets en bois ont été remplacés par des sections de tubes en PEHD ;
- ▷ Des corps morts ont été rajoutés pour l'ancrage du barrage.

Le nouveau dispositif est présenté dans le chapitre suivant.

4.1.2.1.2 Présentation du nouveau dispositif

Le barrage FILET DROM dans sa nouvelle configuration se présente comme suit :

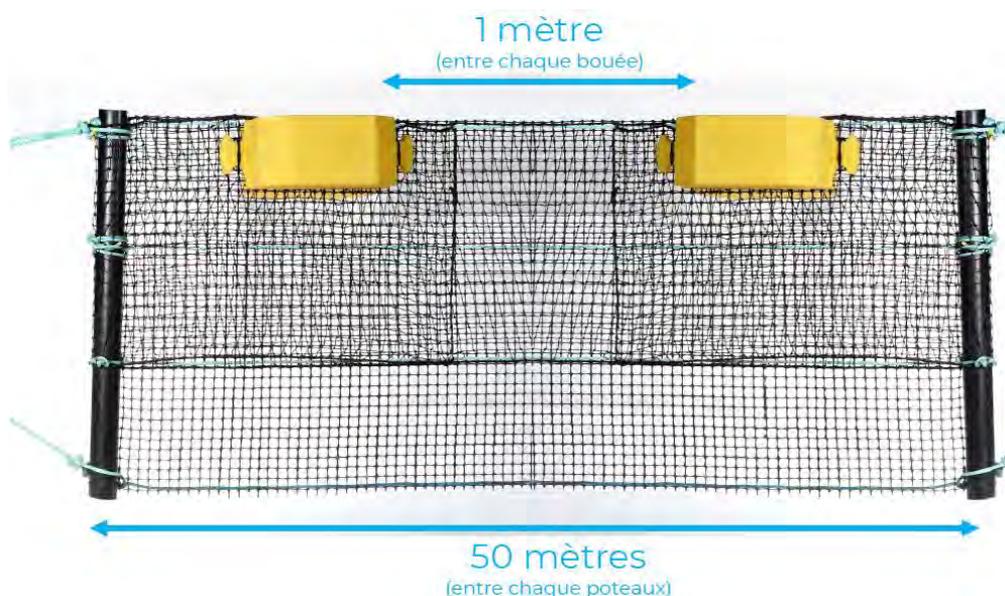


Figure 15 : Constitution du dispositif (Source : FILET DROM)

Le dispositif est formé de plusieurs composants dont chacun assure une fonction bien spécifique :

▷ Pour bloquer les algues : une jupe « double » de 2 mètres de hauteur (dont 0.2m au-dessus de la ligne d'eau) constituée de sections de 50 mètres par :

- 1 Filet dit « structurel » : en polyéthylène traité anti-UV ce grillage rigide présente les dimensions de maille $\varnothing 50\text{mm}$ et de hauteur de 1,5 m)
- 1 Filet dit « souple » : en polyéthylène traité anti-UV, ce filet est cousu sur le filet rigide. Il présente les dimensions de maille $\varnothing 50\text{mm}$ et de hauteur de 1 m)
- 3 Cordes de $\varnothing 8$ à 16mm.

Le renforcement de la jupe est ainsi assuré par le recouvrement des filets sur une hauteur de 1,5 mètres.

▷ Pour assurer la flottabilité du barrage : des bouées en plastique positionnées tous les 1 mètre

- De couleur jaune (réglementaire maritime : navigation et baignade) ;
- De dimension 500x250x250 ;
- En polyéthylène et traité anti-UV ;
- Constituées chacune de 2 flotteurs.

Les flotteurs confectionnés en Martinique par l'entreprise PROCAP. Ils correspondent à des sortes de modules encastrables en 6 points. Les 2 flotteurs sont encastrés à travers les mailles des filets et scellés par serflex. Une goulotte moulée permet le passage des cordes lorsque les flotteurs sont assemblés. Chaque flotteur dispose d'encoche (cercle blanc sur photo ci-dessous) pour vidanger l'infiltration d'eau ou injecter de la mousse en cas de perforation/altération. Ce, en vue d'en optimiser la flottabilité.



Figure 16 : Points d'accroche des flotteurs (à gauche) ; Flotteurs encastrés sur filet (à droite) (Source : SUEZ CONSULTING)



Figure 17 : Principe d'encastrement des flotteurs sur filet (Source : FILET DROM)

▷ Pour ancrer le dispositif: des poteaux ou tubes PEHD, des corps-morts et des ancres

- Poteaux PEHD DN80 de 1.5m de long, en guise de piquets d'ancrage positionnés tous les 50 m, à l'extrémité des sections de filet de 50 m ;
- Blocs en béton inerte 40x40 de 250kg en guise de corps morts positionnés tous les 50 m ;



Figure 18 : Corps-morts blocs béton (Source : SUEZ CONSULTING)

- Ancres de 50 kg en renfort entre chaque bloc.



Figure 19 : Ancres de 50 kg assurant l'ancrage du barrage du Cap Est (Source : SUEZ CONSULTING)

▷ Pour lester le dispositif : plusieurs lests à la base de la jupe en filets :

- Ralingue plombée (25kg/100m) ;

- Barres de fer ø32.



Figure 20 : Barres de fer assurant le lestage du filet (Source : SUEZ CONSULTING)

4.1.2.1.3 Moyens humains et sécurité

La mise en place et le suivi opérationnel du barrage nécessite l'intervention d'une équipe de 3 personnes.

Aucun EPI particulier ni équipement de type APR (Appareil de Protection Respiratoire) ni détecteur H2S n'est relevé dans l'équipement du personnel intervenant lors des opérations d'évaluation du dispositif. Cela peut s'expliquer par l'absence de décomposition des algues Sargasses au droit du dispositif positionné en pleine mer et limitant la survenue d'émissions de H2S.

Selon la réglementation française, seuls des scaphandriers « mention A » sont autorisés à effectuer des travaux subaquatiques. Les scaphandriers mention B, C ou D ainsi que les plongeurs de loisirs ne sont pas autorisés à effectuer de travaux subaquatiques. Les conditions d'habilitation/aptitude du personnel intervenant n'a pas fait l'objet de vérification lors des opérations d'évaluation. Toutefois, l'opérateur devra s'y conformer.

4.1.2.1.4 Moyens matériels

La mise en place et le suivi opérationnel du barrage nécessite la mise à disposition d'un bateau à moteur.

Pour le remorquage des filets en vue d'une réparation à terre, il a nécessité de recours à des engins motorisés (4x4).

S'agissant de l'approvisionnement en corps-morts (blocs bétons), il est nécessaire d'avoir recours à la mobilisation d'un engin avec bras de levage et d'une barge pour faciliter leur transport et leur immersion.



Figure 21 : Chargement de blocs béton en vue de leur installation sur le barrage de Cap Est (Source : FILET DROM)

4.1.2.1.5 Observations

S'agissant du barrage de 2,7km du Cap Est en place depuis 2012, on rappellera que ce dernier a fait l'objet d'installations des nouveaux flotteurs à partir de Janvier 2019. Ce, avec remplacement progressif de filets. De même s'agissant du barrage de 190m à Pointe Cerisier, qui a fait l'objet de mise à jour des composants à compter de Juillet 2019. Le petit barrage de 150m du Cap Est face au Domaine des Fonds Blancs n'est quant à lui en place que depuis 2021.

De prime abord, il convient de noter les points positifs des évolutions apportées au dispositif :

- Réduction de l'impact environnemental par remplacement des anciennes bouées en polystyrène (particulièrement friables et préjudiciables à l'environnement marin) par des flotteurs jaunes en plastique rigide ;
- Optimisation du rendement par augmentation de la rigidité du filet et consistance de la jupe (double) ;
- Optimisation de la signalisation du dispositif par le choix du jaune maritime ;
- Remplacement des piquets bois par des tubes en PEHD plus rigides et résistants dans le temps.

4.1.2.1.5.1 Etat général & efficacité

Sur un dispositif de type barrage en mer, notamment de type bloquant, le rendement ne peut être estimé. L'analyse faite en suivant porte sur l'état général du dispositif et l'influence potentielle sur son efficacité.

Lors des visites d'observations réalisées en Avril et en Août 2021 sur les différents sites prospectés, le barrage FILET DROM avec flotteurs PRO CAP était dans un bon état général. Ce, bien que la jupe soit par endroit en partie colonisée par des algues et mollusques. Le barrage était maintenu droit, et ne présentait pas de signe d'affaissement. Les algues sur place étaient bien retenues.

Depuis leur remplacement en 2019, les flotteurs des barrages présentaient en Avril 2021 et Août 2021, un bon état tant sur le plan fonctionnel que structurel.

Sur site, les autres composants du dispositif tels que les filets, bien qu'en cours de remplacement sur certaines sections, témoignaient en Avril 2021 et Août 2021 d'une tension convenable et assuraient à ce titre leur fonction de blocage des nappes de sargasses. Lors de la visite d'Avril 2021, la densité de sargasses au droit du barrage n'a en revanche pas permis de constater le réel état de colonisation par les algues et mollusques (niveau de comblement des mailles, surpoids). Cependant, lors de la visite sous-marine d'Août 2021, il a été noté un bon état de colonisation du dispositif, n'ayant à priori pas de grand impact sur l'efficacité de ce dernier. Le renforcement de la jupe (double filet) et la consistance et rigidité du filet permettent de limiter toute colonisation préjudiciable au dispositif. Ce, sous réserve de la conduite d'opérations hebdomadaires à mensuelles de suivi et d'opérations annuelles d'entretien.

De manière générale, le barrage FILET DROM assurait bien son rôle de protection du littoral en bloquant une grande majorité des nappes de sargasses. **Si le barrage bloque la majeure partie des arrivages, il s'avère que 10 à 20% des algues parviennent tout de même à franchir ce dernier.**

Considérant le passage résiduel d'algues lors de conditions de houle, il conviendrait selon notre analyse **d'augmenter la hauteur de jupe hors d'eau le cas échéant.**

4.1.2.1.5.2 Entretien

Depuis la mise à jour intervenue à compter de 2019 sur 2 des 3 barrages évalués, ceux-ci n'ont pas fait l'objet d'opérations d'entretien nécessitant un remplacement des flotteurs jaunes installés. De même, les opérations de démontage et remplacement de sections de filet recensées n'ont été menées que dans l'optique de remplacer les anciens filets de moindre résistance et consistance. FILET DROM précise que seuls des suivis périodiques ont été régulièrement assurés (1 à 2 fois par mois) pour vérifier tout dysfonctionnement, enlever les objets encombrants ou susceptibles d'entraver le bon fonctionnement du dispositif, ou pour constater d'éventuels actes de vandalisme. À la suite de la visite d'Août 2021, FILET DROM indique procéder à des suivis journaliers depuis la surface et des suivis hebdomadaires sous-marins pendant la saison cyclonique.

L'entretien peut se faire en mer ou à terre :

- **En mer**

Selon FILET DROM :

- Un « entretien léger » assimilable à un suivi du dispositif (visite à minima 1 à 2 fois par mois) permet de vérifier tout dysfonctionnement ou altération du dispositif (déchets volumineux, arbre, palette...). Cette fréquence est à adapter aux conditions environnementales (houle, vent, courant). Des contrats d'entretien sont proposés par FILET DROM sur une fréquence hebdomadaire.
- Pendant la période cyclonique, le suivi du dispositif est réalisé quotidiennement, depuis la surface. Une visite sous-marine (plongeur) est réalisée hebdomadairement afin de vérifier l'état du dispositif sous l'eau.

- L'entretien peut se faire en mer soit manuellement (enlèvement des organismes colonisateurs, déchets coincés), soit au moyen d'un outil haute pression utilisable sous l'eau. Quel qu'il soit l'opération serait extrêmement longue et fastidieuse selon FILET DROM. FILET DROM indique avoir fait le choix de ne plus nettoyer le filet afin de permettre la colonisation par la flore marine dans la mesure où elle ne serait pas significativement préjudiciable au fonctionnement du dispositif.
- A terre
Selon FILET DROM :
 - L'entretien à terre est à privilégier. Il y a donc nécessité de démonter les sections de filets à entretenir et les ramener à terre pour un entretien optimal (nettoyage et réparation le cas échéant). La possibilité de décrocher aisément en mer des sections de filet permet toutefois d'optimiser cette opération.
 - Par retour d'expérience, l'entretien (nettoyage de fond et éventuelle réparation) n'est toutefois à prévoir qu'environ 1 fois/an. Le système est similaire aux dispositifs aquacoles qui eux nécessitent d'être changé au moins 1 à 2 fois /an en fonction de la taille des poissons. Il devrait donc être sorti en fin de période d'échouage des sargasses pour vérification et réparation. Cependant, sous un an le barrage n'a jamais été sorti en entier de l'eau pour vérification et maintenance (uniquement des petites réparations en mer).
 - La manutention du filet se fait de la façon suivante : remorquage par bateau jusqu'à la plage de Cap Est, puis remorquage sur la plage par engins motorisés (4x4), puis démontage du filet sur la plage. Lors du remorquage des filets en mer, de nouvelles tensions peuvent apparaître, pouvant créer des dégradations supplémentaires.

En définitive, l'entretien constitue une contrainte notable dans la mesure où il **apparaît comme étant plus optimal à terre plutôt qu'en mer**. L'opération d'entretien nécessite un démontage partiel de sections de filet pour un transfert à terre en vue des opérations de nettoyage et réparation éventuelle. Par ailleurs, la difficulté d'intervention implique le **recours systématique à un contrat d'entretien auprès du fournisseur pour ce type de prestation**.

4.1.2.1.5.3 Incidences environnementales

Le bureau d'étude Aquasearch a participé aux études biologiques du fond marin dans le cadre des études amonts à la mise en place du barrage. Cependant, aucune recommandation sur la conception du barrage n'a été faite (hors mission). Dans le cadre d'une mission pour la Direction de la Mer (réponse à un cahier des charges), des transects géoréférencés avec photos sur le trajet hypothétique du barrage ont été effectués dans le but de vérifier l'absence d'espèces emblématiques. La présence de patates de corail au niveau de la Pointe Sud (Pointe Chaudières) a mené au déplacement du barrage afin d'éviter cette zone. Après avoir recommandé un nettoyage régulier du barrage, les plongeurs sont retournés sur site 6 mois après la mise en place du barrage et ont remarqué une baisse de luminosité due à l'accumulation de sargasses dans certaines zones, impactant de ce fait les herbiers par manque de photosynthèse, ainsi qu'une dégradation de la sargasse en petits bouts se déposant sur le fond, recouvrant et étouffant les herbiers proches du barrage.

D'un point de vue environnemental, le bilan apparaît donc mitigé. Lors de l'évaluation du barrage de 2,7 km au Cap-Est, il a été noté plusieurs effets :

- Effets positifs :
 - **Une colonisation du dispositif :** colonisation du filet, des flotteurs, des lignes de mouillages et des corps morts ;
 - **Un rôle mineur de DCP** (Dispositif de Concentration de Poissons) par le maintien d'un banc d'algues non décomposées en surface fournissant ombre et abri. La colonisation progressive des éléments du barrage par des algues, mollusques et crustacés semble également favorable à cet effet.
- Effets négatifs :
 - **Une suppression partielle des herbiers présents avant implantation du barrage** (par comparaison des cartes de suivi d'herbiers élaborée par la DEAL Martinique, Mission Sargasses) :
 - ▷ **Par phénomène de ragage du filet et notamment des chaînes de ligne de mouillage sur le fond marin** ayant entraîné la disparition d'herbier sur environ 2 mètres en aval du filet mais également en amont du filet ;
 - ▷ **Par le nombre important de corps-morts (blocs béton)** pour pallier le courant, notamment au niveau des zones soumises aux plus fortes pressions ;

- ▷ Par les zones d'ombres sous les amas de sargasses flottantes induisant un manque de lumière, une diminution de la photosynthèse, et ainsi la perte d'herbiers.



Figure 22 : Carte de ragage (Source : DEAL Martinique, Mission Sargasses)

- Une décomposition des algues au droit du barrage dans les zones les plus denses : Sur la base des observations réalisées en 2021, les algues accumulées derrière le barrage finissent par couler au bout de 4 à 5 jours, induisant un impact potentiel sur les milieux naturels si la recirculation d'eau n'est pas suffisante (mise en suspension de matière, création de turbidité).
Ce phénomène peut s'expliquer par le fait qu'au droit du dispositif, l'accumulation d'algues est susceptible d'entraîner un épaississement progressif de la nappe qui implique :
 - ▷ Une augmentation importante de la pression subie par le barrage pouvant entraîner une rupture de ce dernier et donc son inutilité : les sommes investies dans le barrage le sont alors en vain, les sites à protéger subissant un échouage massif.
 - ▷ Une fine couche de sargasse en surface qui se retrouve temporairement mise hors d'eau par les couches sous-jacentes. Cette couche dans des eaux calmes va avoir tendance à se dessécher et former une croûte limitant en partie les échanges d'oxygène et donc favorisant le pourrissement de la nappe sur place.
 - ▷ La couche de fond de sargasse se retrouve en condition d'anoxie et manque de lumière, entraînant à terme sa mort et sa décomposition anaérobie (production d'H₂S dissous). Cette couche tend à couler et peut alors s'accumuler au fond de l'eau et pourrir ou être dispersée et rejoindre la côte via les courants de fond (échouage sur les plages).

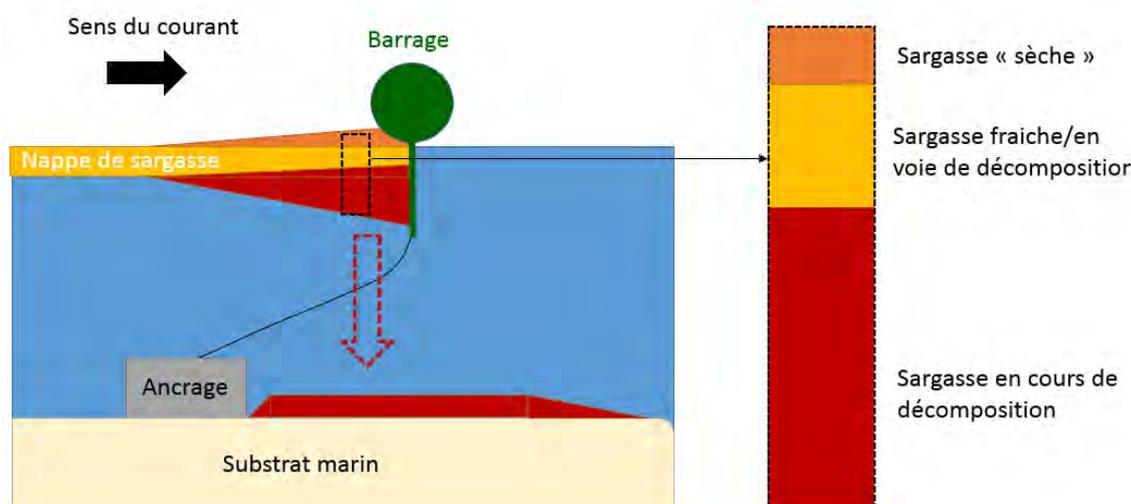


Figure 23 : Schéma de principe du fonctionnement observé d'une nappe de sargasse accumulée au contact d'un barrage flottant (Source : ADEME)

- **Le risque de pollution par macrodéchets** : il est fait état d'un nombre de flotteurs à moitié coulés.

Concernant la prise en compte des enjeux environnementaux, il est à noter que le bureau d'étude Aquasearch a participé aux études biologiques du fond marin dans le cadre des études amonts à la mise en place du barrage (aucune recommandation sur la conception du barrage n'a été faite (hors mission)). Missionné par la Direction de la Mer (réponse à un cahier des charges), des transects géoréférencés avec photos sur le trajet hypothétique du barrage ont été effectués dans le but de vérifier l'absence d'espèces emblématiques. La présence de patates de corail au niveau de la Pointe Sud (Pointe Chaudières) a mené au déplacement du barrage afin d'éviter cette zone. Après avoir recommandé un nettoyage régulier du barrage, les plongeurs sont retournés sur site 6 mois après la mise en place du barrage et ont remarqué une baisse de luminosité due à l'accumulation de sargasses dans certaines zones, impactant de ce fait les herbiers par manque de photosynthèse, ainsi qu'une dégradation de la sargasse en petits bouts se déposant sur le fond, recouvrant et étouffant les herbiers proches du barrage.

A la suite d'une rencontre avec le Parc Naturel Marin de la Martinique (PNMM) en décembre 2021, quelques points négatifs ont également été remontés (impact sur les fonds marins notamment). En outre, considérant la distance par rapport au fond, le barrage FILET DROM ne respecte pas la « doctrine barrages » (ébauche de « guide technique » réalisée par la DEAL/PNMM jointe en ANNEXE 3).

Cette doctrine expose différentes préconisations concernant la mise en place de barrage anti-sargasses. De plus, aujourd'hui il n'y a de manière générale, que peu d'AOT et de Dossier Loi sur l'Eau pour la mise en place des barrages anti-sargasses en Martinique. Il n'y a donc pas de possibilité de véritable accompagnement technique ni scientifique de la part du PNMM réalisé en bonne et due forme.

Cependant une AOT de régularisation aurait été élaborée pour le barrage FILET DROM.

4.1.2.1.5.4 Coût

Selon les échanges avec le fabricant, le coût mentionné ci-après est fourni à titre indicatif par FILET DROM :

- Prix à l'unité d'un flotteur (1 face) : 72€ ;
- Fourniture et pose à 160 €/ml ;
- Entretien : environ 20% du coût d'installation (environ 35€/ml/an).

4.1.2.1.5.5 Durée de vie

La durée de vie du dispositif est **difficilement estimable**. Celle-ci étant **dépendante des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage**. La durée de vie des filets estimée par le fournisseur et communiquée à FILET DROM par ce dernier est de 20ans. La durée de vie des flotteurs n'est pas connue à ce jour. Au regard de l'état des pièces installées depuis janvier 2019 sur les barrages évalués, on sait à ce jour que les flotteurs ont une durée de vie minimale de 2 ans. Ceux-ci montrent néanmoins après 2 ans des signes d'usures (altération de la couleur jaune par les UV). Les autres composants tels que les barres de fer et corps morts, en matériaux inertes, ont une durée de vie relativement longue et non négligeable.

La durée de vie du dispositif dépend également beaucoup des tensions appliquées sur ce dernier. En cas de courant trop fort, ou de houle importante, les pressions appliquées sur le dispositif peuvent amener à la rupture du dispositif. Les casses les plus fréquentes sont situées au niveau des accroches, même si le filet peut lui-même être endommagé. Il est dans ce cas **possible de mettre le filet en « drapeau »** (cf. schéma ci-dessous) afin de libérer le dispositif des tensions. Le dispositif reste cependant sur son mouillage.

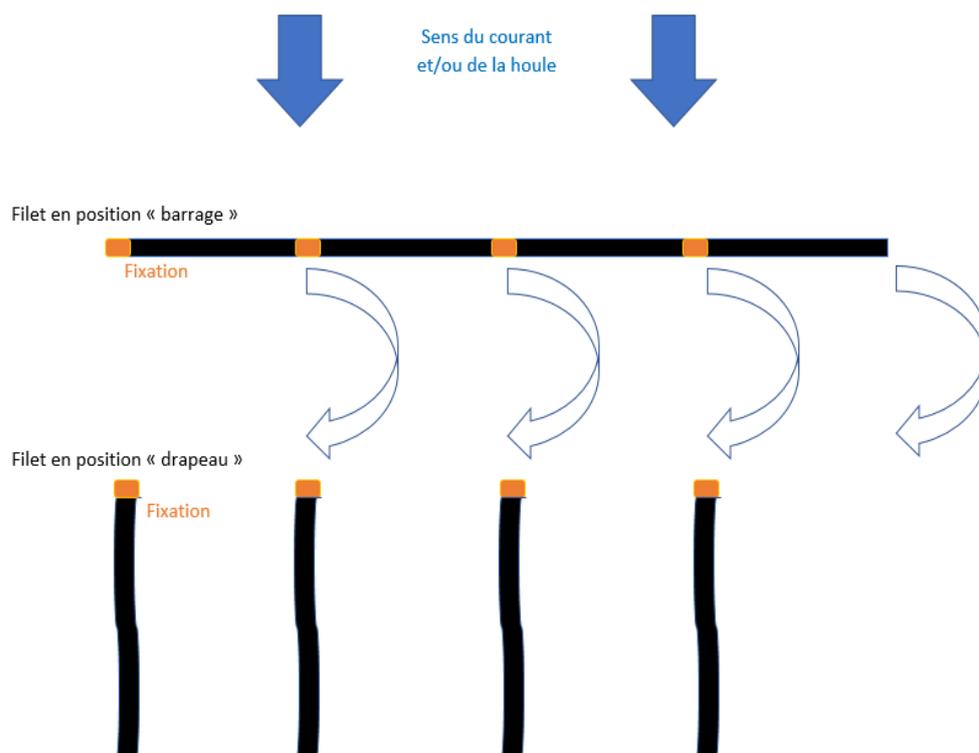


Figure 24 : Principe de mise en drapeau (Source : SUEZ CONSULTING)

La présence d'une quantité trop importante d'algues dans le filet peut également l'amener à rompre. Au niveau des zones de plus fortes pressions, le filet a été doublé.

Afin de réduire le risque de casse, une « porte » a été créée au centre du dispositif afin de laisser passer les sargasses en cas de trop fortes pression.



Figure 25 : Passe aménagée sur le barrage du Cap Est (Source : SUEZ CONSUTLING)

Afin de pallier ce problème, il pourrait être envisagé un ramassage des sargasses le long du filet en parallèle.

4.1.2.1.6 Pistes d'amélioration

Suite aux sessions d'évaluation du dispositif et divers entretiens menés entre Avril et Décembre 2021, plusieurs points d'amélioration sont à noter :

- Les conditions d'entretien semblent constituer une contrainte majeure : à ce jour l'entretien (nettoyage/réparation) s'effectue en grande partie à terre et nécessite au préalable la dépose partielle de sections de filet. L'entretien du barrage pourrait être davantage optimisé. Parallèlement aux opérations d'entretien à terre, il conviendrait de développer un outil permettant d'optimiser les opérations d'entretien en mer.
- Malgré les dispositions prises lors de la mise en place du barrage, un certain volume d'algues parvient à franchir le barrage (10 à 20% selon l'estimation de FILET DROM). Cela interviendrait à l'occasion de conditions de houle défavorables. A cet effet, une phase supplémentaire d'ajustement pourrait être prévue en vue d'optimiser le rendement (augmentation de la hauteur de filet hors d'eau à titre d'exemple).
- Si la signalisation du dispositif apparaît comme globalement satisfaisante, la signalisation des 2 passes au niveau du barrage de 2,7 km pourrait être davantage optimisée. Les passes ne sont pas spécifiquement matérialisées. Ce pourrait être au moyen de bouées supplémentaires, de couleur différente. De plus, il conviendrait de s'assurer de l'absence de différentiel colorimétrique entre les modules des flotteurs pour éviter d'induire en erreur les usagers de la mer.
- Enfin, il apparaît nécessaire de coupler au barrage en mer, un dispositif de collecte mécanique en mer et une ou plusieurs barges pour assurer les rotations entre le site de collecte en mer et le site de déchargement pour évacuation. Un tel dispositif complet permettrait alors d'évacuer les sargasses bloquées par le filet, de limiter ainsi les tensions appliquées par les sargasses sur le filet et de limiter les zones d'ombre créées et les incidences préjudiciables aux fonds marins et la faune inféodée.



Ce qu'il faut retenir...

Au stade actuel, le barrage est positionné de manière à empêcher les nappes d'algues en surface de rejoindre le littoral et joue en grande partie son rôle de protection littorale.

Un point d'attention est à noter concernant le passage d'une proportion d'algues au-dessus du barrage. La part d'algues rejoignant ainsi le rivage n'a pas pu être évaluée, mais l'estimation donnée par FILET DROM est de l'ordre de 10 à 20 % lors de conditions défavorables de houle. Pour pallier le passage résiduel d'algues et augmenter l'efficacité du barrage, il conviendrait à titre d'exemple d'augmenter la hauteur de jupe hors d'eau.

Le barrage mis en place ne semble pas présenter de signe de dégradation particulier à l'exception des flotteurs en plastique moulé qui montrent un début d'usure (disparition progressive de la teinte jaune) et parfois bien immergés. Au niveau de la jupe, on constate sur le barrage de Cap-Est, une colonisation marine des filets. Lors des visites, il n'a pas été constaté d'impact significatif associé sur la tenue du dispositif. Des cas de glissements des corps-morts ont toutefois été rapportés par FILET DROM lors de la saison cyclonique 2020.

L'entretien constitue le point le plus contraignant dans la mesure où il apparait comme étant plus optimal à terre plutôt qu'en mer. L'opération d'entretien nécessite un démontage partiel de sections de filet pour un transfert à terre en vue des opérations de nettoyage et réparation éventuelle. Par ailleurs, la difficulté d'intervention implique le recours systématique à un contrat d'entretien auprès du fabricant pour ce type de prestation.

En termes de durée de vie du dispositif, celle-ci est difficilement estimable dans la mesure où elle dépend fortement des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage.

En cas de conditions météorologiques défavorables, le mode de protection du barrage adopté par le fournisseur est la mise en drapeau. La durée de dépose, comme de réinstallation peut être préjudiciable considérant le linéaire du barrage (littoral non protégé pendant une longue période, mobilisation de personnel et frais associés).

Enfin et de manière générale, le bilan environnemental du dispositif apparait mitigé tenant compte des quelques effets positifs (rôle mineur de DCP, colonisation marine) et des nombreux effets négatifs notamment sur les fonds marins (risque de macrodéchets, perte directe d'herbiers par ragage des chaînes, perte indirecte d'herbiers par diminution de la luminosité liée à la stagnation et au coulage des algues bloquées particulièrement préjudiciables aux fonds marins). Il conviendrait de coupler au dispositif de barrage en mer un dispositif de ramassage en mer pour évacuer les algues avant leur décomposition.

4.1.2.2 Barrage MESH BOOM – DESMI

4.1.2.2.1 Présentation du dispositif

Initialement spécialisée dans le développement, la fabrication, la vente et le service de pompes et de solutions de pompage pour la marine, l'industrie, la défense et le carburant, et les services publics, DESMI propose un **système complet déployé pour la collecte des Sargasses** constitué :

- Du système de barrage déviant « DESMI MESH BOOM© »
- De l'unité flottante mécanique d'enlèvement des sargasses en mer, « DESMI SEA TURTLE© » (cf. chapitre dédié).

Le **barrage flottant déviant DESMI MESH BOOM** référencé sous la nomenclature douanière **8907909000** a pu faire l'objet de 2 journées d'évaluation sur 2 sites au Mexique à Akumal en date du 07/07/2022 et 08/07/2022 :

- Barrage de 645 mètres linéaires à Akumal (lieu confidentiel) : installé depuis février 2022 ;
- Barrage de 400 mètres linéaires à Akumal (lieu confidentiel) : installé depuis 2019.

Le dispositif est formé de plusieurs composants dont chacun assure une fonction bien spécifique :

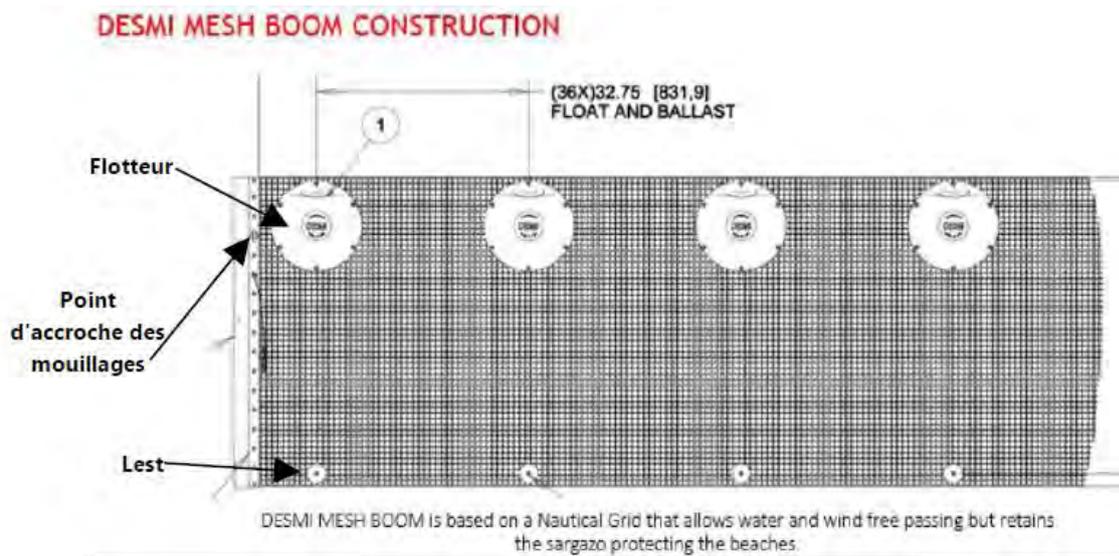


Figure 26 : Constitution du dispositif (Source : DESMI)

▷ Pour bloquer les algues : une jupe « simple » de 1.05 m de hauteur (dont 30cm au-dessus de la ligne d'eau et 75cm de tirant d'eau) constituée de sections de 15 mètres (les longueurs de section peuvent être adaptées sur demande) par :

- 1 grillage dit « structurel » : grillage rigide nautique en fils de filaments en polyester (maille 25mmx25mm, résistant UV, résistant à la salinité, résistant au H2S).
- Des glissières raccords d'extrémité en aluminium marinisé aux normes ASTM (F962), avec des goupilles en acier inoxydable et équipées de boulons, coupelles et vis en acier inoxydable.
- Des œillets d'ancrage de part et d'autre des glissières raccords d'extrémité.

▷ Pour assurer la flottabilité du barrage : des flotteurs positionnés tous les 1 mètres

- De couleur noire ;
- De 36 cm de diamètre ;
- En PEHD résistant aux UV, à l'eau de mer et aux H2S ;
- Constitués chacune de 2 modules (ou coques).

Les flotteurs correspondent à des sortes de modules encastrables en 6 points à travers les mailles des grillages et scellés par boulons, rondelles et écrous en acier inoxydable. Les flotteurs sont remplis de mousses et peuvent du fait de leur bonne flottabilité suivre des vagues allant jusqu'à 1,82 mètres.



Figure 27 : Grillage structurel (à gauche), modules de flotteurs (au centre) et glissières raccords (à droite) (Source : SUEZ CONSULTING)

▷ **Pour ancrer le dispositif** : des systèmes d’ancrages variables suivant la nature du substrat de fixation (sable ou roche) :

- Dans la roche : il est privilégié la mise en place d’une tige d’ancrage et d’une corde d’ancrage.
- Dans le sable : il est privilégié un ancrage métallique de type Manta Ray, avec une corde d’ancrage
- Des bouées de subsurface permettant de réduire le ragage de la corde sur le fond marin
- Des bouée de surface orange permettant d’assurer la visibilité du dispositif.

Les mouillages (ensemble d’ancrage, corde et bouées de surface) sont reliés au barrage au niveau des œillets d’ancrage des glissières raccord. Les ancrages sont situés au niveau des raccords, soit tous les 15 mètres.



Figure 28 : Bouées de surface orange (à gauche), ancre type Manta ray (au centre) et ancrage (à droite)
(Source : SUEZ CONSULTING)

▷ **Pour lester le dispositif** : sont disposées à la base du filet, des séquences en acier rond galvanisé à chaud de 1.1 kg, avec des vis et des écrous en acier inoxydable.



Figure 29 : Ecrous et vis des séquences assurant le lestage du filet (Source : SUEZ CONSULTING)

4.1.2.2 Moyens humains et sécurité

La mise en place du barrage nécessite l’intervention de plongeurs (notamment pour l’ancrage).

Le suivi opérationnel du barrage nécessite la mobilisation d’une équipe de 2 personnes.

Aucun EPI particulier ni équipement de type APR (Appareil de Protection Respiratoire) ni détecteur H2S n’est relevé dans l’équipement du personnel intervenant lors des opérations d’évaluation du dispositif. Cela peut s’expliquer par l’absence de décomposition des algues Sargasses au droit du dispositif positionné en pleine mer et limitant la survenue d’émissions de H2S.

Les conditions d’habilitation/aptitude du personnel intervenant n’a pas fait l’objet de vérification lors des opérations d’évaluation.

4.1.2.2.3 Moyens matériels

La mise en place et le suivi opérationnel du barrage nécessite la mise à disposition d'un bateau à moteur. Pour le remorquage des filets en vue d'une réparation à terre, il a nécessité de recours à des engins motorisés.

4.1.2.2.4 Observations

4.1.2.2.4.1 Etat général & efficacité

Sur un dispositif de type barrage en mer, notamment de type déviant, le rendement ne peut être estimé. L'analyse faite en suivant porte sur l'état général du dispositif et l'influence potentielle sur son efficacité.

Lors des visites d'observations réalisées en Juillet 2022 sur les deux sites prospectés, le barrage DESMI MESH BOOM présentait un bon état général : barrage maintenu droit, pas de signe d'affaissement, maintien des algues sur place.

Selon DESMI, depuis leur mise en place, les barrages ont démontré un bon état tant sur le plan fonctionnel que structurel. Les barrages étudiés installés en 2019 et 2022, n'auraient à ce jour pas fait l'objet de réparations importantes. Seules des interventions légères ont été faites (changement des pièces sur place). Afin de réduire le risque de casse, les barrages sont enlevés en cas de mauvais temps (tempête).

Lors de la visite d'évaluation, la densité de sargasses faible à moyenne au droit du barrage n'a pas permis de constater de manière optimale la capacité de rétention d'importantes nappes de sargasses (niveau de comblement des mailles, surpoids). La présence d'une quantité trop importante d'algues dans le barrage pourrait générer un risque de rupture. La présence complémentaire d'un ou plusieurs dispositifs de collecte « Sea Turtle » (cf. Dispositif Sea Turtle – DESMI) permet cependant d'évacuer les sargasses au fur et à mesure de leur arrivée dans le barrage et ainsi réduire la pression sur celui-ci.

Par ailleurs, il a été noté un bon état de colonisation du dispositif, n'ayant a priori pas de grand impact sur l'efficacité de ce dernier. La consistance et rigidité du filet permettent sans nul doute de limiter toute colonisation préjudiciable au dispositif. Ce, sous réserve de la conduite d'opérations hebdomadaires à mensuelles de suivi et d'opérations annuelles d'entretien.

De manière générale, le barrage DESMI MESH BOOM assure son rôle de protection du littoral en bloquant une grande majorité des nappes de sargasses (85% selon DESMI). **Si le barrage bloque la majeure partie des arrivages, il s'avère que 15% des algues parviennent tout de même à franchir ce dernier.**

Considérant le passage résiduel d'algues lors de conditions de houle, il conviendrait à titre d'exemple d'augmenter la hauteur de jupe hors d'eau le cas échéant.

4.1.2.2.4.2 Entretien

Selon DESMI, l'entretien peut se faire en mer ou à terre :

- En mer

Selon DESMI, un « entretien léger » assimilable à un suivi du dispositif (visite tous les 15 jours) permet de vérifier tout dysfonctionnement ou altération du dispositif (déchets volumineux, arbre, palette...). Cet entretien léger se compose d'une inspection des flotteurs, inspection des glissières raccords, inspection des fibres du grillage, inspection des mouillages... Cette fréquence est bien évidemment à adapter aux conditions environnementales (houle, vent, courant).

- A terre

Selon DESMI :

- Une inspection majeure de maintenance est réalisée une fois par an, avec un nettoyage complet du grillage, inspection des glissières raccord, inspection des mouillages.
- Les réparations suivantes peuvent être menées : application de PVC liquide sur les fibres du grillage endommagées (dommage ou usures), remplacement de demi-coque de flotteurs endommagés par des hélices de bateaux ou autres, rajout de bandes de renforcement en PVC thermo fusionné sur les connecteurs et le maillage du grillage...
- L'entretien à terre est à privilégier (hors mouillages) au moins une fois par an. Il y a donc nécessité de démonter les sections de barrages à entretenir et les ramener à terre pour un entretien optimal (nettoyage et réparation le cas échéant). La possibilité de décrocher aisément en mer des sections de barrage permet toutefois d'optimiser cette opération. 8 à 10 sections peuvent

être enlevées et remises en place en une journée (hors maintenance, celle-ci étant dépendante des réparations à effectuer).

- La manutention des sections de barrage se fait de la façon suivante : remorquage par bateau ou manuellement (faible profondeur d'eau) jusqu'à la plage de l'hôtel, puis remorquage manuel sur la plage. Il est important de noter que dans les situations évaluées, le barrage est situé proche de la plage (distance inférieure à 200m) et à des profondeurs faibles (profondeur maximale de 2m). Le remorquage en est facilité.

En définitive, l'entretien constitue une contrainte notable dans la mesure où il **apparaît comme étant plus optimal à terre plutôt qu'en mer**. L'opération d'entretien nécessite un démontage partiel de sections de filet pour un transfert à terre en vue des opérations de nettoyage et réparation éventuelle. Par ailleurs, la difficulté d'intervention implique le **recours systématique à un contrat d'entretien auprès du fabricant pour ce type de prestation**.

4.1.2.2.4.3 Incidences environnementales

Enfin, d'un point de vue environnemental, il a été noté plusieurs effets :

- **Effets positifs :**
 - **Une colonisation du dispositif :** colonisation du grillage, des flotteurs, des lignes de mouillages et des ancrages (lignes et bouées) ;
 - **Un rôle mineur de DCP (Dispositif de Concentration de Poissons)** par la présence de poissons venant s'y nourrir.
 - **L'absence de ragage sur le fond marin :** sur près de 90% du linéaire installé où la profondeur est supérieure à 0.75m, le grillage ne touche pas le fond marin, laissant ainsi un passage pour la faune marine (poissons, tortues), et n'abimant pas la biocénose benthique. Les ancrages sont quant à eux reliés au barrage depuis les bouées de surface, jusqu'aux glissières raccord, supprimant ainsi toute interaction avec le fond marin.
 - **Ancrages moins impactants :** l'utilisation de corps-morts est proscrite dans ce type de dispositif au profit de l'utilisation d'ancrage écologique, réduisant ainsi l'impact sur la biocénose benthique
 - **L'absence de décomposition des sargasses dans les zones les plus denses :** le dispositif peut être couplé à l'utilisation de dispositifs de collecte (DESMI SEA TURLE) pour assurer la récupération quotidienne des sargasses avant décomposition.

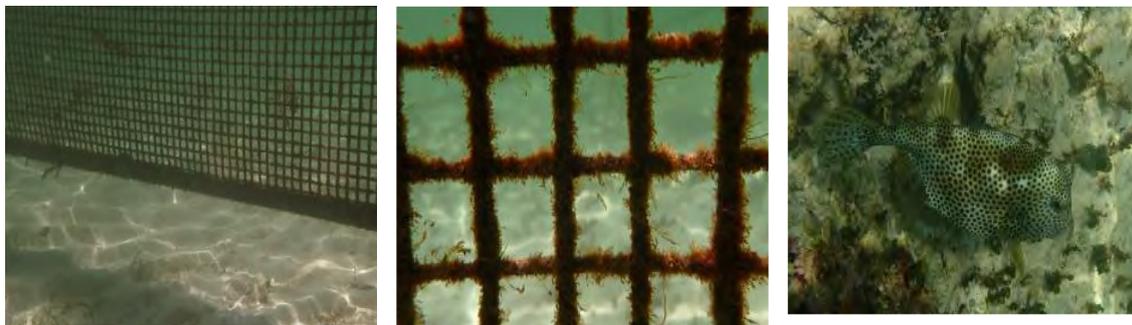


Figure 30 : Absence de ragage (à gauche), colonisation (au centre) et présence de poissons se nourrissant au droit du dispositif (à droite) (Source : SUEZ CONSULTING)

- **Effets négatifs :**
 - **Le ragage ponctuel et localisé :** sur 10 % du linéaire installé où la profondeur est supérieure à 0.75m, on note une disparition ponctuelle de la biocénose ;
 - **Les zones d'ombres temporaires sous les amas de sargasses flottantes,** induisant un manque de lumière, une diminution de la photosynthèse, et ainsi la perte d'herbiers.

4.1.2.2.5 Coût

Selon les échanges avec DESMI, les coûts sont les suivants :

- Prix du dispositif :
 - Section de 15m de barrage « simple » (assemblée et installée) : 2 350 US\$
 - Section de 15m de barrage « double » (assemblée et installée) : 2 780 US\$ (non évaluée)

- Fourniture et installation des ancrages au Mexique (par une entreprise mexicaine) :
 - Ancrage sur roche : 500 US\$
 - Ancrage sur sable : 700 US\$
- Entretien : environ 7US\$/ml (contrat annuel par une entreprise externe pour l'entretien annuel à terre du barrage (nettoyage & manutention)).

4.1.2.2.6 *Durée de vie*

La durée de vie du dispositif est **difficilement estimable**. Celle-ci étant **dépendante des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage**. La durée de vie des barrages estimée par DESMI est de 3 ans. La durée de vie des flotteurs n'est pas connue à ce jour. Au regard de l'état des pièces installées depuis janvier 2019 sur les barrages évalués, on sait à ce jour que les flotteurs ont une durée de vie minimale de 2 ans. Les autres composants tels que les ancrages et glissières raccord, en matériaux inertes, ont une durée de vie relativement longue et non négligeable.

La durée de vie du dispositif dépend également beaucoup des tensions appliquées sur ce dernier. En cas de courant trop fort, ou de houle importante, les pressions appliquées sur le dispositif peuvent amener à la rupture du dispositif. Les casses les plus fréquentes sont situées au niveau des accroches (liaison barrage/glissière), même si le barrage peut lui-même être endommagé par la présence de macrodéchets type rochers ou branches en cas de mauvais temps.

La présence d'une quantité trop importante d'algues dans le barrage peut également l'amener à rompre. La présence complémentaire d'un ou plusieurs dispositifs de collecte (à l'exemple de « Sea Turtle » (cf. fiche synthèse Sea Turtle – DESMI)) permet cependant d'évacuer les sargasses au fur et à mesure de leur arrivée dans le barrage et ainsi réduire la pression sur celui-ci.

Les barrages étudiés ont été installés en 2019 et 2022, et n'ont pas fait l'objet de réparations importantes à ce jour. Seules des interventions légères ont été faites (changement des pièces sur place). Afin de réduire le risque de casse, les barrages sont enlevés en cas de mauvais temps (tempête).

4.1.2.2.6.1 *Pistes d'amélioration*

Suite aux sessions d'évaluation du dispositif menées en Juillet 2022, plusieurs points d'amélioration sont à noter :

- L'entretien du barrage (nettoyage/réparation) pourrait être optimisé dans la mesure où il s'effectue en grande partie à terre et nécessite au préalable la dépose partielle de sections de barrage. Parallèlement aux opérations d'entretien à terre, il conviendrait de développer un outil permettant d'optimiser les opérations d'entretien en mer.
- Si la signalisation du dispositif est globalement satisfaisante, du fait de la couleur de bouées d'ancrages orange fluo en journée, celle-ci est inexistante pendant la nuit. Une signalisation nautique lumineuse permettrait de matérialiser le barrage en mer la nuit (capteurs réfléchissants ou lumières), afin de limiter les risques de potentiels accidents (chocs avec le barrage, dégradation du barrage ...).
- Malgré les dispositions prises lors de la mise en place du barrage, un faible volume d'algues parvient à franchir le barrage. Cela est dû aux conditions de houle et de vent. Cependant le pourcentage est faible 15%. Une phase supplémentaire d'ajustement pourrait être prévue en vue d'optimiser le rendement (augmentation de la hauteur de barrage hors d'eau à titre d'exemple). Extrémité du barrage à améliorer (au niveau des plages ou d'enrochements) : ces zones sont plus propices à la destruction car elles sont en contact avec le sol (enrochements ou sable), la perméabilité du barrage est moins assurée au niveau de ces zones. L'évacuation des sargasses dans ces zones est également plus compliquée (accès difficiles, blocage des sargasses dans les enrochements...).



Ce qu'il faut retenir...

Le barrage déviant DESMI MESH BOOM est positionné de manière à empêcher les nappes d'algues en surface de rejoindre le littoral en les déviant. Il joue en grande partie son rôle de protection littorale.

Un point d'attention est à noter concernant le passage d'une proportion d'algues au-dessus du barrage. La part d'algues rejoignant ainsi le rivage n'a pas pu être évaluée, mais l'estimation donnée par DESMI est de l'ordre de 15% lors de conditions défavorables de houle. Pour pallier le passage résiduel d'algues et augmenter l'efficacité du barrage, il conviendrait à titre d'exemple d'augmenter la hauteur de jupe hors d'eau.

Le barrage mis en place ne semble pas présenter de signe de dégradation particulier. Au niveau de la jupe, on constate une colonisation marine des filets. Lors des visites, il n'a pas été constaté d'impact significatif associé sur la tenue du dispositif.

L'entretien constitue toutefois le point le plus contraignant dans la mesure où il apparaît comme étant plus optimal à terre plutôt qu'en mer. L'opération d'entretien nécessite un démontage partiel de sections de filet pour un transfert à terre en vue des opérations de nettoyage et réparation éventuelle. Par ailleurs, la difficulté d'intervention implique le recours systématique à un contrat d'entretien auprès d'un prestataire pour ce type de prestation.

En termes de durée de vie du dispositif, celle-ci est difficilement estimable dans la mesure où elle dépend fortement des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage.

En cas de conditions météorologiques défavorables, il convient de procéder au retrait du dispositif. La durée de dépose, comme de réinstallation peut être préjudiciable considérant le linéaire du barrage (littoral non protégé pendant une longue période, mobilisation de personnel et frais associés).

Enfin et de manière générale, le bilan environnemental du dispositif apparaît plutôt favorable tenant compte des effets positifs (rôle mineur de DCP, colonisation marine, absence de ragage sur près de 90% du linéaire) et des quelques effets négatifs notamment sur les fonds marins (perte directe d'herbiers par ragage ponctuel sur environ 10% du linéaire et perte indirecte d'herbiers par diminution de la luminosité liée à la stagnation temporaire et au coulage des algues bloquées particulièrement préjudiciables aux fonds marins). Il conviendrait de coupler au dispositif de barrage en mer un dispositif de ramassage en mer pour évacuer les algues avant leur décomposition. C'est toutefois déjà le cas dans la mesure où DESMI commercialise le système complet avec l'unité flottante mécanique DESMI SEA TURTLE.

4.1.2.3 Barrage SARGABARRIER – THE OCEAN CLEANER

4.1.2.3.1 Présentation du dispositif

Startup française, basée en France et au Mexique, dédiée à la protection des plages, des fronts de mer, des lacs et des rivières contre la pollution, THE OCEAN CLEANER propose un système complet déployé pour la collecte des Sargasses constitué :

- Du système de barrage déviant et/ou bloquant « SARGABARRIER© »
- Des unités flottantes mécaniques d'enlèvement des sargasses en mer, « SARGABOAT III© » et « SARGATRILER© ».

Le barrage flottant SARGABARRIER a pu faire l'objet d'1 journée d'évaluation sur 1 site au sud de Cancún au Mexique en date du 06/07/2022 : il s'agit du barrage de 1200 mètres linéaires installé depuis 2019 sur la plage de l'hôtel Vidanta Riviera Maya.

Le dispositif est formé de plusieurs composants dont chacun assure une fonction bien spécifique :

▷ Pour bloquer les algues : un filet blanc en polyamide ou UHMWPE (semblable à du nylon) dont :

- Les mailles sont de diamètre de 18mm ;
- Le positionnement en V se fait en fonction de l'orientation du vent :
La disposition en V est fonction du vent, de la houle et du courant présent sur site, afin d'éviter les trop fortes pressions de ces éléments sur le barrage et limiter les risques de casse. Elle peut également permettre la déviation des sargasses vers les extrémités du barrage et ainsi créer des zones de collecte plus restreinte mais ce n'est pas la mission première dans le cas étudié.
- La hauteur est de 1.60 dont 0.55m émergé et 1.05m immergé ;
- Les sections (ou panneaux) de 25m de long sont liés par une barre en plastique à double revêtement avec connecteurs d'amarrage en acier inoxydable.

▷ Pour assurer la flottabilité du barrage : des flotteurs positionnés tous les 1 mètres

- De couleur orange ;
- Avec un poids de rupture de 8 T ;
- Résistants aux UV.

▷ Pour ancrer le dispositif : des systèmes d'ancrages tous les 25 mètres :

- De type Danforth ;
- Scellées dans la roche par perforation et insertion d'une tige ou ancrées dans le sable ;
- De 50kg auxquels se rajoute 20kgs de chaîne.

Des bouée de surface jaune permettent d'assurer la visibilité du dispositif.



Figure 31 : Flotteurs (à gauche), Bouée d'ancrages et liaison (Source : SUEZ CONSULTING)

4.1.2.3.2 Moyens humains et sécurité

La mise en place du barrage nécessite la mobilisation d'une équipe de 3 personnes.

Aucun EPI particulier ni équipement de type APR (Appareil de Protection Respiratoire) ni détecteur H2S n'est relevé dans l'équipement du personnel intervenant lors des opérations d'évaluation du dispositif. Cela peut s'expliquer par l'absence de décomposition des algues Sargasses au droit du dispositif positionné en pleine mer et limitant la survenue d'émissions de H2S.

Les conditions d'habilitation/aptitude du personnel intervenant n'a pas fait l'objet de vérification lors des opérations d'évaluation.

4.1.2.3.3 Moyens matériels

La mise en place et le suivi opérationnel du barrage nécessite la mise à disposition d'un bateau à moteur et d'une équipe de 3 personnes.

Pour le remorquage des filets en vue d'une réparation à terre, il a nécessité de recours à des engins motorisés.

4.1.2.3.4 Observations

4.1.2.3.4.1 Etat général & efficacité

Sur un dispositif de type barrage en mer, le rendement ne peut être estimé. L'analyse faite en suivant porte sur l'état général du dispositif et l'influence potentielle sur son efficacité.

Lors des visites d'observations réalisées en Juillet 2022, le barrage SARGABARRIER présentait un bon état général : barrage maintenu droit, pas de signe d'affaissement, maintien des algues sur place.

Selon THE OCEAN CLEANER, depuis leur mise en place, les barrages ont démontré un bon état tant sur le plan fonctionnel que structurel. Le barrage étudié installé en 2019 n'aurait à ce jour pas fait l'objet de réparations importantes à ce jour. Seules des interventions légères ont été faites (changement des pièces sur place). Afin de réduire le risque de casse, le barrage est enlevé en cas de mauvais temps (tempête).

Lors de la visite d'évaluation, la densité de sargasses relativement faible au droit du barrage n'a pas permis de constater de manière optimale la capacité de rétention d'importantes nappes de sargasses (niveau de comblement des mailles, surpoids). La présence d'une quantité trop importante d'algues dans le barrage pourrait en effet générer un risque de rupture. La présence complémentaire d'un ou plusieurs dispositifs de collecte « SARGABOAT / SARGATRILER » (cf. Dispositif SARGABOAT / SARGATRILER – THE OCEAN CLEANER) permet cependant d'évacuer les sargasses au fur et à mesure de leur arrivée dans le barrage et ainsi réduire la pression sur celui-ci.

Par ailleurs, l'état de colonisation du dispositif n'a pas pu faire l'objet d'une évaluation pour vérifier l'influence sur l'efficacité de ce dernier. En effet, l'accessibilité au dispositif a été particulièrement restreinte par le gestionnaire (hôtelier) souhaitant préserver la confidentialité du site et de son dispositif.

Selon THE OCEAN CLEANER, le barrage SARGABARRIER semble assurer son rôle de protection du littoral en bloquant une grande majorité des nappes de sargasses (80% selon DESMI). **Si le barrage bloque la majeure partie des arrivages, il s'avère que 20% des algues parviennent tout de même à franchir ce dernier.**

Considérant le passage résiduel d'algues lors de conditions de houle, il conviendrait à titre d'exemple d'augmenter la hauteur de jupe hors d'eau le cas échéant.

4.1.2.3.4.2 Entretien

Selon THE OCEAN CLEANER, l'entretien peut se faire en mer ou à terre :

- En mer

Un « entretien léger » assimilable à un suivi du dispositif (visite tous les jours pendant plusieurs heures – surface et sous-marine) permet de vérifier tout dysfonctionnement ou altération du dispositif (déchets volumineux, arbre, palette...). Cet entretien léger se compose d'une inspection des flotteurs, inspection système de liaison, inspection du filet inspection des mouillages... Cette fréquence est bien évidemment à adapter aux conditions environnementales (houle, vent, courant). En mer l'entretien nécessite à minima la présence de deux personnes.

- A terre

Selon THE OCEAN CLEANER :

- Une inspection majeure de maintenance est réalisée une fois par an. Le filet est nettoyé sur la plage à l'aide d'une brosse (enlèvement des organismes colonisateurs, déchets coincés), et d'un jet d'eau.
- L'entretien à terre est à privilégier (hors mouillages). Il y a donc nécessité de démonter les sections de barrages à entretenir et les ramener à terre pour un entretien optimal (nettoyage et réparation le cas échéant). La possibilité de décrocher aisément en mer des sections de barrage permet toutefois d'optimiser cette opération.
- La manutention des sections de barrage se fait de la façon suivante : remorquage par bateau jusqu'à la plage de l'hôtel, puis remorquage manuel sur la plage. Il est important de noter que dans les situations évaluées, le barrage est situé proche de la plage (distance inférieure à 200m) et à des profondeurs faibles. Le remorquage en est facilité.

En définitive, l'entretien constitue une contrainte notable dans la mesure où il **apparaît comme étant plus optimal à terre plutôt qu'en mer**. L'opération d'entretien nécessite un démontage partiel de sections de filet pour un transfert à terre en vue des opérations de nettoyage et réparation éventuelle. Par ailleurs, la difficulté d'intervention implique la **mobilisation de personnel de l'hôtel pour ce type d'opération**.

4.1.2.3.4.3 Incidences environnementales

Enfin, d'un point de vue environnemental, il a été noté plusieurs effets :

- Effets positifs :

- **Une colonisation probable du dispositif** : non évaluée mais très probable ;
- **Un rôle mineur probable de DCP** (Dispositif de Concentration de Poissons) : non évalué mais très probable ;
- **L'absence probable de ragage sur le fond marin** : sur près de 90% du linéaire installé où la profondeur est supérieure à 1.05 m, le grillage ne touche a priori pas le fond marin, laissant ainsi un passage pour la faune marine (poissons, tortues), et n'abimant pas la biocénose benthique.
- **Le recours à des ancrages écologiques** : l'utilisation de corps-morts est proscrite dans ce type de dispositif au profit de l'utilisation d'ancrage écologique, réduisant ainsi l'impact sur la biocénose benthique
- **L'absence de décomposition des sargasses dans les zones les plus denses** : le dispositif peut être couplé à l'utilisation de dispositifs de collecte (SARGABOAT / SARGATRILER) pour assurer la récupération quotidienne des sargasses avant décomposition.

- Effets négatifs :

- **Le ragage probable ponctuel et localisé** : sur 10 % du linéaire installé où la profondeur est supérieure à 1.05m, on pourra probablement noter une disparition ponctuelle de la biocénose ;
- **Les zones d'ombres temporaires sous les amas de sargasses flottantes**, induisant un manque de lumière, une diminution de la photosynthèse, et ainsi la perte d'herbiers.

4.1.2.3.4.4 Coût

Non communiqué.

4.1.2.3.4.5 Durée de vie

La durée de vie du dispositif est **difficilement estimable**. Celle-ci étant **dépendante des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage**. La durée de vie du barrage estimée par THE OCEAN CLEANER est supérieure à 4 ans. La durée de vie des flotteurs et bouées de surfaces n'est pas connue à ce jour. Au regard de l'état des pièces installées depuis 2019 sur le barrage évalué, on sait à ce jour que les flotteurs et bouées ont une durée de vie minimale de 4 ans. Les autres composants tels que les ancrages, en matériaux inertes, ont une durée de vie relativement longue et non négligeable. Selon THE OCEAN CLEANER, le filet résiste bien, en grande partie grâce au traitement UV qui lui permet de résister au temps. Aune altération n'a été notée depuis la surface lors de l'évaluation du dispositif.

La durée de vie du dispositif dépend également beaucoup des tensions appliquées sur ce dernier. En cas de courant trop fort, ou de houle importante, les pressions appliquées sur le dispositif peuvent amener à la rupture du dispositif. Les casses les plus fréquentes sont situées au niveau des accroches, même si le barrage peut lui-même être endommagé par la présence de macrodéchets type rochers ou branches en cas de mauvais temps.

La présence d'une quantité trop importante d'algues dans le barrage peut également l'amener à rompre. La présence complémentaire d'un ou plusieurs dispositifs de collecte « SARGABOAT/SARGATRILER » permet cependant d'évacuer les sargasses au fur et à mesure de leur arrivée dans le barrage et ainsi réduire la pression sur celui-ci.

Le barrage étudié a été installé en 2019, et n'a à priori pas fait l'objet de réparations importantes à ce jour. Seules des interventions légères ont été faites (changement des pièces sur place). Afin de réduire le risque de casse, les barrages sont enlevés en cas de mauvais temps (tempête).

THE OCEAN CLEANER indique avoir enregistré eu une casse lors de la 1ère installation à cause de récifs artificiels placés trop proches des barrières, mais le problème aurait été corrigé. Par ailleurs, un endroit fait défaut : il s'agit de l'endroit où la barrière est fixée à la digue nord (cette digue devait être en béton et pas en blocs de pierres, mais l'hôtel n'aurait pas tenu son engagement). Les autorisations de changement de configuration de la barrière sont onéreuses donc ils préfèrent laisser le dispositif tel quel avec ce risque de casse : il s'agit en l'occurrence d'une tige orange d'un flotteur qui tape et se casse de temps en temps.

4.1.2.3.4.6 Pistes d'amélioration

Suite aux sessions d'évaluation du dispositif menées en Juillet 2022, plusieurs points d'amélioration sont à noter

- L'entretien du barrage (nettoyage/réparation) pourrait être optimisé dans la mesure où il s'effectue en grande partie à terre et nécessite au préalable la dépose partielle de sections de barrage. Parallèlement aux opérations d'entretien à terre, il conviendrait de développer un outil permettant d'optimiser les opérations d'entretien en mer.
- Si la signalisation du dispositif est globalement satisfaisante, du fait de la couleur des flotteurs et des bouées d'ancrages orange en journée, celle-ci est inexistante pendant la nuit. Une signalisation nautique lumineuse permettrait de matérialiser le barrage en mer la nuit (capteurs réfléchissants ou lumières), afin de limiter les risques de potentiels accidents (chocs avec le barrage, dégradation du barrage ...).
- Le positionnement du filet vis-à-vis de la houle et du vent pourrait être optimisé. Aujourd'hui, des ancres supplémentaires ont été ajoutées de manière à bien maintenir le filet sous tension.
- Malgré les dispositions prises lors de la mise en place du barrage, un faible volume d'algues parvient à franchir le barrage. Cela est dû aux conditions de houle et de vent. Cependant le pourcentage est faible 20%. Une phase supplémentaire d'ajustement pourrait être prévue en vue d'optimiser le rendement (augmentation de la hauteur de barrage hors d'eau à titre d'exemple).
- L'extrémité du barrage est à améliorer (au niveau des digues en enrochements) : ces zones sont plus propices à la destruction car elles sont en contact avec le sol (enrochements). L'évacuation des sargasses dans ces zones est également plus compliquée (accès difficiles, blocage des sargasses dans les enrochements...). Une modification du positionnement du barrage et de la géométrie des digues pourrait être envisagée (remplacement par un digue poids béton).



Ce qu'il faut retenir...

Le barrage SARGABARRIER est positionné de manière à empêcher les nappes d'algues en surface de rejoindre le littoral en les déviant ou les bloquant. Il joue en grande partie son rôle de protection littorale (a priori 80% d'efficacité).

Un point d'attention est à noter concernant le passage d'une proportion d'algues au-dessus du barrage. La part d'algues rejoignant ainsi le rivage n'a pas pu être évaluée, mais l'estimation donnée par THE OCEAN CLEANER est de l'ordre de 20% lors de conditions défavorables de houle. Pour pallier le passage résiduel d'algues et augmenter l'efficacité du barrage, il conviendrait à titre d'exemple d'augmenter la hauteur de jupe hors d'eau.

Le barrage mis en place ne semble pas présenter de signe de dégradation particulier. L'état de la jupe sous l'eau n'a pu être constatée en termes notamment de colonisation marine des filets et d'impact significatif associé sur la tenue du dispositif.

L'entretien constitue par ailleurs le point le plus contraignant dans la mesure où il apparait comme étant plus optimal à terre plutôt qu'en mer. L'opération d'entretien nécessite un démontage partiel de sections de filet pour un transfert à terre en vue des opérations de nettoyage et réparation éventuelle. Par ailleurs, la difficulté d'intervention implique la mobilisation de personnel pour ce type de prestation.

En termes de durée de vie du dispositif, celle-ci est difficilement estimable dans la mesure où elle dépend fortement des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage.

En cas de conditions météorologiques défavorables, il convient de procéder au retrait du dispositif. La durée de dépose, comme de réinstallation peut être préjudiciable considérant le linéaire du barrage (littoral non protégé pendant une longue période, mobilisation de personnel et frais associés). Selon THE OCEAN CLEANER, la trajectoire fiable d'un cyclone est connue 6 jours en avance ce qui permet de prévoir l'enlèvement des barrières. Avec la participation des 2 Sargatrailer il faut compter 2 à 3 jours pour enlever et stocker en sécurité les barrières.

Enfin, aucun bilan environnemental du dispositif apparait plutôt favorable ne peut être dressé du fait de la non-accessibilité aux abords du dispositifs sous l'eau. On peut à ce stade supposer la possibilité d'effets positifs (rôle mineur de DCP, colonisation marine, absence de ragage sur près de 90% du linéaire) et d'effets négatifs probables sur les fonds marins (perte directe d'herbiers par ragage ponctuel sur environ 10% du linéaire et perte indirecte d'herbiers par diminution de la luminosité liée à la stagnation temporaire et au coulage des algues bloquées particulièrement préjudiciables aux fonds marins). Il conviendrait de coupler au dispositif de barrage en mer un dispositif de ramassage en mer pour évacuer les algues avant leur décomposition. C'est toutefois déjà le cas dans la mesure où THE OCEAN CLEANER commercialise le système complet avec l'unité flottante mécanique SARGABOAT / SARGATRILER.

4.1.2.4 Barrage CUBISYSTEM

4.1.2.4.1 Présentation du dispositif

Cubisystem est une société française, créée en 1985 et intervenant dans le domaine de la conception, la production, et la mise en œuvre de pontons flottants. Initialement développé pour l'aquaculture en mer, le système de pontons flottants modulaires est utilisé maintenant dans de multiples secteurs d'activité : Aménagements portuaires et marinas, Aquaculture et pêche, Industrie et Travaux Publics, Bases nautiques et de sports nautiques, Plate-forme de baignade, piscine en mer, Docks flottants pour Jet et bateau à moteur.

Le barrage flottant CUBISYSTEM a pu faire l'objet de 2 journées d'évaluation sur 4 sites au Robert en Martinique en date du 17 et 18/10/2022 :

- Barrage de 1.2km à Baie de Cayol : installé depuis 2019 ;
- Barrage de 1.2km à Pointe Lynch : installé depuis 2021 ;
- Barrage de 1 km à Sable Blanc : installé depuis 2022 ;
- Barrage de 1.4km à Pontaléry : installé depuis 2019.

Le dispositif est formé de plusieurs composants dont chacun assure une fonction bien spécifique :

▷ Pour bloquer les algues : un filet maillé en polypropylène noir constitué d'une « jupe « simple » :

- Les mailles sont de diamètre de 40mm ;
- La hauteur est de 1.5 m de hauteur (dont 40cm au-dessus de la ligne d'eau et 1.1cm de tirant d'eau)
- Les sections (ou panneaux) de 20m de long.

▷ Pour assurer la flottabilité du barrage : des flotteurs Cubisystem© en PEHD fixés les uns aux autres dans la diagonale par les oreilles, aux moyens de vis/écrous en PEHD :

- De couleur noir/kaki ;
- De 68cmx68cmx40cm ;
- D'une flottabilité 375 kg/m², poids 11kg
- Résistants aux UV.

▷ Pour ancrer le dispositif : des systèmes d'ancrages tous les 20 mètres :

- Un système d'ancrage tous les 20 mètres :
 - Corps-morts de 1.4T (tenue insuffisante selon les zones)
 - Ancres plates de 150kg (ou Ancres charrues de 150kg ou de 75kg)
- Bouée de surface jaune (visibilité).
- 1 Cubisystem dit « amortisseur » (dont le rôle est la réduction de la pression sur le barrage au niveau des cordes/chaînes d'ancrage) ;
- Mouillage (ancrage + corde/chaîne + amortisseur + bouées de surface) relié au barrage au niveau des oreilles ;
- 1 Ancrage situé au niveau des raccords entre les sections de 20m

Des bouée de surface jaune, ainsi que des piquets jaunes permettent d'assurer la visibilité du dispositif.



Figure 32 : Bouée de surface (Source : SUEZ CONSULTING)



Figure 33 : CUBI SYSTEM "amortisseur" (Source : SUEZ CONSULTING)



Figure 34 : Flotteurs (à gauche), poteaux de signalisation à droite (Source : SUEZ CONSULTING)

- ▷ 20mm en acier, confinée dans une gaine en géotextile.

4.1.2.4.2 Moyens humains et sécurité

La mise en place du barrage nécessite des plongeurs (ancrage) et un bateau (facilité d'installation).

Le suivi opérationnel du barrage nécessite idéalement une équipe de 2 personnes d'aucune formation particulière (hors permis bateau).

Aucun EPI particulier ni équipement de type APR (Appareil de Protection Respiratoire) ni détecteur H2S n'est relevé dans l'équipement du personnel intervenant lors des opérations d'évaluation du dispositif. Cela peut s'expliquer par l'absence de décomposition des algues Sargasses au droit du dispositif positionné en pleine mer et limitant la survenue d'émissions de H2S.

Les conditions d'habilitation/apptitude du personnel intervenant n'a pas fait l'objet de vérification lors des opérations d'évaluation.

4.1.2.4.3 Moyens matériels

La mise en place et le suivi opérationnel du barrage nécessite la mise à disposition d'un bateau à moteur ou d'une barge.

4.1.2.4.4 Observations

4.1.2.4.4.1 Etat général & efficacité

Sur un dispositif de type barrage en mer, le rendement ne peut être estimé. L'analyse faite en suivant porte sur l'état général du dispositif et l'influence potentielle sur son efficacité.

Lors des visites d'observations réalisées en Octobre 2022, le barrage CUBI SYSTEM présentait un bon état général : barrage maintenu droit, pas de signe d'affaissement, maintien des algues sur place.

Selon la mairie du Robert (gestionnaire du barrage), depuis leur mise en place, seul 1 barrage sur les 4 en place a démontré un bon état tant sur le plan fonctionnel que structurel. Le barrage de Baie Cayol installé en 2019 n'aurait à ce jour pas fait l'objet de réparations importantes. Seules des interventions légères ont été faites (changement des pièces sur place tels que les vis/écrous au niveau des oreilles). En cas de mauvais temps (tempête), le barrage n'est pas enlevé. Le gestionnaire indique ne pas avoir recours à une quelconque intervention.

Lors de la visite d'évaluation, la densité de sargasses relativement au droit du barrage a permis de constater de manière optimale la capacité de rétention d'importantes nappes de sargasses (niveau de comblement des mailles, surpoids). Si le barrage de Baie Cayol présente une bonne tenue, les barrages de Pontaléry, Pointe Lynch et Savanes Blanches montrent des signes d'altération (présence importante d'huitres entraînant l'immersion du dispositif et la rupture des filets).



Figure 35 : Illustration du barrage de Pointe Lynch complètement basculé par le poids des huitres (Source : SUEZ CONSULTING)

4.1.2.4.2 Entretien

Les barrages étudiés installés en 2019, 2021 et 2022 doivent faire l'objet de réparations importantes concernant les filets. En effet, la mairie du Robert envisage de les remplacer au vu de leur état de dégradation. A ce jour, seules des interventions légères ont été effectuées (changement des vis / écrous des oreilles).

Pour réduire le risque de casse, les barrages doivent pouvoir être enlevés ou mis en drapeau en cas de mauvais temps (tempête). Afin de réduire le surpoids induit par le développement de crustacés et autres organismes sur le filet, un nettoyage plus fréquent devra être réalisé. En effet, le gestionnaire indique qu'un « entretien léger » assimilable à un suivi hebdomadaire du dispositif (visite en surface uniquement) est opéré à ce jour pour vérifier tout dysfonctionnement ou altération du dispositif (déchets volumineux, arbre, palette...). Cet entretien léger se compose d'une inspection des Cubisystem© (notamment les oreilles), des vis / écrous, des mouillages... Cette fréquence est adaptée aux conditions environnementales (houle, vent, courant).

Une inspection majeure de maintenance est réalisée une fois par an, avec un nettoyage complet du filet et inspection des mouillages. Pour cela les filets sont relevés et posés sur les Cubisystem, laissés à sécher pendant 1 à 2 semaines, puis les huitres sont martelées et enlevées manuellement à l'aide d'un bâton. Le filet est ensuite remis dans l'eau. Aucun entretien n'est fait à terre à ce jour. Les sections de barrages n'ont pas été entièrement sorties de l'eau depuis leur mise en place.

Suivant les dommages constatés, les réparations suivantes ont été menées : remplacement d'un système vis/écrou, remplacement de Cubisystem© endommagés par des hélices de bateaux ou autres, remise en place de la chaîne lest...

Dans le cadre des remplacements prévus, la manutention se fait de la façon suivante : décrochage des sections de filets des Cubisystem©, remorquage par bateau jusqu'à la zone de déchargement, puis dépôt à terre. Le moyen nautique utilisé est une barge équipée d'une grue

En définitive, l'entretien constitue une contrainte notable dans la mesure où les altérations du dispositif semble résulter du défaut d'une fréquence d'entretien soutenue. La difficulté d'intervention réside entre autres dans la mobilisation de personnel de la mairie pour ce type d'opération.

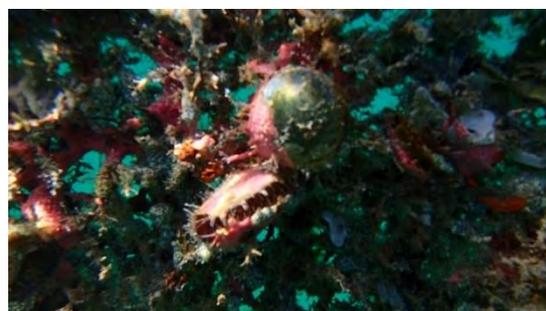
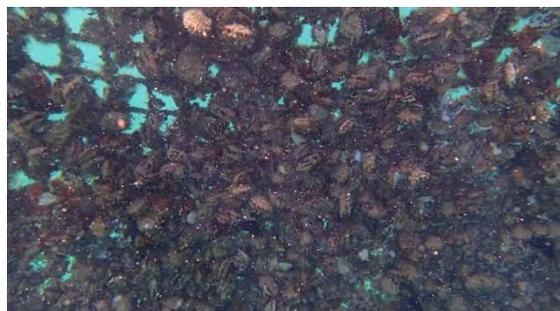


Figure 36 : Illustrations de la colonisation du filet par les huitres et autres organismes
(Source : SUEZ CONSULTING)

4.1.2.4.3 Incidences environnementales

Enfin, d'un point de vue environnemental, il a été noté plusieurs effets :

- **Effets positifs :**
 - Un rôle mineur probable de DCP (Dispositif de Concentration de Poissons) ;
 - L'absence de décomposition des sargasses dans les zones les plus denses : le dispositif peut être couplé à l'utilisation de dispositifs de collecte (SARGABOAT / SARGATRILER) pour assurer la récupération quotidienne des sargasses avant décomposition.
- **Effets négatifs :**
 - Le ragage ponctuel et localisé : entraînant une disparition ponctuelle de la biocénose ;
 - Les zones d'ombres temporaires sous les amas de sargasses flottantes, induisant un manque de lumière, une diminution de la photosynthèse, et ainsi la perte d'herbiers.

4.1.2.4.4 Coût

Selon les échanges avec le gestionnaire du barrage, les coûts sont les suivants :

- Prix du barrage (fourniture, assemblage et installation) au mètre linéaire : 250€ HT/ml
- Prix de l'entretien annuel du barrage (nettoyage et manutention) : 10% du prix de l'installation (pour un marché de 1.2M €, les coûts d'entretien sont d'environ 120 000€ HT selon le gestionnaire). Le coût théorique laissé à la discrétion du fournisseur.

4.1.2.4.5 Durée de vie

La durée de vie du dispositif est **difficilement estimable**. Celle-ci étant **dépendante des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage**. La durée de vie théorique du barrage estimée par CUBISYSTEM est des 20 ans. Au regard de l'état des pièces installées depuis 2019 sur le barrage évalué, on sait à ce jour que les filets ont une durée de vie minimale de 3 ans et les flotteurs une durée de vie supérieure à 3 ans. En effet, ces derniers sont intacts depuis leur acquisition. Ceux-ci sont garantis 10 ans.

Les autres composants tels que les ancrages, en matériaux inertes, ont une durée de vie relativement longue et non négligeable.

Les système d'accroches au niveau des oreilles des CUBISYSTEM sont particulièrement sensibles à la corrosion marine. Celles-ci étaient en cours de remplacement lors de nos visites. Le recours à des matériaux alternatifs aux alliages métalliques permet sans nul doute d'optimiser la durée de vie du dispositif. Des interventions légères ont été faites (changement des pièces sur place : remplacement des vis/écrou inox) par des systèmes en PEHD ou PP GF 40%.

La durée de vie du dispositif dépend également beaucoup des tensions appliquées sur ce dernier. En cas de colonisation par les huîtres, de courant trop fort, ou de houle importante, les pressions appliquées sur le dispositif peuvent amener à sa rupture. Les casses les plus fréquentes sont situées au niveau des accroches (oreilles), même si le barrage peut lui-même être endommagé par la présence de macrodéchets type rochers ou branches en cas de mauvais temps.

La présence complémentaire d'un ou plusieurs dispositifs de collecte permet cependant d'évacuer les sargasses au fur et à mesure de leur arrivée dans le barrage et ainsi réduire la pression sur celui-ci.

4.1.2.4.5 Pistes d'amélioration

Suite aux sessions d'évaluation du dispositif menées en Octobre 2022, plusieurs points d'amélioration sont à noter :

- Les modalités et fréquences de nettoyage du filet pourraient être augmentées afin de limiter la prolifération des huîtres et limiter ainsi le risque de rupture par surpoids. Il pourrait être envisagé d'enduire le filet d'antifouling afin de réduire le développement des organismes.
- Si la signalisation du dispositif est globalement satisfaisante, du fait de la couleur de bouées d'ancrages orange fluo en journée, celle-ci est inexistante pendant la nuit. Une signalisation nautique

lumineuse permettrait de matérialiser le barrage en mer la nuit (capteurs réfléchissants ou lumières), afin de limiter les risques de potentiels accidents (chocs avec le barrage, dégradation du barrage ...).

- Le type d'accroche du filet sur les Cubisystem© est à modifier afin de déplacer les zones de tension sur le dispositif. Ces modifications sont en cours afin de disposer le filet non pas sur la face avant des CUBI SYSTEM mais de manière à les envelopper : le gestionnaire parle de disposition en « Y » afin de mieux répartir la charge sur l'ensemble de la ligne de flotteurs. Au regard des zones colonisées par la faune marine, il convient de mettre en place cette modification.



Figure 37 : Positionnement des filets en Y autour des CUBI sur le barrage de Baie Cayol
(Source : SUEZ CONSULTING)

- Il apparaît judicieux de limiter le recours aux matériaux sensibles à la corrosion par remplacement de tous les systèmes vis/écrous 1ere génération et 2nde génération en PEHD en 3ème génération en PP GF 40% sans vis pour une meilleure tenue.



Figure 38 : Ancien système d'accroche corrodé (à gauche) en cours de remplacement (à droite)
(Source : SUEZ CONSULTING)

- L'extrémité du barrage est à améliorer (au niveau des plages, des zones de mangroves ou d'enrochements) : ces zones sont plus propices à la dégradation du dispositif car en contact avec le sol (enrochements ou sable), l'imperméabilité du barrage y est moins assurée. L'évacuation des sargasses y est également plus compliquée (accès difficiles, blocage des sargasses dans les enrochements...).
- La mise en place de bouées de subsurface au niveau des ancrages permettrait de limiter le risque de ragage sur le fond marin.
- Les sections de barrage méritent d'être matérialisées. De plus, il pourrait y être intégré un système de décrochage rapide des sections de barrage afin de permettre une mise en drapeau en cas de conditions météo océaniques défavorables.



Ce qu'il faut retenir...

Lors des visites réalisées au mois d'Octobre 2022, les barrages avec « CUBISYSTEM© » mis en place sur 4 zones de la baie du Robert en Martinique n'assurent à priori plus vraiment un rôle de protection du littoral robertin, à cause de l'état détérioré des dispositifs. Sur les 4 barrages évalués, celui de Baie Cayol semble mieux assurer sa fonction (sans doute en raison des conditions d'implantation plus favorables). Ceux de Pontaléry et Pointe Lynch montrent des signes avancés de dégradation (dispositif renversé et disloqué). Il est cependant prévu une maintenance de ces derniers (remplacement et changement de disposition des filets, remise en place des ancrages) avant la prochaine saison cyclonique et des forts échouages attendus.

Cependant, on note les améliorations apportées par le fournisseur et le gestionnaire sur le 1er prototype ont néanmoins contribué à améliorer l'efficacité du dispositif :

- *Modification des systèmes de liaisons des Cubisystem entre eux (vis/écrous en acier  vis écrous en PEHD ou PP GF 40%) : limitation des ruptures entre les Cubisystem©*
- *Modification de la disposition du filet sur la ligne de Cubisystem© (filet simple  filet en Y)*

L'entretien constitue un point contraignant dans la mesure où il n'est pas réalisé assez régulièrement. En effet un nettoyage ou traitement plus régulier des filets limiterait la prolifération d'huitres, à l'origine du surpoids des dispositifs et d'une détérioration plus importante.

En termes de durée de vie du dispositif, celle-ci est difficilement estimable dans la mesure où elle dépend fortement des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage.

Cependant on note la probable longévité des CUBI SYSTEM qui ne montrent aucun signe d'altération apparent. En cas de conditions météorologiques défavorables, il convient de procéder à la mise en drapeau effective du dispositif, ce qui n'est pas opéré à ce jour. La durée de dépose, comme de réinstallation est jugée trop chronophage et non anticipable par le gestionnaire considérant le linéaire du barrage (mobilisation de personnel et frais associés). Conscient de l'enjeu associé, il envisage pour y remédier de mettre en place une signalisation efficace des sections de barrages afin de pouvoir intervenir rapidement.

Enfin, le bilan environnemental des dispositifs apparaît mitigé tenant compte des quelques effets positifs (rôle mineur de DCP) vis-à-vis des effets négatifs sur les fonds marins (ragage, diminution de la luminosité préjudiciable aux fonds marins, risque de macrodéchets). Un certain nombre d'améliorations pourrait permettre d'optimiser la fonctionnalité et durée de vie du dispositif.

4.2 Collecte mécanique en mer

Trois dispositifs de collecte mécanique en mer ont fait l'objet d'une évaluation :

	Structures	Outils
Collecte mécanique en mer	STMI	SARGATOR II : Barge de collecte à tapis convoyeur
	TTTM	WATERMASTER : Drague amphibie
	DESMI	Unité flottante mécanique SEA TURTLE

Tableau 4 : Dispositifs de collecte mécanique en mer

4.2.1 Barge de collecte en mer « Sargator II » – Société STMI

Les opérations d'évaluation du dispositif de collecte mécanique en mer ont été réalisées en date du 09/09/2021, 02/02/2022 et du 29/03/2022 au Cap Est, Ponton Dostaly sur la commune du François en Martinique.

4.2.1.1 Présentation du dispositif : moyens humains

La barge de collecte motorisée SARGATOR II et sa barge-benne de déchargement sont développées par la société STMI (Soudure Tuyauterie Maintenance Industrielle). L'entreprise installée depuis 2009 en Guadeloupe est spécialisée dans la fabrication et la pose de produits de métallerie.

La société STMI a créé de toute pièce son prototype SARGATOR II et se positionne en tant que constructeur uniquement. Elle ne proposera donc pas par la suite de prestation de ramassage de sargasses mais vendra à qui le souhaite son dispositif. Elle pourra cependant proposer une prestation de maintenance si nécessaire.

Ces dispositifs flottants motorisés sont soumis à permis de navigation en cours de validation par la Direction de la Mer. Les barges de collecte et de déchargement utilisées sont en aluminium. Via un tapis convoyeur incliné, le dispositif permet de collecter des bancs de sargasse en mer (proche côtier) au fur et à mesure que l'appareil se déplace. Cette algue est ensuite stockée dans une petite benne dont la capacité de stockage est d'environ 15m³.

Globalement, le dispositif comporte plusieurs composants complémentaires, assurant une fonction bien définie :

- **Pour récupérer les algues** → Une barge motorisée SARGATOR II
Il s'agit d'une barge :
 - Motorisée (2 moteurs de 115CV) ;
 - De 10m de long, 3.65m de large et 20cm de tirant d'eau ;
 - Equipée de 4 tapis permettant de récupérer les sargasses dans l'eau et de les déposer dans la benne de collecte.



Figure 39 : SARGATOR II et ses tapis articulés (Source : SUEZ CONSULTING, Septembre 2021)

Au niveau du SARGATOR II :

- Les tapis sont en inox de couleur grise et de prime abord très résistants.
 - Les tapis disposent de grilles trouées, permettant l'essorage des sargasses pendant le transfert vers la benne.
 - Ces tapis sont articulés et peuvent donc être repliés lors des déplacements et des temps de stockage. Cette configuration permet un gain de place sur la barge. On note que le dispositif est adaptable au besoin ou à la configuration du site de ramassage. En effet, les tapis 2 ou 4 peuvent être utilisés au choix en fonction du positionnement de la benne par rapport au SARGATOR II.
- Pour acheminer les algues jusqu'à la côte → Une barge contenant une benne :

La contenance de la benne est de 15m³.



Figure 40 Barge-benne de déchargement des sargasses (Source : SUEZ CONSULTING, Septembre 2021)

La barge-benne se met à couple du SARGATOR II lors du ramassage des sargasses, à bâbord ou à tribord, selon la configuration du site :

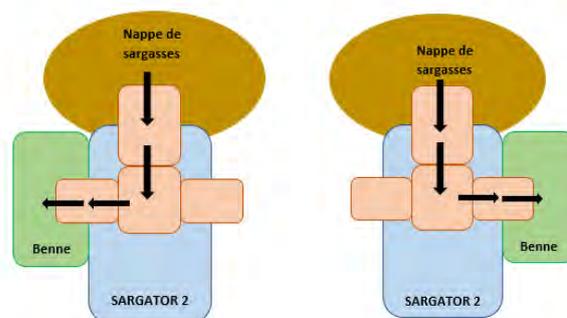


Figure 41 : Schéma de principe des configurations possibles (Source : SUEZ CONSULTING)

- Pour acheminer les algues jusqu'au lieu de stockage/évacuation → Un camion :

La benne chargée en sargasses y sera transvasée à l'aide d'une grue sur un camion.

4.2.1.2 Moyens humains

La société STMI (Soudure Tuyauterie Maintenance Industrielle), installée depuis 2009 en Guadeloupe, est une entreprise spécialisée dans la fabrication et la pose de produits de métallerie.

Lors des évaluations, le personnel mobilisé sur place comprend :

- En mer :
 - Pour le SARGATOR II
 - ▷ 1 pilote ;
 - ▷ 1 intervenant en charge du bon déroulement du ramassage (tapis).
 - Pour la barge/benne de déchargement :
 - ▷ 1 pilote ;
 - ▷ 1 intervenant pour les manœuvres d'amarrage.
- A terre :
 - 1 grutier ;
 - 1 chauffeur de camion-benne.

4.2.1.3 Rendement estimé

Sur le site de collecte (au large du barrage de Cap Est), le SARGATOR 2 remplit une benne flottante. Celle-ci sera ramenée à terre afin d'être évacuée par camion vers le site de stockage (centre de recyclage végétal Holdex¹).



Figure 42 : Schéma de principe du cycle de collecte du SARGATOR II
(Source : SUEZ CONSULTING)

Le rendement du SARGATOR II sur un cycle complet (R2) dépend de nombreux facteurs :

- C : Capacité de stockage à bord (en tonnes) ;
- T₁ : temps transport Aller-Retour zone de chargement-déchargement (Dostaly) - zone de collecte (Barrage Cap Est), correspond au temps mis par la barge pour se déplacer entre le lieu de vidange de la benne et le lieu de collecte des nappes ;
- T₂ : temps de chargement en sargasses de la benne par le SARGATOR 2 sur la zone de collecte (Barrage Cap Est), correspondant au temps de collecte en mer pour atteindre la capacité de stockage. Ce temps varie selon la densité des nappes (plus court sur nappes denses) ;
- T₃ : temps de préparation du camion/chargement de la benne sur camion sur la zone de chargement-déchargement (Dostaly), correspond au temps de sécurisation du positionnement du camion et de chargement de la benne remplie depuis la barge sur le camion ;
- T₄ : temps de préparation du camion/déchargement de la benne/vidange de la benne/rechargement de la benne sur camion sur la zone de stockage (Site Holdex), correspond au temps de sécurisation du positionnement du camion, de vidange de la benne depuis le camion sur la plateforme d'entreposage du site de transformation/valorisation d'Holdex et de rechargement de la benne sur le camion ;
- T₅ : temps de préparation du camion/déchargement de la benne sur camion sur la zone de chargement-déchargement (Dostaly), correspond au temps de sécurisation du positionnement du camion et du déchargement de la benne vide depuis le camion sur la barge ;

¹ Distance entre Dostaly et Holdex = 1.1km

- T_6 : temps de transport Aller-Retour zone de stockage (Site Holdex) – zone de déchargement (Dostaly), correspond au temps de sécurisation du positionnement du camion et du déchargement de la benne vide depuis le camion sur la barge ;

$$\text{Rendement d'un cycle complet (R2)} = C / (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6)$$

Le rendement d'un cycle peut ainsi fortement varier selon le temps de préparation du camion, de chargement ou déchargement de la benne sur le camion ou encore selon le temps de collecte dépendant de la densité des nappes.

$$\text{Rendement du SARGATOR II (R1)} = C / (T_1 + T_2)$$

Dans le cadre de l'évaluation réalisée, le temps de remplissage de la benne flottante, de capacité 15m³, est de 0.4375h soit 26 minutes. Considérant qu'un seau de 10L de sargasses équivaut à 3.3kg, il est établi qu'1m³ correspond à 0.33T. In fine, les rendements estimés sont les suivants :

Rendement du cycle de collecte du SARGATOR 2 seul (R1)		
Pratique	Sargasses fraîches	34 m ³ /h soit ~ 11 T/h

Rendement du cycle de chargement/déchargement (R2)		
Pratique	Sargasses fraîches	6 m ³ /h soit ~ 2 T/h

Figure 43 : Estimation du rendement du SARGATOR II (Source : SUEZ CONSULTING)

Avec une densité moyenne de sargasses, le rendement estimé est de l'ordre de 34 m³/h soit 11 T/h s'agissant du SARGATOR II seul. En considérant le temps de chargement et déchargement vers le site de stockage, le rendement se voit fortement impacté avec 6m³/h soit 2 T/h.



Ce qu'il faut retenir...

Le rendement du dispositif SARGATOR 2 (seul) est correct, mais le rendement intégrant les opérations d'évacuation des sargasses collectées par le SARGATOR 2 n'est pas optimal. Le chargement/déchargement de la benne que ce soit sur le site de chargement/déchargement ou sur le site de stockage notamment est à revoir.

4.2.1.4 Impact environnemental

Le dispositif permet une collecte des sargasses en mer uniquement. Par conséquent, il n'y a aucun impact direct en termes de destruction de nids de tortues marines par écrasement ou tassement du sable sur les plages. De plus, aucun dégagement de H₂S et de NH₃ n'est attendu dans la mesure où les algues collectées sont fraîches et n'entrent pas en décomposition.

Par ailleurs, le tirant d'eau des barges est faible (environ 20cm) et permet l'accès à de nombreuses zones maritimes sans impact direct sur les fonds marins.

D'autre part, des incidences environnementales négatives sont possibles. En effet, les tapis du SARGATOR II sont alimentés et articulés à l'aide de flexibles. Le risque de pollution accidentelle est possible en cas de rupture de flexibles. Un incident de cet ordre est survenu lors des sessions d'évaluation.

4.2.1.5 Durée de vie

A ce jour la durée de vie du dispositif est difficilement estimable, ce dernier étant au stade de prototype. Celle-ci étant dépendante des conditions environnementales voire des conditions de mise en œuvre (milieu proche côtier, problématiques liées à la mer, aux embruns, au sable...).

Le dispositif évoluant dans un environnement marin, il sera soumis à l'inévitable corrosion marine. Des traces de corrosion ont d'ailleurs été observées.

Un entretien du dispositif quotidien pourra permettre d'augmenter la durée de vie des matériaux.

4.2.1.6 Coût

D'après les échanges avec STMI :

- Le coût total du SARGATOR II et de la barge-benne est de 500 000 € ;
- Le coût d'une benne est de 5 000 €.
- Le coût d'une barge pour la benne est de 30 000€.
- Le coût d'entretien du dispositif est estimé entre 12k€/an et 15k€/an.

4.2.1.7 Pistes d'amélioration

Cet engin est un prototype, les principales pistes d'amélioration relevées lors des essais portent sur :

- **L'aménagement de la zone de chargement/déchargement de la benne depuis la barge** afin de faciliter la mise en place du camion de collecte et ainsi optimiser le temps associé à cette opération et notamment le rendement sur un cycle complet ;
- **L'adaptabilité de la benne au camion** afin de faciliter les opérations de chargement/déchargement et ainsi optimiser le temps associé et notamment le rendement sur un cycle complet ;
- **La mise à disposition de barges-bennes de déchargement** : Cela permettrait d'assurer un fonctionnement continu du SARGATOR II une fois sur place (quand une benne est pleine, une nouvelle est prête à être remplie). Au-delà de la réduction du temps de latence, le rendement pourrait ainsi être optimisé par le biais de l'utilisation et la rotation de plusieurs barges-bennes.
- **L'augmentation de la taille de la benne** : On note que la durée d'un cycle (hors temps de vidange par déchargement de la benne dans un camion) de 6T de sargasses est de 1h15. Le rendement pourrait être amélioré, en augmentant la capacité de la benne, soit en augmentant le nombre de barges-bennes comme énoncé précédemment. A titre d'exemple :
 - Avec 1 barge : Sur 1 journée de travail (environ 6h30), la capacité théorique de ramassage serait de 11T de sargasses
 - Avec 3 barges : Sur 1 journée de travail (environ 6h30), la capacité théorique de ramassage serait de 30T de sargasses.
- **La combinaison à un barrage déviant** : Il pourrait être opportun d'envisager de combiner le SARGATOR II avec un barrage déviant afin de concentrer les sargasses en des points stratégiques de collecte.
- **La distance entre les sites de collecte et de déchargement** : La sélection du site de déchargement est primordiale dans la mesure où celle-ci influe sur le temps de transport. Une réduction de la distance entre le site de collecte en mer et le site de déchargement/vidage des bennes permettrait de réduire les temps d'aller et retour des barges-bennes vers le SARGATOR II.
- **La mise à disposition d'équipements en prévention du risque de pollution accidentelle** : Lors des sessions d'évaluation, plusieurs incidents sont survenus (ruptures de flexibles notamment occasionnant temporairement une fuite d'huile). Il est impératif de prévoir la mise à disposition de kit antipollution à bord afin de limiter l'impact d'une potentielle pollution maritime.
- **L'utilisation d'un outil (type râteau) sur le SARGATOR II** afin de bien étaler les sargasses dans la benne lors de son chargement pour en optimiser sa capacité.



Ce qu'il faut retenir...

Les tapis de collecte du SARGATOR II ont fait l'objet de dysfonctionnement suite à la rupture d'une pièce technique. Le test en mer n'a pu être fait lors des visites du 09/09/2021 et du 02/02/2022. Un nouveau test a pu avoir lieu le 29/03/2022.

La session d'évaluation au droit du barrage flottant du Cap Est a démontré que le SARGATOR II et la barge-benne sont adaptés à la collecte en mer en proche côtier. Ils témoignent d'une réelle adéquation à un dispositif concentrateur d'algues.

Le SARGATOR II, dispositif flottant motorisé et accessorisé par des tapis collecteurs, permet la collecte de sargasses exemptes de sable et fraîches, limitant leur décomposition anaérobie dont les conséquences sont le dégagement de H₂S et de NH₃. La collecte se fait sans endommager le littoral ou les fonds marins grâce à un faible tirant d'eau et une bonne maniabilité.

Le SARGATOR II dispose d'un rendement intéressant (11T/h). Néanmoins le rendement est fortement impacté si l'on considère le cycle complet incluant le temps d'évacuation des algues vers le site de stockage. Le rendement demeure particulièrement dépendant du temps de transport en raison de la distance entre les points de collecte et de vidange, mais aussi et surtout du temps de préparation/chargement/déchargement de la benne depuis la barge vers le camion et vice-versa. De plus, la capacité de stockage de la benne est quant à elle limitée par la contenance de la benne. Combinés, ces éléments ont une incidence non négligeable sur le rendement.

Le nombre d'intervenants nécessaire reste néanmoins élevé : 5 personnes (3 marins, 1 grutier, 1 conducteur de camion-benne à terre).

A ce stade, il apparaît difficile de conclure sur l'efficacité et l'opérabilité du dispositif dans son entièreté.

4.2.2 WATERMASTER – TTTM

4.2.2.1 Présentation du dispositif

La barge amphibie Watermaster V a été acquise en 2021 auprès de la société finlandaise Aquamec, par la société TTTM qui se positionne en tant que gestionnaire du dispositif de collecte de sargasses et non en tant que constructeur.

Cette société installée à Basse Pointe en Martinique depuis 2015, et spécialisée dans le dragage et les travaux maritimes, propose cette technique innovante de collecte de sargasses en proche côtier et à terre. Le dispositif amphibie, flottant et motorisé, n'étant pas considéré comme un moyen nautique à proprement parler fait à ce jour l'objet de réflexion quant au permis de navigation par la Direction de la Mer.

Les sargasses ramassées sont soit fraîches, soit au stade de décomposition avancée. Les différentes têtes de collecte du dispositif permettent de s'adapter aux types de sargasses ramassées.

Par ses possibilités de déplacement en milieu marin peu profond et terrestre, le dispositif permet la collecte de sargasses dans des zones **difficilement accessibles par des dispositifs de plus grand tirant d'eau ou par des engins de chantier classiques**. En effet, la drague amphibie dispose de son **propre système de propulsion**. Automotrice, elle peut ainsi se déplacer indépendamment de la terre à l'eau.



Figure 45 : Plateforme nécessaire au transport de la drague (Source : SUEZ CONSULTING)

Le déchargement depuis la remorque ainsi que la mise à l'eau se font de manière autonome sans assistance de grue.

Le déplacement du dispositif se fait par le biais des deux pieux articulés au niveau de la poupe qui servent et de moyens de déplacement et d'ancrage.

Le recours à des camions-benne et pelles est nécessaire pour l'évacuation des sargasses en dehors de la zone de stockage in situ.

4.2.2.4 Rendement estimé

Sur les deux sites pilote (Dostaly et Thalémont), la drague amphibie ne remplit pas directement les camions de collecte. En effet, la drague remplit une zone de stockage², mise en place pour l'opération. Cette zone est disposée de façon à être accessible, par la suite, par une pelle de chantier, en charge du chargement des camions en sargasses, collectées dans la zone de stockage. Les camions évacueront les sargasses vers le site de l'ancienne décharge du François, vers le quartier de Trianon³.

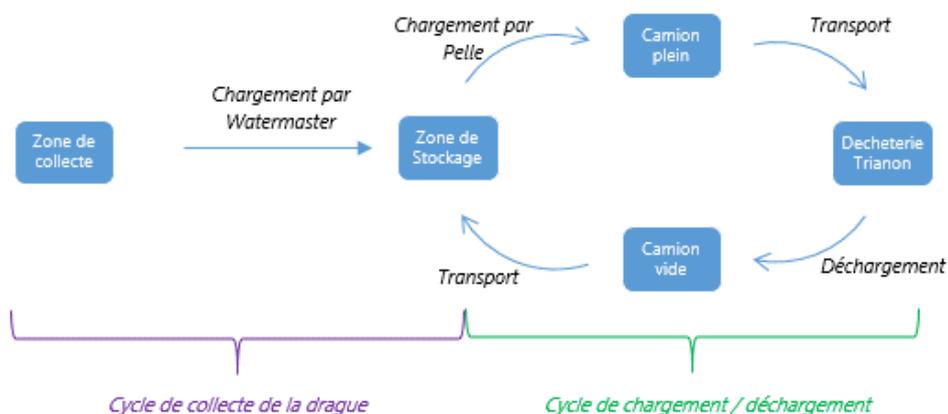


Figure 46 : Schéma de principe du cycle de collecte du WATERMASTER (Source : SUEZ CONSULTING)

Le rendement du WATERMASTER sur un cycle complet (R2) dépend de nombreux facteurs :

- $C_{\text{zone de stockage}}$: Capacité de la zone de stockage (en tonnes) ;
- $C_{\text{maximale acceptable du camion}}$: Capacité maximale acceptable du camion benne (en tonnes) ;
- C_{godet} : Capacité maximale du godet de la pelle long-bras (en tonnes) ;
- $T_{\text{chargement zone de stockage}}$: correspond au temps mis par le WATERMASTER pour remplir la zone de stockage ;
- $T_{\text{chargement camion}}$: correspond au temps mis par la pelle long-bras pour remplir le camion-benne ;
- $T_{\text{AR et déchargement}}$: temps de transport Aller-Retour zone de traitement (Site Holdex) ;

$$\text{Rendement sur un cycle de collecte de la drague} = C_{\text{zone de stockage}} / T_{\text{chargement zone de stockage}}$$

² Dans le cas du site pilote de Dostaly la zone de stockage est un bassin constitué de GBA de capacité de 57.6m³ (longueur=24m, largeur=4m, hauteur de sargasses=0.6m). Dans le cas du site de Thalémont, il n'y a pas de bassin de stockage. Les sargasses sont amassées à proximité d'une pelle long bras, en charge du chargement des camions.

³ Distance entre Dostaly et Trianon = 8.1km. Distance entre Thalémont et Trianon = 7km.

Ce rendement d'un cycle peut ainsi fortement varier selon le temps de collecte dépendant de la densité des nappes.

$$\text{Rendement sur un cycle de chargement/déchargement (R2)} = \frac{C_{\text{maximale acceptable du camion}}}{(T_{\text{chargement camion}} + T_{\text{AR et déchargement}})}$$

Ce rendement peut ainsi fortement varier selon le temps de chargement ou déchargement du camion-benne ou de transport vers le site de traitement.

Dans le cadre des sessions d'évaluation réalisées, ces rendements ont pu être estimés malgré les modalités de collecte différentes.

Sur le site de Dostaly, le bassin de stockage de capacité 57,6m³, a été rempli en 1h par la drague amphibie. Considérant qu'un seau de 10L de sargasses équivaut à 7.6 kg dans les conditions d'évaluation (algues décomposées), il est établi qu'1m³ correspond à 0.76T. Par ailleurs, le tonnage théorique maximum de sargasses dans un camion-benne est estimé à 26T. In fine, les rendements estimés sont les suivants :

Rendement du cycle de collecte de la drague amphibie seule (R1)			Rendement du cycle de chargement / déchargement (R2)		
Théorique ^a	Sargasses fraîches	70/150 m3/h	Théorique	Sargasses fraîches	Non calculé ^a
	Sargasses décomposées	50/78 m3/h		Sargasses décomposées	26 T/h
Pratique	Sargasses fraîches	Non calculé ^a	Pratique	Sargasses fraîches	Non calculé ^a
	Sargasses décomposées	58 m3/h soit ~ 44 T/h		Sargasses décomposées	~13 T/h

Figure 47 : Estimation du rendement dans le cadre de l'évaluation sur le site de Dostaly (Source : SUEZ CONSULTING)

Rendement du cycle de collecte de la drague amphibie seule (R1)			Rendement du cycle de chargement / déchargement (R2)		
Théorique ^a	Sargasses fraîches	70/150 m3/h	Théorique	Sargasses fraîches	Non calculé ^a
	Sargasses décomposées	50/78 m3/h		Sargasses décomposées	22 T/h
Pratique	Sargasses fraîches	Non calculé ^a	Pratique	Sargasses fraîches	Non calculé ^a
	Sargasses décomposées	58 m3/h soit ~ 32 T/h		Sargasses décomposées	~11 T/h

Figure 48 : Estimation du rendement dans le cadre de l'évaluation sur le site de Thalémont (Source : SUEZ CONSULTING)

Avec une densité importante de sargasses décomposées, le rendement estimé est de l'ordre de **58 m³/h soit 44 T/h** s'agissant du **WATERMASTER** seul. Si l'on s'intéresse au cycle de chargement et déchargement vers le site de traitement, le rendement se voit fortement impacté avec une estimation de **11 à 13 T/h**.



Ce qu'il faut retenir...

Le rendement du dispositif WATERMASTER (seul) est très satisfaisant pour des conditions de collecte d'algues décomposées en proche côtier. S'agissant du chargement/déchargement vers le site d'évacuation, le rendement n'est pas optimal. Les modalités de chargement/déchargement associées au fonctionnement du WATERMASTER sont à revoir.

4.2.2.5 Impact environnemental

Le dispositif WATERMASTER présente quelques inconvénients sur le plan environnemental. En effet, l'utilisation de la drague sur la plage est susceptible d'induire un tassement du sable pouvant avoir un impact sur les plages de pontes de tortues marines. Cependant on notera que ce dispositif demeure moins impactant que les engins classiques de chantier à chenilles notamment. Le risque de tassement est ponctuel dans la mesure où il se ferait au niveau des points d'ancrage.

D'autre part, la drague est articulée l'aide de flexibles. Cela induit un risque potentiel de pollution terrestre ou marine accidentelle possible en cas de rupture de flexibles. Néanmoins, TTTM indique avoir recours à l'utilisation d'huile écologique afin de limiter les éventuels dommages à l'environnement en cas de pollution.

4.2.2.6 Durée de vie

A ce jour la durée de vie du dispositif est difficilement estimable, ce dernier étant aux prémices de son utilisation. Celle-ci est dépendante des conditions environnementales voire de mise en oeuvre (milieu proche côtier, problématiques liées à la mer : embruns, sable...). En effet, le dispositif évoluant dans un environnement marin, il sera soumis à l'inévitable corrosion marine.

On note la mise en oeuvre de dispositifs à visée préventive. 8 anodes sacrificielles ont été disposées sur le dispositif afin de limiter ce risque de corrosion marine (protection cathodique). De plus, la drague est constituée de matériel marinisé (vérins spéciaux maritimes). La drague a par ailleurs reçu une couche d'antifouling avant sa première utilisation afin de limiter la fixation d'organismes aquatiques. Pour des raisons évidentes de lutte contre la corrosion marine, l'exploitant recommande autant que possible de rincer quotidiennement la drague à l'eau claire après utilisation. Lors du chantier pilote sur le site de Dostaly, une opération de rinçage journalière a eu lieu à titre exceptionnel par intervention des pompiers. Autrement, le nettoyage est effectué par le système haute pression disponible sur la drague et sous réserve de la mise à disposition d'eau.

Par ailleurs, l'exploitant indique, pour optimiser la durée de vie, faire usage d'un produit d'entretien anti-corrosif appliqué une fois par semaine : la consommation est d'environ 1L par semaine. L'entretien régulier du moteur et des filtres contribue nécessairement à optimiser la durée de vie du matériel.

4.2.2.7 Coût

Le coût mentionné ci-après est fourni à titre indicatif par TTTM :

- Achat de la drague amphibie : 750 000 € HT
- Location de la plateforme pour le camion transportant la drague (hors frais de stationnement) : 10 000€ HT par intervention
- Location pelle et camion benne : 600€ /j
- Consommation de carburant : 10l/h (dragage par excavation) à 25l/h (dragage par pompage)
- Protection antifouling annuel sur la drague : 4 600 € HT (800€ HT d'antifouling 3800€ HT de main d'oeuvre)
- Entretien : 40 000€ HT pour un stock de produit d'entretien anti-corrosif (litrage non communiqué/usage à raison d'1L par semaine), huile hydraulique & pièces de rechanges (vérins, filtres) : coût estimé pour le package dont la périodicité d'utilisation n'est à ce stade pas connue compte tenu de l'utilisation toute récente de l'engin.

4.2.2.8 Pistes d'amélioration

Les principales pistes d'amélioration relevées lors des essais portent sur :

- **Le rendement pratique du cycle d'évacuation d'algues décomposées** : environ 13T/h selon la configuration du site de Dostaly et 11T/h selon celui de Thalémont. L'évacuation de la sargasses est gérée par en moyenne 2 camions remplis par une pelle de chantier et le site de stockage est situé à environ 7-8km. Le rendement pourrait être amélioré, soit en augmentant le nombre de camions et/ou le nombre de pelles, soit en diminuant la distance entre le site de collecte et le site de stockage ;
- **Le couplage du dispositif avec un ponton barge** afin de faire de la collecte en mer également ;
- **Le dispositif de collecte à combiner avec un barrage déviant** afin de concentrer les sargasses en des points stratégiques de collecte. Dans ce cas, le déplacement du dispositif sera limité et par la même occasion l'impact sur les plages (tassement...) le serait d'autant.



Ce qu'il faut retenir...

Par ses possibilités de déplacement en milieu marin peu profond et terrestre, le dispositif permet la collecte de sargasses dans des zones difficilement accessibles par des dispositifs de plus grand tirant d'eau ou par des engins de chantier classiques. Amphibie et automotrice, la drague WATERMASTER peut se déplacer indépendamment de la terre à l'eau.

Le nombre d'intervenants nécessaire reste assez élevé : 3 personnes mobilisées en continu et devant être formés au préalable.

Si le dispositif permet de collecter la sargasse, il ne permet pas de la stocker, ni de l'évacuer. Il est donc nécessaire de le combiner à d'autres dispositifs afin de permettre un cycle d'évacuation optimisé. Les dispositifs considérés seront à adapter en fonction du site retenu :

- Un ponton flottant accessoirisé de bennes ou de big-bag de stockage pour le stockage ;
- Un bassin de rétention pour permettre l'égouttage des sargasses avant leur évacuation ;
- Des camions pour permettre l'évacuation des sargasses collectées vers le site de valorisation ou de stockage définitif ;
- Une pelle ou un pelle long bras pour faciliter le chargement des camions.

Afin d'optimiser le dispositif, il serait intéressant de le combiner à un dispositif de concentration des sargasses, type barrage déviant, afin de réduire les points de collecte de sargasses par la drague. En effet, les zones nettoyées par le dispositif sont de nouveau rapidement impactées par les arrivages successifs de nappes de sargasses.

Enfin l'entretien du dispositif constitue un point contraignant. Celui-ci est amené à travailler dans un environnement marin, ou proche marin. L'entretien devra se faire régulièrement afin d'augmenter la durée de vie des matériaux et du dispositif et de limiter les impacts financiers liés aux réparations éventuelles et aux impacts environnementaux d'une potentielle pollution.

4.2.3 SEA TURTLE MKII – DESMI

4.2.3.1 Présentation du dispositif

Le dispositif « SEA TURTLE© » compose avec le système de barrage déviant « DESMI MESH BOOM© » le système complet déployé par DESMI pour la collecte des Sargasses.

SEA TURTLE© correspond à une unité flottante mécanique d'enlèvement des sargasses en mer. Le dispositif a fait l'objet de 2 journées d'évaluation sur 2 sites au Mexique à Akumal en date du 07/07/2022 et 08/07/2022 au niveau des sites suivants :

- Barrage de 645 mètres linéaires à Akumal (lieu confidentiel) : installé depuis février 2022 ;
- Barrage de 400 mètres linéaires à Akumal (lieu confidentiel) : installé depuis 2019.



Figure 49 : SEA TURTLE© (Source : DESMI)

Le dispositif se compose comme suit :

- **Pour récupérer les algues :**

Une unité flottante mécanique à entraînement hydraulique non motorisée de :

- 2.44m de long, 1.7m de large, et 1.22m de haut
- Tirant d'eau de 20cm
- 350kg.

Cette unité flottante est équipée d'un **convoyeur à tapis alvéolé** permettant de récupérer les sargasses dans l'eau et d'un **système de transfert (vis sans fin) relié à un tuyau d'évacuation flexible** qui peut être connecté à des **conduites d'eau PVC standard de 152 mm ou 203 mm**, enfouies sous le sable ou à des conduites rigides, permettant ainsi l'évacuation des sargasses.

L'unité flottante est agrémentée de **2 roues afin de faciliter son déplacement** sur la terre (lors de sa mise à l'eau).

L'unité est en **aluminium marinisé (cadre) et en acier inoxydable AISI 316** (tapis convoyeur et système de transfert).

Elle est entraînée hydrauliquement par un **bloc d'alimentation électrique (27 kW)** ou éventuellement diesel externe (3L/h).

- **Pour acheminer les algues jusqu'à la zone d'égouttage (hors DESMI)**

Une **conduite d'eau PVC standard de 152 mm ou 203 mm**, enfouie sous le sable ou un tuyau rigide, de longueur maximale 200m (optimisation du débit) permet d'acheminer les sargasses **jusqu'à la zone d'égouttage** des sargasses.

La hauteur de déversement est de **3m maximum**. Le débit est de **20 à 30m³/h**. Cet aménagement n'est pas proposé par l'entreprise DESMI mais est nécessaire au bon déroulement de l'évacuation des sargasses. Les hôtels ont eu la charge de la réalisation des conduites.

- **Pour acheminer les algues jusqu'au lieu de stockage/valorisation (hors DESMI)**

Une fois égouttées, les sargasses sont **chargées directement dans un camion à l'aide d'une pelle** et sont acheminées jusqu'à leur zone de stockage définitif (endroit confidentiel mais sur la propriété de l'hôtel).

4.2.3.2 Moyens humains

L'installation (transport et accrochage) et la gestion (terrestre et maritime) du dispositif nécessite la mobilisation de 2 à 3 personnes.

Le suivi opérationnel d'un SEA TURTLE nécessite une équipe de 3 personnes (2 personnes dans l'eau au niveau du dispositif et 1 personne sur terre au niveau des commandes).

4.2.3.3 Moyens techniques

Le fonctionnement du dispositif nécessite obligatoirement un **raccordement électrique** pour l'alimentation (bloc d'alimentation électrique 27kW).

L'évacuation des sargasses vers le site d'égouttage nécessite l'aménagement de conduites **PVC standard de 152 mm ou 203 mm**.

L'évacuation des sargasses vers le site de stockage définitif nécessite le recours à un **camion (14m³ lors des évaluations)** et d'une **pelle**.

4.2.3.4 Rendement estimé

Sur le site de collecte (Akumal) le dispositif SEA TURTLE (par l'intermédiaire d'une conduite) remplit un bassin d'égouttage. Une fois égouttées, les sargasses sont déposées sur une zone de stockage temporaire avant d'être chargées dans un camion et évacuées sur le site de stockage interne à l'hôtel où elles seront valorisées (incorporation dans la terre des aménagements végétaux de l'hôtel).

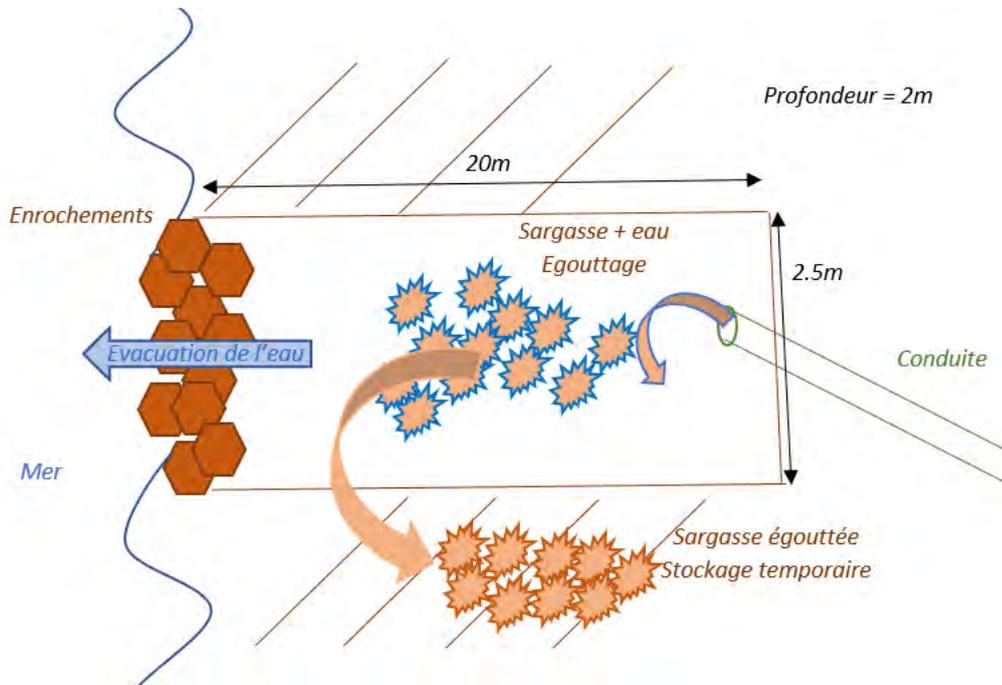
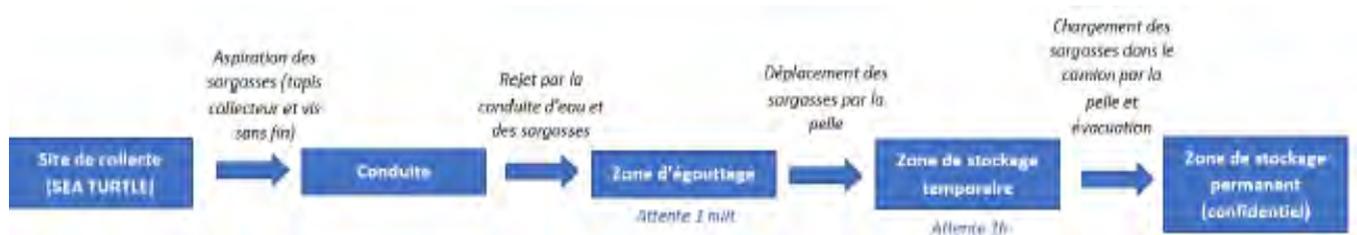


Figure 50 : Logigramme et schéma de principe du cycle de collecte du SEA TURTLE (Source : SUEZ CONSULTING)

Le rendement est dépendant de la densité de sargasses présentes sur site. Lors de l'évaluation, la présence de sargasses sur la zone était faible.

L'évaluation du rendement telle que présentée en suivant n'est donc pas optimale. De plus, la capacité de remplissage de la zone d'égouttage dépend de la quantité d'eau transportée avec les sargasses (plus la quantité d'eau récupérée est importante, plus le volume sera important).

Dans le cadre de l'évaluation, la zone d'égouttage, de capacité environ 100m³, a été remplie en 5h par le SEA TURTLE (eau et sargasses). L'égouttage a duré toute la nuit, permettant l'évacuation de 2 camions de 14m³ de sargasses le lendemain.

Rendement Théorique du SEA TURTLE		
Théorique	Sargasses fraîches	20 à 30 m ³ /h
Rendement Pratique du SEA TURTLE		
Pratique	Sargasses fraîches	20 m ³ /h

Figure 51 : Estimation du rendement du SEA TURTLE en conditions de faible densité de sargasses (Source : SUEZ CONSULTING)

4.2.3.5 Impact environnemental

Le dispositif ne permet que la collecte des sargasses en mer. En ce sens, il n'induit pas d'impact en termes d'érosion des plages, ni d'impact sur les nids de tortues potentiellement présents sur les plages par tassement du sable. De plus, il n'y a pas de dégagement de H₂S et de NH₃ : le dispositif implique une

réduction du risque d'émanations gazeuses par décomposition des sargasses. Les risques de dégradation du milieu sont aussi limiter en termes de turbidité, disparition d'herbiers dans la mesure où les sargasses fraîches sont collectées quotidiennement par le biais de ce dispositif.

Par ailleurs, le SEA TURTLE dispose d'un faible tirant d'eau (environ 20cm), et de faibles dimensions. Equipé de roues, il permet un accès à de nombreuses zones maritimes et terrestres, par déplacement manuel simple.

Enfin, l'alimentation électrique du dispositif se présente comme étant moins impactante en termes de nuisances sonores, qu'une alimentation par générateur.

4.2.3.6 Durée de vie

A ce jour la durée de vie du dispositif est difficilement estimable, ce dernier étant au stade de prototype. Celle-ci étant dépendante des conditions environnementales voire des conditions de mise en oeuvre (milieu proche côtier, problématiques liées à la mer, aux embruns, au sable...).

Le dispositif évoluant dans un environnement marin, il sera soumis à l'inévitable corrosion marine.

Un entretien du dispositif quotidien pourra permettre d'augmenter la durée de vie des matériaux.

L'unité électrique permettant l'alimentation du dispositif doit faire l'objet d'une vérification régulière.

4.2.3.7 Coût

Le coût donné à titre indicatif par DESMI est de 90 000 US\$ pour l'acquisition d'un SEA TURTLE (unité flottante, tuyaux et système alimentation).

L'énergie électrique étant fournie par l'hôtel, le coût associé est inclus dans le coût de fonctionnement global de l'établissement.

Les coûts d'aménagement des conduites, de location de camions et pelle sont des données jugées confidentielles n'ayant pu être divulguées par le gestionnaire de l'hôtel.

5. Synthèse

5.1 Bilan de l'évaluation des barrages en mer

La mission de suivi et d'évaluation dans le cadre du marché d'évaluation 2020-2022 a permis de dresser l'analyse comparative synthétisée en suivant. Le tableau d'analyse détaillée est versé en annexe 6.

Tableau 5 : Grille d'évaluation comparative des barrages en mer (Source : SUEZ CONSULTING)

CRITERE	ITEM	INDICATEUR	Barrage FILET DROM (FILET DROM)	Barrage Mesh Boom (DESMI)	Barrage CUBI SYSTEM (CUBI SYSTEM)	Barrage SARGABARRIER (OCEAN CLEANER)	Barrage rideau RCY type Goeland 200 (RIS'K)	Barrage ALGEA NOVA (ALGEA NOVA)
TECHNIQUES	Type de barrage	Fixe ou Flottant ? Bloquant, convergent ou déviant ?	Fixe / Bloquant ou Déviant	Flottant / Déviant	Flottant / Bloquant ou Déviant	Flottant / Bloquant ou Déviant	Flottant / Déviant	Flottant / Bloquant
	Caractéristiques Flotteurs	Flotteurs (nature, dimensions)	Modules plastique polyéthylène jaune encastrables en 6 points (500x250x250)	Flotteurs/coques noires PEHD remplies de mousse encastrables en 6 points (ø36cm)	Flotteurs Cubisystem© noirs/kaki PEHD (68cmx68cmx40cm ; 375 kg/m ² , poids 11kg)	Flotteurs Orange/Rouge	Flotteur de forme cylindrique Ø150mm en tissu PVC contenant des successions de cylindres indépendants de mousse polyéthylène à cellules fermées	Boudin gonflable Ø350mm dans une enveloppe PVC souple et une seconde enveloppe en micro-maille
		Flotteurs (occurrence)	Tous les 1m	Tous les 1m	En continu	Tous les 1m	En continu	En continu
	Jupe	Jupe (nature et dimensions)	Ajourée / Double / H : 2m (0.2m émergé) <ul style="list-style-type: none"> 1 Filet rigide en polyéthylène (H : 1.5m) 1 Filet dit « souple » polyéthylène (H : 1m) Recouvrement sur 1.5m 3 Cordes de ø8 à 16mm (de 50m)	Ajourée / Simple / H : 1.05 m (0.30m émergé) : Grillage dit « structurel » rigide nautique en fils de filaments en polyester	Ajourée / Simple / H : 1.5 m (0.40m émergé) : Filet maillé en polypropylène noir	Ajourée / Simple / H : 1.6 m (0.50m émergé) : Filet blanc en polyamide ou UHMWPE (semblable à du nylon)	Pleine / Simple / H : 0.4m (0.40m immergé) : Tissu PVC	Ajourée / Simple / H : 1 m : <ul style="list-style-type: none"> Filet en textile, d'ouverture Ø25mm Sur-filet de 0.13m d'ouverture Ø25mm au-dessus du boudin
		Filet (maille)	Maille ø50mm	Maille ø25mm	Maille ø40mm	Maille ø18mm	-	Maille ø25mm
		Filet (largeur de section)	50 mètres	15 mètres	20 mètres	25 mètres	25 mètres	9 mètres
	Liaison entre panneaux	Nature de la liaison & occurrence	Tubes PEHD / Tous les 50 mètres	Glissières-raccord / Tous les 15 m	Cubi fixés en diagonale par les oreilles, aux moyens de vis/écrous en PEHD et avec cordes au filets	Barre en plastique à double revêtement avec connecteurs d'amarrage en acier inoxydable / Tous les 25 m	Assemblage des modules par des plaques en polyamides boulonnées au niveau du tirant d'air et du tirant d'eau et par une manille au niveau de la chaîne de lestage	Double fixation entre les modules via des bandes velcro et des cosses et manilles
	Ancrage	Ancrage (nature & occurrence)	Tous les 50m : Blocs en béton inerte 40x40 de 250kg Ancres de 50 kg entre chaque bloc	Tous les 15 m : Tige d'ancrage en acier inox, corde d'ancrage (pas de chaîne) OU ancrage métallique type Manta Ray (sable)	Tous les 20 m : <ul style="list-style-type: none"> Corps-morts de 1.4T Ancres plates de 150kg Ancres charrues de 150kg ou de 75kg 	Ancres Danforth dans le sable ou scellées dans la roche (perforation et insertion d'une tige)	Tous les 6 m : Corps-morts (sinon uniquement à l'extrémité en mer en bonnes conditions) A l'extrémité à terre : Ancrage par scellement	Tous les 3 m : <ul style="list-style-type: none"> Corps-morts ou ancres à vis selon nature du substrat Chaîne d'ancrage reliée au filet par des cosses & manilles /trombone acier galvanisé
	Mouillage / bouée	Mouillage / bouées de surface	-	Mouillage (ancrage + corde + bouées de surface) relié au barrage au niveau des œillets d'ancrage.	Mouillage (ancrage + corde/chaîne + amortisseur + bouées de surface) relié au barrage au niveau des oreilles.	Bouée jaune en surface	-	-
	Lest	Lestage	Ralingue plombée (25kg/100m) Barres de fer ø32	Séquences en acier rond galvanisé à chaud de 1.1 kg, avec des vis et des écrous en acier inox	Chaîne de 20mm en acier, confinée dans une gaine en géotextile	Chaîne 2kg/m	Chaîne galvanisé (1.7 kg/ml) dans un fourreau	Chaîne reliant l'ancrage au barrage de Ø20mm et de 7kg/m.
ENVIRONNEMENT AUX ECONOMIQUES	Moyens humains	Moyens	+	+	+	+	-	++
	Durée de vie	Théorique	-	-	-	-	-	-
		Estimée	-	-	-	-	-	-
	Entretien	Facilité d'entretien	-	--	--	--	--	+
		Périodicité d'entretien	-	-	--	++	++	++
	Impacts environnementaux	Incidences potentielles sur la faune/flore/milieu	--	+	-	-	-	--
	Evaluation économique	Coût d'achat	+	-	-	-	++	--
Coût d'entretien		-	++	+	-	+	--	
Coût total approximatif (installation + entretien)		+	-	--	-	+	--	



Il ressort de cette analyse certaines similitudes mais aussi divergences entre les dispositifs de barrages en mer. On note à titre d'exemple :

- Concernant les flotteurs : une occurrence similaire d'implantation (tous les mètres), le recours aux mêmes types de matériaux (PEHD) ;
- Concernant les filets : une forte disparité en termes de longueur de section (variant de 15 à 50 mètres), de maillage (variant de 18 à 50mm) ou encore d'immersion (tirant d'eau variable de 0.8 jusqu'à 1.8 m).
- Concernant les moyens humains et techniques déployés : le recours pour tous les dispositifs à une équipe de 2 à 3 personnes sans formation particulière le plus souvent et la mise à disposition nécessairement d'un bateau. La mise en place de certains dispositifs nécessite le recours à des plongeurs. On note que seul le dispositif barrage RCY commercialisé par RIS'K implique le recours à un scaphandrier (classe 2 mention A, habilité travaux subaquatiques pour l'entretien).
- En termes de coût, on note en règle générale une fourchette allant de 160 à 250€/ml pour le coût d'acquisition et de mise en œuvre du dispositif (fourniture, montage). Le coût d'entretien annuel est quant à lui variable de 7 à 35€/ml. Seul le barrage d'ALGEA NOVA présente un coût notable supérieur à 400€/ml.

Enfin, sur la base des observations effectuées, plusieurs constats peuvent être établis :

- Les modalités d'entretien constituent le point négatif sur l'ensemble des barrages évalués. Il apparaît que :
 - L'aspect logistique des opérations d'entretien implique le déploiement de moyens humains et techniques lourds (nécessité de déposer de sections de filet pour rapatriement au sol) ;
 - La fréquence d'entretien fait défaut : on peut citer le cas de CUBISYSTEM, dispositif pour lequel l'entretien n'est pas spécifiquement planifié essentiellement pour des questions de moyens. L'entretien n'est par ailleurs ni physiquement (les portions de filet ne sont pas matérialisées) ni temporellement organisé (l'entretien a lieu occasionnellement une fois par an) ;Ce défaut d'entretien peut pourtant s'avérer particulièrement impactant quant à la durée de vie du dispositif.
- Les algues accumulées derrière l'ensemble des barrages finissent par couler, avec impact potentiel sur les milieux naturels si la recirculation d'eau n'est pas suffisante. De la même manière, un passage résiduel d'algues est constaté sur l'ensemble des barrages sous les barrages avec les courants de fonds.
Il est donc préférable de déployer en cas d'échouages massifs un dispositif de collecte en mer derrière le barrage pour éviter ces phénomènes. Le choix de la zone de ramassage en mer doit être au préalable réfléchi pour éviter tout impact préjudiciable des algues dégradées sur le milieu.
- Une portion d'algues sargasses parvient à franchir le barrage sur l'ensemble des barrages évalués (variable de 15 à 20%). La mise en place de tels dispositifs nécessite une veille continue et un ajustement en temps réel suivant les conditions d'exploitation et les conditions environnementales. On note que seul le barrage ALGEA NOVA est équipé d'un dispositif pour limiter ce phénomène (sur-filet de 0.13m d'ouverture Ø25mm au-dessus du boudin). Le recours à un dispositif de collecte en complément peut contribuer à limiter l'effet de passage résiduel d'algues.
- Certains barrages disposent de composants susceptibles de présenter une vulnérabilité à l'agressivité du milieu marin (eau de mer, embruns). En vue d'éventuelles améliorations à apporter, il conviendrait de s'orienter vers des matériaux plus adéquates en termes de résistance aux UV ou au potentiel de corrosion.

5.2 Bilan de l'évaluation des outils de collecte mécanique en mer

Les arrivages massifs de sargasses ont une incidence négative forte sur les volets sanitaires, socio-économiques et environnementaux, qu'elles soient échouées à terre, ou en mer à proximité du rivage.

Il est alors indispensable de pouvoir déterminer quels sont les procédés de collecte (à terre comme en mer) les plus performants à mettre en place selon les conditions d'échouages au regard de critères :

- Techniques : faisabilité, rendement, sécurité des biens et des personnes ;
- Sociaux-Economiques : coût estimé, emploi ;
- Environnementaux : incidence de la méthode sur le milieu naturel.

La mission de suivi et d'évaluation des techniques de collecte retenues par l'ADEME dans le cadre du marché d'évaluation 2020-2022 a permis de dresser l'analyse comparative synthétisée en suivant. Le tableau d'analyse détaillée est versé en annexe 7.

Tableau 6 : Synthèse de la cotation des engins de collecte en mer (Source : SUEZ CONSULTING)

CRITERE	ITEM	INDICATEUR	Barge de collecte SARGATOR II (STMI)	WATERMASTER (TTM)	SEA TURTLE (DESMI)	Barge de collecte en mer (ALGEA NOVA)	Amphibie de collecte (MOBITRAC / TRUXOR)
TECHNIQUES	Contextualisation du chantier de ramassage	Type de ramassage / Domaine d'intervention	Collecte mécanique en mer / proche côtier	Collecte mécanique en mer / proche côtier	Collecte mécanique en mer / proche côtier	Collecte mécanique en mer	Collecte mécanique en mer / proche côtier & rivage
		Nature des échouages	Algues fraîches Nappe de densité moyenne	Algues en décomposition Nappe de densité importante	Algues fraîches Nappe de densité moyenne	Algues fraîches Nappe de densité moyenne à forte	Algues en décomposition ou fraîches Nappe de densité moyenne à forte
		Dimensions	Sargator : L 10m / l 3.65m / TE 20cm Barge-benne 15m3 : L 7m / l 3m / TE 20cm	L 11m (16 avec les bras) / h 3m / TE 60 cm	L 2.44m / l 1.7m / h 1.22cm / TE 20cm / Poids 350kg.	Largeur du front de collecte : 6 m Capacité de 35 big-bags (45 à 60m3) / TE à vide 100cm (150 cm chargé)	NC
	Moyens humains	Moyens humains	--	+	--	--	+
	Evaluation du rendement	Rendement brut (m3 collectés/h)	+	++	-	++	--
		Rendement intégré (m3 collectés/transférés/évacués/h)	-	+	--	--	
	Efficacité des techniques de ramassage	Facilité de déploiement	++	+	++	-	+
		Mobilité	-	-	+	++	-
		Faisabilité de l'opération (accès et conditions de fonctionnement)	-	--	--	+	--
		Capacité sur échouages non décomposés (<48h)	++		-	++	--
		Capacité sur échouages décomposés (>48h)		++			
	Durée de vie théorique	Durée de vie théorique					
	Entretien	Entretien	--	--	-		
	Sélectivité des techniques de ramassage	Présence d'indésirables (ramassage matériau autres qu'algal)	++	+	++	+	
	Transport, évacuation & devenir des algues	Facilité d'accès pour les engins d'évacuation (camions / pelles long-bras)	--	-	++		
Distance Site de déchargement-Site de traitement des algues		-	--	-			
ENVIRONNEMENTAUX	Impacts environnementaux	Contraintes d'exploitation (tassement, érosion)	++	+	++	++	-
		Incidences potentielles sur la faune/flore/milieu	--	--	+	--	--
		Consommation énergétique	-	-	+	--	
SOCIO-ECONOMIQUES	Impacts sociétaux	Incidence sur population (nuisances...)	+	--	-	-	-
		Retombées et création d'emplois	++	+	+	++	+
		Habilitations et formations de travail	--	--			
	Sécurité des biens et des personnes	Conditions d'intervention des opérateurs	-	-	--	++	+
		Moyens de protection	-	++	--		-
	Evaluation économique	Cout d'intervention (personnel, matériel...)	--	--	+	--	
		Coût d'évacuation (cout horaire/m³ évacués)	+	-			
Dépenses d'entretien (personnel, matériel...)		-	-				
Coût total approximatif		--	--	+	--		

Au regard de ces éléments :

- Le dispositif SEA TURTLE semble présenter un bilan plutôt favorable vis-à-vis des enjeux environnementaux. Cela s'explique par son faible tirant d'eau, ses dimensions limitées impliquant une faible probabilité de nuisances et de risques d'altération pour les fonds marins et la biocénose qui y est inféodée. Néanmoins, l'engin présente un rendement relativement faible (20m³/h) qui apparaît d'autant limité, une fois mis en regard du rendement global intégrant l'évacuation vers le site de stockage temporaire. Enfin, le bon fonctionnement de l'engin est conditionné au déploiement de moyens humains (opérateurs évoluant dans l'eau pour pousser la sargasse vers l'unité flottante). Sur l'aspect lié à la sécurité, ce dispositif montre un point négatif notable sur le plan humain s'agissant notamment des conditions de travail et moyens de protection des opérateurs.
- Le SARGATOR 2 semble se démarquer des autres dispositifs de collecte essentiellement en termes d'efficacité, mobilité et facilité de déploiement. L'opportunité d'y coupler une barge-benne flottante motorisée pour transporter les algues et les acheminer à terre est un plus. Ce d'autant que le couplage est relativement aisé. Si le rendement du SARGATOR 2 est important (34 m³/h), il décline une fois celui-ci confronté à la logistique des opérations d'évacuation vers le site de stockage. Le dispositif nécessite à terre le recours à des engins annexes pour l'évacuation des sargasses, tels qu'un camion-grue pour charger la benne remplie de sargasses et sortie de sa barge motorisée.
- Si le WATERMASTER présente un fort rendement unitaire (58 m³/h), le bilan s'avère plus mitigé dès lors que l'on considère le rendement intégré incluant les opérations de transport et d'évacuation des sargasses collectées. Par ailleurs, le dispositif nécessite le recours à des engins annexes (camions-benne et pelle long-bras pour charger ces derniers en partance vers le site de stockage).
- La barge de collecte en mer ALGEA NOVA évaluée entre 2015 et 2019 offre une capacité de stockage de 35 big bag (52m³ environ) et présente un rendement unitaire très important variable de 72 à 142 m³/h selon la densité de la nappe. Dans les conditions optimales d'utilisation (densité moyenne à forte), le rendement de collecte est compris entre 115 et 140 m³/h. Ce qui paraît significatif comparé au rendement global de l'ordre de 30m³/h en cas d'échouage dense à proximité d'un point de vidange (environ 2 km). In fine, le rendement global reste limité par la vitesse de déplacement de la barge, la capacité de stockage de la barge et le temps de vidange de la barge. De plus aucune intervention n'est possible en bord de plage au regard du tirant d'eau important (1m à 1,5m).
- Le dispositif amphibie MOBITRAC ou TRUXOR évalué entre 2015 et 2019 constitue quant à lui un outil d'aide à la collecte. En ce sens, le rendement ne peut être réellement évalué. Par ailleurs, le dispositif est susceptible d'engendrer un impact sur son milieu d'intervention (érosion et tassement du sable) par rapport aux autres dispositifs.



Ce qu'il faut retenir...

Il ressort de l'évaluation réalisée sur les dispositifs de collecte en mer un rendement unitaire variable. Par ailleurs, les dispositifs évalués ne sont pas matures si l'on considère dans leur entièreté les opérations globales de collecte + vidange + transit + stockage.

En effet, l'efficacité réelle des dispositifs dépend des conditions d'intervention. Les sites supports des chantiers pilotes évalués se distinguent par leurs caractéristiques :

- Accessibilité à l'eau pour les opérations de vidange des contenants de sargasses,
- Praticabilité des routes d'accès utilisées pour les opérations de transport et évacuation,
- Eloignement des axes routiers,
- Distance aux sites de stockage temporaire ou définitif..

L'évaluation des dispositifs a mis en évidence les avantages et inconvénient de chacun. La pertinence de leur utilisation doit être confrontée aux conditions d'intervention de chaque site : un dispositif adapté à un « site A » peut être très performant mais inadapté à un « site B ». De plus, notre évaluation met en évidence l'intérêt de combiner plusieurs dispositifs pour améliorer les opérations de collecte (exemple : 1 ou 2 barrages déviants + 1 engin nautique d'aide à la collecte + 1 dispositif de collecte à terre + 1 dispositif de chargement).

Une réflexion doit être menée suivant une approche globale incluant à la fois le rendement unitaire d'un dispositif, son impact sur le milieu et les moyens déployés suivant la localisation et configuration du site de collecte.

5.3 Recommandations quant au choix de la méthode à déployer

Le tableau suivant synthétise les recommandations en termes de déploiement de système de collecte à effectuer en fonction du type d'échouage et de la configuration du site devant faire l'objet d'une opération de collecte. Cet outil a pour objet de fournir une aide à la décision pour appliquer, parmi les techniques évaluées, la **méthode la plus adaptée** au cas de figure rencontré.

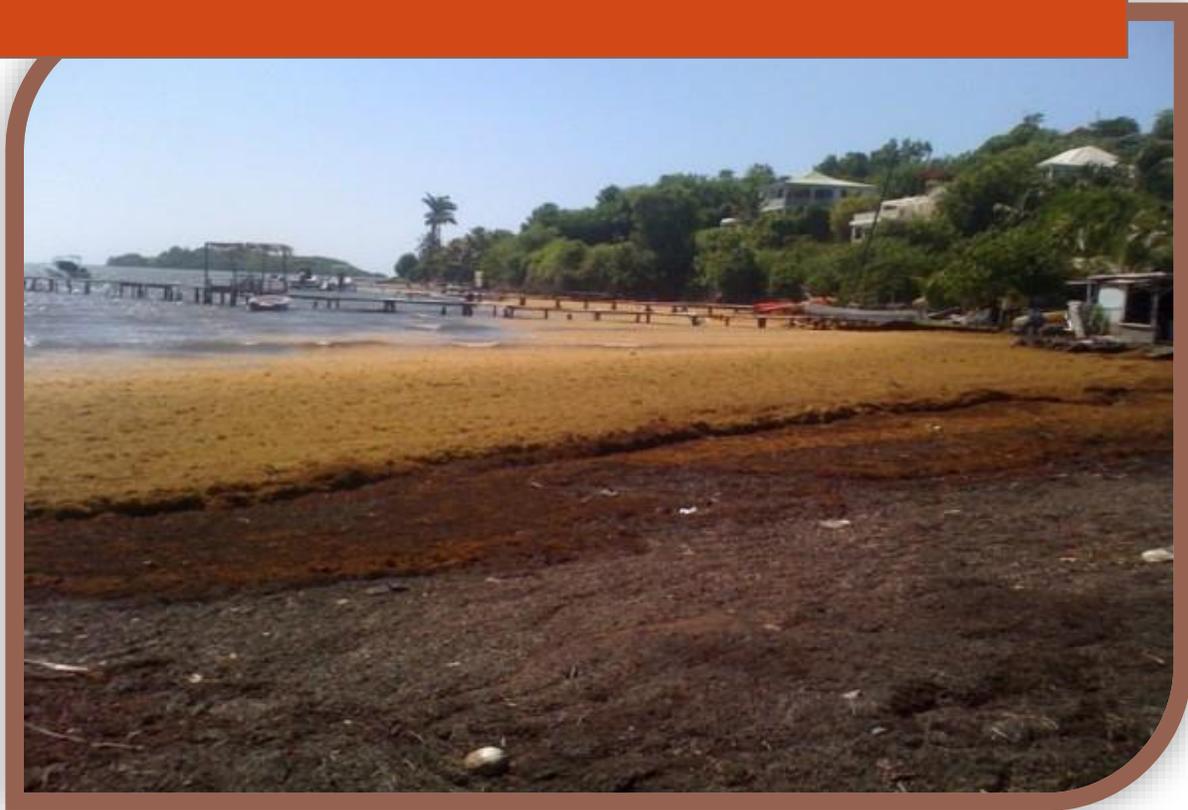
Tableau 7 : Recommandations d'utilisation du matériel de collecte selon la configuration du site d'échouage et l'intensité des échouages (Source : SUEZ CONSULTING)

	CONFIGURATION	TYPE D'ECHOUAGE			
		ECHOUAGES FAIBLES	ECHOUAGES MODERES	ECHOUAGES IMPORTANTS	ECHOUAGES MASSIFS
AVEC ACCES TERRESTRE AU LITTORAL	✓ PLAGE AVEC LARGE VOIE D'ACCES	Collecte manuelle Ratisseur de plage tracté Véhicule automoteur de ramassage	Ratisseur de plage tracté Véhicule automoteur de ramassage Pelle long bras Barrage déviant + dispositif de collecte en mer Barrage déviant + dispositif de collecte à terre Barrage déviant/bloquant + Unité mécanique flottante (limité à 200m)	Véhicule automoteur de ramassage Pelle long bras Drague amphibie Barrage déviant + dispositif de collecte en mer Barrage déviant + dispositif de collecte à terre	Pelle long bras Drague amphibie Barrage déviant + dispositif de collecte en mer Barrage déviant + dispositif de collecte à terre
	✓ LITTORAL SANS ZONE DE ROULEMENT AVEC VOIE D'ACCES PONCTUELLE	Collecte manuelle	Pelle long bras Barrage déviant + dispositif de collecte à terre Barrage déviant/bloquant + Unité mécanique flottante (limité à 200m)	Drague amphibie Barrage déviant + dispositif de collecte à terre	Drague amphibie Barrage déviant + dispositif de collecte à terre
	✓ LITTORAL AMENAGEABLE POUR ACCES AUX ENGINS TERRESTRES	Collecte manuelle	Pelle long bras Barrage déviant/bloquant + Unité mécanique flottante (limité à 200m)	Barge de collecte Drague amphibie Barrage déviant + dispositif de collecte à terre	Barge de collecte Drague amphibie Barrage déviant + dispositif de collecte à terre
SANS ACCES TERRESTRE AU LITTORAL	✓ LITTORAL AVEC VOIE D'ACCES TERRESTRE AVOISINANTE	Collecte manuelle Barrage déviant + dispositif de collecte à terre	Barrage déviant + dispositif de collecte à terre	Drague amphibie Barrage déviant + dispositif de collecte à terre	Drague amphibie Barrage déviant + dispositif de collecte à terre
	✓ LITTORAL SANS VOIE D'ACCES TERRESTRE AVOISINANTE MAIS NAVIGABLE (TIRANT D'EAU >0,75 M)		Barrage + dispositif de collecte en mer	Barrage + dispositif de collecte en mer	Barrage + dispositif de collecte en mer
	✓ LITTORAL SANS ACCES TERRESTRE AVOISINANT NON NAVIGABLE		Barrage + dispositif de collecte en mer	Barrage + dispositif de collecte en mer	Barrage + dispositif de collecte en mer

Annexes

ANNEXE 1 : GUIDE CEVA

Méthodologie d'évaluation des expérimentations de collecte d'algues



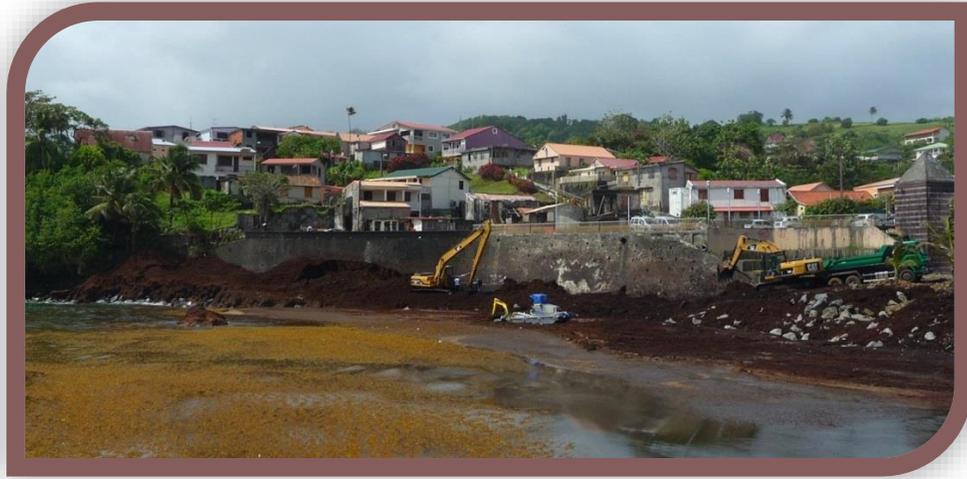
Résumé

Ce guide méthodologique est destiné à récapituler les données techniques essentielles à acquérir dans le cadre de l'évaluation de méthodes de collecte des algues. Il vient en complément de la formation associée. Les données de sécurité relatives à la matière « algue échouée » (en particulier les risques d'émanation d'hydrogène sulfuré (H₂S)) ne sont pas mentionnés dans ce guide mais doivent être connus des opérateurs pour appliquer les méthodologies décrites dans le présent document.

Evaluation technique d'un chantier de ramassage	4
1. Contextualisation du chantier de ramassage	5
1.1 Description du site de ramassage	5
1.1.1 Accessibilité d'un site	5
1.1.2 Complexité d'un site	5
1.1.3 Stock algal présent sur un site	5
1.1.4 Caractérisation des échouages	7
1.1.5 Compilation des données relatives à la description du site	9
1.2 Description du matériel utilisé	9
1.2.1 Type de ramassage	9
1.2.2 Domaine de ramassage	10
1.2.3 Outil de ramassage	10
1.2.4 Emplacement de l'outil de ramassage	10
1.2.5 Dimensions du matériel de ramassage	10
1.2.6 Profondeur/épaisseur de travail	10
1.2.7 Outils supplémentaires	10
1.2.8 Stockage des algues	10
1.2.9 Moyen de transfert des algues	10
1.2.10 Autres caractéristiques	10
1.3 Description de l'organisation du chantier de ramassage	11
1.3.1 Description des différentes phases du chantier de collecte	11
1.3.2 Description globale du chantier de collecte	12
2. Evaluation du rendement des techniques de ramassage	13
2.1 Rendement brut (ou spécifique)	13
2.2 Rendement intégré	13
3. Efficacité des techniques de ramassage	13
4. Sélectivité des techniques de ramassage	14
4.1 Prélèvement des échantillons	14
4.2 Contenu en eau des algues de ramassage	15
4.2.1 Contenu en eau extracellulaire	15
4.2.2 Contenu en eau intracellulaire	16
4.3 Contenu en sable des algues de ramassage	16
5. Impacts environnementaux	17
5.1 Accès au site de ramassage	17
5.2 Sur le site de ramassage	17
5.3 Site de ressuyage	20
6. Devenir des algues exportées du site du ramassage	21
7. Impacts sociétaux	21
7.1 Ramassage et emploi	21
7.2 Ramassage et population	21
Evaluation économique d'un chantier de ramassage	23
1. Coût de l'intervention sur site	24
2. Coût de l'évacuation des algues	24

3. Coût de la prise en charge des algues	24
<i>Grille d'évaluation inter-méthodes</i>	25
1. Construction de la grille	26
1.1 Choix des critères discriminants	26
1.2 Choix des critères discriminants	26
ANNEXES	28

Evaluation technique d'un chantier de ramassage



1. Contextualisation du chantier de ramassage

1.1 Description du site de ramassage

La description du site doit permettre *in fine* de savoir quels types de techniques seront les plus adaptés à un site donné. Il s'agira de définir son accessibilité, sa complexité, son potentiel de ramassage et la caractérisation des échouages.

Pensez à prendre un maximum de photos permettant d'illustrer vos commentaires.

1.1.1 Accessibilité d'un site

L'accessibilité d'un site se traduira par le nombre de point d'accès, le type d'accès (cale, accès direct à la plage, sentier...) et la largeur de l'accès. Ces critères pourront permettre *a posteriori* d'attribuer, par site, les moyens possibles à mettre en œuvre pour la collecte des algues.

1.1.2 Complexité d'un site

La complexité d'un site se traduit par les obstacles potentiels au ramassage, présents sur le site tels que des enrochements, des zones de mangroves ou des sites protégés à proximité immédiate de la zone de ramassage qui nécessiteront une organisation adaptée du chantier de ramassage.

1.1.3 Stock algal présent sur un site

De façon à déterminer la méthode de ramassage la plus adaptée à un site, il est nécessaire de disposer d'une évaluation du stock algal présent. Il est question ici d'une estimation approximative pour laquelle n'est pas requis un degré élevé de précision. Cette évaluation peut se faire de différentes façons selon le type d'échouage :

- Echouage dont il est possible de faire le tour à pied : l'opérateur, équipé d'un GPS enregistrant les traces, effectue le tour de l'échouage à pied. Les traces enregistrées peuvent être exportées sous logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) de façon à connaître la surface colonisée par les algues.
- Echouage impossible à délimiter à pied : l'opérateur délimite à main levée sur une carte la surface colonisée par les algues. Par la suite, cette surface est retranscrite sous SIG de façon à pouvoir la chiffrer.

Une correction par un taux de recouvrement des algues peut être apportée si les algues ne colonisent pas à 100 % la zone délimitée. Un exemple est illustré Figure 1.

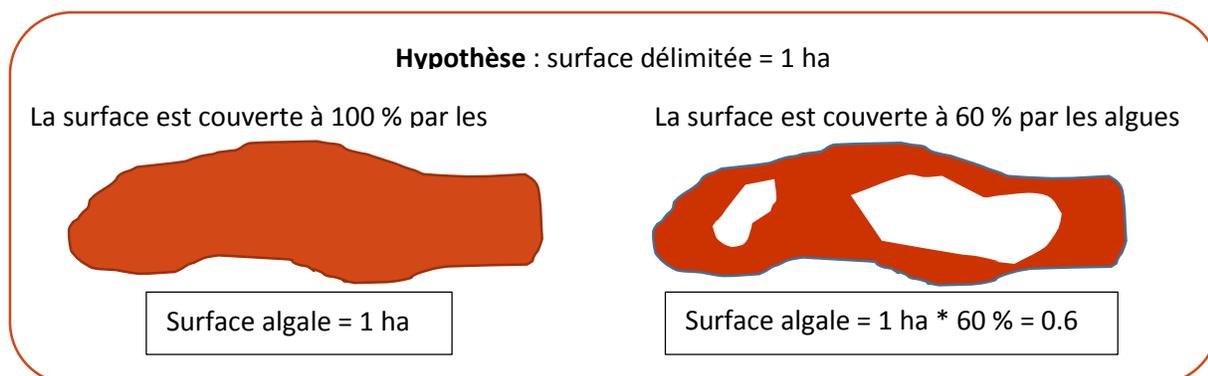


Figure 1: illustration de la méthode destinée à estimer la surface couverte par les algues

Pour évaluer le stock algal présent dans un site, il est nécessaire d'attribuer une biomasse algale à la surface préalablement délimitée. Sur le terrain, l'opérateur délimite une zone algale représentative de la situation moyenne de l'échouage à l'aide d'un quadra (classiquement d'une surface de 0.25 m²). La totalité des algues présentes dans le quadra est prélevée dans un filet (Figure 2). Si l'épaisseur du dépôt d'algue est trop importante, seule une partie des algues sera prélevée (le quart ou la moitié par exemple). Le filet contenant les algues est immergé et suspendu durant 1 minute de façon à ce que les algues s'égouttent. A l'issue de la minute d'égouttage, le poids est déterminé à l'aide d'un peson auquel sera suspendu le filet. Le fait de réimmerger les algues avant la pesée permet de standardiser le poids frais mesuré sur le terrain. Ce type de pesée sera fait au moins sur 3 points de façon à attribuer une valeur de biomasse moyenne (kg égoutté 1 minute/m²) associée à un écart type. Les points d'échantillonnage doivent être localisés. L'utilisation d'un GPS est fortement conseillée mais à défaut, l'opérateur devra disposer d'une carte sur laquelle il pourra indiquer le lieu approximatif de son prélèvement.

Le calcul de la biomasse sera effectué selon la formule suivante :

$$\text{Biomasse totale (kg)} = \text{biom moy (kg/m}^2\text{)} \times \text{surf tot (m}^2\text{)} \times \text{taux de cov. (\%)}$$

- biom moy : biomasse moyenne issue des pesées effectuées sur le terrain
- surf tot : surface totale colonisées par les algues
- taux de cov. : taux de recouvrement des algues



Figure 2: Illustration d'une mesure de biomasse sur plage à l'aide d'un quadra de 0.25 m²

La même procédure est appliquée aux algues flottantes dans l'eau à l'aide d'un filet dont la surface de prélèvement est connue (Figure 3).



Figure 3: Illustration d'une mesure de biomasse sur plage à l'aide d'un quadra de 0.25 m²

Le calcul de la biomasse sera effectué selon la formule suivante :

$$\text{Biomasse totale (kg)} = \text{biom moy (kg/m}^2\text{)} \times \text{surf tot (m}^2\text{)}$$

Les algues sont généralement en nappe homogène dans l'eau, que la nappe d'algues soit dense ou non. La mesure directe est donc représentative de la situation moyenne et intègre les zones où les algues sont absentes.

1.1.4 Caractérisation des échouages

Les échouages se caractérisent par leur localisation (sur plage ou dans l'eau – dans ce dernier cas, le terme « échouages » n'est pas le plus approprié), leur épaisseur, leur état de fraîcheur. Il convient également d'ajouter toute observation susceptible de donner des informations complémentaires en termes de sécurité et d'impact sur le milieu (odeur caractéristique « d'œuf pourri » liée à la présence d'hydrogène sulfuré (indiquer la valeur mesurée par le détecteur H₂S si une concentration est détectée), ruissellement d'eau marron/noire entre les algues, formation de « croûte »...). Quelques exemples sont illustrés Figure 4.



Figure 4: Illustration photographiques des différentes configurations algales présentes sur le terrain. 1- algues fraîchement échouées, formant un andain. 2- Algues dans l'eau, en nappe cohérente. 3- Algues sèches. 4- Algues dans l'eau avec présence de jus de macération de couleur brune. Pour rappel, marcher dans ce type d'amas algaux induit une augmentation de la concentration d' H_2S dans l'air. 5- Algues en état avancé de putréfaction, formant des croûtes. Rester à distance de ce type d'amas algaux.

1.1.5 Compilation des données relatives à la description du site

Une cartographie reste le meilleur moyen de décrire un site de ramassage. Par ailleurs, si l'opérateur n'a pas de logiciel SIG à disposition ou s'il n'est pas familier de ce type de logiciel, plusieurs sites internet permettent de dessiner des polygones sur cartes pour en connaître la surface (google earth, géoportail...). A titre d'exemple, la Figure 3 a été élaborée à partir du site géoportail (<http://www.geoportail.gouv.fr/accueil>).



Figure 5: Exemple de cartographie permettant de contextualiser un chantier de ramassage. La flèche rouge indique le point d'accès, le polygone jaune délimite la zone d'enrochement, le polygone bleu délimite approximativement l'aire couverte par les sargasses.

1.2 Description du matériel utilisé

Dans le cadre d'un chantier de collecte, il est indispensable de recenser tous les éléments susceptibles d'être utilisés à des fins d'évaluation. Il n'est question dans ce paragraphe que des systèmes de collectes des algues sans tenir compte des moyens d'évacuation des algues de la plage vers des structures de traitement ou des zones de stockage à terre.

Pensez à prendre un maximum de photos permettant d'illustrer vos commentaires.

1.2.1 Type de ramassage

Préciser si le ramassage se fait mécaniquement et/ou manuellement.

1.2.2 Domaine de ramassage

Préciser s'il s'agit d'un ramassage sur plage et/ou dans l'eau. Concernant le ramassage dans l'eau, préciser la profondeur d'intervention.

1.2.3 Outil de ramassage

Préciser s'il s'agit d'une griffe, d'un godet, d'un tapis convoyeur, d'un ratisseur, d'un filet, de fourches (dans le cas d'un ramassage manuel)...

1.2.4 Emplacement de l'outil de ramassage

Préciser si l'outil est à l'avant, sur les côtés, à l'arrière. Ajouter au besoin si l'outil est tracté ou poussé.

1.2.5 Dimensions du matériel de ramassage

Les dimensions à relevées sont différentes en fonction des techniques utilisées. Par exemple, pour les techniques type « pelles mécaniques », la largeur et le volume du godet sont à noter. Pour les techniques type « tapis convoyeur », la largeur du tapis est une donnée importante. Pour les techniques type « filet », ce sont les dimensions du filet qui doivent être répertoriées.

1.2.6 Profondeur/épaisseur de travail

Dans le cas d'une collecte dans l'eau, préciser les hauteurs d'eau minimales et maximales de travail. Dans le cas de la collecte sur plage, préciser l'épaisseur d'algues échouées minimale et/ou maximale pour que la méthode de collecte soit optimale. Par exemple, si l'épaisseur d'algue est faible, certaines techniques peuvent prélever une grande quantité de sable au cours du ramassage. A l'inverse, dans le cas d'importantes épaisseurs d'algues, certaines techniques ne prélèveront les algues que sur les premiers centimètres d'épaisseur.

1.2.7 Outils supplémentaires

Préciser s'il existe des structures supplémentaires facilitant le ramassage (par exemple, rouleau permettant d'entraîner la matière algale), conditionnant la matière algale dès son prélèvement (presse pour éliminer l'eau), ou destiné à réduire l'impact du ramassage (dispositifs pour se prémunir de la capture des poissons par exemple).

1.2.8 Stockage des algues

Préciser s'il existe un stockage des algues intrinsèque à la machine de collecte (benne, trémie...) et noter la capacité de stockage (en m³).

1.2.9 Moyen de transfert des algues

Préciser le moyen de transfert des algues de la machine vers le lieu de stockage sur plage. Par exemple, certaines machines sont pourvues d'un système de tapis pour transférer les algues ramassées dans une remorque.

1.2.10 Autres caractéristiques

Préciser la puissance de la machine, sa consommation moyenne en carburant, la vitesse de la machine en utilisation classique (circulation sans ramassage) et la vitesse de la machine en cours de ramassage. Ce type d'information sera entre autres utile pour l'évaluation économique du ramassage.

L'ensemble des critères cités précédemment sont retranscrits dans le Tableau 1.

Tableau 1: Tableau récapitulatif des données techniques à collecter sur le terrain concernant la description du matériel utilisé

	Technique 1	Technique 2	...	Technique n
Type de ramassage				
Domaine de ramassage				
Outil de ramassage				
Emplacement de l'outil de ramassage				
Dimensions				
Profondeur/épaisseur de travail				
Outils supplémentaires				
Stockage des algues				
Transfert des algues				
Puissance (CV)				
Consommation (l.h ⁻¹)				
Vitesse (circulation) (km.h ⁻¹)				
Vitesse (ramassage) (km.h ⁻¹)				

1.3 Description de l'organisation du chantier de ramassage

1.3.1 Description des différentes phases du chantier de collecte

Un chantier de collecte des algues peut se décomposer en plusieurs phases :

- Ramassage des algues échouées
- Transfert/déchargement des algues collectées (pour former des tas en haut de plage ou pour les mettre en bennes)
- Ramassage des algues pour leur évacuation de la plage.

Chacune de ces phases doit faire l'objet d'une description rappelant :

- Le matériel utilisé, sa disponibilité (matériel dédié ou non aux ramassages des algues, en cas d'utilisations multiples, renseigner les périodes d'indisponibilités éventuelles), sa proximité (temps de réponse face à une sollicitation)
- Les moyens humains engagés, leur rôle et **s'ils disposent du matériel de sécurité relatif aux risques H₂S**
- L'articulation des trois phases les unes par rapport aux autres
- Le temps d'action de chaque type de matériel. Pour ce dernier point, il s'agira de chronométrer le temps mis par les différentes machines pour effectuer une séquence complète de leur mise en œuvre.

Une description claire de ces premiers points est capitale pour proposer *a posteriori* des pistes d'optimisation d'un chantier.

Pensez à prendre un maximum de photos permettant d'illustrer vos commentaires.

1.3.2 Description globale du chantier de collecte

Le chantier doit également être évalué dans son ensemble (sans distinction des différentes phases) de façon à obtenir les données de mise en œuvre d'un chantier, intégrées à l'échelle d'une journée de travail. Pour cela, les informations suivantes sont à collecter.

1.3.2.1 Heure de début de chantier

L'heure de début de chantier correspond à l'heure d'arrivée sur le site et non de l'heure à laquelle débute un premier ramassage. Le temps de mise en place est donc comptabilisé.

1.3.2.2 Heure de fin de chantier

L'heure de fin de chantier correspond à l'heure à laquelle le dernier véhicule a quitté le site et non à l'heure à laquelle le dernier ramassage a été effectué. Le temps d'évacuation du site est donc comptabilisé.

1.3.2.3 Durée du chantier

Il s'agit du temps écoulé entre l'heure de début et l'heure de fin de chantier.

1.3.2.4 Durée de fonctionnement

La « durée de fonctionnement » correspond au cumul des phases de fonctionnement de chaque engin, incluant la collecte dans l'eau et/ou sur plage des algues et leur transfert (vers une remorque ou vers le haut de la plage). Le temps de transfert des algues vers un camion pour leur export de la plage n'est pas à considérer.

1.3.2.5 Durée effective de ramassage

La « durée effective de ramassage » se limite au cumul des phases de mises en action des engins de ramassage.

L'ensemble de données techniques à collecter décrites précédemment sont retranscrites dans le Tableau 2.

Tableau 2: Tableau récapitulatif des données techniques à collecter sur le terrain concernant l'organisation du chantier de ramassage

	Technique 1	Technique 2	...	Technique n
Heure début chantier (hh : mm : ss)				
Heure fin chantier (hh : mm : ss)				
Durée du chantier (hh : mm : ss)				
Durée de fonctionnement (hh : mm : ss)				
Durée effective de ramassage (transfert décompté) (hh : mm : ss)				
Durée effective de ramassage / durée de chantier (%)				
Durée effective de ramassage / durée de fonctionnement (%)				

2. Evaluation du rendement des techniques de ramassage

2.1 Rendement brut (ou spécifique)

Le rendement brut se calcule en ne considérant que l'action de ramassage. Il faut donc chronométrer l'action de ramassage et rapporter ce temps au volume d'algues ramassé.

Par exemple : le rendement brut pour un tractopelle correspondra au volume évacué durant le temps d'un coup de pelle tel que l'illustre la séquence photo de la Figure 6. Si le godet fait 2.5 m³ et qu'il faut une manipulation de la pelle pendant 1 minute pour prélever les algues et les mettre en tas, le rendement sera alors de 2.5 m³.min⁻¹ soit 150 m³.h⁻¹.



Figure 6: séquence de ramassage avec une pelle long bras

Dans le cas d'un système de collecte avec un stockage intégré des algues, le temps de fonctionnement du système de ramassage sera rapporté au volume d'algue collecté dans la benne de stockage intégrée.

Dans le cas d'une collecte manuelle, le volume d'algue transporté manuellement et stocké en tas sera rapporté au temps de travail de ramassage du personnel et au nombre de personnes présentes.

2.2 Rendement intégré

Le rendement intégré tient compte des opérations de transfert des algues et du temps de mise en place/évacuation des moyens matériels et humains du chantier. En reprenant l'exemple de la pelle long bras illustré Figure 6, il est émis comme hypothèse qu'elle est arrivée sur site à 8h00 du matin et qu'elle en est sortie à 12h00. En reprenant le rendement brut, un volume de 600 m³ maximum aurait pu être atteint mais dans la mesure où il existe des temps de déplacement de la machine et des temps de pause du personnel, il est fait l'hypothèse qu'un volume final de 400 m³ a finalement été mesuré à l'issue du chantier de ramassage. Le rendement intégré est donc de 100 m³.h⁻¹.

3. Efficacité des techniques de ramassage

L'efficacité d'une technique de ramassage se traduit par le pourcentage d'algues récoltées en une seule intervention par rapport à la biomasse algale présente initialement. Cette mesure est notamment indiquée dans le cas de ramassage mécanique sur plage. Dans l'eau, l'efficacité est

plus difficile à quantifier car les mouvements de l'eau permettent une reconstitution rapide des tapis algaux flottants.

A titre d'exemple, l'efficacité du ratisseur illustré Figure 7 peut être mesurée en évaluant la biomasse algale avant et après le passage du ratisseur. Le résultat obtenu permettra de connaître d'une part la proportion d'algues ramassées par rapport au total d'algues initialement présentes et d'autre part d'évaluer le nombre de passages nécessaires à l'enlèvement de la majorité des algues. En prenant comme hypothèse que la biomasse initiale contenue dans un quadra d'un quart de m² est de 5 kg et que la biomasse après passage du ratisseur est de 2.5 kg (toujours dans un quadra d'un quart de m²), il est probable qu'un second passage au même endroit permettra d'enlever la quasi-totalité de la biomasse présente. Attention toutefois à vérifier que la réduction d'épaisseur de l'échouage suite au premier passage ne modifie pas substantiellement la capacité de ramassage. Il convient donc de tester ce type de matériel sur différentes épaisseurs d'échouage.



Figure 7: illustration du ramassage des sargasses par un ratisseur de plage

4. Sélectivité des techniques de ramassage

La sélectivité d'une technique de ramassage se caractérise par sa capacité à ramasser les algues échouées en prélevant le moins d'éléments supplémentaires possible (eau, sable). Cette donnée est importante à acquérir pour orienter les futures voies de valorisations possibles. Par ailleurs, la donnée de contenu en sable permet également d'évaluer l'impact potentiel du ramassage sur l'érosion de la plage.

4.1 Prélèvement des échantillons

Les échantillons d'algues doivent être prélevés à plusieurs étapes du ramassage :

- immédiatement après leur ramassage, idéalement récupéré dans l'engin de ramassage (godet, filet, sortie du tapis convoyeur...)
- avant leur enlèvement de la plage (dans la benne ou dans le tas après ressuyage)

Les algues sont prélevées dans un seau de volume connu (généralement 10 l). Le prélèvement doit s'effectuer de façon à respecter le degré de tassement des algues sur le terrain. Idéalement, un minimum de trois échantillons est effectué de façon à évaluer la variabilité des résultats obtenus. Dans le cas de prélèvements d'algues fait après une période de ressuyage, notamment dans les tas d'algues de haut de plage, un prélèvement à différents niveaux du tas est requis (haut, milieu, bas), les teneurs en eau et en sable pouvant être plus importantes à la base du tas.

4.2 Contenu en eau des algues de ramassage

4.2.1 Contenu en eau extracellulaire

A l'issue d'un processus de ramassage et selon les techniques, une quantité importante d'eau peut être contenue dans le tas d'algues ramassé. Il n'est question ici que de l'eau extracellulaire, c'est-à-dire l'eau qui peut être évacuée par des techniques d'essorage ou de pressage. Cette donnée peut être évaluée de façon directe ou indirecte.

- Evaluation directe (indiquée pour les échantillons pauvres en sable et ramassés dans l'eau)

L'échantillon brut prélevé sur le terrain (dans un seau de volume connu) est préalablement pesé avant toute analyse. Il est ensuite placé dans une centrifugeuse industrielle permettant d'essorer les algues de façon standardisée. L'essorage est effectué à une vitesse de 600 tr/min de façon à ce que le sable ne soit pas éliminé au cours de la centrifugation. L'eau est récupérée par une évacuation placée à la base de la centrifugeuse puis pesée. Les algues essorées mélangées au sable sont également collectées et pesées. L'ensemble de ce protocole est représenté Figure 8. L'échantillon d'algue est ensuite lavé pour évaluer le contenu en sable de l'échantillon comme décrit au paragraphe 4.3.

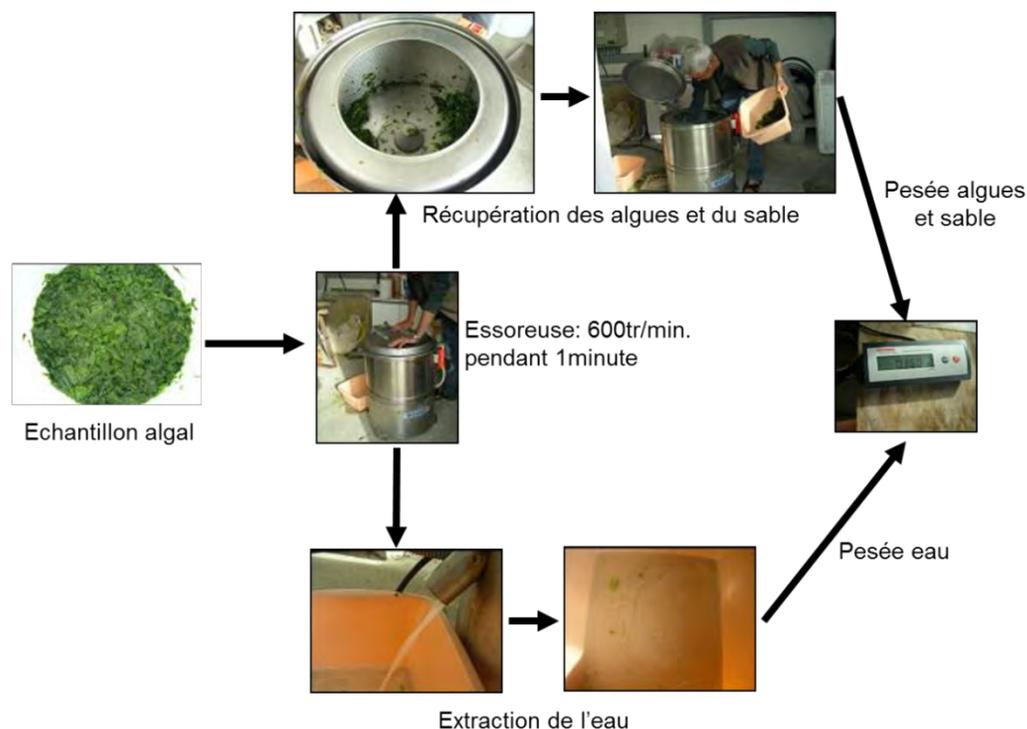


Figure 8: Description du protocole permettant d'évaluer de façon directe le contenu des algues ramassées en eau extracellulaire

- Evaluation indirecte (indiquée pour les échantillons riches en sable)

Une centrifugeuse industrielle n'étant pas un matériel facilement disponible, une méthode indirecte d'analyse des échantillons peut être utilisée de façon à établir le contenu en eau extracellulaire d'un échantillon. La première phase de prélèvement de l'échantillon reste la même (prélèvement dans un seau de volume connu et pesée de cet échantillon brut). L'échantillon est ensuite lavé et le contenu en sable est évalué tel que décrit au paragraphe 4.3. Les algues sont ensuite pesées en poids frais égoutté 1 minute puis sont essorées à l'aide d'une centrifugeuse à main (typeessoreuse à salade) jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'eau évacuer. Une nouvelle pesée est effectuée sur les algues essorées

4.2.2 Contenu en eau intracellulaire

Il est important de définir les conversions permettant de passer d'un poids frais égoutté 1 minute (le plus facile à mettre en œuvre sur le terrain) à un poids frais essoré et à un poids sec. Ces conversions permettront d'avoir un référentiel commun quelle que soit la matière algale considérée.

Le poids sec se définit par le poids atteint à l'issue d'un séchage adapté. Pour les ulves, le séchage est effectué à l'étuve, à 60 °C pendant 48 h. A défaut d'un séchage à l'étuve, le climat antillais permet de sécher naturellement les algues au soleil. Le poids des algues séchées devra être suivi heure après heure jusqu'à stabilisation du résultat. Ainsi sera obtenu le poids sec.

4.3 Contenu en sable des algues de ramassage

L'échantillon d'algue prélevé est rincé à grande eau. Si l'échantillon est visuellement chargé en sable, un lavage en plusieurs fois peut être nécessaire. Les algues sont petit à petit délicatement retirées du bain de lavage. L'eau est ensuite éliminée au maximum (Etape 1, Figure 9).

Le seau de prélèvement est rincé de façon à récupérer le sable dans un contenant plus adapté à la quantité de sable. L'eau surnageante est éliminée. Un poids frais de sable peut ainsi être établi. Le sable est ensuite séché (à l'étuve ou au soleil) de façon à en connaître le poids sec (Etape 2, Figure 9).

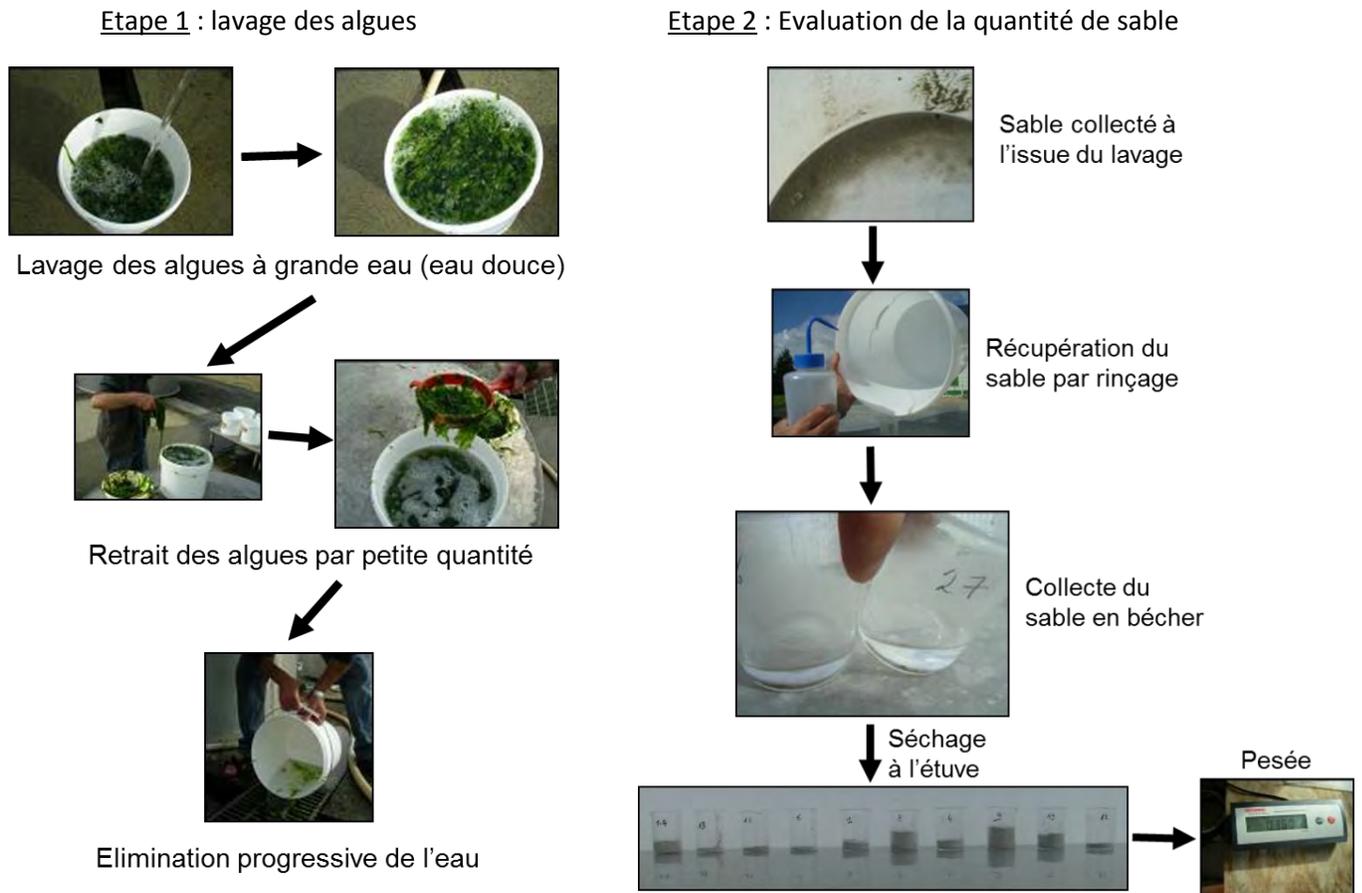


Figure 9: Description du protocole permettant d'évaluer le contenu des algues ramassées en sable

5. Impacts environnementaux

5.1 Accès au site de ramassage

Lorsqu'il y a absence d'accès dédié au site de ramassage tels que cales, passages non bétonnés mais larges et systématiquement empruntés pour accéder au site..., la circulation de machines sur des zones non prévues à cet effet peut conduire à la destruction de la flore présente, d'une part pour créer un passage d'accès (débroussaillage, coupe d'arbre...) et d'autre part pour emprunter cette voie d'accès. Une estimation de la surface impactée et la détermination des espèces florales touchées devront être effectuées. Les sites à enjeux environnementaux majeurs devraient faire l'objet d'une étude permettant de déterminer l'endroit pour lequel la création d'un accès serait la moins impactante.

5.2 Sur le site de ramassage

Le ramassage peut avoir plusieurs incidences sur la faune notamment écrasement et capture accidentelles.

Il peut y avoir écrasement de la faune lors du roulage des engins de ramassage sur plage. En Martinique, les nids de tortues sont les plus concernés par ce risque. Pour rappel, la période de ponte s'étend d'avril à octobre. Pour se prémunir au maximum d'endommager les nids de tortues, la fiche REFLEXE « Gestion environnementale d'un échouage massif d'algues sur les côtes martiniquaises » recommande un ramassage manuel en priorité. Lorsqu'un ramassage mécanique est requis, les opérations de ramassage doivent s'effectuer préférentiellement à marée basse et l'engin de ramassage doit se rendre au plus bas de la zone d'estran de façon directe et perpendiculairement à la plage. Le même itinéraire devra être emprunté pour la sortie de plage. L'ensemble de ces recommandations est illustré Figure 10.

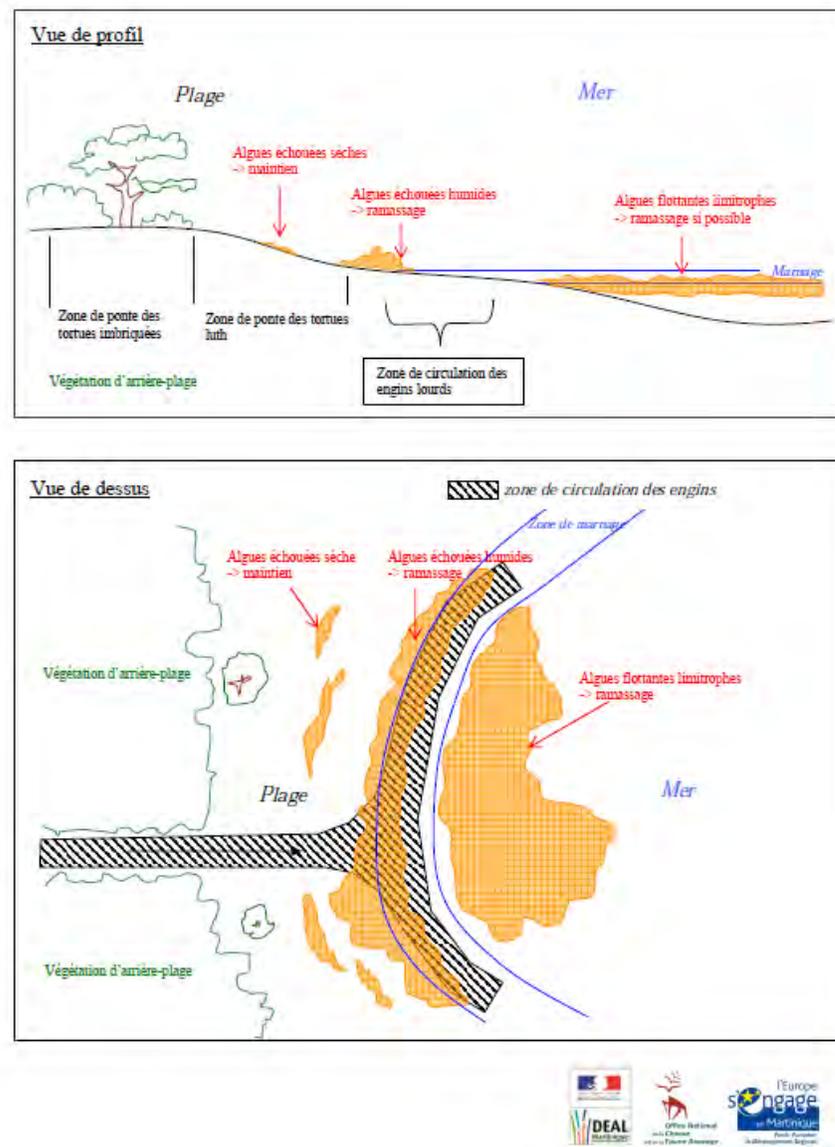


Figure 10: Illustration des bonnes pratiques de ramassage sur les zones sensibles liées à la ponte des tortues (schéma issu de la fiche REFLEXE).

En complément, une évaluation de l'impact du roulage sur un nid de tortue pourrait être effectuée en reproduisant un nid qui subirait le passage d'un engin. La reproduction du nid devra respecter la profondeur moyenne d'enfouissement et le degré de tassement du sable après

recouvrement des œufs. De faux œufs devront être confectionnés de façon à avoir des dimensions et une sensibilité à l'écrasement comparables. L'utilisation de vraies coquilles d'œufs après éclosion pourraient également être envisagée.

Lors des périodes d'éclosion des œufs de tortues, des juvéniles peuvent se retrouver dans les tas d'algues échouées ou flottants dans l'eau. Leur capture accidentelle par ramassage des algues dans l'eau ou sur le sable est donc possible. De façon générale, le ramassage peut engendrer des prises accidentelles de la faune côtière. Lors des essais de ramassage, plusieurs volumes d'algues ramassées (1 m³ minimum) devraient faire l'objet d'une analyse visuelle de façon à effectuer un comptage des prises accidentelles. Les individus semblant être morts avant le ramassage ne seront pas comptabilisés. A cette occasion, les déchets pourront également être comptabilisés, certains échouages pouvant en contenir une quantité significative comme illustré Figure 11.



Figure 11: Illustration des déchets pouvant être contenus dans les échouages.

Si le ramassage induit le roulage d'engin dans l'eau, il est également possible que la faune soit écrasée sur le passage des engins. Un petit chalut trainé à la main derrière l'engin de ramassage permet de capturer les individus ayant subi un écrasement.

Le ramassage peut également provoquer l'érosion et le tassement de la plage de manière directe par la circulation de l'engin sur la plage et par le prélèvement de sable concomitamment au prélèvement d'algues. De manière indirecte, une érosion peut être provoquée par la formation de tas d'algues qui induisent un mouvement de l'eau qui creuse la plage à marée montante.

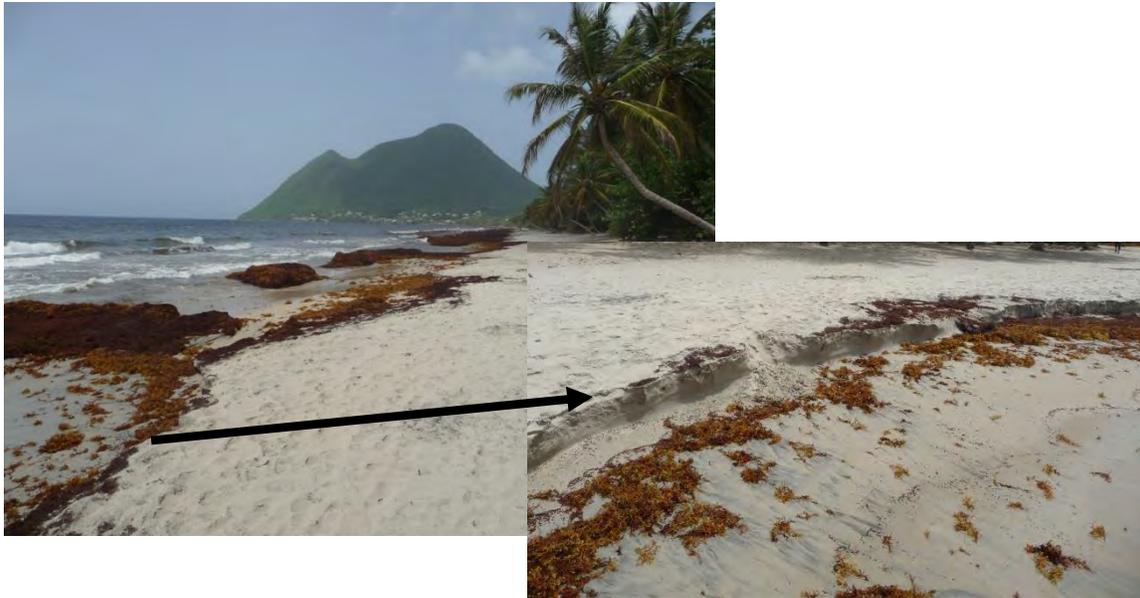


Figure 12: illustration du phénomène d'érosion provoqué par les algues formant des îlots qui modifient les mouvements de l'eau à marée montante.

5.3 Site de ressuyage

Il n'est pas recommandé de stocker les algues à même la terre et à l'air libre excepté si elles sont parfaitement sèches. En effet, le fait de déposer des algues fraîchement ramassées à même la terre peut induire une perturbation des sols du fait des substances potentiellement relarguées et entraînées dans la terre par les eaux de ressuyages et jus de fermentation (sels, substances chimiques...). Par ailleurs, des algues humides en tas et non aérées peuvent induire la formation d' H_2S ce qui représente un risque pour la population environnante.

En théorie, il ne doit pas excéder 48 h entre le moment où les algues sont ramassées et où elles sont prises en charge par une filière de traitement. Généralement, les premières 24h sont dédiées au ressuyage des algues sur plage ce qui permet d'éliminer une grande partie de l'eau de mer contenue dans les tas d'algues et de diminuer le volume d'algues à transporter. Par ailleurs, c'est durant ces 24 h que sera recherchée la solution d'évacuation la plus adaptée.

Des aires de ressuyage peuvent être prévues à terre si les zones de plage sont restreintes pour cette étape. Ces aires consistent en des dalles en enrobé en pente douce orientant les eaux de ressuyage vers un bassin de stockage étanche. Elles sont non couvertes pour faciliter l'aération naturelle. Des murs permettent leur délimitation. Un stockage des algues sur une épaisseur ne dépassant pas 1 m est recommandé. La surface de ces aires doit être adaptée aux volumes de ramassage journalier.

Au sortir de la plage ou des aires de ressuyage (maximum 48 h après leur ramassage), les algues doivent être prise en charge dans des filières de traitement dans lesquelles elles seront stabilisées puis transformées.

La situation actuelle de la Martinique ne permet pas de suivre l'ensemble de ces recommandations. Les filières de traitement existantes ne peuvent pas toujours prendre en

charge les volumes ramassés. Des aires de stockage sur un temps plus long devraient être envisagées dans l'attente d'une prise en charge ultérieure. Le climat antillais se prête particulièrement bien au séchage naturel. Par exemple, des structures telles que les aires de ressuyage pourraient être envisagées en évaluant le temps nécessaire au séchage complet des algues et l'épaisseur optimale nécessaire à un séchage rapide de ces algues sur toute l'épaisseur pour se prémunir de tout risque de fermentation. Une fois sèche, les biomasses pourraient subir une transformation telle qu'un broyage pour une réduction de volume. Le broyat pourrait être intégré dans des produits de valorisation agricoles. Ce type de projet demande des études complémentaires pour s'assurer que le séchage naturel peut se faire sans émanation d'H₂S auquel cas, des structures confinées devraient être envisagées. L'étude de la composition chimique du broyat serait également essentielle pour envisager son intégration dans les procédés agronomiques.

6. Devenir des algues exportées du site du ramassage

Lorsque les essais de ramassage le prévoient, le devenir des algues devra être décrit en précisant :

- les conditions de transport
- le lieu de destination et la nature de l'usage qui en sera fait (compostage, épandage agricole, stockage, autre)
- la distance parcourue et le temps de parcours associé
- le temps écoulé entre le stockage sur plage et la prise en charge pour enlèvement

7. Impacts sociétaux

7.1 Ramassage et emploi

Le ramassage peut générer des emplois. La difficulté principale de cette problématique est qu'il s'agit généralement d'emplois précaires puisque les phénomènes d'échouages sont fluctuants. Les prestataires devront être interrogés sur ce sujet pour savoir s'ils sont susceptibles de créer de l'emploi et pour quel type d'activité en précisant la pénibilité et le niveau de risque associé.

Des brigades environnementales ou des sentinelles du littorales peuvent être créées à plus long terme pour surveiller et donner l'alerte en cas d'arrivage de radeaux flottants ou d'échouages et être mobilisés le reste du temps sur d'autres problématiques environnementales. Elles peuvent être également sollicitées sur les aspects communication et mise en garde sur le littoral, aspects qu'il est nécessaire de développer.

7.2 Ramassage et population

Les chantiers de ramassage induisent généralement du bruit mais peuvent également générer des émanations d'H₂S pouvant induire des odeurs nauséabondes et un risque sanitaire élevé pour les populations alentours. Avant tout chantier de ramassage, il est important de considérer les populations alentours et de les informer des chantiers de ramassage. Si le vent est en direction des habitations et que les échouages présentent des signes de putréfactions ou des structures laissant penser à un risque d'émanation d'H₂S lors de leur manipulation, il serait nécessaire soit

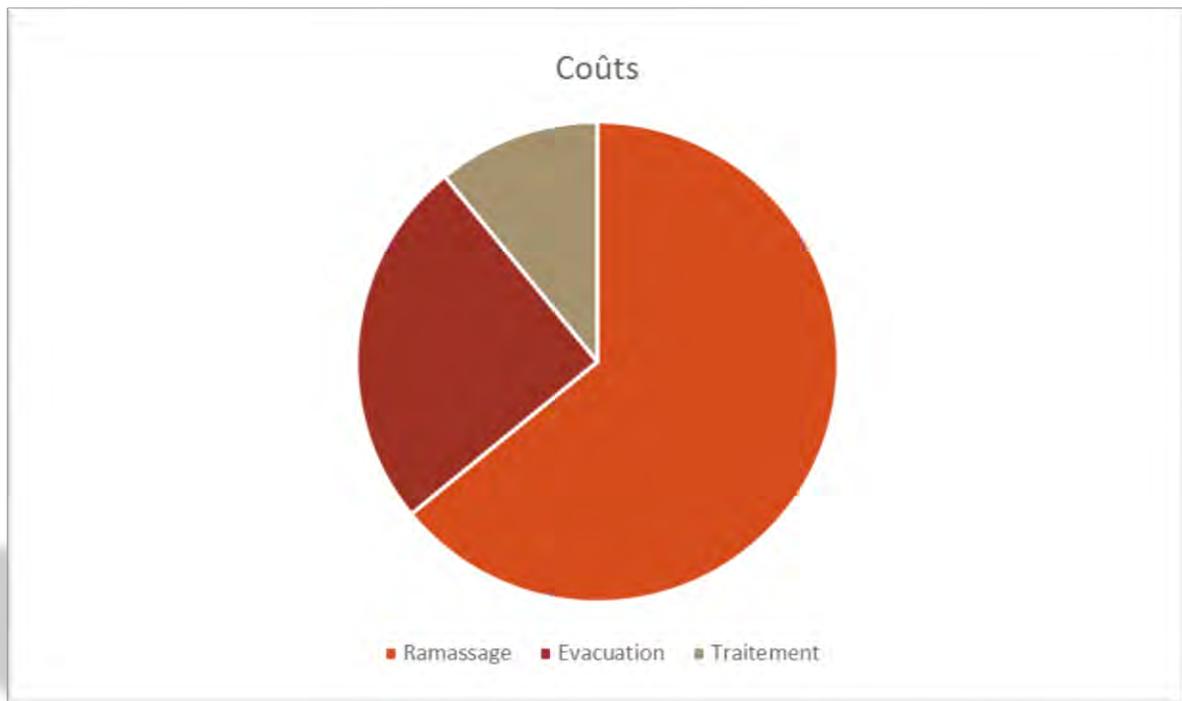
de reporter le chantier, soit par précaution, de demander aux personnes de quitter leur domicile le temps du ramassage. Sur les chantiers à risques sanitaires, un suivi en continu de la concentration en H₂S dans l'air devrait être effectué au niveau du site de ramassage et au niveau des habitations. A l'issue d'un chantier de ramassage, il serait utile d'interroger les populations alentours sur les désagréments ressentis pendant le chantier de ramassage et sur leur perception du ramassage.

D'un point de vue plus général, les visites de terrain ont montré que la population s'intéresse au phénomène. Certains scrutent la mer tous les matins, d'autres ressentent des symptômes tels que brûlures des yeux...

Compte tenu de l'intérêt de la population, un programme participatif serait peut-être à envisager. La forme et le contenu restent à définir.

Les professionnels de la mer peuvent également faire part de leurs observations lors de retour de pêche. A défaut d'être une indication précise, cela permet de savoir si les algues sont présentes ou pas de façon significatives au large.

Evaluation économique d'un chantier de ramassage



Concernant le coût du ramassage, son évaluation permettra d'élaborer la meilleure stratégie financière à adopter que ce soit entre l'achat et la location du matériel ainsi que pour les différentes voies de valorisation potentielles.

1. Coût de l'intervention sur site

Si cette opération est totalement sous-traitée, le coût horaire ou journalier sera transmis par l'entreprise en charge du ramassage.

Dans le cas de l'achat d'une machine, les éléments suivants devront être collectés pour permettre de calculer le coût global de l'intervention :

- Moyens humains mobilisés pour la technique de ramassage envisagée
- Equipement de sécurité du personnel (détecteur H₂S, masque ERI)
- Entretien du matériel de sécurité (cartouche de rechange, étalonnage des détecteurs...)
- Coût de la machine à l'achat
- Coût de l'entretien de la machine (révision, changement de pièces spécifique, rinçage)
- Moyens humains nécessaires à l'entretien de la machine
- Coût du carburant
- Amortissement de la machine

Le calcul du coût sera effectué en regard des rendements calculés lors des essais et vis-à-vis des objectifs à atteindre de façon à établir le volume horaire de travail nécessaire.

2. Coût de l'évacuation des algues

Le coût de l'évacuation des algues s'obtient à partir des coûts horaires/journaliers fournis par le prestataire en charge de cette action.

Ce coût journalier sera ramené au volume d'algues potentiellement évacuable calculé grâce à l'évaluation des rendements lors des phases d'essais (en prenant en compte les temps de chargement et le nombre de bennes disponibles pour l'évacuation). Ce calcul devra également prendre en compte le nombre de bennes pouvant être pris en charge par jour selon les solutions qui auront été envisagées pour les algues au sortir de la plage.

3. Coût de la prise en charge des algues

Si les algues sont prises en charge par une filière existante, le coût sera directement communiqué par les responsables de la filière. En revanche si la construction de plateformes de stockage ou de compostage est à envisager, il faudra calculer les coûts inhérents aux travaux, à la mise en conformité vis-à-vis des risques H₂S et les coûts d'entretien et de mise en œuvre de telles structures.

Grille d'évaluation inter-méthodes

	Rendement	Efficacité (P = 2)	Sélectivité (P = 2)	Disponibilité	Accessibilité (P = 3)	Impact (P = 4)	Score
Technique 1	4	6	2	3	6	4	25
Technique 2	3	4	6	2	12	8	35
Technique 3	2	2	8	4	9	12	37
Technique 4	1	8	4	1	3	16	33

Plusieurs méthodes peuvent permettre de discriminer de façon objective les différentes techniques de ramassage qui sont expérimentées. Il a été choisi ici d'en décrire une méthode d'évaluation permettant l'attribution d'un score final à chaque méthode.

1. Construction de la grille

La grille s'articulera de façon à ce que les techniques soient en en-tête de ligne, l'entête des colonnes correspondant à un critère.

1.1 Choix des critères discriminants

Les critères discriminants se font en fonction de l'objectif recherché. Dans le cas du ramassage des sargasses, il s'agit de déterminer la technique qui sera la plus adaptée à la configuration et aux contraintes du site ainsi l'objectif de déstockage algal visé. Il est donc proposé de retenir les critères suivants :

- Rendement
- Efficacité
- Sélectivité
- Disponibilité
- Accessibilité
- Impact

Pour chaque critère est ensuite établie une hiérarchisation des techniques de 1 à n (nombre de techniques à hiérarchiser). Par exemple, si 4 techniques sont à comparer, une note de 1 à 4 sera attribuée en fonction des performances de chaque technique évaluée. Un exemple est illustré Tableau 3.

Tableau 3: Attribution d'une note comprise entre 1 et 4 pour chaque technique et pour chaque critère retenu avec 1 correspondant au score de rendement, d'efficacité, de sélectivité, de disponibilité et d'accessibilité le plus faible et de l'impact le plus fort. Inversement pour le score de 4.

	Rendement	Efficacité	Sélectivité	Disponibilité	Accessibilité	Impact	Score
Technique 1	4	3	1	3	2	1	14
Technique 2	3	2	3	2	4	2	16
Technique 3	2	1	4	4	3	3	17
Technique 4	1	4	2	1	1	4	13

1.2 Choix des critères discriminants

Par la suite, selon les sites et leurs enjeux propres, il peut être décidé de pondérer certains critères pour les mettre en avant par rapport à d'autres. Par exemple, sur les sites où les enjeux environnementaux sont forts, l'impact, l'accessibilité, l'efficacité et la sélectivité peuvent être les critères à mettre en avant. Le Tableau 4 illustre les résultats obtenus en pondérant ces critères,

sachant que la pondération peut être choisie équivalente ou différente entre les critères sélectionnés.

Tableau 4: Résultats obtenus en pondérant certains critères.

	Rendement	Efficacité (P = 2)	Sélectivité (P = 2)	Disponibilité	Accessibilité (P = 3)	Impact (P = 4)	Score
Technique 1	4	6	2	3	6	4	25
Technique 2	3	4	6	2	12	8	35
Technique 3	2	2	8	4	9	12	37
Technique 4	1	8	4	1	3	16	33

Dans le cas de l'exemple choisi, la technique 3 sera la plus adaptée. Toutefois, la différence étant faible avec la technique 2, il sera tout de même utile de reconsidérer ces deux dernières techniques avant de prendre une décision finale

ANNEXES

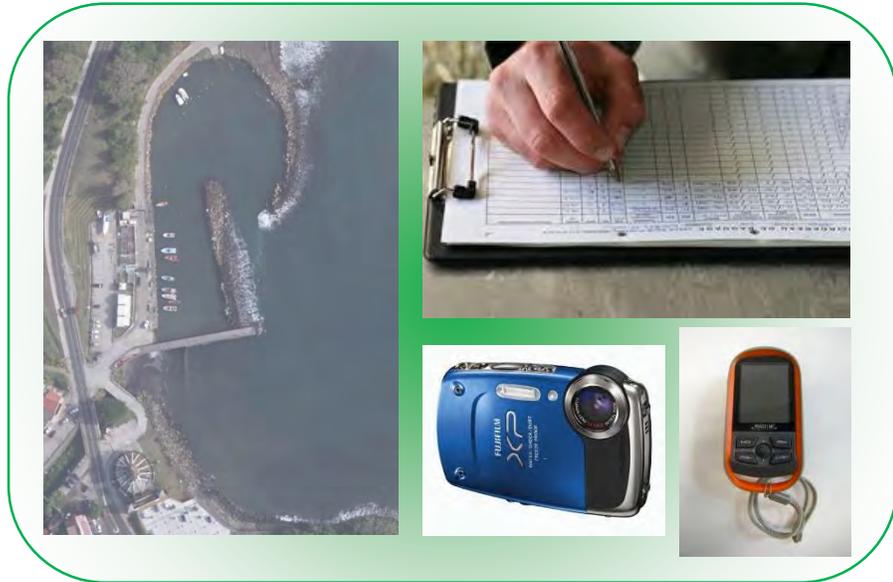
Annexe 1 : matériel nécessaire à la récolte des données de terrain

Annexe 2 : création d'un abaque de conversion

Annexe 3 : Rappel du type d'échantillon à prélever sur le terrain et déroulé du traitement des échantillons

Annexe 4 : fiche d'évaluation

Annexe 5 : fiche d'évaluation simplifiée

ANNEXE 1 : Matériel nécessaire à la récolte des données de terrain**Equipement de sécurité :**

Détecteur H₂S ; Masque à gaz à cartouche

Equipement de description terrain :

Carte et/ou vue aérienne du site de collecte ; matériel de prise de note (papier résistant à l'eau et crayon de papier de préférence) ; appareil photo numérique (étanche si possible) ; GPS (étanche si possible)

Equipement de mesures terrain :

Filet de largeur d'ouverture connue ; sac de prélèvement type « sac à pommes de terre » ; peson ; quadra (inox si possible) ; seau gradué et se refermant (x 10) ; chronomètre ; mètre (inox si possible) et mètre ruban pour pouvoir effectuer des mesures de bennes. Des petits sachets de prélèvement type « sachet de congélation » et un marqueur peuvent être utiles.

ANNEXE 2 : Création d'un abaque de conversion

De façon à faciliter et à limiter les mesures de terrain, il est possible de créer des abaques de conversion permettant de passer d'une épaisseur à poids égoutté 1 minute à un poids essoré et à un poids sec.

Il s'agit de mesurer la biomasse de plusieurs échouages algaux (frais) d'épaisseurs différentes afin de trouver la loi qui lie ces deux paramètres. La biomasse sera ensuite mesurée en poids égoutté 1 minute, en poids essoré et en poids sec.

La méthodologie à appliquer peut s'inspirer de celle établit par le CEVA avec les ulves et présentée ci-dessous :



Sur le terrain, l'épaisseur de l'échouage algal est mesurée. Un prélèvement est effectué à l'aide d'un cylindre en inox de surface connue introduit dans l'échouage algal. Les algues sont prélevées à la main dans le cylindre. Une découpe des algues à l'aide d'un couteau ou d'un cutter peut être nécessaire.

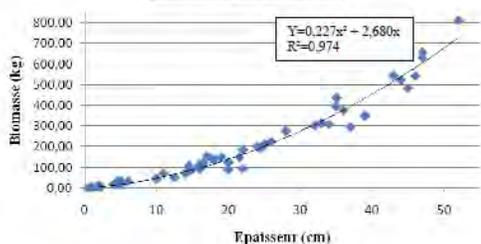


Au laboratoire, l'échantillon est lavé puis pesé après avoir été égoutté 1 minute.



L'échantillon est ensuite centrifugé pour l'obtention du poids essoré. L'échantillon peut ensuite être séché à l'étuve pour obtenir un poids sec.

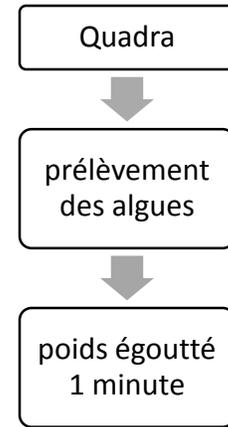
Corrélation épaisseur-biomasse algale en poids égoutté une minute par mètre carré



Les résultats obtenus sur plusieurs dizaines d'échantillons permettent d'établir les différentes conversions recherchées.

ANNEXE 3 : Rappel du type d'échantillon à prélever sur le terrain et déroulé du traitement des échantillons

✓ Evaluation du stock total d'algues présent sur le site

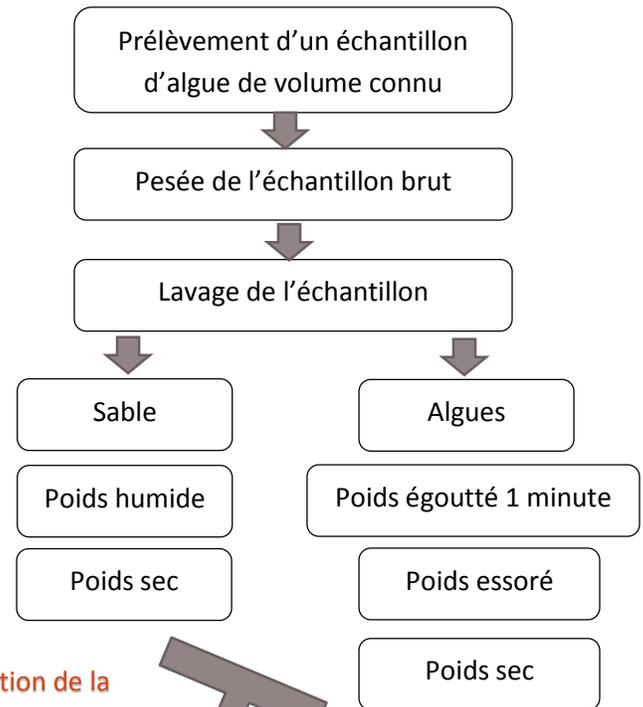


✓ Evaluation de la biomasse d'algues...

... nouvellement ramassée

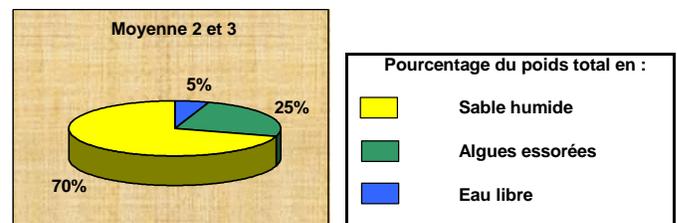


... à la sortie du site (après ressuyage)



Détermination de la composition des échouages

	Moyenne des dépôts
Prélèvement Moyen (kg/m3)	753
Algues égouttées 1min (kg/m3)	455
Algues essorées (kg/m3)	185
% (essorées/égouttées 1min)	41%
Algues sèches (kg/m3)	38
% (Mat.sèche/essorées)	20%
Sable humide (kg/m3)	528
Sable sec (kg/m3)	317
% (Sab.sec/Sab.humide)	60%
eau libre (kg/m3)	40



ANNEXE 4 : Fiche d'évaluation

Grille de suivi des chantiers de collecte de sargasse

Agent (nom, prénom) :
 Date : / /

1. Contexte du chantier de collecte

Site de ramassage - commune :
 Nom du site et description :

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> plage | <input type="checkbox"/> enrochement |
| <input type="checkbox"/> port | <input type="checkbox"/> mangrove |
| <input type="checkbox"/> fond de baie | <input type="checkbox"/> autre : |

Description de l'accessibilité :

- Caractérisation des algues à ramasser (préciser si fraîches ou anciennes ou mixtes)
- nappe d'algue cohérente de faible épaisseur (estimation :.....)
 - nappe d'algue cohérente de forte épaisseur (estimation :)
 - algues éparses
 - algues échouées (préciser si les algues forment des tapis ou des andains et préciser l'épaisseur moyenne)
 - algues en « croûte » (préciser si les algues sont majoritairement sur l'eau ou sur la zone intertidale et s'il existe des signes visuels de putréfaction – plaques blanche, jus...)

Estimation de la quantité d'algues présente (détail du calcul et précision du nombre d'échantillons mesurés et de leur localisation) :

Joindre une cartographie commentée du site détaillant la localisation des échouages, la localisation des échantillonnages effectués pour la mesure de biomasse, les accès. Illustrer au besoin par des photos.

Estimation de la date d'échouage ou de présence sur site des algues, en jours :

Condition météo (bien préciser l'orientation du vent):

.....

Conditions sanitaires (relevé de taux de H₂S ? algues en putréfaction ?)

.....

.....

.....

Cadre administratif du chantier (soutenu par l'ADEME ? par un autre financeur ?
commandée par une mairie ?) :

.....

.....

Institutions présentes en dehors de l'entreprise (DEAL, Mairie, Madinair,
autre...) :

.....

.....

.....

Autorisations ou accords préalables obtenus:

.....

.....

.....

2. Description de la méthode utilisée

collecte manuelle à terre

collecte mécanique à terre

collecte en mer

Moyens matériels (*détailler le modèle et la marque du constructeur pour les engins de collecte
– fournir la fiche technique si possible*)

→ Il est conseillé de prendre un maximum de photos.

Pour la collecte :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Pour le transport :

.....

.....



.....
 Compléter le tableau ci-dessous :

	Technique 1	Technique 2	...	Technique n
Type de ramassage				
Domaine de ramassage				
Outil de ramassage				
Emplacement de l'outil de ramassage				
Dimensions				
Profondeur/épaisseur de travail				
Outils supplémentaires				
Stockage des algues				
Transfert des algues				
Puissance (CV)				
Consommation (l.h ⁻¹)				
Vitesse (circulation) (km.h ⁻¹)				
Vitesse (ramassage) (km.h ⁻¹)				

Moyens humains

Nombre total de personnes nécessaires au déroulement du chantier :

.....
 Pour la supervision :

.....
 Pour la conduite d'engins :

.....
 Pour le transport :

.....
 Autre (collecte manuelle, appui technique...) – à détailler :

.....
 Précision sur la nature de la main d'œuvre (personnel salarié de l'entreprise ? Main d'œuvre temporaire recrutée pour l'opération, pêcheurs...) :

.....
 Organisation de la collecte/phasage - description :

.....

Technique de collecte déjà mise en œuvre par le passé ? Où ? Avec quel succès ?

.....

Maitrise d'œuvre :

.....
 Maitre d'ouvrage :

3. Performance technique

Objectifs :

- Evaluer le rendement : volume et poids d'algues humides collectées
- Caractériser le matériel collecté : propreté, quantité de sable
- Déterminer l'influence de la conduite de chantier (rotations vers les sites de valorisation ou stockage, temps de préparation du chantier...) sur la collecte
- Déterminer les précautions à prendre et les erreurs à éviter pour l'entretien du matériel, la conduite de chantier...

→ Il est conseillé de prendre un maximum de photos.

Estimation du pourcentage de sable :

.....

Description des indésirables collectés (déchets,...) :

.....

Volume collecté (à estimer à partir de la capacité du camion de transport, mesurer la hauteur et la largeur de la benne au besoin – détail du calcul de l'estimation) :

.....

Tonnage collecté (précision de la méthode : bordereau de pesée ? estimation ? détail du calcul) :

.....

Durée du chantier :

.....

Commentaires sur le volume collecté :

.....

Mesures prises sur les aspects santé-sécurité :

.....

Atouts de la méthode :

.....

Problèmes rencontrés :

.....

Perspectives d'amélioration :

.....

Compléter le tableau ci-dessous :

	Technique 1	Technique 2	...	Technique n
Heure début chantier (hh : mm : ss)				
Heure fin chantier (hh : mm : ss)				
Durée du chantier (hh : mm : ss)				
Durée de fonctionnement (hh : mm : ss)				
Durée effective de ramassage (transfert décompté) (hh : mm : ss)				
Durée effective de ramassage / durée de chantier (%)				
Durée effective de ramassage / durée de fonctionnement (%)				



4. Le transfert et la valorisation des algues

Objectifs :

- Evaluer la logistique du transfert des algues, en fonction des méthodes de collecte (matériel utilisé, nombre de rotations...)
- Evaluer l'adéquation entre la technique de collecte et les conditions d'acceptation des algues pour les process de valorisation

Le transport est-il assuré après la collecte ? Comment (bennes, camions...)? Par qui ?

.....

Le nombre de rotations est-il suffisant ?

.....

Quel volume par rotation ?

.....

Quel poids par rotation (estimation à l'aide d'un prélèvement d'un échantillon de volume connu – préciser combien d'échantillons ont été prélevés et les conditions de prélèvements) ?

.....

Est-ce que le transport pénalise le rendement du ramassage ?

.....

Le matériel de transport est-il adapté (traitement spécifique anticorrosion) ?

.....

Destination des algues transportées :

% d'algues collectées envoyées dans une unité de compostage : %

Quelle unité :

.....

Si refus de la part de l'unité de valorisation, préciser pourquoi, en quelle quantité :

.....

% d'algues collectées données à des agriculteurs : %



Comment ?

Décrire

.....

% d'algues collectées stockées sans être valorisées : %

Où ?

.....

5. Impact environnemental

L'objectif est d'évaluer les conséquences qu'implique chaque technique de collecte. Les indicateurs seront plutôt d'ordre qualitatif.

Description de l'impact du dispositif sur le milieu naturel (lors de l'accès au site du ramassage et lors du ramassage) : (tassement de la plage ? érosion ? impacts sur l'ichtyofaune ? impact sur les biocénoses ?, risque d'écrasement de nids de tortue ?)

.....

Description des actions pour limiter les impacts (procédure de circulation sur la plage, ajustement du procédé de ramassage en cours de chantier...)

.....

6. Autre

Perception du chantier par les riverains :

.....

Si des agriculteurs viennent récupérer les algues : sont-ils informés de précautions à prendre (20t/ha max, égouttage conseillé...)



7. Données économiques (si possibilité de récupérer les données)

Objectifs

- Evaluer l'intérêt économique de chaque dispositif, dans différentes configuration d'échouage
- Estimer les surcoûts et les économies pouvant être réalisées

Si prestation aux communes - cout de la prestation (à la journée) :

.....

Le transport est-il inclus ? oui non

Estimation des charges pour la réalisation du chantier de collecte par le prestataire (à la journée) :

.....

Salaires :

.....

Carburant :

.....

Location matériel :

.....

Amortissement matériel :

.....

Consommables :

.....

Autres :

.....

% des charges relevant du transport :

Pistes de réduction des couts :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ANNEXE 5 : Fiche d'évaluation simplifiéeFiche de suivi journalier « chantier pilote sargasses »

Entreprise :

.....

Date : / /

Heure de démarrage du chantier : Heure de fin :

Quantité d'algues ramassées, en tonne, à partir des bordereaux de pesée du CVO ou autre plateforme de compostage, si estimation détailler la méthode de calcul et l'unité (t, m3) :

.....

.....

Quantité d'algues évacuée, en tonne, détailler la méthode de calcul et l'unité (t, m3) :

.....

.....

Estimer le % de sable :

Site de ramassage / commune :

plage

port

fond de baie

enrochement

mangrove

autre :

Description de l'accessibilité :

.....

.....

Caractérisation des algues à ramasser

nappe d'algue cohérente de faible épaisseur

nappe d'algue cohérente de forte épaisseur

algues éparses

algues échouées

autre, décrire

Les algues sont-elles fraîches ou en décomposition ?

.....

Estimation de la date d'échouage ou de présence sur site des algues, en jours :

.....

Description de la méthode utilisée

Moyens matériels utilisés

Pour la collecte (*détailler pour le 1^{er} CR, pour les suivants faire juste mention des éventuelles modifications*):

.....

Pour le transport (*nombre de bennes, de camion, préciser la capacité des camions*):

.....

Moyens humains

Nombre total de personnes présentes sur le chantier :

Pour la supervision :

Pour la conduite d'engins :

Pour le transport :

Autre (collecte manuelle, appui technique...) – à détailler :

.....

Organisation de la collecte/phasage – description (*détailler pour le 1^{er} CR, pour les suivants faire juste mention des éventuelles modifications*) :

.....

Mesures prises sur les aspects santé-sécurité :

.....

Points forts de la méthode de collecte :

.....



Difficultés rencontrées :

.....

.....

.....

.....

.....

Perspectives d'amélioration :

.....

.....

.....

.....

.....

Destination des algues évacuées :

- Compostage, préciser le site
- Stockage, préciser le site
- Les algues n'ont pas été évacuées
- Autre, préciser :

Si refus de la part de l'unité de valorisation, préciser pourquoi, en quelle quantité :

.....



ANNEXE 2 : FICHE D'EVALUATION ADEME

Fiche d'évaluation « chantier pilote sargasses »

Informations générales

Date : / /

Entreprise :

.....

Type de matériel utilisé :

Collecte mécanique à terre :

Collecte mécanique en mer :

Collecte manuelle :

Heure d'arrivée sur le chantier : Heure de départ :

.....

Heure de démarrage du chantier :Heure de fin :

.....

Date de début du chantier :Date de fin du chantier :

.....

Cadre administratif du chantier (ADEME ? Autre financeur ?) :

.....

Institutions présentes (mairie, DEAL, ADEME...) :

.....

Chantier suivi par (nom, prénom) :

.....

Caractérisation du site

Localisation (commune / site) :

.....

.....

plage

port

fond de baie

enrochement

mangrove

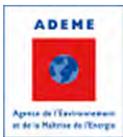
autre :

Description de l'accessibilité :

.....

.....

.....



Facilité de déplacement des engins :

.....
.....

Conditions météo :

.....

Enjeux particulier :

- Riverains ? :

.....

- Baigneurs/touristes ?

.....

- Site de ponte de tortue ?

.....

- Accueil d'activités ludiques/sportives/éducatives ?

.....

Caractérisation de l'échouage

Type d'échouage

nappe d'algue cohérente de faible épaisseur :.....

nappe d'algue cohérente de forte épaisseur :.....

algues éparses

algues échouées

autre, décrire

.....
.....

Les algues sont-elles fraîches ou en décomposition ?

.....
.....

Estimation de la date d'échouage ou de présence sur site des algues, en jours :

.....
.....

Poids égoutté 1 minutes (sur 1/4m²) :

- Epaisseur moyenne (m) :

.....

- Poids (kg) :

.....



- Poids estimé au m² :

.....

- Poids estimé au m³ ((Poids x 4)/Épaisseur) :

.....

Taux de recouvrement estimé (%) :

.....

Surface d'échouage estimée (SIG, mesure de terrain – m²) :

.....

.....

Épaisseur moyenne estimée (m) :

.....

Volume total estimé (Surface*épaisseur*recouvrement - m³) :

.....

Masse totale estimée (Volume estimé*Poids_{égouté1min} - kg) :

.....

Prélèvement d'algues (10l) :

- Nombre

.....

- Description :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Pour le transport (*nombre de bennes, de camion, préciser la capacité des camions*):

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Nombre total de personnes présentes sur le chantier :

Pour la supervision :

- En test

.....

- En définitive

.....

Pour la conduite d'engins :

- En test

.....

- En définitive

.....

Pour le transport :

- En test

.....

- En définitive

.....

Autre (collecte manuelle, appui technique...) – à détailler :

.....
.....
.....
.....

Organisation de la collecte/phasage – description d'un cycle :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Quantité d'algues ramassées, en tonne/m³, à partir des bordereaux de pesée du CVO ou autre plateforme de compostage, si estimation détailler la méthode de calcul et l'unité (t, m³)

- Sur un cycle :

.....
.....

- Sur la journée :

.....
.....

Quantité d'algues évacuée, en tonne/m³, détailler la méthode de calcul et l'unité (t, m3) :

.....
.....
.....

Destination des algues évacuées :

Compostage, préciser le site..... -

%/m³/t

Stockage, préciser le site..... -

%/m³/t

Les algues n'ont pas été évacuée..... -.....%/m³/t

Autre, préciser : -

%/m³/t

Si refus de la part de l'unité de valorisation, préciser pourquoi, en quelle quantité :

.....
.....
.....

Mesures prises sur les aspects santé-sécurité :

.....
.....
.....
.....

Incidence de la méthode sur le milieu :

.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

SYNTHESE

Points forts de la méthode de collecte :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Difficultés rencontrées :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Perspectives d'amélioration :

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ANNEXE 3 : « GUIDE TECHNIQUE » REALISE PAR LA DEAL/PNMM

Doctrine relative à l'instruction réglementaire et financière des barrages anti-sargasses en Martinique

Version finale (septembre 2020)

Rédaction : Mission sargasses (DEAL972)

Relecture / Validation : DM, Police de l'Eau DEAL, CEREMA, Parc naturel Marin

Diffusion : 29 septembre 2020

La présente note vise à présenter les éléments de doctrine partagés entre les différents services impliqués dans le suivi technique, l'instruction réglementaire et financière des projets de barrages anti-sargasses.

Contexte

Depuis 2011, le littoral martiniquais est confronté à des échouages de sargasses dont l'intensité peut prendre une ampleur telle qu'ils sont susceptibles d'engendrer des situations de crise, comme en 2011, 2014/2015 et 2018/2019. Un des dispositifs déployés dans la gestion de ces échouages massifs consiste à installer des barrages spécifiques en proche côtier, afin d'éloigner les sargasses des zones sensibles du littoral (confinement), les diriger vers un autre site (report), vers un point de collecte (transfert), ou les contenir à une certaine distance de la côte (rétention). L'objectif premier de ces ouvrages de défense est la protection sanitaire des populations vivant sur la frange littorale, mais certains ouvrages peuvent être amenés à protéger des activités économiques (ports, marinas, zones touristiques) ou des zones d'intérêt écologique majeur (mangroves, herbiers, récifs coralliens, plages de ponte de tortues).

Plusieurs installations déployées depuis 2015 dans un contexte d'urgence ont fait l'objet d'évaluations. Si les barrages apparaissent comme un outil de premier choix pour certains sites, ils ne sauraient constituer une solution systématique pour toutes les configurations littorales impactées par les échouages.

Dans ce contexte, l'installation des futurs ouvrages ou le renouvellement d'ouvrage existants doit répondre au préalable à un objectif stratégique cohérent et un cadre réglementaire couvrant à la fois l'occupation du domaine public maritime et les impacts environnementaux potentiels.

Tout en prenant en compte les paramètres techniques de pose d'un barrage, ainsi que l'effet souhaité au regard des enjeux sanitaires et socio-économiques, il importe de prendre toutes les précautions utiles afin que cette pose ait un impact minimisé sur le milieu marin, et autant que possible, évité. Les nouveaux ouvrages devront répondre aux obligations réglementaires suivantes :

- procédure de déclaration/autorisation loi sur l'eau pour tout projet d'installation dont le montant dépasse 160 000 € TTC. L'instruction est assurée par la DEAL au titre de la police de l'Eau.
- procédure de demande d'AOT (Autorisation d'Occupation Temporaire) du domaine public maritime. L'instruction est assurée par la Direction de la Mer.

Par ailleurs, en fonction des enjeux nautiques, le projet est susceptible d'être soumis à l'examen d'une Commission Nautique Locale (CNL) organisée sous l'égide de la direction de la Mer.

Comité « barrages »

Le comité « barrages », piloté par la mission *sargasses*, constitué des représentants techniques des DM, DEAL, CTM et Parc naturel marin, a pour vocation d'orienter et d'accompagner en amont les projets de barrage, puis suivre et évaluer ceux jugés recevables. Il se réunit au besoin ou sur saisine, pour émettre un avis au cas par cas, sur la base des connaissances actuelles disponibles et du matériel proposé par les constructeurs. Il peut être amené à faire évoluer les éléments de doctrine présentés dans cette note.

Le comité émet des avis portant sur l'opportunité technique (efficacité du dispositif au regard de l'objectif visé) des projets qui lui sont soumis, leur degré de prise en compte des enjeux environnementaux, leur compatibilité avec la présente doctrine, et les études qu'il serait éventuellement opportun de réaliser.

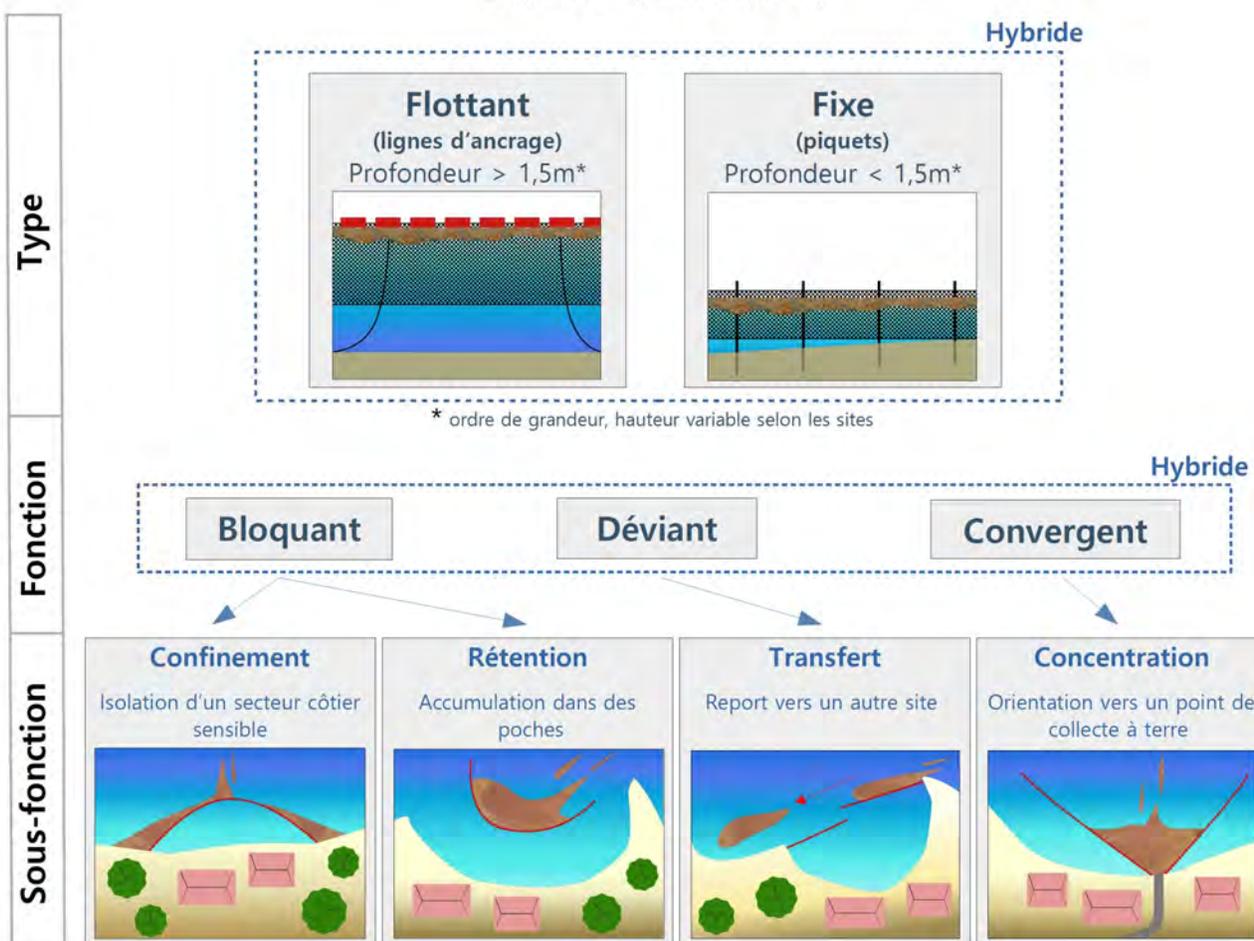
L'avis du comité barrage doit permettre aux porteurs de projet d'anticiper au mieux les instructions et/ ou avis réglementaires auxquels leur projet est soumis, mais il ne saurait en aucun cas s'y substituer.

Définition et Typologie

Dans le cadre de cette doctrine, on entend par le terme générique « barrage » tout dispositif fixé ou flottant permettant de protéger une portion de littoral des échouages de sargasses pélagiques. Les techniques et matériels proposés à l'heure actuelle conduisent à distinguer deux types principaux de barrages et plusieurs fonctions et sous-fonctions selon leur conception :

Typologie des barrages anti-sargasses

(©Mission sargasses, DEAL 972)



Aspects réglementaires de la collecte en mer

Le statut juridique donné aux algues fraîches collectées à des fins d'exploitation commerciale dans le cadre d'un processus de valorisation, relève du code rural et de la pêche maritime. Un arrêté préfectoral portant organisation de la collecte des algues sargasses à des fins commerciales pourra être pris le cas échéant.

Principes généraux

La solution barrage n'est pas systématiquement possible d'un point de vue technique. Par ailleurs, dans les conditions économiques actuelles, les sites protégés (anses, baies semi-ouverte, lagons, etc) sont plus enclins à bénéficier d'une protection efficace et durable avec un tel dispositif que les sites exposés à la houle. Chaque barrage doit répondre favorablement à une analyse coût/bénéfice prenant en compte les autres options possibles de protection du site. Les gains attendus en termes de protection seront notamment comparés aux impacts environnementaux estimés.

Une fois le principe de protection par barrage validé, le comité « barrages » émet un avis sur les aspects suivants du projet : la collecte des algues, le tracé du barrage, les caractéristiques techniques du barrage, l'évaluation et le suivi environnemental.

Collecte des algues

Par principe, les barrages ayant une fonction de confinement seront à proscrire si aucun moyen de collecte fiable n'est envisageable au moment de leur mise en place. Les surprotections (barrages en aval d'un autre barrage) seront également évitées si un impact environnemental est démontré.

Les barrages bloquant assurant une fonction de rétention seront, dans la mesure du possible équipé d'un dispositif annexe de concentration permettant de pallier une éventuelle avarie ou indisponibilité des moyens de collecte maritime par un ramassage depuis la terre. Les barrages hybrides (présentant les 2 sous-fonctions de rétention et concentration) seront ainsi à favoriser lorsque des accès terrestres sont possibles à proximité du barrage.

De façon générale, tout barrage doit être conçu pour favoriser une collecte en mer ou à terre des algues interceptées. Pour les barrages favorisant des zones d'accumulation (rétention, concentration et confinement) ces dernières devront être positionnées dans les zones de moindre impact environnemental, c'est-à-dire des zones exemptes d'herbiers, de communautés coralliennes, de communautés de gorgonaires et spongiaires.

En cas de collecte assurée par un prestataire de droit privé à des fins de valorisation, un cadre contractuel fixant les conditions d'exploitation du barrage doit être mis en œuvre conformément aux dispositions réglementaires de l'arrêté préfectoral mentionné précédemment.

Tracé du barrage

La proposition de tracé du barrage doit s'adapter à la configuration environnementale rencontrée, notamment en ce qui concerne :

a) La nature des fonds

Le barrage doit éviter tout impact sur les récifs coralliens, les communautés mixtes, les herbiers et privilégier les substrats meubles (sable, vase) pour les tronçons favorisant une rétention d'algues. L'implantation de barrages en zone d'herbier est limitée aux seuls dispositifs déviants qui n'entraînent pas d'accumulation sur les fonds. À ce titre, les informations récoltées au travers de l'évaluation des incidences ou de l'état initial environnemental doivent être utilisées. Dans les zones de faible profondeur, les barrages devront être de type fixe pour éviter le ragage de la jupe sur les biocénoses benthiques engendré par le courant, le batillage et le marnage.

b) La profondeur

Tous les barrages doivent être compatibles avec une collecte en mer et donc présenter sur les zones d'accumulation ou de rétention, un tirant d'eau minimal d'un mètre à marée basse permettant la navigation d'un navire de collecte et/ou de barges d'appoint. De façon générale, l'implantation de barrages doit toujours être associée à la mise en place d'un dispositif de collecte, depuis la terre (pour les barrages déviants) et/ou en mer (pour les barrages de rétention). Dans tous les cas, une zone propice au débarquement des navires de collecte et/ou au travail des engins mécaniques pour la collecte depuis la terre doit être présente dans un périmètre proche du barrage.

c) L'état de la mer

Sauf dispositif spécifiquement dimensionné, le barrage doit être installé dans des zones protégées de la houle (hauteur de houle ne dépassant pas les 50 cm) et du déferlement des vagues, en particulier à proximité des récifs coralliens. Les conditions de mer doivent permettre de limiter une usure précoce des parties constitutives du barrage et sa submersion par les vagues.

Caractéristiques techniques requises

Les dispositifs projetés devront présenter les caractéristiques minimales suivantes :

I. Signalisation

Les barrages peuvent présenter un danger de nuit pour la petite navigation côtière. Afin de déterminer la nécessité de les signaler, les principes suivants, inspirés du référentiel technique et nautique (annexe VI de l'arrêté du 30 novembre 2017) pour la signalisation des barrages antipollution, sont retenus :

La signalisation des barrages ne paraît pas utile de jour si les barrages eux-mêmes sont visibles sur l'eau ; La signalisation de nuit est inutile à l'intérieur des zones inaccessibles ou interdites à la navigation par l'autorité compétente, que ce soit de façon permanente ou temporaire.

En dehors de ces cas et pour un enjeu nautique avéré, la signalisation doit être constituée :

- de feux jaunes servant à indiquer la présence des barrages (marques spéciales), en nombre suffisant pour faire apparaître clairement la position et la forme du barrage ;
- ou de feux rouge et vert (marques latérales) marquant l'existence d'une passe entre barrages ou éléments de barrage, allumés de part et d'autre de la passe aménagée. Ils peuvent être en nombre supérieur à deux si la configuration de la passe l'exige.

Ces feux sont :

- placés soit sur la structure émergée du barrage lui-même si elle compatible, soit sur des bouées adjacentes ou intégrées au barrage;
- de faible intensité : d'une portée de 2 milles environ en jaune et de 1,5 milles en rouge et en vert ;
- dotés d'un rythme à éclats (2,5 s).

Dans le cas d'une ouverture mobile, les feux latéraux ne sont allumés que lorsque la passe est ouverte.

Par ailleurs, pour les barrages présentant de faibles enjeux pour la navigation, les éléments du barrage peuvent être revêtus de bandes rétro-réfléchissantes, jaunes, vertes ou rouges, selon le cas. Les bandes doivent être suffisamment rapprochées pour faire ressortir la position et la forme du barrage.

Il appartient à la Direction de la Mer, après éventuel avis de la Commission Nautique Locale, de prendre la décision sur l'opportunité et les caractéristiques qualitative et quantitative de la signalisation, cette signalisation devant respecter les caractéristiques décrites ci-dessus.

II. Flotteurs

Les flotteurs seront constitués de matériaux cohésifs, résistants aux UV et à la corrosion (l'usage du polystyrène, notamment, est strictement proscrit). Ils seront dimensionnés pour permettre de compenser avec les ancrages la poussée horizontale des algues par conditions de vent et de courant soutenues, ainsi que la surcharge de poids liée au fouling de la jupe, tout en gardant une revanche suffisante de la jupe hors d'eau pour éviter le passage des algues en surface.

III. Jupe

Afin d'éviter toute capture accidentelle d'animaux marins, en particulier poissons et tortues marines, les jupes seront constituées de nappes maillées rigides. Le matériau devra être résistant aux UV et à une immersion prolongée au milieu halin. L'extrémité inférieure de la jupe sera suffisamment lestée de façon à garantir un maintien vertical malgré la poussée des algues accumulées. La hauteur de la jupe sera adaptée à la fonction du barrage et à la bathymétrie le long de son tracé d'implantation. À marée basse, une distance minimale de 50 cm entre l'extrémité inférieure de la jupe et le fond sera respectée afin d'éviter toute dégradation du substrat par ragage, permettre une libre circulation des espèces benthiques et du transport sédimentaire. La hauteur hors d'eau de la jupe sera adaptée aux conditions hydrodynamiques locales pour éviter le franchissement supérieur des algues par l'action des vagues.

IV. Ancrages

Les ancrages des barrages devront être suffisants en nombre pour résister aux efforts de traction générés par l'accumulation des algues et les courants. Dans les zones présentant une sensibilité écologique particulière (herbiers, coraux), des ancrages tendus ou opposés de part et d'autre du barrage devront limiter l'amplitude de mobilité de ce dernier et les lignes d'ancrage seront équipées de flotteurs de subsurface afin de minimiser les frottements sur le fond. Une fois l'implantation du barrage stabilisée, l'utilisation d'ancres à vis sera privilégiée sur les zones sensibles d'un point de vue écologique.

V. Cas de barrages fixes

Les poteaux de fixation seront constitués d'un matériau résistant à la corrosion, d'une rigidité et de section suffisante pour maintenir une nappe maillée rigide dans une position verticale. Ils seront mécaniquement enfoncés dans le sédiment ou scellés dans le cas d'un substrat dur, de manière à résister à la poussée des algues, du courant et des vagues sur les zones de déferlement. Le système de fixation de la nappe doit permettre un démontage simple et rapide, dont l'impact environnemental est maîtrisé.

VI. Garantie

Le propriétaire de l'ouvrage doit garantir une durée de vie minimale de l'ouvrage de 5 ans en eau, pour des conditions météorologiques et océaniques jugées non exceptionnelles. La garantie porte sur la durabilité des matériaux, l'intégrité des différentes pièces constitutives du barrage et de leur assemblage, hors pièce d'usures.

communément admises (manilles, bouts, chaînes). La fonctionnalité du dispositif, hors cas de malveillance, doit être assurée à tout moment lors d'arrivées significatives de sargasses.

VII. Entretien

Le propriétaire du barrage s'engage à assurer l'entretien courant du barrage, à réparer/remplacer les pièces d'usures ou défectueuses hors période de garantie, vérifier la tenue des ancrages et nettoyer le biofouling lorsqu'il porte préjudice au bon fonctionnement de l'ouvrage ou à l'hydrodynamique locale. Une souscription à un contrat de droit privé visant à assurer cet entretien est fortement recommandé compte tenu des contraintes d'intervention en milieu hyperbare.

De manière générale, la conception de l'ouvrage et le choix des matériaux/matériels employés répondent à un objectif de robustesse et de durabilité. Par ailleurs, l'entretien préventif est privilégié à l'entretien curatif, de sorte à ce que les ouvrages ne soient pas source de dispersion de déchets dans le milieu marin.

VIII. Sécurisation/démontage

L'ouvrage, de part sa conception, doit être facilement sécurisable ou déplaçable vers un abri, voire démontable et stockable. La mise en sécurité de l'ouvrage devra être effectuée en cas d'alerte météorologique marine et lors des périodes prévues sans échouages significatifs pour une durée supérieure à 4 mois, afin d'éviter l'usure du matériel et limiter les impacts sur l'hydrodynamique locale, le transport sédimentaire et la mobilité des espèces marines.

Les conditions de démantèlement de l'ouvrage sont anticipées dès sa conception, et sont définies de sorte à en minimiser l'impact environnemental. Cela concerne non seulement les opérations de démantèlement en elles-mêmes, au regard des nuisances qu'elles sont susceptibles de générer pour le milieu marin, mais également la gestion des matériaux constitutifs des ouvrages (existence de filières d'élimination, possibilités de valorisation, de recyclage...).

Évaluation et suivi environnemental

Tout nouveau projet de barrage nécessite une évaluation préalable des incidences environnementales ainsi qu'un suivi dédié, tous deux relevant de la responsabilité du maître d'ouvrage. Ils sont présentés de manière formalisée dans le cadre du dossier réglementaire loi sur l'eau, ou à défaut dans le cadre du dossier de demande d'AOT.

I. Etat initial

L'état initial est rédigé par un professionnel qualifié d'un point de vue scientifique et permet d'établir :

1. La caractérisation de la nature des biocénoses (cartographie des zones à herbiers et récifs coralliens) sur la zone d'influence, ainsi qu'une évaluation de leur état de santé (protocole DCE) ;
2. Un inventaire semi-quantitatif des espèces benthiques sur un nombre de transects représentatifs et géolocalisés, avec photoquadrats : diversité des coraux (en distinguant les espèces protégées), spongiaires, gorgonaires, échinodermes, crustacés, mollusques ;
3. Des relevés métriques robustes et géolocalisés permettant d'apprécier l'évolution morpho-sédimentaire dans la zone d'influence (portion du littoral dont le barrage est susceptible de modifier les conditions hydro-sédimentaires) jusqu'au trait de côte au droit du barrage (largeur, surface, profil en travers de plage) et, le cas échéant, dans l'emprise de la zone de collecte à terre.

Tout état initial fait l'objet d'un rapport d'observations, comprenant les photographies et les cartes nécessaires à l'interprétation des résultats. Conformément à l'article L.411-1A du code de l'environnement relatif au versement des données brutes, les données de ce rapport sont publiques et pourront faire l'objet d'une diffusion vers les organismes scientifiques ou administratifs concernés.

II. Évaluation des incidences

Cette évaluation doit permettre d'établir :

- a) Les caractéristiques générales du milieu : délimitation du littoral à protéger, enjeux sanitaires (nombre d'habitations, établissements sensibles), économiques et écologiques, bathymétrie, éléments indicateurs de courantologie, nature du substrat, influence sur le transport hydrosédimentaire, etc.
- b) La sensibilité générale du milieu marin sur la zone d'emprise et les zones d'influence du barrage.

Les zones d'influence sont définies comme les surfaces maximales d'accumulation des algues en cas d'absence de collecte pour les barrages de confinement ou de rétention ou, pour les barrages déviants, les zones vers lesquelles sont dirigées les algues si aucun autre dispositif de collecte n'y est prévu. Pour les barrages de confinement ou de rétention, les zones d'influence comprennent également la zone vers laquelle se diffusent les fragments d'algues passant au travers du barrage sous l'effet de la pression exercée par le vent et/ou le courant

La sensibilité est évaluée au regard de :

- La présence d'habitats sensibles (mangroves, herbiers, coraux, communautés mixtes) et leur état de santé.
- La présence d'espèces protégées (coraux, tortues marines)

Le dossier indiquera les différentes solutions envisagées et leur comparaison au regard d'une grille d'analyse prenant en compte a minima les paramètres suivants : efficacité du dispositif, contraintes techniques, coût, impact environnemental. Il conviendra d'explicitier la mise en œuvre de la séquence ERC (Eviter – Réduire-Compenser) dans les différentes phases d'élaboration du projet. Sur la base de ces premiers éléments, le comité « Barrages » se prononcera sur l'opportunité et l'optimisation du projet, la définition des états initiaux et des suivis environnementaux à réaliser.

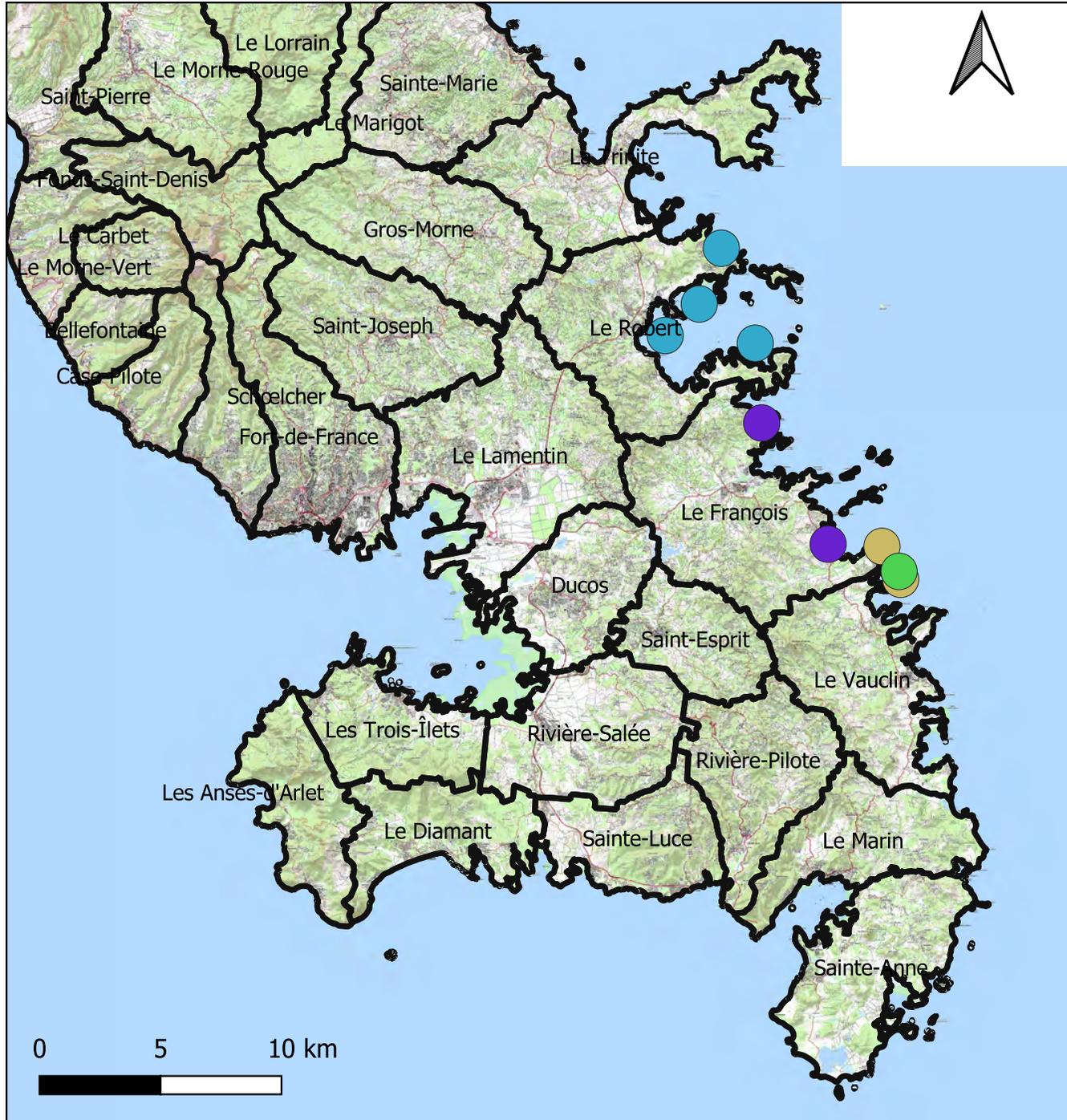
III. Suivi

Apprécié en fonction de l'évaluation des incidences, de l'état initial, des modalités de collecte des algues, de la période d'installation en eau et de la durée/intensité des échouages, un suivi environnemental sera défini et mis en œuvre pour évaluer la véritable incidence de l'ouvrage sur le milieu environnant. La fréquence de suivi est fixée a minima à un an, mais peut être réajustée au besoin. Il reprendra les caractérisations de l'état initial en suivant les mêmes points, transects et métriques.

Une esquisse du programme de suivi envisagé par le maître d'ouvrage pourra être présentée au comité « barrages », qui émettra alors un avis sur celui-ci. Le programme de suivi détaillé sera précisé dans le(s) dossier(s) réglementaire(s) requis (AOT, loi sur l'eau) et sera repris en tant que prescriptions dans l'autorisation administrative qui en découle.

ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DE LOCALISATION DES DISPOSITIFS EVALUES

Localisation des chantiers pilote d'évaluation (Marché 2020-2022)



Légende

Limite communale

Dispositif évalué

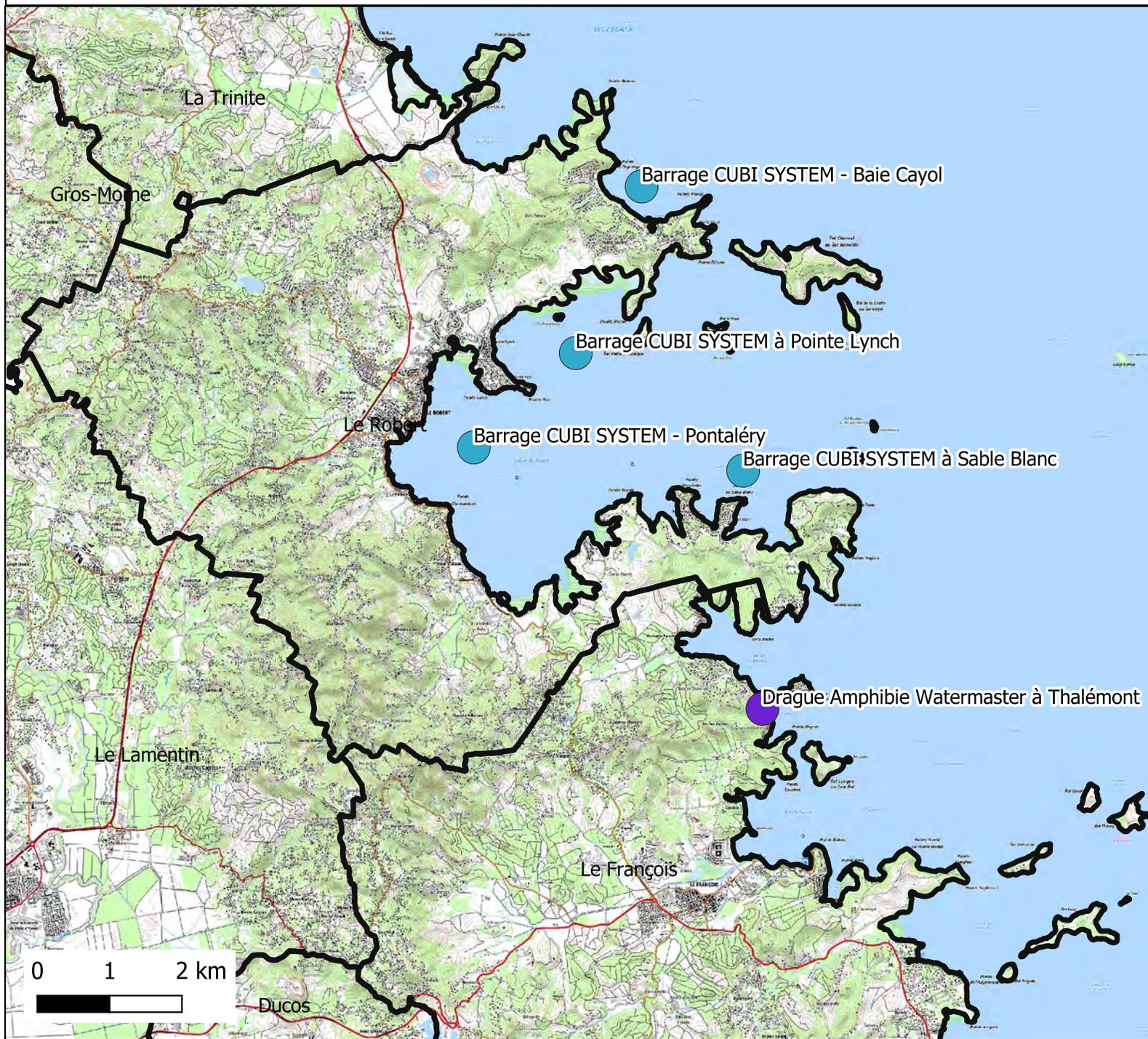
Barrage CUBI SYSTEM (Mairie du Robert)

Barrage FILET DROM (FILET DROM)

Sargator II (STMI)

Drague amphibie WATERMASTER (TTTM)

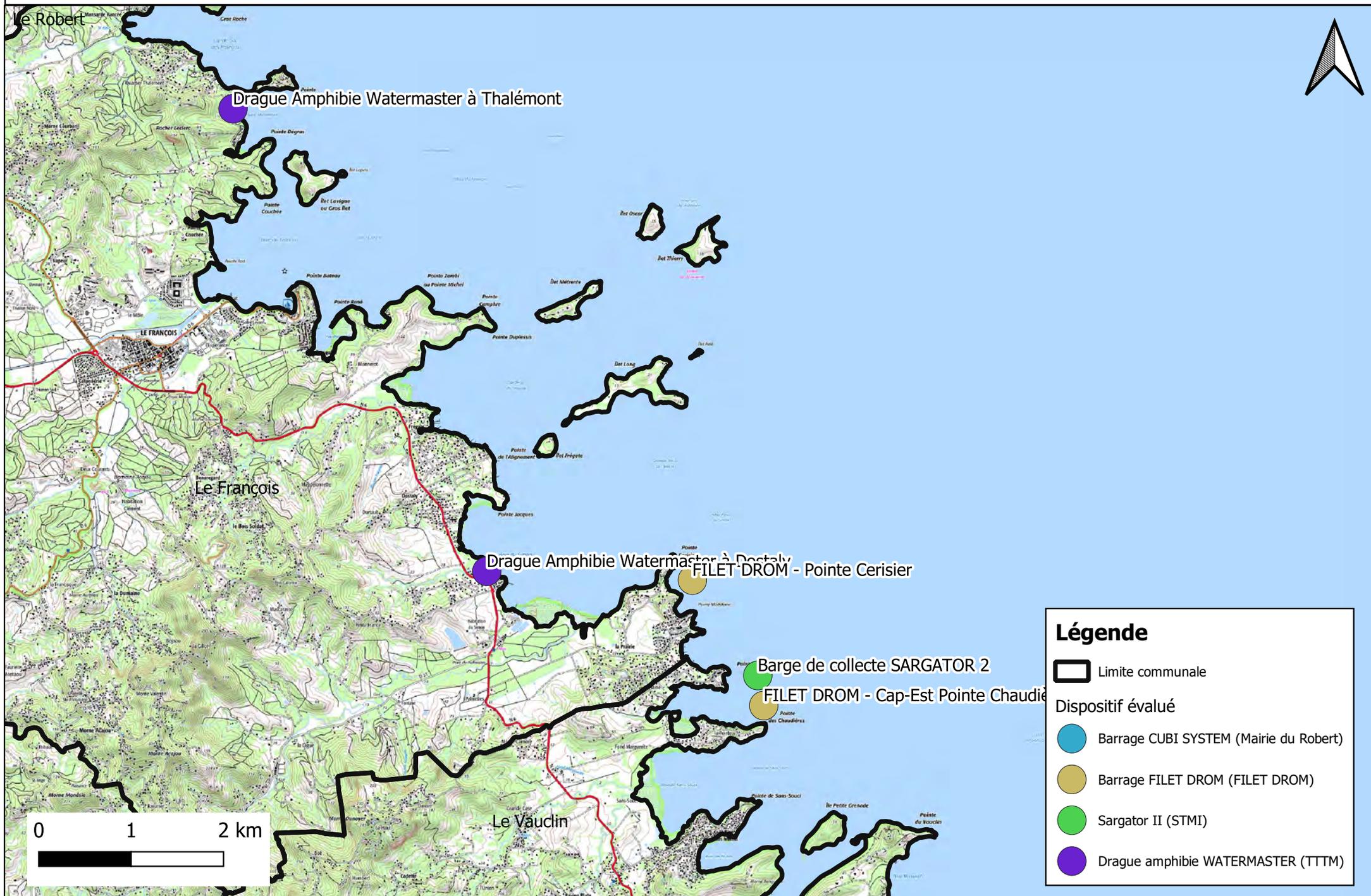
Localisation des chantiers pilote d'évaluation (Marché 2020-2022)



Légende

- Limite communale
- Dispositif évalué
 - Barrage CUBI SYSTEM (Mairie du Robert)
 - Barrage FILET DROM (FILET DROM)
 - Sargator II (STMI)
 - Drague amphibie WATERMASTER (TTTM)

Localisation des chantiers pilote d'évaluation (Marché 2020-2022)



ANNEXE 5 : FICHES DE SYNTHÈSES



Données générales

- **Objectif** : Protection du littoral par maintien des sargasses en mer et par évitement d'échouage
- **Milieu d'intervention** : Maritime / proche côtier
- **Sites d'évaluation** : Martinique, Le François, lieu-dit Cap-Est
 - ➔ **Barrage 2,7 km** au Cap Est : installé depuis 2012 ; mis à jour en Janvier 2019
- **Coordonnées** :
 - Point Nord du filet : 14.596811, -60.850544
 - Point Sud du filet : 14.579457 ; -60.841408
- ➔ **Barrage de 150m** au Cap Est : installé depuis 2021
- ➔ **Barrage de 190m** à Pointe Cerisier : installé en 2009 ; rénové en Juillet 2019
- **Matériel** : Barrage flottant bloquant et déviant FILET DROM® (brevet n°FR1905429)
- **Entreprise** : Filet DROM / PROCAP
- **Modalités de financement** : Association de riverains « Objectif Santé Publique » (barrage 2,7 km) ; Collectif Pointe Cerisier (barrage 190 m) ; Particuliers (hôtel : barrage 150m).
- **Institutions rencontrées** : FILET DROM (Propriétaire du barrage), DEAL, Parc Naturel Marin de la Martinique (PNMM), Bureau d'Etude Aquasearch

Le matériel

La mise en place et le suivi opérationnel du barrage nécessite 1 bateau et 1 équipe de 3 personnes. Le barrage est composé comme suit :

Pour bloquer les algues ➔ Jupe « double » de 2 m de hauteur (dont 0.2m au-dessus de la ligne d'eau constituée de sections de 50m par :

- 1 Filet dit « structurel » : grillage rigide en polyéthylène (maille ø50mm, traité anti-UV, H : 1.5m)
 - 1 Filet dit « souple » polyéthylène cousu sur le filet rigide (maille ø50mm, traité anti-UV, H : 1m).
- Le renforcement du filet se fait par recouvrement des filets sur une hauteur de 1.5m
- 3 Cordes de ø8 à 16mm (sections de 50m)

Pour assurer la flottabilité ➔ Bouées en plastique (500x250x250 ; polyéthylène ; anti UV) tous les 1m :

- Jaune (réglementaire maritime : navigation et baignade)
- Constituées chacune de 2 flotteurs (modules encastrables en 6 points, à travers les mailles des filets et scellés par serflex)
- Disposant d'encoche (cercle blanc sur photo ci-dessous) pour, en cas de perforation du flotteur, vidanger l'infiltration d'eau ou injecter de la mousse en vue d'optimiser la flottabilité.
- Avec une goulotte permettant le passage des cordes



Filet DROM®

Pour ancrer le dispositif ➔

- Poteaux PEHD DN80 de 1.5m de long, en guise de points d'ancrage positionnés tous les 50 m (extrémités des sections)
- Blocs en béton inerte 40x40 de 250kg en guise de corps morts positionnés tous les 50m
- Ancres de 50 kg en renfort entre chaque bloc tous les 50m.



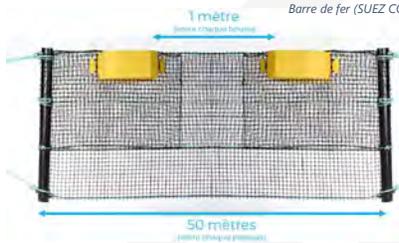
Poteaux, corps-mort et ancre (SUEZ CONSULTING, août 2021)

Pour lester le dispositif ➔ Plusieurs lests à la base de la jupe en filets :

- Ralingue plombée (25kg/100m)
- Barres de fer ø32



Barre de fer (SUEZ CONSULTING, août 2021)



Fiche rédigée par SUEZ CONSULTING dans le cadre d'un marché financé par l'ADEME – ind 1 – Mise à jour le 07/12/2022

Coût

Le coût mentionné ci-après est fourni à titre indicatif par FILET DROM :

- Prix à l'unité d'un flotteur (1 face) = 72€
- Fourniture et pose à 160 €/ml
- Entretien à environ 20% du coût d'installation (environ 35€/ml/an).

Durée de vie

La durée de vie du dispositif est difficilement estimable. Celle-ci étant dépendante des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage. La durée de vie des filets estimée par le fabricant et communiquée à FILET DROM par ce dernier est de 20ans. La durée de vie des flotteurs n'est pas connue à ce jour. Au regard de l'état des pièces installées depuis Janvier 2019 sur les barrages évalués, on sait à ce jour que les flotteurs ont une durée de vie minimale de 2 ans. Les autres composants tels que les barres de fer et corps morts, en matériaux inertes, ont une durée de vie relativement longue et non négligeable.

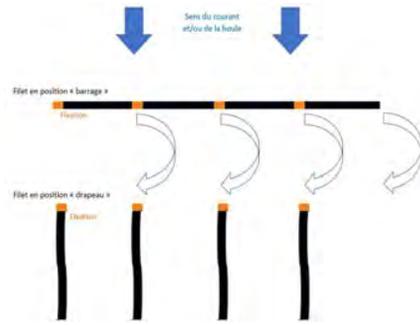


Schéma de principe de mise en drapage (SUEZ CONSULTING)

Porte au niveau du barrage (SUEZ CONSULTING)



Entretien & manutention du dispositif

Entretien en mer

- FILET DROM assure qu'un « entretien léger » assimilable à un suivi du dispositif (visite à minima 1 à 2 fois par mois) suffit à vérifier tout dysfonctionnement ou altération du dispositif (déchets volumineux, arbre, palette...). Cette fréquence est à adapter aux conditions environnementales (houle, vent, courant). Des contrats d'entretien sont proposés par FILET DROM sur une fréquence hebdomadaire.
- Pendant la période cyclonique, le suivi du dispositif est réalisé quotidiennement, depuis la surface. Une visite sous-marine (plongeur) est réalisée hebdomadairement afin de vérifier l'état du dispositif sous l'eau.
- Selon FILET DROM, l'entretien peut se faire en mer soit manuellement (enlèvement des organismes colonisateurs, déchets coincés), soit au moyen d'un outil haute pression (type Kärcher) utilisable sous l'eau. Quel qu'il soit il est extrêmement long et fastidieux. FILET DROM a choisi de ne plus nettoyer le filet afin de permettre la colonisation par la flore marine dans la mesure où elle ne serait pas significativement préjudiciable au fonctionnement du dispositif.

Entretien à terre

- L'entretien à terre est à privilégier. Il y a donc nécessité de démonter les sections de filets à entretenir et les ramener à terre pour un entretien optimal (nettoyage et réparation le cas échéant). La possibilité de décrocher aisément en mer des sections de filet permet toutefois d'optimiser cette opération. Selon FILET DROM, par retour d'expérience, l'entretien (nettoyage de fond et éventuelle réparation) n'est toutefois à prévoir qu'environ 1 fois/an. Le système est similaire aux dispositifs aquacoles qui eux nécessitent d'être changé au moins 1 à 2 fois /an en fonction de la taille des poissons. Il devrait donc être sorti en fin de période d'échouage des sargasses pour vérification et réparation. Cependant, sous un an le barrage n'a jamais été sorti en entier de l'eau pour vérification et maintenance (uniquement des petites réparations en mer).
- La manutention du filet se fait de la façon suivante : remorquage par bateau jusqu'à la plage de Cap Est, puis remorquage sur la plage par engins motorisés (4x4), puis démontage du filet sur la plage. Lors du remorquage des filets en mer, de nouvelles tensions peuvent apparaître, pouvant créer des dégradations supplémentaires.

Fiche rédigée par SUEZ CONSULTING dans le cadre d'un marché financé par l'ADEME – ind 1 – Mise à jour le 07/12/2022

- Aucun entretien (protection ou traitement particulier) des barres de fer n'est réalisé.

Efficacité

Le dispositif s'avère efficace dans la mesure où il répond à l'objectif de protection du littoral :

- Chacune des composantes du dispositif assure sa fonction (rétention des algues par la jupe en filets, flottabilité globale du dispositif par les bouées, tension du filet par les tubes PEHD et les barres de fer, maintien et ancrage satisfaisant par les corps-morts)
- Les arrivages et nappes de sargasses sont bien bloqués par le système de barrage flottant
- La bathymétrie dans la zone de mise en place du dispositif varie entre 2m et 50cm. Le dispositif couvre donc quasiment toute la colonne d'eau, limitant le passage des sargasses par-dessous.

L'efficacité réelle du dispositif est à confronter aux inconvénients du dispositif et au bilan environnemental de sa mise en œuvre et exploitation.

Avantages

- ☑ Signalisation efficace par les coloris, flottabilité, taille, régularité des flotteurs ainsi que par la présence de balise lumineuse sur tout le linéaire du dispositif :
 - Réduction du risque de casse et optimisation de la sécurité des usagers de la mer, de jour comme de nuit.



- ☑ Signalisation efficace par la mise en place de panneaux maritimes de limitation de vitesse à 5 nœuds aux abords de la structure (aux 2 extrémités du filet) :
 - Réduction du risque de casse et optimisation de la sécurité des usagers de la mer.



- ☑ Possibilité de mise en drapeau en conditions défavorables :
 - Adaptation à la courantométrie et à la houle : le dispositif reste sur son mouillage, au vent.
 - Limite les risques de casse par tension lors de conditions météorologiques défavorables (fort courant et forte houle).
 - Cependant cette technique n'est déployée qu'en cas de conditions climatiques extrêmes.

- ☑ Sections de filet de 50m :
 - Optimisation des opérations d'entretien (démontage d'un linéaire important)

- ☑ Maillage (ø50mm) et rigidité du filet :
 - Risques limités de piégeage de la faune.

- ☑ Fabrication locale des flotteurs :
 - Possibilités de réassort et remplacement rapides des modules de flottabilité.

- ☑ Structures et composants démontables :
 - Remplacement des filets par enlèvement de sections endommagées et des flotteurs par simple désempolement.

- ☑ Dispositif de vidange & consistance assurant la flottabilité :
 - Légèreté des modules moulés et creux en plastique rigide.
 - Possibilités d'extraire le cas échéant l'eau infiltrée de manière à assurer la flottabilité ou d'injecter une mousse le cas échéant.

- ☑ Durée de vie optimisée par les procédés de fabrication :
 - Rigidité du filet, Plastique anti-UV offrant une meilleure résistance à l'ensoleillement, Goulotte pour passage des cordes évitant leur dégradation, système d'emboîtement limitant les frottements et l'altération du filet.

- ☑ Bonne fréquentation par la faune sous-marine du matériel (cf. chapitre impact environnemental) :
 - Colonisation par la flore marine du filet, des flotteurs, des corps morts...
 - Présence de faune sous-marine dans la zone du filet : poissons, poulpes, langoustes...

Inconvénients

- ☑ Complexité de mise en place des corps morts :

→ Nécessité d'intervention d'engins et de recours à une barge pour le transport des blocs béton. Néanmoins, la fréquence d'intervention pour cette opération demeure limitée.



- ☑ Difficulté d'entretien in situ du dispositif :

→ Selon FILET DROM, l'entretien peut se faire en mer soit manuellement (enlèvement des organismes colonisateurs, déchets coincés), soit au moyen d'un outil haute pression (type Kärcher) utilisable sous l'eau.

→ L'entretien à terre est à privilégier (cf. § Entretien & manutention).

- ☑ Préparation et anticipation pour la mise en drapeau :
 - Nécessité d'un temps d'intervention pour effectuer la mise en drapeau et donc d'anticipation nécessaire face à des conditions climatiques défavorables : temps de préparation estimé à 1j.

→ Technique mise en œuvre uniquement en cas de grosse tempête, ayant un impact direct sur le dispositif

- ☑ Risque résiduel d'altération ou de casse :
 - Modules assemblés par serflex : fragilité potentielle du système
 - Modules creux avec encoche : risque d'infiltration d'eau sans recours à une mousse pour obturer les points d'infiltration et de pollution par les modules coulés au fond de l'eau.
 - Risque résiduel de rupture des filets lié au vandalisme ou aux passages de bateaux au niveau des passages, cependant limité par la signalisation du dispositif mise en œuvre (couleur jaune des flotteurs). Ce risque est réduit par les améliorations apportées entre 2012 et 2020 (meilleure résistance du filet (plus de plastique dans la composition). Aucune casse d'origine naturelle n'est répertoriée à ce stade.
- ☑ Sections de filet de 50m :
 - Risque de passage d'algues en cas de rupture d'une section).
- ☑ Irrégularité colorimétrique du dispositif :
 - Certains flotteurs présentent une différence de couleur jaune. L'origine de cette différenciation reste à préciser. Ce défaut est susceptible de limiter l'efficacité de la signalisation du dispositif.
- ☑ Dispositif adéquat sous conditions :
 - Le barrage convient aux secteurs avec une colonne d'eau d'au moins 80cm à 1m, et soumis à faibles conditions de houle. Toutefois, certaines algues en faible proportion (10 à 20%) parviennent à franchir le barrage.

→ La collecte en mer derrière le barrage peut s'avérer très difficile: peu de fond, beaucoup de courant, techniques de ramassage non adaptées.

- ☑ Recours à technique complémentaire en cas d'évacuation
 - Selon FILET DROM, les sargasses piégées par barrage bloquant ont tendance à couler et se dégrader naturellement sur place au bout de 4 jours. Cela a pu être constaté au niveau de certaines portions du barrage. Si l'on souhaite aller au-delà de la fonction bloquante du barrage et évacuer les sargasses, il est donc nécessaire d'y coupler un Sargator et une barge pour assurer les rotations. Cet inconvénient est toutefois applicable à tout type de barrage
- ☑ Impacts sur les fond marins :
 - Ragage du filet : disparition d'herbier sur environ 2m en aval du filet mais également en amont du filet
 - Grand nombre de corps-morts pour pallier le courant, notamment au niveau des zones soumises aux plus fortes pressions et ragage des chaînes de ligne de mouillage dans les herbiers (perte d'herbier dans ces zones et glissement persistant du dispositif lors du dernier épisode cyclonique)
 - Zones d'ombres sous les amas de sargasses flottantes : manque de lumière, diminution de la photosynthèse, perte d'herbiers.



Pistes d'amélioration

- ✓ Le recours à des modules sans encoche ou comblés de mousse permettrait de limiter les infiltrations d'eau et le risque de pollution.
- ✓ Le recours à une protection par revêtement anti-corrosif des barres de fer permettrait d'optimiser la durée de vie de cette composante majeure du barrage.
- ✓ Suivant les caractéristiques du substrat de fond marin, il conviendrait d'étudier le recours à des ancrages plus écologiques (tiges d'ancrage, ancrés à vis à titre d'exemple).
- ✓ Les casses les plus fréquentes étant situées au niveau des points d'accroche, il est conviendrait d'optimiser l'attache du filet aux poteaux (systèmes de glissières ou de raccords intégrés).
- ✓ L'entretien du barrage (nettoyage/réparation) pourrait être optimisé dans la mesure où il s'effectue en grande partie à terre et nécessite au préalable la dépose partielle de sections de filet. Parallèlement aux opérations d'entretien à terre, il conviendrait de développer un outil permettant d'optimiser les opérations d'entretien en mer.
- ✓ Malgré les dispositions prises lors de la mise en place du barrage, un certain volume d'algues parvient à franchir le barrage. Cela est dû aux conditions de houle. Une phase supplémentaire d'ajustement pourrait être prévue en vue d'optimiser le rendement (augmentation de la hauteur de filet hors d'eau à titre d'exemple).
- ✓ Si la signalisation du dispositif est globalement satisfaisante, la signalisation des 2 passes au niveau du barrage de 2,7 km pourrait être davantage optimisée. Celles-ci ne sont pas spécifiquement matérialisées. Ce pourrait être au moyen de bouées supplémentaires, de couleur différente. De plus, il conviendrait de s'assurer de l'absence de différentiel colorimétrique entre les modules des flotteurs pour éviter d'induire en erreur les usagers de la mer.
- ✓ Il apparaît nécessaire d'y coupler un dispositif de collecte mécanique en mer et une barge pour assurer les rotations. Ce dispositif permettrait alors d'évacuer les sargasses bloquées par le filet, de limiter ainsi les tensions appliquées par les sargasses sur le filet et de limiter les zones d'ombres créées.

Bilan

Les améliorations apportées par le fabricant sur le premier prototype de barrage ont sans nul doute contribué à améliorer l'efficacité du dispositif :

- Réduction de l'impact environnemental : remplacement des anciennes bouées en polystyrène (friable) par des flotteurs jaunes en plastique rigide,
- Optimisation du rendement par augmentation de la rigidité du filet et consistance de la jupe (double),
- Optimisation de la signalisation par le choix du jaune maritime,
- Remplacement des bois par des tubes en PEHD plus rigides et résistants.

Lors des visites réalisées au mois d'Avril 2021, le barrage Filet DROM/PRO CAP assure un rôle de protection du littoral franciscain en bloquant une grande majorité des nappes de sargasses. Si le barrage bloque la majeure partie des arrivages, 10 à 20% parviennent à franchir ce dernier. L'entretien constitue le point le plus contraignant dans la mesure où il demeure optimal à terre plutôt qu'en mer. Il nécessite un démontage partiel de sections de filet pour un transfert à terre en vue des opérations de nettoyage et réparation éventuelle. Par ailleurs, la difficulté d'intervention implique le recours systématique à un contrat d'entretien auprès du fabricant pour ce type de prestation.

Enfin, le bilan environnemental du dispositif apparaît mitigé tenant compte des quelques effets positifs (rôle mineur de DCP, colonisation marine) et des nombreux effets négatifs notamment sur les fonds marins (ragage, diminution de la luminosité préjudiciable aux herbiers et à la faune des fonds marins, risque de macrodéchets). Un certain nombre d'améliorations pourrait permettre d'optimiser la fonctionnalité et durée de vie du dispositif.



Photos Octobre 2022 (SUEZ CONSULTING (SC))

Données générales

- **Objectif** : Protection du littoral par maintien des sargasses en mer
- **Milieu d'intervention** : Maritime / proche côtier
- **Sites d'évaluation** : Baie du Robert, Martinique
 - ⇒ **Barrage ~1.2km à Baie de Cayol** : installé depuis 2019 ;
 - ⇒ **Barrage ~1.2km à Pointe Lynch** : installé depuis 2021 ;
 - ⇒ **Barrage ~1 km à Sable Blanc** : installé depuis 2022 ;
 - ⇒ **Barrage ~1.4km à Pontaléry** : installé depuis 2019 ;
- **Matériel** : Barrage flottant bloquant et déviant CUBISYSTEM©
- **Entreprise** : CUBISYSTEM©
- **Modalités de financement** : Mairie du Robert et Gouvernement (Plan Sargasses II)
- **Institutions rencontrées** : Mairie du Robert (Gestionnaire), CUBI SYSTEM (Fournisseur)

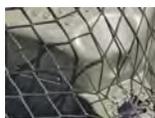
Le matériel : méthodes & moyen

La mise en place du barrage nécessite des plongeurs (ancrage) et un bateau (facilité d'installation).

Le suivi opérationnel du barrage nécessite idéalement une équipe de 2 personnes d'aucune formation particulière (hors permis bateau)

Le barrage est composé comme suit :

Pour bloquer les algues → Filet maillé de sections de 20m en polypropylène noir (maille 40mm) constitué d'une jupe « simple » de ~1.5 m de hauteur (dont 40cm au-dessus de la ligne d'eau et 1.1cm de tirant d'eau)

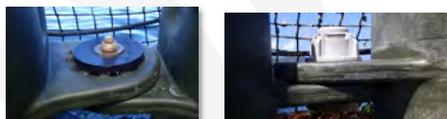


Filet maillé (Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)

Pour assurer la flottabilité → Flotteurs Cubisystem© noirs (dimensions 68cmx68cmx40cm ; PEHD ; résistant UV, flottabilité 375 kg/m³, poids 11kg) fixés les uns aux autres dans la diagonale par les oreilles, aux moyens de vis/écrous en PEHD. Le filet est fixé aux flotteurs à l'aide de bouts (cordages).



Flotteurs cubisystems en surface (Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)



Vis + écrous de liaison (1^{ère} génération en inox et 2^{ème} génération en PEHD avec vis) (Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)

Pour lester le dispositif → chaîne de 20mm en acier, confinée dans une gaine en géotextile



Chaîne lest confinée dans géotextile (Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)

Pour ancrer le dispositif →

- Ancreage :
 - Corps-morts de 1.4T (tenue insuffisante selon les zones)
 - Ancres plates de 150kg
 - Ancres charrues de 150kg ou de 75kg
- Bouée de surface jaune (visibilité).
- Cubisystem « amortisseur » (réduction de la pression sur le barrage) au niveau des cordes/chaînes d'ancrage.
- Mouillage (ancrage + corde/chaîne + amortisseur + bouées de surface) relié au barrage au niveau des oreilles.
- Ancreage situé au niveau des raccords entre les sections de 20m



Corps-mort retourné et ancre charrue (Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)



Bouée de surface jaune et amortisseur (Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)

Coût

Les coûts mentionnés ci-après sont fournis à titre indicatif par le gestionnaire et le fournisseur :

- Prix du barrage (fourniture, assemblage et installation) au mètre linéaire : 250€ HT
- Prix de l'entretien annuel du barrage (nettoyage + manutention) : 10% du prix de l'installation (pour un marché de 1.2M €, les coûts d'entretien sont d'environ 120 000€ HT selon le gestionnaire) / Coût théorique laissé à la discrétion du fournisseur

Durée de vie

La durée de vie du dispositif est difficilement estimable. Celle-ci étant dépendante des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage. Selon le fournisseur, la durée de vie des Cubisystems serait >20 ans et celle des filets de Sans. A noter que les Cubisystem© sont également garantis 10ans selon le fournisseur et le gestionnaire. Au regard de l'état des pièces installées depuis 2019, 2021 et 2022 sur les barrages évalués, la durée de vie du dispositif dans son ensemble estimée par le gestionnaire est d'au moins 3ans : 3ans pour le filet et >3 ans pour les Cubisystem© (intacts depuis leur installation initiale). Les autres composants tels que les ancrages, en matériaux inertes, ont une durée de vie relativement longue et non négligeable.

La durée de vie du dispositif dépend également beaucoup des tensions appliquées sur ce dernier. En cas de courant trop fort, ou de houle importante, les pressions appliquées sur le dispositif pourraient amener à sa rupture : les casses les plus fréquentes seraient situées aux niveaux des oreilles, même si le filet peut être endommagé par la présence de macrodéchets type branches en cas de mauvais temps.

La présence d'un important développement de coquillages type d'huîtres ou arapèdes sur certaines zones du barrage alourdit ce dernier et contribue à sa détérioration. La présence d'une quantité trop importante d'algues dans le barrage peut également l'amener à rompre. La présence complémentaire d'un ou plusieurs dispositifs de collecte pour évacuer les sargasses au fur et à mesure de leur arrivée au niveau du barrage pourrait toutefois réduire la pression sur ce dernier.

Entretien & manutention du dispositif

Les barrages étudiés installés en 2019, 2021 et 2022 doivent faire l'objet de réparations importantes concernant les filets. En effet, ils vont devoir être remplacés au vu de leur état de dégradation. A ce jour, seules des interventions légères ont été effectuées (changement des vis / écrous des oreilles). Pour réduire le risque de casse, les barrages doivent pouvoir être enlevés ou mis en drapeau en cas de mauvais temps (tempête) (cf. §« Pistes d'amélioration »). Afin de réduire le surpoids induit par le développement de crustacés et autres organismes sur le filet, un nettoyage plus fréquent devra être réalisé (cf. §« Inconvénients »). En effet, le gestionnaire indique qu'un « entretien léger » assimilable à un suivi hebdomadaire du dispositif (visite en surface uniquement) est opéré à ce jour pour vérifier tout dysfonctionnement ou altération du dispositif (déchets volumineux, arbre, palette...). Cet entretien léger se compose d'une inspection des Cubisystem© (notamment les oreilles), des vis / écrous, des mouillages... Cette fréquence est adaptée aux conditions environnementales (houle, vent, courant).

Une inspection majeure de maintenance est réalisée une fois par an, avec un nettoyage complet du filet et inspection des mouillages. Pour cela les filets sont relevés et posés sur les Cubisystem, laissés à sécher pendant 1 à 2 semaines, puis les huîtres sont martelées et enlevées manuellement à l'aide d'un bâton. Le filet est ensuite remis dans l'eau. Aucun entretien n'est fait à terre à ce jour. Les sections de barrages n'ont pas été entièrement sorties de l'eau depuis leur mise en place.

Suivant les dommages constatés, les réparations suivantes ont été menées : remplacement d'un système vis/écrou, remplacement de Cubisystem© endommagés par des hélices de bateaux ou autres, remise en place de la chaîne lest...

Dans le cadre des remplacements prévus, la manutention se fait de la façon suivante : décrochage des sections de filets des Cubisystem©, remorquage par bateau jusqu'à la zone de déchargement, puis dépôt à terre. Le moyen nautique utilisé est une barge équipée d'une grue.



Barge équipée d'une grue pour la manutention des éléments du barrage (Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)

Efficacité

Le dispositif répond en partie à l'objectif de protection du littoral :

- Chacune des composantes du dispositif assure sa fonction (déviation ou blocage des algues par la jupe en filet, flottabilité du dispositif par les Cubisystems, tension par le lestage en chaîne).
- Le positionnement des sections de barrage, le nombre et le type des ancrages et autres spécifications sont déterminés suites aux analyses bathymétriques, météo-océaniques (courants, houles, vents et historiques de déplacement des algues) et de biodiversité marine (coraux, herbiers...).

Cependant :

- La bathymétrie dans la zone de mise en place des dispositifs varie entre 1m et 16m. Les dispositifs ne couvrent donc pas toute la colonne d'eau des différentes zones, permettant le passage des sargasses par-dessous en cas de très forte présence d'algues au niveau de celui-ci, mais aussi celui de la faune marine.

- Le maintien des barrages et les ancrages ne sont pas satisfaisants (retournement de certains corps-morts, décrochage de portions de barrages suite au mauvais temps et à l'usure (casse des vis/écrous), surpoids et renversement des Cubisystem© à cause de la forte colonisation par les huîtres et autres organismes trop importante sur les filets...).

Impact environnemental

+ Impacts positifs

- Rôle mineur de DCP** (Dispositif de Concentration de Poissons) : présence de poissons qui viennent se nourrir
- Peu de décomposition des sargasses** dans les zones d'accumulation de sargasses lorsqu'utilisé en complément d'un dispositif de collecte en mer



Biocénose et poissons
(Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)

- Impacts négatifs

- Ragage du barrage et des lignes d'ancrage sur le fond marin** → disparition de la biocénose possible (bien que peu développée dans les zones étudiées).
- Zones d'ombres** sous les amas de sargasses flottantes → manque de lumière : risque de diminution de la photosynthèse et de perte d'herbiers (cependant ombres temporaires et vases avec peu d'herbiers).



Ragage de chaîne
(Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)

+ Avantages

- Signalisation efficace par les coloris des bouées de surface des ancrages et des chandeliers et la flottabilité, taille, régularité des Cubisystem© sur tout le linéaire du dispositif :
→ Réduction du risque de casse par accident et optimisation de la sécurité des usagers de la mer (de jour uniquement).



Chandelier jaune de signalisation (Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)

- Maillage (40mm) et rigidité du barrage :
→ Risques limités de piégeage de la faune.
- Dispositif assurant la flottabilité :
→ Cubisystem en PEHD et air.
→ Cubisystem facilement remplaçables (stock & garantie).
- Durée de vie optimisée des Cubisystems par les procédés de fabrication :
→ Rigidité des flotteurs, plastique anti-UV offrant une meilleure résistance à l'ensoleillement, résistant conditions marines.

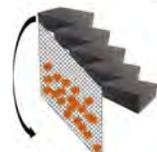
- Inconvénients

- Risque de casse résiduel
→ Risque résiduel lié au vandalisme ou au passage de bateaux sur le filet, cependant limité par la signalisation du dispositif mise en œuvre et par la rigidité des éléments d'assemblage du barrage.
- Dispositif adéquat sous conditions
→ Le barrage convient aux secteurs avec une colonne d'eau d'au moins 1.5m, afin de bloquer/dévier la sargasse sans raguer le fond marin et reste soumis à faibles conditions de houle et de vent. Toutefois, certaines algues en faible proportion (10 à 15%) parviennent certainement à franchir le barrage.
→ Le barrage n'est pas perméable au niveau des extrémités (plages, mangroves ou enrochements), du fait de la complexité d'installation dans ces zones (déchirement sur les rochers...).
- Impacts sur les fonds marins
→ Ragage du barrage aux endroits où la profondeur d'eau est inférieure à 1.5m, notamment au niveau des accroches à la terre et dans certaines zones de la baie.
→ Ragage des chaînes des ancrages en l'absence de bouées de subsurface.
- Inaction en cas de mauvais temps
→ Dans la configuration de pose actuelle, l'enlèvement des barrages, ou la mise en drapeau, ne sont pas réalisés en cas

de conditions météo-océaniques défavorables (tempêtes), augmentant par conséquent le risque de rupture. Les barrages ne sont pas conçus pour une mise en drapeau.

- Colonisation forte & Difficulté d'entretien in situ
→ L'entretien actuel se fait en mer manuellement (séchage des filets sur les Cubisystem et enlèvement manuel des organismes marins secs au bout de quelques semaines)

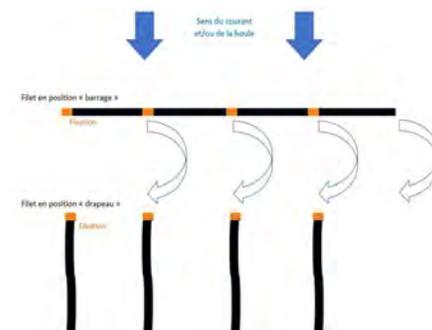
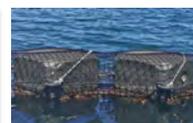
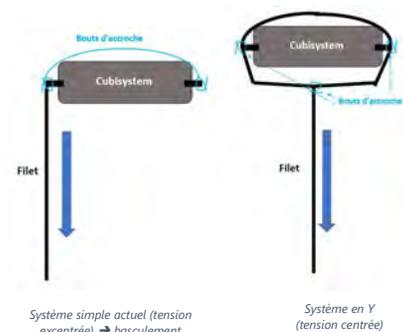
→ Forte colonisation des filets, flotteurs, lignes de mouillages et des ancrages. L'entretien des filets n'est pas assez régulier. Le développement d'huîtres sur le filet crée un surpoids qui fait basculer la ligne de Cubisystems, endommageant de manière générale le dispositif.



Basculement des Cubisystem dû au surpoids des huîtres
(Octobre 2022, SUEZ CONSULTING)

Pistes d'amélioration

- Les modalités et fréquences de nettoyage du filet pourraient être augmentées afin de limiter la prolifération des huîtres et limiter ainsi le risque de rupture par surpoids. Le filet pourrait être enduit d'antifouling afin de réduire le développement des organismes.
- Si la signalisation du dispositif est globalement satisfaisante, du fait de la couleur de bouées d'ancrages orange fluo en journée, celle-ci est inexistante pendant la nuit. Une signalisation nautique lumineuse permettrait de matérialiser le barrage en mer la nuit (capteurs réfléchissants ou lumières), afin de limiter les risques de potentiels accidents (chocs avec le barrage, dégradation du barrage...).
- Modifier le type d'accroche du filet sur les Cubisystem© afin de déplacer les zones de tension sur le dispositif (en cours).
- Limiter le recours aux matériaux sensibles à la corrosion : Remplacement de tous les systèmes vis/écrous 1^{ère} génération et 2^{ème} génération en PEHD en 3^{ème} génération en PP GF 40% sans vis pour une meilleure tenue.
- Extrémités du barrage à améliorer (au niveau des plages, des zones de mangroves ou d'enrochements) : ces zones sont plus propices à la dégradation du dispositif car en contact avec le sol (enrochements ou sable), l'imperméabilité du barrage y est moins assurée. L'évacuation des sargasses y est également plus compliquée (accès difficiles, blocage de sargasses dans les enrochements...).
- Mise en place de bouées de subsurface au niveau des ancrages pour limiter le risque de ragage sur le fond marin.
- Matérialiser les sections de barrage & intégrer un système de décrochage rapide des sections de barrage afin de



permettre une mise en drapeau en cas de conditions météo océaniques défavorables.

Bilan

Lors des visites réalisées au mois d'Octobre 2022, les barrages avec « CUBISYSTEM© » mis en place sur 4 zones de la baie du Robert en Martinique n'assurent a priori plus vraiment un rôle de protection du littoral robertin, à cause de l'état détérioré des dispositifs. Sur les 4 barrages évalués, celui de Baie Cayol semble mieux assurer sa fonction (sans doute en raison des conditions d'implantation plus favorables). Ceux de Pontaléry et Pointe Lynch montrent des signes avancés de dégradation (dispositif renversé et disloqué). Il est cependant prévu une maintenance de ces derniers (remplacement et changement de disposition des filets, remise en place des ancrages) avant la prochaine saison des forts échouages attendus. Cependant, on note les améliorations apportées par le fournisseur et le gestionnaire sur le 1^{er} prototype ont néanmoins contribué à améliorer l'efficacité du dispositif :

- Modification des systèmes de liaisons des Cubisystems entre eux (vis/écrous en acier → vis écrous en PEHD ou PP GF 40%) : limitation des ruptures entre les Cubisystems©
- Modification de la disposition du filet sur la ligne de Cubisystems© (filet simple → filet en Y)

L'entretien constitue un point contraignant dans la mesure où il n'est pas réalisé assez régulièrement. En effet un nettoyage ou traitement plus régulier des filets limiterait la prolifération d'huîtres, à l'origine du surpoids des dispositifs et d'une détérioration plus importante. Enfin, le bilan environnemental des dispositifs apparaît mitigé tenant compte des quelques effets positifs (rôle mineur de DCP) vis-à-vis des effets négatifs sur les fonds marins (ragage, diminution de la luminosité préjudiciable aux fonds marins, risque de macrodéchets). Un certain nombre d'améliorations pourrait permettre d'optimiser la fonctionnalité et durée de vie du dispositif.



Données générales

Photos juillet 2022 (SUEZ CONSULTING/DESMI)

- o **Objectif** : Protection du littoral par maintien des sargasses en mer et par évitement d'échouage
- o **Milieu d'intervention** : Maritime / proche côtier
- o **Sites d'évaluation** : MEXIQUE, Akumal
 - ➔ **Barrage 645 m** à Akumal (lieu confidentiel) : installé depuis février 2022 ;
 - ➔ **Barrage de 400m** à Akumal (lieu confidentiel) : installé depuis 2019
- o **Matériel** : Barrage flottant déviant DESMI MESH BOOM© (nomenclature douanière : 8907909000) / Dispositif complémentaire à l'unité flottante mécanique SEA TURTLE
- o **Entreprise** : DESMI
- o **Modalités de financement** : Entreprise privée
- o **Institutions rencontrées** : DESMI (Constructeur du barrage), Gestionnaires des hôtels

Le matériel : méthodes & moyen

La mise en place du barrage nécessite des plongeurs (ancrage) et idéalement un bateau (facilité d'installation).

Le suivi opérationnel du barrage nécessite une équipe de 2 personnes.

Le barrage est composé comme suit :

Pour bloquer les algues ➔ Jupe « simple » de 1.05 m de hauteur (dont 30cm au-dessus de la ligne d'eau et 75cm de tirant d'eau) constituée de sections de 15m (les longueurs de section peuvent être adaptées sur demande) par :

- o 1 grillage dit « structurel » : grillage rigide nautique en fils de filaments en polyester (maille 25mmx25mm, résistant UV, résistant à la salinité, résistant au H₂S).
- o Des glissières raccords d'extrémité en aluminium marinisé aux normes ASTM (F962), avec des goupilles en acier inoxydable et équipées de boulons, coupelles et vis en acier inoxydable.
- o Cœllets d'ancrage de part et d'autre des glissières raccords d'extrémité.



Filet maille et glissières raccords (Juillet 2022, SUEZ CONSULTING)

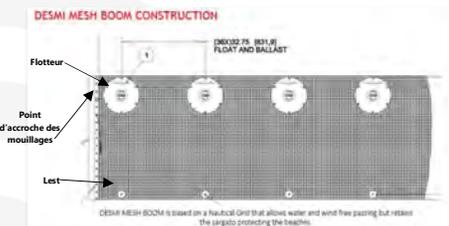


Schéma de principe (DESMI)

Pour assurer la flottabilité ➔ Flotteurs/coques noires (ø36cm ; PEHD ; résistant UV, résistant H₂S, résistant eau de mer) de haute flottabilité tous les 1m :

- o Constituées chacune de 2 flotteurs (modules/coques en PEHD, rempli de mousse, encastrables en 6 points, à travers les mailles des grillages et scellés par boulons, rondelles et écrous en acier inoxydable) ;
- o Pouvant suivre les vagues jusqu'à 1.82m



Modules de flotteurs à emboîter (Juillet 2022, SUEZ CONSULTING)

Pour lester le dispositif ➔ Séquences en acier rond galvanisé à chaud de 1.1 kg, avec des vis et des écrous en acier inox



Sections de filet et séquences en acier (Juillet 2022, SUEZ CONSULTING)

Pour ancrer le dispositif ➔

- o Roche : tige d'ancrage en acier inox, corde d'ancrage (pas de chaîne) VS. Sable : ancrage métallique type Manta Ray, corde d'ancrage (pas de chaîne) ;
- o Corps-morts non recommandés (moindre tenue)
- o Bouées de subsurface pour réduire le ragage de la corde
- o Bouée de surface orange (visibilité)
- o Mouillage (ancrage + corde + bouée) relié au barrage au niveau des œillets d'ancrage.
- o Ancrage situé au niveau des raccords, soit tous les 15m



Ancrage (tipe para tula /c - gupille et Manta Ray pour sable - droite (DESMI)



Bouée de surface



Tige d'ancrage (Juillet 2022, SUEZ CONSULTING)

Les coûts mentionnés ci-après sont fournis à titre indicatif par DESMI :

- Prix d'une section de 15m de barrage « simple » (1 grillage structurel) (assemblée et installée) : 2 350 US\$
- Prix d'une section de 15m de barrage « double » (deux grillages structurels en parallèle) (assemblée et installée) : 2 780 US\$ (non évaluée, mais à priori plus résistant)
- Fourniture et installation des ancrages au Mexique (entreprise mexicaine) : Ancrage roche : 500 US\$, Ancrage sable : 700 US\$
- Prix de l'entretien terrestre annuel du barrage (nettoyage + manutention) : 7US\$/ml (contrat annuel par une entreprise externe)

Durée de vie

La durée de vie du dispositif est difficilement estimable. Celle-ci étant dépendante des conditions environnementales, des conditions de mise en place et de gestion du barrage. La durée de vie des barrages estimée par DESMI est de 3ans. La durée de vie des flotteurs et des bouées de surface n'est pas connue à ce jour. Au regard de l'état des pièces installées depuis 2019 et 2022 sur les barrages évalués, on sait à ce jour que les grillages, flotteurs et les bouées ont une durée de vie minimale de minimum 4 ans, ceux-ci ayant été changés uniquement en cas de choc ou vandalisme. Les autres composants tels que les ancrages et les glissières raccord, en matériaux inertes, ont une durée de vie relativement longue et non négligeable.

La durée de vie du dispositif dépend également beaucoup des tensions appliquées sur ce dernier. En cas de courant trop fort, ou de houle importante, les pressions appliquées sur le dispositif pourraient amener à sa rupture. Les casses les plus fréquentes seraient situées aux niveaux des accroches (liaison barrage/glissière), même si le barrage peut lui-même être endommagé par la présence de macrodéchets type rochers ou branches en cas de mauvais temps.

La présence d'une quantité trop importante d'algues dans le barrage peut également l'amener à rompre. La présence complémentaire d'un ou plusieurs dispositifs de collecte pourrait permettre cependant d'évacuer les sargasses au fur et à mesure de leur arrivée dans le barrage et ainsi réduire la pression sur celui-ci.

Entretien & manutention du dispositif

Les barrages étudiés ont été installés en 2019 et 2022, et n'ont pas fait l'objet de réparations importantes à ce jour. Seules des interventions légères ont été faites (changement des pièces sur place). Afin de réduire le risque de casse, les barrages sont enlevés en cas de mauvais temps (tempête).

Dans le cas d'un entretien en mer : DESMI indique qu'un « entretien léger » assimilable à un suivi du dispositif (visite tous les 15 jours – surface et sous-marine) suffit à vérifier tout dysfonctionnement ou altération du dispositif (déchets volumineux, arbre, palette...). Cet entretien léger se compose d'une inspection des flotteurs, inspection des glissières raccords, inspection des fibres du grillage, inspection des mouillages... Cette fréquence est bien évidemment à adapter aux conditions environnementales (houle, vent...).

Dans le cas d'un entretien en terre :

- Une inspection majeure de maintenance est réalisée une fois par an, avec un nettoyage complet du grillage, inspection des glissières raccord, inspection des mouillages.
- Suivant les dommages constatés, les réparations suivantes sont menées : application de PVC liquide sur les fibres du grillage endommagées (dommage ou usures), remplacement de demi-coque de flotteurs endommagés par des hélices de bateaux ou autres, rajout de bandes de renforcement en PVC thermo fusionné sur les connecteurs et le maillage du grillage...
- L'entretien en terre est à privilégier (hors mouillages) au moins une fois par an. Il y a donc nécessité de démonter les sections de barrages à entretenir et les ramener à terre pour un entretien optimal (nettoyage et réparation le cas échéant). La possibilité de décrocher aisément en mer des sections de barrage permet toutefois d'optimiser cette opération. 8 à 10 sections peuvent être enlevées et remises en place en une journée (hors maintenance, celle-ci étant dépendante des réparations à effectuer).
- La manutention des sections de barrage se fait de la façon suivante : remorquage par bateau ou manuellement (faible profondeur d'eau) jusqu'à la plage de l'hôtel, puis remorquage manuel sur la plage. Il est important de noter que dans les situations évaluées, le barrage est situé proche de la plage (distance inférieure à 200m) et à des profondeurs faibles (profondeur maximale de 2m). Le remorquage en est facilité.

Le dispositif répond à l'objectif de protection du littoral :

- Chacune des composantes du dispositif assure sa fonction (déviation des algues par la jupe en grillage, flottabilité du dispositif par les bouées, tension par les glissières raccord et des sections en acier rond, maintien et ancrage satisfaisant par les ancrages écologiques (dans roche et sable)
- Les arrivages et nappes de sargasses sont bien bloqués par le système de barrage flottant. DESMI indique un pourcentage de 85% de blocage/rétention des algues avant échouage sur les plages des hôtels. Les 15% restants sont ramassés manuellement par les équipes d'entretien des hôtels.
- La bathymétrie dans la zone de mise en place du dispositif varie entre 2m et 50cm. Le dispositif couvre donc quasiment toute la colonne d'eau, limitant le passage des sargasses par-dessous, mais permettant le passage de la faune marine. Il est important de noter que le dispositif a été installé en fonction des études techniques et environnementales, menées par un institut spécialisé. Le positionnement des sections de barrage, le nombre et le type des ancrages et autres spécifications sont déterminés suites aux études bathymétriques, météo-océaniques (courants, houles, vents et historiques de déplacement des algues) et de biodiversité marine (coraux, herbiers...).

Avantages

- ☑ Signalisation efficace par les coloris des bouées de surface et la flottabilité, taille, régularité des flotteurs sur tout le linéaire du dispositif :
→ Réduction du risque de casse et optimisation de la sécurité des usagers de la mer, de jour uniquement.
- ☑ Maillage (25mmx25mm) et rigidité du barrage :
→ Ecoulement de l'eau et de l'air, glissement des algues sargasses le long du barrage (barrage déviant et non bloquant) : réduction de la pression sur le barrage.
→ Pas de déformation du barrage (grillage)
→ Les bateaux peuvent passer au-dessus du barrage sans endommager celui-ci (nécessité unique de remonter le moteur au moment de la traversée) : les bateaux peuvent accéder à la plage
- ☑ Structures et composants démontables :
→ Remplacement des barrages par enlèvement de sections endommagées et des flotteurs par simple désemboîtement.
- ☑ Impacts limités sur les fonds marins :
→ Ragage du barrage sur le fond marin réduit car le barrage n'est pas en contact avec ce dernier sur plus de 90% de son linéaire
→ Présence d'une bouée de subsurface sur chaque mouillage et liaison mouillage/barrage au niveau des glissières raccord : pas de ragage des lignes de mouillage sur le fond marin
- Zones d'ombres sous les amas de sargasses flottantes réduites car possibilité de couplage à un dispositif de collecte en mer afin de récupérer quotidiennement les sargasses
- ☑ Dispositif assurant la flottabilité :
→ Flotteurs en PEHD et mousse, pas de polystyrène.
→ Demi-coque facilement remplaçable si nécessaire.
→ Mouvement vertical (fonction des vagues) possible jusqu'à 1.82m.
- ☑ Durée de vie optimisée par les procédés de fabrication :
→ Rigidité du barrage et des flotteurs, plastique anti-UV offrant une meilleure résistance à l'ensoleillement, résistant conditions marines et H2S, utilisation d'acier inoxydable et aluminium marin...
- ☑ Ancrages moins impactants pour le milieu :
→ Utilisation d'ancrages moins impactants (scellement et Manta-Ray), corps-morts non recommandés, impact sur la faune et la flore benthique réduit.
→ Installation facilitée comparée aux corps-morts (nécessité de moyens nautiques légers).
- ☑ Entretien in situ du dispositif
→ Selon DESMI, l'entretien peut se faire en mer manuellement (enlèvement des organismes colonisateurs à l'aide d'une brosse, déchets coincés)
→ L'entretien à terre est à privilégier (cf. § Entretien & maintenance).

Inconvénients

- ☑ Impacts sur les fonds marins :
→ Ragage du barrage aux endroits où la profondeur d'eau est inférieure à 80cm, notamment au niveau des accroches à la terre (enrochements ou plage).
- ☑ Préparation et anticipation pour l'enlèvement en cas de mauvais temps
→ Nécessité d'un temps d'intervention (non négligeable suivant la longueur du barrage) pour effectuer l'enlèvement et donc d'un temps d'anticipation nécessaire face à des conditions climatiques défavorables.
→ Enlèvement nécessaire en cas de grosse tempête, ayant un impact direct sur le dispositif : Dans la configuration de pose qui a été choisie, l'enlèvement des barrières est procédé en cas de prévision de vent supérieur à 55km/h (100 ml enlevé par heure, 2 plongeurs pour enlever les attaches, un petit bateau pour ramener les sections à terre et 4 opérateurs pour les charger sur le camion)
- ☑ Risque de casse résiduel
→ Risque résiduel lié au vandalisme ou au passage de bateaux sur le filet, cependant limité par la signalisation du dispositif mise en œuvre (couleur orange fluo des bouées de surface des ancrages) et par la rigidité des éléments d'assemblage du barrage. Ce risque est réduit par les améliorations apportées (flotteurs rigides et non plus gonflables, filets plus résistants en filaments de polyester) depuis sa création en 2015. Aucune casse d'origine naturelle n'est répertoriée à ce stade.

- ☑ Dispositif adéquat sous conditions
→ Le barrage convient aux secteurs avec une colonne d'eau d'au moins 80cm à 1m, afin de bloquer la sargasse sans raguer le fond marin et reste soumis à faibles conditions de houle (<1.82m) et de vent (<55km/h). Toutefois selon le fournisseur, certaines algues en faible proportion (10 à 15%) parviennent à franchir le barrage.

Pistes d'amélioration

- ✓ L'entretien du barrage (nettoyage/réparation) pourrait être optimisé dans la mesure où il s'effectue en grande partie à terre et nécessite au préalable la dépose partielle de sections de barrage. Parallèlement aux opérations d'entretien à terre, il conviendrait de développer un outil permettant d'optimiser les opérations d'entretien en mer.
- ✓ Si la signalisation du dispositif est globalement satisfaisante, du fait de la couleur de bouées d'ancrages orange fluo en journée, celle-ci est inexistante pendant la nuit. Une signalisation nautique lumineuse permettrait de matérialiser le barrage en mer la nuit (capteurs réfléchissants ou lumières), afin de limiter les risques de potentiels accidents (chocs avec le barrage, dégradation du barrage...).
- ✓ Malgré les dispositions prises lors de la mise en place du barrage, un faible volume d'algues parvient à franchir le

→ Le barrage n'est pas perméable au niveau des extrémités (plage ou enrochements), du fait de la complexité d'installation dans ces zones (déchirement sur les rochers, tenue sur la plage...)



barrage. Cela est dû aux conditions de houle et de vent. Cependant le pourcentage est faible 15%. Une phase supplémentaire d'ajustement pourrait être prévue en vue d'optimiser le rendement (augmentation de la hauteur de barrage hors d'eau à titre d'exemple)

- ✓ Extrémité du barrage à améliorer (au niveau des plages ou d'enrochements) : ces zones sont plus propices à la destruction car elles sont en contact avec le sol (enrochements ou sable), la perméabilité du barrage est moins assurée au niveau de ces zones. L'évacuation des sargasses dans ces zones est également plus compliquée (accès difficiles, blocage des sargasses dans les enrochements...)

Bilan

Lors des visites réalisées au mois de Juillet 2022, le barrage « MESH BOOM » assure un rôle de protection du littoral des hôtels équipés en bloquant une grande majorité des nappes de sargasses. Si le barrage bloque la majeure partie des arrivages, 15% parviennent à franchir ce dernier. Cependant la prestation commercialisée par DESMI repose sur un objectif de résultat de 85% (accord entre DESMI et les hôtels), prestation qui pour le moment semble être respectée.

Les améliorations apportées par le fabricant sur le premier prototype de barrage ont sans nul doute contribué à améliorer l'efficacité du dispositif :

- Modification du type de flotteurs : les premiers flotteurs testés étaient de type gonflable. Ils fonctionnaient parfaitement dans des eaux calmes, mais pas dans des conditions de vagues comme lorsque la mer est agitée.
- Modification du type de jupe : utilisation de fils de filaments en polyester plus résistants contre la présence éventuelle de gros objets susceptibles de perforer le barrage. En effet, en présence de vents forts, une barrière à paroi fixe constitue un obstacle au passage de l'eau et du vent, ce qui se traduit par une tension accrue sur le matériau et sur les ancrages et par un risque de rupture du dispositif. Aujourd'hui la charge de rupture est de 5440kg, ou 53kN.

Aucun retour des hôteliers n'a pu être obtenu sur le dispositif (informations jugées confidentielles par ces derniers).

L'entretien constitue le point le plus contraignant dans la mesure où il demeure optimal à terre plutôt qu'en mer. Il nécessite un démontage partiel de sections de barrage pour un transfert à terre en vue des opérations de nettoyage et réparation éventuelle. Cependant les opérations de transfert sont assez facilitées par la faible distance entre le barrage et la plage (<200m) et la facilité de désassemblage des sections de barrages (système de glissières-raccord).

Enfin, le bilan environnemental du dispositif apparaît satisfaisant tenant compte des nombreux effets positifs (rôle mineur de DCP, colonisation marine, passage de la faune marine sous le dispositif possible, ragage minimisé sur le fond marin, faible proportion de zones d'ombre et de décomposition des algues par possibilité d'évacuation continue de ces dernières avec un dispositif complémentaire...) et des faibles effets négatifs notamment sur les fonds marins (ragage rélictuel du fond au niveau des extrémités du barrage).



Photos juillet 2022 (SUEZ CONSULTING)

📎 Données générales

- **Objectif** : Protection du littoral par maintien des sargasses en mer et évitement d'échouage
- **Milieu d'intervention** : Maritime / proche côtier
- **Sites d'évaluation** : MEXIQUE, sud de Cancun, Hôtel Vidanta Riviera Maya
 - ➔ **Barrage environ 1200 m** : installé depuis juillet 2019
- **Matériel** : Barrage flottant bloquant et déviant SARGABARRIERS/ Dispositif complémentaire aux unités de collectes SARGABOAT ET SARGATRILER.
- **Entreprise** : THE OCEAN CLEANER
- **Modalités de financement** : Entreprise privée
- **Institutions rencontrées** : THE OCEAN CLEANER (Constructeur du barrage), Gestionnaires des hôtels

⚙️ Le matériel : méthodes & moyen

La mise en place et le suivi opérationnel du barrage nécessite 1 bateau et 1 équipe de 3 personnes. Le barrage peut être installé en 1 jour. Le barrage est composé comme suit :

Pour bloquer les algues : filet	
Orientation et positionnement du filet	Positionnement en V en fonction de l'orientation du vent. Le filet est maintenu tendu en permanence.
Nature et couleur du filet	Filet blanc en polyamide ou UHMWPE (semblable à du nylon)
Diamètre des mailles du filet	Ø 18mm
Hauteur du filet	Hauteur émergée = 0.55m Hauteur immergée = 1.05m Hauteur totale = 1.60 m
Longueur des panneaux	25 m
Liaison entre les panneaux	Barre en plastique à double revêtement avec connecteurs d'amarrage en acier inoxydable
Protection	UV

Flottabilité du barrage : flotteurs	
Distance entre les flotteurs	1 m
Couleur et type de matériaux des flotteurs	Flotteurs Orange/Rouge
Poids de rupture	8 T
Protection	UV
Ancrage du dispositif	
Distance entre les ancrages	25 m (entre chaque panneau)
Types ancre	Danforth ou scellement
Poids	50 kg + 20 kg de chaîne
Matérialisation	Bouée jaune en surface
Mode ancrage	Scellées dans la roche (perforation et insertion du tige) ou ancrées dans le sable
Lest	Chaîne 2kg/m



Ancres Danforth (gauche) ou scellement (droite)

Barrage flottant en mer



Bouée d'ancrages et liaison

Flotteurs, barres et filet



✂️ Entretien & maintenance du dispositif

Entretien en mer

- THE OCEAN CLEANER assure qu'un « entretien léger » assimilable à un suivi du dispositif (visite tous les jours pendant plusieurs heures – surface et sous-marine) suffit à vérifier tout dysfonctionnement ou altération du dispositif (déchets volumineux, arbre, palette...). Cet entretien léger se compose d'une inspection des flotteurs, inspection système de liaison, inspection du filet, inspection des mouillages... Cette fréquence est bien évidemment à adapter aux conditions environnementales (houle, vent, courant). En mer, l'entretien nécessite à minima la présence de deux personnes.

Entretien à terre

- Une inspection majeure de maintenance est réalisée une fois par an. Le filet est nettoyé sur la plage à l'aide d'une brosse (enlèvement des organismes colonisateurs, déchets coincés), et d'un jet d'eau.
- L'entretien à terre est à privilégier (hors mouillages). Il y a donc nécessité de démonter les sections de barrages à entretenir et les ramener à terre pour un entretien optimal (nettoyage et réparation le cas échéant). La possibilité de décrocher aisément en mer des sections de barrage permet toutefois d'optimiser cette opération.
- La manutention des sections de barrage se fait de la façon suivante : remorquage par bateau jusqu'à la plage de l'hôtel, puis remorquage manuel sur la plage. Il est important de noter que dans les situations évaluées, le barrage est situé proche de la plage (distance inférieure à 200m) et à des profondeurs faibles. Le remorquage en est facilité.

🎯 Efficacité

Le dispositif répond à l'objectif de protection du littoral :

- Chacune des composantes du dispositif assure sa fonction (déviation ou rétention des algues par le filet, flottabilité du dispositif par les bouées, tension suffisante, maintien et ancrage satisfaisant par des ancrages moins impactant sur le milieu marin (roche et sable)).
- Les arrivages et nappes de sargasses sont bien bloqués par le système de barrage flottant. THE OCEAN CLEANER assure un pourcentage de 80% de récupération des algues avant échouage sur les plages des hôtels. Les 20% restants sont ramassés manuellement par les équipes d'entretien des hôtels.
- La bathymétrie dans la zone de mise en place du dispositif descend jusqu'à 11m. Le dispositif ne couvre donc pas toute la colonne d'eau, ne limitant pas le passage des sargasses par-dessous, mais permettant le passage de la faune marine. Cependant, la complémentarité avec un dispositif de collecte permet le ramassage des sargasses avant que l'épaisseur de la nappe soit supérieure à la hauteur du filet, et évite que celles-ci passent dessous. Il est important de noter que le dispositif a été installé en fonction d'études techniques et environnementales. Le positionnement des sections de barrage, le nombre et le type des ancrages et autres spécifications sont déterminés suites aux études bathymétriques, météo-océaniques (courants, houles, vents et historiques de déplacement des algues) et de biodiversité marine (coraux, herbiers...). Le positionnement du filet et l'utilisation des flotteurs permet de répondre au mouvement de la vague.

Avantages

- ☑ **Maillage (Ø 18mm) et rigidité du barrage :**
 - Risques limités de piégeage de la faune.
 - Ecoulement de l'eau et de l'air, glissement des algues sargasses le long du barrage (barrage déviant et/ou bloquant)
 - Réduction de la pression sur le barrage.
- ☑ **Structures et composants démontables :**
 - Remplacement des barrages par enlèvement de sections endommagées et des flotteurs par simple désemboîtement.
 - Présence de manilles sur la partie basse du filet.
- ☑ **Dispositif assurant la flottabilité :**
 - Flotteurs en PEHD et mousse, pas de polystyrène.
 - Ensembles « flotteurs/barre » indépendants des uns des autres permettant d'accompagner la vague.
- ☑ **Durée de vie optimisée par les procédés de fabrication :**
 - Rigidité du barrage et des flotteurs, plastique anti-UV offrant une meilleure résistance à l'ensoleillement, résistant aux conditions marines et H₂S, utilisation d'acier inoxydable et aluminium marin...
 - Orientation en forme en V permettant de prendre en compte les différentes directions du vent

Inconvénients

- ☑ **Difficulté d'entretien in situ du dispositif**
 - Selon THE OCEAN CLEANER, l'entretien peut se faire en mer manuellement (enlèvement des organismes colonisateurs à l'aide d'une brosse, déchets coincés)
 - L'entretien à terre est à privilégier (cf. § Entretien & maintenance).
 - ☑ **Préparation et anticipation pour l'enlèvement en cas de mauvais temps**
 - Nécessité d'un temps d'intervention (court mais non négligeable suivant la longueur du barrage) pour effectuer l'enlèvement et donc d'un temps d'anticipation nécessaire face à des conditions climatiques défavorables. Avec la participation des 2 Sargatrailleurs il faut compter 2 à 3 jours pour enlever et stocker en sécurité les barrières.
 - ☑ **Dispositif adéquat sous conditions**
 - Le barrage convient aux secteurs avec une colonne d'eau d'au moins 1.10m, afin de bloquer la sargasse sans raguer le fond marin et reste soumis à faibles conditions de houle et de vent. Toutefois, certaines algues en faible proportion (environ 20%) parviennent à franchir le barrage.
 - Le barrage est perméable aux niveaux des extrémités (plage ou enrochements), du fait de la complexité d'installation dans ces zones (déchirement sur les rochers, tenue sur la plage...)
 - Nécessité de coupler le barrage avec un ramassage à terre (manuel ou mécanisé) sur la plage pour récupérer les sargasses qui arrivent à passer
 - ☑ **Risque de casse résiduel**
- ☑ **Ancrages moins impactant pour le milieu marin :**
 - Utilisation d'ancrages écologiques (scellement et Manta-Ray), corps-morts non recommandés, impact sur la faune et la flore benthique réduite.
 - Installation facilitée comparée aux corps-morts (nécessité de moyens nautiques légers).
 - Le dispositif peut être ancré jusqu'à 20 m de profondeur.
 - ☑ **Impacts limités sur les fonds marins :**
 - Ragage du barrage sur le fond marin réduit car le barrage n'est pas en contact avec ce dernier sur plus de 90% de son linéaire
 - Zones d'ombres sous les amas de sargasses flottantes réduites car possibilité de couplage à un dispositif de collecte en mer afin de récupérer quotidiennement les sargasses
 - ☑ **Signalisation efficace par les coloris, flottabilité, taille, régularité des flotteurs sur tout le linéaire du dispositif :**
 - Réduction du risque de casse et optimisation de la sécurité des usagers de la mer, de jour uniquement.

→ Risque résiduel lié au vandalisme ou aux passages de bateaux sur le filet, cependant limité par la signalisation du dispositif mise en œuvre (couleur orange des flotteurs et des bouées de surface des ancrages) et par la rigidité des éléments d'assemblage du barrage.

- ☑ **Réglementation**
 - La modification du positionnement du filet nécessite de nouvelles autorisations réglementaires qui sont trop onéreuses pour l'hôtel.
 - Au Mexique la hauteur de filet est réglementée, l'entreprise aurait souhaité mettre 20 cm en plus que ce qui est autorisé actuellement.



Sargasses échouées sur la plage au niveau de la digue



Impact visuel faible depuis la plage



Ponton d'accès aux barges depuis la zone de l'hôtel

Filet aux extrémités (digue en enrochements)



Pistes d'amélioration

- ✓ L'entretien du barrage (nettoyage/réparation) pourrait être optimisé dans la mesure où il s'effectue en grande partie à terre et nécessite au préalable la dépose partielle de sections de barrage. Parallèlement aux opérations d'entretien à terre, il conviendrait de développer un outil permettant d'optimiser les opérations d'entretien en mer.
- ✓ Si la signalisation du dispositif est globalement satisfaisante, du fait de la couleur des flotteurs et des bouées d'ancrages orange en journée, celle-ci est inexistante pendant la nuit. Une signalisation nautique lumineuse permettrait de matérialiser le barrage en mer la nuit (capteurs réfléchissants ou lumières), afin de limiter les risques de potentiels accidents (chocs avec le barrage, dégradation du barrage ...).
- ✓ Le positionnement du filet vis-à-vis de la houle et du vent pourrait être optimisé. Aujourd'hui, des ancrages supplémentaires ont été ajoutés de manière à bien maintenir le filet sous tension.
- ✓ Malgré les dispositions prises lors de la mise en place du barrage, un faible volume d'algues parvient à franchir le barrage. Cela est dû aux conditions de houle et de vent. Cependant le pourcentage est faible 20%. Une phase supplémentaire d'ajustement pourrait être prévue en vue d'optimiser le rendement (augmentation de la hauteur de barrage hors d'eau à titre d'exemple).
- ✓ Extrémité du barrage à améliorer (au niveau des digues en enrochements) : ces zones sont plus propices à la destruction car elles sont en contact avec le sol (enrochements), la perméabilité du barrage est moins assurée au niveau de ces zones. L'évacuation des sargasses dans ces zones est également plus compliquée (accès difficiles, blocage des sargasses dans les enrochements...). Une modification du positionnement et la géométrie des digues pourrait être envisagée (remplacement par un digue poids béton).

Bilan

Le barrage « SARGABARRIER » assure un rôle de protection du littoral de l'hôtel équipé en bloquant une grande majorité des nappes de sargasses. Si le barrage bloque la majeure partie des arrivages, 20% parviennent à franchir ce dernier.



Les retours de l'hôtel bénéficiaire sur les dispositifs sont moindres (informations jugées confidentielles), mais à ce jour aucun point négatif ne semble avoir été soulevé par ce dernier.

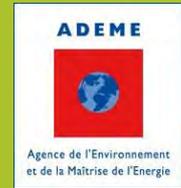
Le point le plus sensible est relevé au niveau des digues où les sargasses arrivent à passer. Afin d'augmenter le rendement du barrage, ces liaisons pourraient être revues.

L'entretien constitue le point le plus contraignant dans la mesure où il demeure optimal à terre plutôt qu'en mer. Il nécessite un démontage partiel de sections de barrage pour un transfert à terre en vue des opérations de nettoyage et réparation éventuelle. Cependant les opérations de transfert sont assez facilitées par la faible distance entre le barrage et la plage (<200m) et la facilité de désassemblage des sections de barrages. Ces manœuvres sont directement réalisées par le personnel de l'hôtel.

La disposition du barrage pourrait être optimisée en fonction de l'orientation du vent et la hauteur du filet hors d'eau rehaussée afin de résister davantage à la houle cyclonique. Enfin, le bilan environnemental du dispositif n'a pu être évalué lors de la visite, selon la volonté de l'hôtel de garder ces données confidentielles.

EVALUATION DES METHODES DE RAMASSAGE DE SARGASSE

FICHE DE SYNTHÈSE – BARRAGE FLOTTANT ALGEANOVA



DONNÉES GÉNÉRALES

Domaine : Protection du littoral
Matériel : Barrage flottant anti-sargasse ALGEANOVA
Entreprise : ALGEANOVA

Le barrage anti-sargasse développé par ALGEANOVA a pour objectif de protéger les zones sensibles du littoral en maintenant la sargasse en mer et l'empêchant de s'échouer sur le rivage.

Barrage anti-sargasse ALGEANOVA



MATERIEL

Ce barrage est composé d'éléments modulaires de 6m (9m pour la version définitive) pouvant être raccordés les uns aux autres et comprenant :

- ✓ **Un boudin gonflable** Ø350mm protégé par une enveloppe PVC souple et une seconde enveloppe en micro-maille (protection contre les débris flottants) ;
- ✓ **Une jupe de 1m** sous le barrage, constituée par un filet en textile d'ouverture Ø25mm.
- ✓ **Un ancrage tous les 3m** (corps-morts ou ancres à vis selon nature du substrat) avec une chaîne reliant l'ancrage au barrage de Ø20mm et de 7kg/m.
- ✓ **Une double fixation entre les modules** via des bandes velcro et des manilles permettant de maintenir l'étanchéité vis-à-vis des algues tout en assurant le maintien de la structure sous la pression des algues et des conditions maritimes.

Vue d'un module et d'une jonction



MISSION

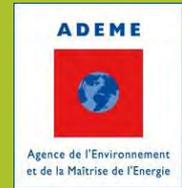
Le barrage anti-sargasse développé par ALGEANOVA a été testé face à l'Hôtel Westin à Punta Cana (République Dominicaine) en accord avec la société ALGEANOVA et l'ADEME, pour présenter leurs équipements et solutions développées dans la lutte contre les échouages de sargasses.

Ces tests ont été suivis par SAFEUGE afin d'estimer :

- ✓ **Les avantages ;**
- ✓ **Les inconvénients ;**
- ✓ **Les pistes d'améliorations.**

EVALUATION DES METHODES DE RAMASSAGE DE SARGASSE

FICHE DE SYNTHÈSE – BARRAGE FLOTTANT ALGEANOVA



Le point de démarrage du barrage peut s'effectuer :

- ✓ Directement depuis la plage via la mise en place d'une structure fixe permettant d'éviter le contournement du barrage par les algues ;

Vue d'un départ de plage



- ✓ Depuis une falaise via l'installation d'un rail vertical le long de la paroi permettant au barrage de suivre le mouvement des marées ;
- ✓ Au large sans structure particulière.

Lors de l'évaluation, un début de colonisation de la jupe par des algues a été constaté.

Début de colonisation



A terme, cette colonisation peut être préjudiciable (surpoids, comblement des mailles, dégradation...). Un **bateau nettoyeur** (PROJINOVA Cleaner) équipé de deux brosses rotatives a été conçu spécifiquement afin de pouvoir entretenir ce filet et éviter une colonisation excessive de l'équipement. Des modules spécifiques en début et fin de barrage permettent au cleaner de s'insérer sur le barrage sans nécessiter le démontage de ce dernier.

Un entretien une fois par mois semble suffisant selon le retour d'expérience d'ALGEANOVA.

PROJINOVA Cleaner

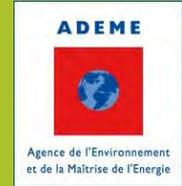


AVANTAGES

- ✓ **Assure le rôle de protection du littoral contre les échouages.** Seule une petite quantité d'algue arrive à traverser et atteindre le rivage. Le volume non-piégé est suffisamment faible pour être dégradé naturellement par le milieu et joue un rôle écologique positif sur le haut de l'estran ;
- ✓ **Peut être démarré depuis une plage ou une falaise,** via des ancrages spéciaux ;
- ✓ **La présence d'une jupe de 1m permet de contenir la très grande majorité des algues,** ces dernières ayant tendance à s'épaissir quand la densité augmente (env. 0.6 à 0.7m constaté) ;
- ✓ **Joue un rôle de DCP** (dispositif de concentration de poisson) en raison du maintien d'un radeau d'algue non décomposé en surface ;
- ✓ La régularité des ancrages et le poids des chaînes permet de **maintenir la jupe droite** évitant ainsi de piéger des espèces. La taille des mailles (Ø25mm) est suffisamment petite

EVALUATION DES METHODES DE RAMASSAGE DE SARGASSE

FICHE DE SYNTHÈSE – BARRAGE FLOTTANT ALGEANOVA



- pour éviter que des tortues adultes s'y coincent.
- ✓ **Réduction de la pression liée aux courants** s'exerçant sur le barrage en raison d'une jupe maillée, permettant à l'eau de circuler ;
- ✓ **Un phénomène d'accrétion** (extension de la plage) est a priori observé. Ceci peut être dû à la réduction de la houle causée par le barrage dans la zone protégée ;
- ✓ **Stockage limité** : les boudins étant gonflables, le transport et stockage à terre ne nécessitent pas de surfaces importantes.
- ✓ **Mise en place et retrait simple** une fois les ancrages posés, le barrage étant relié à ces derniers par des manilles.

INCONVENIENTS

Les inconvénients liés à ce barrage sont génériques et valables pour tous les équipements similaires :

- ✓ **Mise en place conditionnée par le contexte physique et océanographique**, l'implantation du barrage dépend de la bathymétrie, de la nature du substrat, des courants, de la houle... Tous ces paramètres doivent être pris en compte pour assurer un bon dimensionnement des ancrages et un bon positionnement des modules.
- ✓ **Entretien nécessaire** pour éviter les dégradations liées à la faune et flore fixée (colonisation) et l'usure mécanique. Selon les retours du constructeur, un brossage du filet mensuel suffit pour lutter contre la colonisation.
- ✓ **Couplage avec une technique de ramassage des algues piégées** afin d'éviter l'accumulation d'algue le long du barrage. Une forte accumulation d'algue, selon les conditions de vents, courants et houles peut entraîner localement des pressions très importantes avec des risques de rupture. L'intérêt du barrage étant alors nul.
- ✓ **Retrait nécessaire en cas de condition défavorable** vent/mer risquant d'endommager l'ouvrage. Selon les données constructeur, le retrait doit s'effectuer à partir de :
 - Vent : 25 nœuds ;
 - Houle : 1.5 m ;
- ✓ **Modification possible de la bathymétrie (affouillement) sous le barrage en cas de faible profondeur**. Il a été observé un approfondissement de la bathymétrie au droit du barrage de Punta Cana ce dernier étant posé à faible profondeur (env. 1.7m de fond de

part et d'autre, et env.2.5m sous le barrage) probablement lié à une modification des courants.

COÛTS

Les coûts présentés ci-dessous sont issus des données constructeur et n'ont qu'une valeur indicative :

- ✓ **Coût du barrage flottant** (hors ancrage, installation et transport) : env. 130€/ml HT
- ✓ **Fourniture et pose des ancrages ainsi que le raccordement du barrage** : env. 35 000€/100ml
- ✓ **Coût du Projinoval Cleaner** : 150 000€

PISTES D'AMÉLIORATIONS

Lors de l'évaluation, aucune problématique spécifique au matériel n'a été relevé. Ce dernier ayant déjà fait l'objet de nombreuses adaptations par ALGEANOVA depuis sa version originale (2014-2015).

BILAN

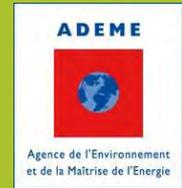
Au cours de la période de test (24 au 30 mai), le barrage anti-sargasse n'a pas montré de défaut particulier et a rempli son objectif malgré des arrivées régulières d'algues.

Au-delà de sa capacité de barrière, le barrage induit un effet de DCP en maintenant un banc d'algues en surface. La jupe est colonisée par des algues et entraîne le développement d'un petit écosystème. Il semblerait que la mise en place d'un barrage entraîne également un effet d'érosion sous le barrage (sur env.1m) et un effet d'accrétion des plages situées dans la zone protégée.

Un entretien régulier du filet par brossage (env.1/mois) ainsi qu'un ramassage des algues (selon échouage) est nécessaire afin d'assurer la tenue de la structure, et ce, quel que soit le type de barrage flottant mis en place. Un véhicule de brossage a été spécifiquement conçu pour ce barrage afin de permettre de pouvoir effectuer l'entretien rapidement sur de grands linéaires.

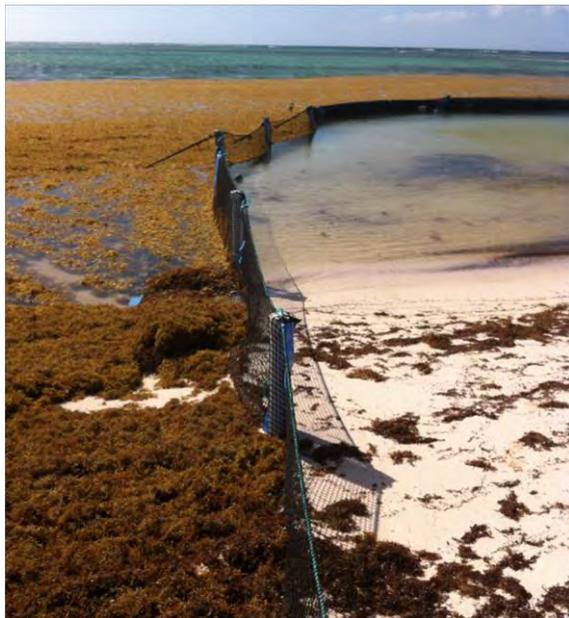
EVALUATION DES METHODES DE RAMASSAGE DE SARGASSE

FICHE DE SYNTHÈSE – BARRAGE FLOTTANT ALGEANOVA



ILLUSTRATIONS

Vue du barrage



Vue du barrage



Manille permettant la fixation de deux modules



Point d'accroche d'un ancrage



Données générales

- **Objectif** : Collecte de sargasses propres et sans sable en mer avant échouage
- **Milieu d'intervention** : Proche côtier / En mer
- **Sites d'évaluation** : Martinique, Le François, lieu-dit Cap-Est, Du ponton Dostaly au large d'un barrage
- **Matériel** : Tapis collecteur de sargasses en mer
- **Entreprise** : STMI
- **Modalités de financement** : Privé (STMI)

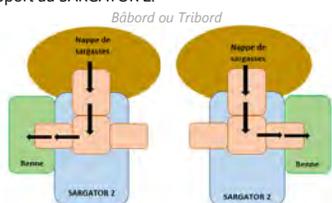
Le matériel : méthodes & moyens

La mise en place et le suivi opérationnel du tapis nécessitent 1 équipe de 3 personnes (1 pilote pour le SARGATOR 2, 1 pilote pour la barge/benne, 1 personne en charge du bon déroulement du ramassage (tapis)).

Le dispositif est composé comme suit :

Pour récupérer les algues → Une barge 'SARGATOR 2' motorisée (2 moteurs de 115CV) d'environ 10m de long, 3.65m de large, et 20cm de tirant d'eau. Cette barge est équipée de 4 tapis (1 → 4) permettant de récupérer les sargasses dans l'eau et de les déposer dans la benne de collecte.

- Les tapis de 2 mètres de large et 3 m de long sont en inox de couleur grise.
- Les tapis sont en grilles trouées, ce qui permet l'essorage des sargasses pendant le transfert vers la benne.
- Les tapis sont articulés et peuvent donc se replier lors des déplacements et des temps de stockage (gain de place). Les tapis 2 ou 4 sont utilisés au choix en fonction du positionnement de la benne (bâbord ou tribord) par rapport au SARGATOR 2.



Pour acheminer les algues jusqu'à la côte → Une barge motorisée d'environ 7 m de long pour 3 m de large contenant une benne de 15m³ pesant 800kg se mettant à couple (bâbord ou tribord) du SARGATOR 2 lors du ramassage des sargasses.

Pour acheminer les algues jusqu'au lieu de stockage/évacuation → Un camion transportant la benne remplie de sargasses, une fois évacuée de sa barge. La benne est chargée sur le camion à l'aide d'une grue.



Photos septembre 2021, SUEZ CONSULTING



Tapis collecteurs

Barge-Benne

Coût

- SARGATOR 2 (tapis + barge) + Barge-benne = 500 000€
- 1 benne = 5 000€
- 1 barge pour la benne = 30 000€
- Coût location camion-grue = 600€/j

Durée de vie et entretien

A ce jour la durée de vie du dispositif est difficilement estimable, ce dernier étant au stade de prototype. Celle-ci étant dépendante des conditions environnementales voire des conditions de mise en œuvre (milieu proche côtier, problématiques liées à la mer, aux embruns, au sable...). Le dispositif évoluant dans un environnement marin, il sera soumis à l'inévitable corrosion marine. Un entretien du dispositif quotidien pourra permettre d'augmenter la durée de vie des matériaux.

Entretien & maintenance

L'entretien du dispositif est estimé entre 12k€/an et 15k€/an (selon les données constructeur).

L'entretien du dispositif tel que préconisé et envisagé par STMI est le suivant :

- Utilisation de matériel marinisé (matériel maritime en aluminium, tapis en inox) ;
- Possibilité de recouvrement à l'aide d'une peinture spéciale ;
- Nettoyage à l'eau claire régulièrement afin de limiter les risques de corrosion marine, due à la mise en œuvre en proche côtier (mer et air salin) ;
- Entretien du moteur ;
- Graissage des roulements nécessaires ;
- Changement des tapis (les tapis peuvent être changés par tranche de 50cm) (périodicité de changement non communiquée).

Efficacité

Le dispositif s'avère efficace dans la mesure où il répond à l'objectif de collecte de sargasses :

- Chacune des composantes du dispositif assure sa fonction (récupération des algues par les tapis du SARGATOR 2, acheminement vers la plage par la benne flottante, possibilité de déplacement (barge du SARGATOR 2 et de la benne motorisées) et alimentation énergétique des tapis par la barge du SARGATOR 2).
- Les arrivages et nappes de sargasses sont collectés avant leur échouage sur les plages.
- **Cycle de collecte et de chargement/déchargement :**



Chargement de sargasses dans la benne flottante

Sur le **site de collecte** (au large du barrage de Cap Est), le SARGATOR 2 remplit une **benne flottante**. Cette barge-benne motorisée sera ramenée à terre afin que la benne soit **évacuée par camion** vers le **site de stockage** (centre de recyclage végétal Holdex¹).



- La benne flottante, de capacité 15m³, a été remplie en **0.4375h (26min) par le SARGATOR 2**.
- Mesures prises sur le terrain : 10L de sargasses (1 seu²) = 3.3kg donc **1m³=0.33T**

Rendement du cycle de collecte du SARGATOR 2 seul (R1)		
Pratique	Sargasses fraîches	34 m ³ /h soit ~ 11 T/h

Rendement du cycle de chargement/déchargement (R2)		
Pratique	Sargasses fraîches	6 m ³ /h soit ~ 2 T/h

$$R1 = \frac{C_{benne}}{t_2}$$

$$R2 = \frac{C_{maximale acceptable du camion}}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6}$$

C = capacité en tonnes (T)
t = temps en heure

avec
 t_1 : temps transport A/R Dostaly-zone de collecte
 t_2 : temps de chargement de la benne par le SARGATOR 2
 t_3 : temps de préparation du camion/chargement de la benne sur camion sur zone de chargement-déchargement
 t_4 : temps de préparation du camion/déchargement de la benne/vidange de la benne/rechargement de la benne sur camion sur zone de stockage
 t_5 : temps de préparation du camion/déchargement de la benne sur camion sur zone de chargement-déchargement
 t_6 : temps de transport A/R sur zone de déchargement

¹ Distance entre Dostaly et Holdex = 1.1km

² Afin d'être représentatif de l'état de la benne pleine, nous avons considéré un seuil rempli d'1/3 d'eau et de 2/3 de sargasses

Avantages

- ☑ Collecte en mer des sargasses uniquement, sans sable et algues autres :
 - Réduction du risque d'érosion de plage
 - Réduction de l'émission de NH3 et H2S, car dans ces conditions la décomposition anaérobie ne se produit pas
 - Réduction des nuisances olfactives
 - Recours à des zones de prétraitement (séchage et épandage) limité par la collecte de sargasses fraîches et préalablement essorées
 - Approvisionnement des filières de valorisation n'acceptant que les algues fraîches et propres
- ☑ Structure mobile (barges motorisées) :
 - Facilité de transport
 - Mise en œuvre facile à partir d'une barge
 - Barge stable
- ☑ Structures et composants articulés :
 - Déploiement sur place du matériel rapide : environ 5min



→ Adaptation du sens de collecte (tapis de gauche ou de droite) en fonction de la composition du site de collecte

Optimisation de l'espace (tapis rétractables)

→ Optimisation de l'entretien : Portion de tapis démontable
→ Adaptation possible de la vitesse de rotation des tapis en fonction de l'épaisseur de sargasses à collecter



- ☑ Durée de vie optimisée par les procédés de fabrication :
 - Utilisation de grilles inox (50cm de long) pour la composition des tapis (facilité de maintenance)
 - Essorage des sargasses à travers le tapis troué et inclinaison favorisant la percolation et réduisant le risque de corrosion sur les autres composants (ex : tapis latéral)
- ☑ Rendement du SARGATOR 2 seul :
 - Rendement correct du SARGATOR 2 seul (11T/h)

Inconvénients

- ☑ Surveillance en permanence du dispositif par un opérateur :
 - Afin de limiter les blocages de sargasses dans le tapis, en cas de panne du tapis de collecte, en cas de pollution terrestre marine ou terrestre, en cas de baisse de rendement...
- ☑ Risque de pollution maritime ou terrestre :
 - Articulation du dispositif par flexibles : rupture possible d'un flexible
 - Présence d'engins à moteur sur le plan d'eau (barge)
- ☑ Beaucoup de mécanique :
 - Augmentation du risque de panne
 - Maintenance importante
- ☑ Potentiel impact sur le tourisme et la fréquentation des plages (impact plus ou moins important suivant l'emplacement du site de collecte):
 - Bruit constant et relativement élevé
 - Visuel négatif (dispositif imposant dans le paysage)
- ☑ Rendement complet (SARGATOR / BENNE / CAMIONS)
 - Rendement mauvais du dispositif complet (2T/h)
 - Une seule benne de 15m3 n'est pas suffisante



→ Rendement dépendant de la distance entre site de collecte et zone de chargement/déchargement

☑ Navigabilité de la benne :

- Une fois pleine, la visibilité du pilote de la benne est limitée
- Risque de collision avec d'autres usagers du plan d'eau



☑ Déchargement de la benne

- Zone de chargement / déchargement non adaptée, mise en place du camion difficile : aménagement nécessaire
- Difficulté du camion à sortir la benne de la barge suivant sa position et sa capacité de levage
- Une fois sur le site de stockage définitif, le temps de déchargement de la benne par le camion n'est pas optimisé (20min)



Pistes d'amélioration

- ✓ Rajout de plusieurs bennes afin d'assurer un travail continu du SARGATOR 2 une fois sur place (quand une benne est pleine, une nouvelle est prête à être remplie). Il ne serait en revanche pas intéressant de choisir des bennes de capacité plus importante car il sera plus difficile de les coupler avec le SARGATOR 2. Le seul rendement du SARGATOR 2 pourrait plutôt être amélioré en augmentant le nombre de bennes de 15m3. En effet :
 - Si une barge-benne : rendement théorique de 11T/h de sargasses
 - Si 3 barges-bennes : rendement théorique de 30T/h de sargasses
 Le rendement du dispositif complet serait aussi optimisé en augmentant le nombre de rotations de camions.
- ✓ Réduction de la distance entre le site de ramassage en mer et la plage de déchargement afin de réduire les temps d'aller et retour des bennes.
- ✓ Aménagement de la zone de déchargement afin de faciliter la mise en place du camion de collecte.
- ✓ Utilisation d'un outil (type râteau) afin de bien étaler les sargasses dans la benne lors de son chargement pour en optimiser sa capacité.
- ✓ Dispositif de collecte à combiner avec un barrage déviant afin de concentrer les sargasses en des points stratégiques de collecte.
- ✓ Recours à une huile écologique et mise en place de kit antipollution à bord afin de limiter l'impact d'une potentielle pollution maritime (rupture flexible...).

Bilan

La société STMI (Soudure Tuyauterie Maintenance Industrielle), installée depuis 2009 en Guadeloupe, est une entreprise spécialisée dans la fabrication et la pose de produits de métallerie. Elle a créé de toute pièce son prototype SARGATOR 2 et se positionne en tant que constructeur uniquement. Elle ne proposera donc pas par la suite de prestation de ramassage de sargasses mais vendra à qui le souhaite son dispositif. Elle pourra cependant proposer une prestation de maintenance si nécessaire.

STMI propose une technique innovante de collecte de sargasses en proche côtier et en mer, grâce à un dispositif flottant et motorisé (permis de navigation en cours de validation par la Direction de la Mer) accessoirisé par des tapis collecteurs. Les sargasses ramassées sont exemptes de sable et autres algues, limitant la décomposition anaérobie de ces premières, dont les conséquences sont le dégagement de H2S et de NH3, empuantant nos plages. De plus, le séchage se fera plus rapidement.

Grâce à sa facilité de déplacement à l'aide de barges motorisées, le dispositif SARGATOR 2, constitué de 4 tapis d'acheminement, et la benne de collecte, permettent la collecte de sargasses sur la majorité du plan d'eau sous réserve d'une largeur d'accès dimensionnée au passage des barges. Afin d'optimiser le dispositif, il serait intéressant de le combiner à un dispositif de concentration des sargasses, type barrage déviant, afin de réduire les points de collecte de sargasses. Il serait également intéressant de posséder plusieurs bennes de collecte afin de limiter le temps perdu lors du transfert de la barge entre les points de collecte et le point de déchargement.

Le rendement du dispositif SARGATOR 2 (seul) est correct, mais le rendement intégrant les opérations d'évacuation des sargasses collectées par le SARGATOR 2 n'est pas optimal. Le chargement/déchargement de la benne que ce soit sur le site de chargement/déchargement ou sur le site de stockage notamment est à revoir.

Enfin, l'entretien du dispositif constitue un point contraignant. Celui-ci est amené à travailler dans un environnement marin, ou proche marin. L'entretien devra se faire régulièrement afin d'augmenter la durée de vie des matériaux et du dispositif et de limiter les impacts financiers liés aux réparations éventuelles et aux impacts environnementaux d'une potentielle pollution.





📄 Données générales

- **Objectif** : Collecte de sargasses fraîches ou décomposées en terrestre ou en proche côtier
- **Milieu d'intervention** : Terrestre / proche côtier
- **Sites d'évaluation** : Martinique, Le François, Quartier Dostaly et Quartier Thalémont
- **Matériel** : Drague amphibie multifonctions Watermaster V®
- **Entreprise** : T.T.T.M (acquisition et utilisation), Aquamec Finlande (fabrication)
- **Modalités de financement** : Privé (T.T.T.M)

⚙️ Le matériel : méthodes & moyens

La mise en place et le suivi opérationnel de la drague amphibie nécessitent 1 équipe de 3 personnes (un conducteur, un gestionnaire sur la drague, un gestionnaire à terre), ayant suivi une formation de 11 jours par un formateur finlandais. Le conducteur a aussi suivi une formation approfondie et dispensée en Finlande pour l'entretien et la maintenance de la drague.

Le dispositif est composé comme suit :

La drague amphibie :

La drague amphibie une machine flexible pour toutes les applications en eaux peu profondes qui dispose de son propre système de propulsion.



- Elle est automotrice et peut marcher indépendamment de la terre à l'eau.
- Elle est flottante (4 flotteurs amovibles).
- Sa proue est équipée de deux stabilisateurs pour garantir l'assiette sur l'eau et limiter le gîte en cas de clapot.
- Sa poupe est équipée de deux pieux articulés qui servent et de moyens de déplacement et d'ancrage.
- Le déchargement depuis la remorque ainsi que la mise à l'eau se font de manière autonome sans assistance de grue.

N.B : le dispositif ne dispose d'aucun dispositif de stockage. Le recours à des engins annexes est nécessaire (pelle long bras, camions-bennes).

💰 Coût

Le coût mentionné ci-après est fourni à titre indicatif par T.T.T.M :

- Prix d'achat de la drague amphibie = 750 000 € HT

Les têtes de récupération :

La drague peut être équipée de plusieurs têtes de récupération, adaptable suivant l'objet de la collecte :

- **Sargasses fraîches : le râteau**
 - Longueur = 2.75m
 - Largeur = 0.9m
 - Le râteau est aménagé avec l'ajout d'un grillage amovible fin en inox afin de réduire le maillage et récupérer plus de sargasse tout en s'égouttant.
- **Sargasses décomposées : le godet de curage troué**
 - Capacité = 600L
- **Sargasses décomposées : la tête aspirante**
 - Pompe
 - Conduites de déchargement de 300mm



🕒 Durée de vie et entretien

Drague amphibie Watermaster :

A ce jour la durée de vie du dispositif est difficilement estimable, ce dernier étant aux prémices de son utilisation. Celle-ci est dépendante des conditions environnementales voire de mise en œuvre (milieu proche côtier, problématiques liées à la mer : embruns, sable...). En effet, le dispositif évoluant dans un environnement marin, il sera soumis à l'inévitable corrosion marine.

On note la mise en œuvre de dispositifs à visée préventive. 8 anodes sacrificielles ont été disposées sur le dispositif afin de limiter ce risque de corrosion marine (protection cathodique). De plus, la drague est constituée de matériel marinisé (vérins spéciaux maritimes). La drague a par ailleurs reçu une couche d'antifouling avant sa première utilisation afin de limiter la fixation d'organismes aquatiques. Pour des raisons évidentes de lutte contre la corrosion marine, l'exploitant recommande autant que possible de rincer quotidiennement la drague à l'eau claire après utilisation. Lors du chantier pilote sur le site de Dostaly, une opération de rinçage journalière a eu lieu à titre exceptionnel par intervention des pompiers. Autrement, le nettoyage est effectué par le système haute pression disponible sur la drague et sous réserve de la mise à disposition d'eau (cf. § Entretien & maintenance). Par ailleurs, l'exploitant indique, pour optimiser la durée de vie, faire usage d'un produit d'entretien anti-corrosif appliqué une fois par semaine : la consommation est d'environ 1L par semaine. L'entretien régulier (fréquence non connue) du moteur contribue nécessairement à optimiser la durée de vie du matériel.

Camions et pelles :

La durée de vie des camions et pelles (pelle et pelle long bras) peut être optimisée par rinçage quotidien à l'eau claire, dans la mesure où ce matériel est en contact direct avec l'eau de mer et les sargasses ou indirect (transport de sargasses fraîchement récoltées et pas suffisamment « essorées »).

🔧 Entretien & maintenance

L'entretien du dispositif tel que préconisé et envisagé T.T.T.M est le suivant :

- Nettoyage à l'eau claire régulièrement (périodicité journalière selon recommandations de l'exploitant) afin de limiter les risques de corrosion marine, due à la mise en œuvre en proche côtier (mer et air salin) : la drague est équipée d'un nettoyeur haute pression, il est nécessaire de tenir à disposition une cuve en plastique de 1000L pour le nettoyage ;
- Application hebdomadaire de produit d'entretien anti-corrosif sur le dispositif ;
- Entretien du moteur : matériel nouvellement acquis donc fréquence réelle d'entretien non connue à ce jour.
 - A minima respect des recommandations fournisseur pour les remplacements de filtres et vidanges (toutes les 1000 à 2000 h)

🎯 Efficacité

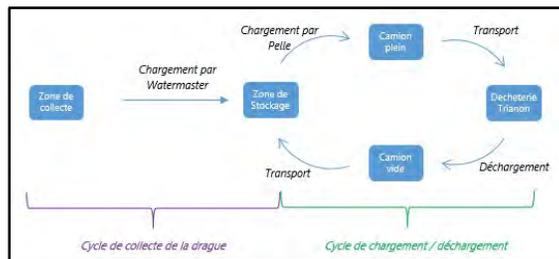
Le dispositif s'avère efficace dans la mesure où il répond à l'objectif de collecte de sargasses :

- Déplacement terre/mer : Par sa nature amphibie, la drague a pu se déplacer en mer comme sur terre, sans qu'aucune contrainte fonctionnelle ni opérationnelle n'ait été relevée : les sites ciblés pour le ramassage ont pu être accessibles.
- Déplacement vers la plage ou le dispositif d'évacuation (camions ou barges) : Sur le site de Dostaly comme sur le site de Thalémont, le matériel fait preuve de capacité de mobilité satisfaisante permettant de rejoindre sans encombre un point de collecte ciblé à un autre. Ce même avec de faibles hauteurs d'eau (environ 50cm) ;
- Récupération des algues : Pour rappel, le matériel offre la possibilité d'adapter les têtes en fonction du type de sargasses. Le matériel a été testé au niveau de 2 chantiers-pilote montrant des similitudes en termes de configuration (fond de baie, état

de composition avancé). Pour ce type de configuration, le choix du godet de curage troué a été retenu et parait adapté à la collecte d'algues décomposées. En effet, il permet un pré-essorage de la boue de sargasses mêlée à l'eau de mer. La collecte de sargasses avant leur échouage sur les plages (sargasses fraîches) n'a cependant pas été évaluée.

Cycle de collecte et de chargement/déchargement

Sur les deux sites pilote (Dostaly et Thalémont), la drague amphibie ne remplit pas directement les camions de collecte. En effet, la drague remplit une zone de stockage¹, mise en place pour l'opération. Cette zone est disposée de façon à être accessible, par la suite, par une pelle de chantier, en charge du chargement des camions en sargasses, collectées dans la zone de stockage. Les camions évacueront les sargasses vers le site de l'ancienne décharge du François, vers le quartier de Trianon².



$$R1 = \frac{C_{\text{zone de stockage}}}{t_{\text{chargement zone de stockage}}}$$

ou

$$R1 = \frac{\text{nb de godet} \times C_{\text{godet}}}{t_{\text{chargement zone de stockage}}}$$

$$R2 = \frac{C_{\text{maximale acceptable du camion}}}{t_{\text{chargement camion}} + t_{\text{transport A-R}} + t_{\text{déchargement}}}$$

C = capacité en tonnes (T)
t = temps en heure

Site Pilote 1 : Dostaly

- Le bassin de stockage, de capacité **57.6m3**, a été rempli en 1h par la drague amphibie.
- Mesure prises sur le terrain : 10L de sargasses décomposées (1 seuil) = 7.6kg donc **1m3=0.76T**
- Tonnage théorique max de sargasses dans camion = **26T**
- Tonnage camion vide (moyenne) : 17T
- Tonnage camion plein (moyenne) : 30T

- Tonnage pratique de sargasses dans camion = **13T** (10godets)
- Tchargement camion = 12min
- Ttransport A-R et déchargement = 47min

Rendement du cycle de chargement / déchargement (R2)		
Théorique	Sargasses fraîches	Non calculé ⁴
	Sargasses décomposées	26 T/h
Pratique	Sargasses fraîches	Non calculé ⁴
	Sargasses décomposées	~13 T/h

Rendement du cycle de collecte de la drague amphibie seule (R1)		
Théorique ³	Sargasses fraîches	70/150 m3/h
	Sargasses décomposées	50/78 m3/h
Pratique	Sargasses fraîches	Non calculé ⁴
	Sargasses décomposées	58 m3/h soit ~ 44 T/h

Site pilote 2 : Thalémont

Sur ce site, l'opération est similaire, mais ne comporte pas de bassin de stockage. Les sargasses sont amassées à proximité d'une pelle long bras, en charge du chargement des camions.

- Mesure prises sur le terrain : 10L de sargasses décomposées (1 seuil) = 6.5 kg donc **1m3=0.56T**
- Tchargement camion = 9min
- Ttransport A-R et déchargement = 61 min

Rendement du cycle de chargement / déchargement (R2)		
Théorique	Sargasses fraîches	Non calculé ⁴
	Sargasses décomposées	22 T/h
Pratique	Sargasses fraîches	Non calculé ⁴
	Sargasses décomposées	~11 T/h

Rendement du cycle de collecte de la drague amphibie seule (R1)		
Théorique ³	Sargasses fraîches	70/150 m3/h
	Sargasses décomposées	50/78 m3/h
Pratique	Sargasses fraîches	Non calculé ⁴
	Sargasses décomposées	58 m3/h soit ~ 32 T/h

¹ Dans le cas du site pilote de Dostaly la zone de stockage est un bassin constitué de GBA de capacité de 57.6m3 (longueur=24m, largeur=4m, hauteur de sargasses=0.6m)

² Distance entre Dostaly et Trianon = 8.1km. Distance entre Thalémont et Trianon = 7km.

³ Données fournies par T.T.T.M

⁴ Le site pilote concernait la collecte de sargasses décomposées uniquement

Avantages

- Structure amphibie :
 - Plusieurs configurations possibles de sites, bien que limité par l'impératif que les sites disposent d'un espace d'accueil suffisant pour les engins d'évacuation (pelles, camion benne)
- Structure flottante (flotteurs amovibles) & Coque monopiece divisée en 7 compartiments étanches
- Qualité certifiée :
 - Certificat de qualité ISO 9001
 - Certificat environmental ISO 14001
 - Certificat de sécurité ISO 3449
 - Certificats par autorité de certification indépendante
- Structure mobile (transport par camion ou mer), automotrice - autopropulsée) et autonome (sans assistance de grue pour déchargement depuis la remorque)
- Adaptabilité : plusieurs têtes de récupération et configurations possibles
- Protection anti-corrosion préventive (peinture et anodes)

Inconvénients

- Temps de mise en œuvre (~2h pour mise en place des flotteurs, stabilisateurs, tête de récupération, descente).
- Surveillance en permanence du dispositif par un opérateur (panne, pollution, conduite d'opération)
- Risque de pollution maritime (articulation par flexibles)
- Atteinte potentielle aux sites de ponte des tortues marines (tassement du sable)
- Beaucoup de mécanique (risque de panne, maintenance importante : moteurs, vérins)
- Erosion en intervention en terrestre et proche côtier : le godet de curage récupère du sable avec sargasses
- Impact sur le tourisme & la fréquentation des plages :
 - Bruit constant et relativement élevé
 - Visuel négatif (dispositif imposant sur la plage)
- Nécessité de moyen de collecte et d'évacuation
 - Nécessité d'une barge (si travail en mer) équipée de bennes ou big bag, d'un bassin de décantation (si utilisation de la tête d'aspiration), ou de camions pour l'évacuation...

Pistes d'amélioration

- Rendement pratique du cycle d'évacuation d'algues décomposées de 13T/h selon la configuration du site de Dostaly et 11T/h selon celui de Thalémont (en moyenne 2 camions remplis par une pelle de chantier et site de stockage à 7-8km) : Le rendement pourrait être amélioré, en augmentant le nombre de camions et de pelles, ou diminuant la distance site de collecte / stockage.
- Couplage du dispositif avec un ponton barge afin de faire de la collecte en mer également.
- Dispositif de collecte à combiner avec un barrage déviant afin de concentrer les sargasses en des points stratégiques de collecte. Dans ce cas, le déplacement du dispositif sera limité et par la même occasion l'impact sur les plages (tassement...) le serait d'autant.

Bilan

T.T.T.M. propose une technique innovante de collecte de sargasses en proche côtier et à terre, grâce à un dispositif amphibie, flottant et motorisé (permis de navigation en cours de définition par la Direction de la Mer, le dispositif n'étant pas considéré comme un moyen nautique à proprement parler). Les têtes de collecte du dispositif permettent de s'adapter aux types de sargasses ramassées. Grâce à sa facilité de déplacement en milieu marin peu profond et terrestre, le dispositif permet la collecte de sargasses dans des zones difficilement accessibles par des dispositifs de plus grand tirant d'eau ou par des engins de chantier classiques. En effet, la drague amphibie constitue un dispositif flexible pour toutes les applications en eaux peu profondes, qui dispose de son propre système de propulsion. Elle est automotrice et peut se déplacer indépendamment de la terre à l'eau. Le dispositif permet de collecter la sargasse mais pas de la stocker, ni de l'évacuer. Il est donc nécessaire de le combiner à d'autres dispositifs afin de permettre un cycle d'évacuation optimisé. Les dispositifs considérés seront à adapter en fonction du site retenu. On entend par là, par exemple :

- Un ponton flottant accessoirisé de bennes ou de big-bag de stockage pour le stockage ;
- Un bassin de rétention pour permettre l'égouttage des sargasses avant leur évacuation ;
- Des camions pour permettre l'évacuation des sargasses collectées vers le site de valorisation ou de stockage définitif ;
- Une pelle ou un pelle long bras pour faciliter le chargement des camions.

A noter que TTTM étudie l'acquisition d'une barge motorisée en alu avec grue (L 12 m ; l 3,50 m ; tirant d'eau 0,40 m) dont le prix serait d'environ 210 000 € HT. Par ce biais les algues sargasses fraîches ainsi récoltées seraient transportées par la barge l'aide de filets, et les algues en décomposition par des big bag réutilisables. Afin d'optimiser le dispositif, il serait intéressant de le combiner à un dispositif de concentration des sargasses, type barrage déviant, afin de réduire les points de collecte de sargasses par la drague. En effet, les zones nettoyées par le dispositif sont de nouveau rapidement impactées par les arrivages successifs de nappes de sargasses. Enfin l'entretien du dispositif constitue un point contraignant. Celui-ci est amené à travailler dans un environnement marin, ou proche marin. L'entretien devra se faire régulièrement afin d'augmenter la durée de vie des matériaux et du dispositif et de limiter les impacts financiers liés aux réparations éventuelles et aux impacts environnementaux d'une potentielle pollution.

FICHE DE SYNTHÈSE

SEA TURTLE MKII – Société DESMI



Données générales

- **Objectif** : Collecte de sargasses propres et sans sable en mer avant échouage
- **Milieu d'intervention** : Proche côte / En mer
- **Sites d'évaluation** : MEXIQUE, Akumal
 - ➔ **2 dispositifs** à Akumal (lieu confidentiel) : installé depuis février 2022 ;
 - ➔ **2 dispositifs** à Akumal (lieu confidentiel) : installé depuis 2019
- **Matériel** : Unité flottante mécanique d'enlèvement des sargasses en mer SEA TURTLE (Nomenclature douanière : 8413609000 – Fabriqué au Danemark) / Dispositif complémentaire au Barrage MESH BOOM.
- **Entreprise** : DESMI
- **Modalités de financement** : Entreprise privée
- **Institutions rencontrées** : DESMI (Constructeur du barrage), Gestionnaires des hôtels.

Le matériel : méthodes & moyens

L'installation (transport et accrochage) et la gestion (terrestre et maritime) d'un SEA TURTLE nécessite la mobilisation de 2/3 personnes. Le suivi opérationnel d'un SEA TURTLE nécessite une équipe de 3 personnes (2 personnes dans l'eau au niveau du dispositif et 1 personne sur terre au niveau des commandes).

Le dispositif est composé comme suit :

Pour récupérer les algues ➔ Une unité flottante mécanique à entraînement hydraulique 'SEA TURTLE' non motorisée d'environ 2.44m de long, 1.7m de large, et 1.22cm de haut. Son tirant d'eau est de 20cm et pèse 350kg. Cette unité flottante est équipée d'un convoyeur à tapis alvéolé permettant de récupérer les sargasses dans l'eau et d'un système de transfert (vis sans fin) relié à un tuyau d'évacuation flexible qui peut être connecté à des conduites d'eau PVC standard de 152 mm ou 203 mm, enfouies sous le sable ou à des conduites rigides, permettant ainsi l'évacuation des sargasses. L'unité flottante est agrémentée de 2 roues afin de faciliter son déplacement sur la terre (lors de sa mise à l'eau). L'unité est en aluminium marinisé (cadre) et en acier inoxydable AISI 316 (tapis convoyeur et système de transfert). L'unité d'extraction complète est entraînée hydrauliquement par un bloc d'alimentation électrique (27 kW) ou éventuellement diesel externe (3L/h).

Pour acheminer les algues jusqu'à la zone d'égouttage (hors DESMI) ➔ Une conduite d'eau PVC standard de 152 mm ou 203 mm, enfouie sous le sable ou un tuyau rigide, de longueur maximale 200m (optimisation du débit, au-delà le rendement diminue à cause des pertes de charge) permet d'acheminer les sargasses jusqu'à la zone d'égouttage des sargasses. La hauteur de déversement est de 3m maximum. Le débit est de 20 à 30m³/h (15% sargasses, 85% eau). Cet aménagement n'est pas proposé par l'entreprise DESMI mais est nécessaire au bon déroulement de l'évacuation des sargasses. Les hôtels ont eu la charge de la réalisation des conduites.



Conduite et évacuation des sargasses



Zone d'égouttage et de stockage temporaire

Pour acheminer les algues jusqu'au lieu de stockage/valorisation (hors DESMI) ➔ Une fois égouttées, les sargasses sont chargées directement dans un camion (capacité de la benne du camion = 14m³) à l'aide d'une pelle et sont acheminées jusqu'à leur zone de stockage définitif (endroit confidentiel mais sur la propriété de l'hôtel)



Pelle



Bloc d'alimentation



Télécommande de gestion



Tapis alvéolé



Tuyaux d'évacuation

Coût

- SEA TURTLE (unité flottante, tuyaux et système alimentation) = 90 000 US\$
- Energie électrique fournie par l'hôtel
- Conduite = confidentiel hôtel
- Camion évacuation et pelle = confidentiel hôtel

Durée de vie

A ce jour la durée de vie du dispositif est difficilement estimable, ce dernier étant au stade de prototype. Celle-ci étant dépendante des conditions environnementales voire des conditions de mise en œuvre (milieu proche côte, problématiques liées à la mer, aux embruns, au sable...). Le dispositif évoluant dans un environnement marin, il sera soumis à l'inévitable corrosion marine. Un entretien du dispositif quotidien pourra permettre d'augmenter la durée de vie des matériaux. L'unité électrique permettant l'alimentation du dispositif doit faire l'objet d'une vérification régulière.

Entretien & maintenance

L'entretien du dispositif tel que préconisé et envisagé par DESMI est le suivant :

- Utilisation de matériel marinisé (matériel maritime en aluminium et en acier inoxydable) ;
- Nettoyage journalier à l'eau claire afin de limiter les risques de corrosion marine, due à la mise en œuvre en proche côte (mer et air salin) ;
- Graissage hebdomadaire des roulements nécessaires ;
- Vérification de l'unité électrique suivant une périodicité mensuelle.

Efficacité

Le dispositif répond à l'objectif de collecte de sargasses :

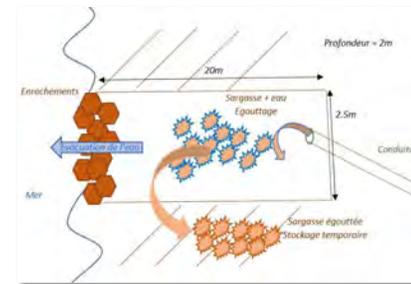
- Chacune des composantes du dispositif assure sa fonction (récupération des algues par le tapis convoyeur, acheminement vers la zone d'égouttage par conduite, possibilité de déplacement (le SEA TURTLE se connecte au barrage par les glissières raccords) et alimentation énergétique du tapis et du système de transfert).
- Les arrivages et nappes de sargasses sont collectés avant leur échouage sur les plages et avant leur décomposition en amont du barrage (collecte quotidienne).



Connexion SEA TURTLE au barrage par glissières raccords

Cycle de collecte et de chargement/déchargement

Sur le **site de collecte** (Akumal) le **SEA TURTLE** (par l'intermédiaire d'une **conduite**) remplit un **bassin d'égouttage**. Une fois égouttées, les sargasses sont déposées sur une zone de stockage temporaire avant d'être chargées dans un camion et évacuées sur le site de stockage interne à l'hôtel où elles seront valorisées (incorporation dans la terre des aménagements végétaux de l'hôtel).



- La zone d'égouttage, de capacité environ 100m³, a été remplie en 5h par le SEA TURTLE (eau + sargasses)¹.
- L'égouttage a duré toute la nuit.
- Le lendemain, 2 camions de 14m³ de sargasses ont été évacués.
- Mesure prises sur le terrain :
 - 1m³=0.2T de sargasses égouttées (égouttage)
 - 1m³=0.4T de sargasses sèches (stockage temporaire)



¹ Lors de l'évaluation, la présence de sargasses sur la zone était faible. L'évaluation du rendement n'est donc pas optimale. De plus, la capacité de remplissage de la zone d'égouttage dépend de la quantité d'eau transportée avec les sargasses (plus la quantité d'eau récupérée est importante, plus le volume sera important)

Rendement Théorique du SEA TURTLE		
Théorique	Sargasses fraîches	20 à 30 m ³ /h
Rendement Pratique du SEA TURTLE		
Pratique	Sargasses fraîches	20 m ³ /h

Avantages

- ☑ Collecte en mer des sargasses uniquement, sans sable et algues autres :
 - Réduction du risque d'érosion de plage
 - Réduction de l'émanation de NH3 et H2S, car dans ces conditions la décomposition anaérobie ne se produit pas
 - Réduction des nuisances olfactives
- ☑ Structure mobile :
 - Facilité de transport (faible dimension, transport manuel sans engins motorisés, équipé de roues pour le transport terrestre)
 - Mise en œuvre et dépose faciles (rapidité en cas de mauvais temps, besoin d'anticipation moindre)
- ☑ Structures et composants articulés :
 - Déploiement sur place immédiat du matériel
 - Le matériel reste sur place en cas de non-utilisation (absence de sargasses)
 - Accrochage du dispositif au barrage déviant par les glissières-raccord (système identique aux raccords des sections de barrages). De ce fait, le système peut être accroché à n'importe quel endroit sur le barrage.
 - Adaptation possible de la vitesse de rotation du tapis et de la vis sans fin en fonction de l'épaisseur de sargasses à collecter, alternance vitesse et cycle de ramassage et d'aspiration
- ☑ Rendement du SEA TURTLE seul :
 - Rendement correct du SEA TURTLE seul (20m3/h)

Inconvénients

- ☑ Surveillance en permanence du dispositif par des opérateurs :
 - Afin de limiter les blocages de sargasses dans le tapis ou dans la vis sans fin, en cas de panne, en cas de pollution terrestre marine, en cas de baisse de rendement, présence d'un gestionnaire à terre et de 2/3 personnes dans l'eau au niveau du dispositif afin de ramener au maximum les sargasses au niveau du tapis de collecte
 - Présence journalière de personnes dans l'eau, dans des conditions climatiques (soleil, vent) et sanitaires (sargasses) difficiles (même si aucun H2S et NH3 sont à priori émis en présence de sargasses fraîches)
 - En cas de blocage des sargasses dans le dispositif (tapis, vis), celles-ci doivent être enlevées manuellement par un opérateur, après arrêt du dispositif. Présence d'un risque de blessure si la coordination est mauvaise.
- ☑ Emplacement de la zone d'égouttage et de stockage temporaire :
 - Longueur de conduite de transfert inférieure à 200m afin d'optimiser la puissance de transfert des sargasses jusqu'à la zone d'égouttage et de stockage temporaire
 - Nécessité d'une grande surface disponible proche de la zone de collecte pour créer la zone d'égouttage et de stockage temporaire.
- ☑ Durée de vie optimisée par les procédés de fabrication :
 - Utilisation de grilles inox pour la composition du tapis (facilité de maintenance)
 - Dispositif en aluminium marinisé et en acier inoxydable
 - Peu de mécanique : limitation du risque de pannes, maintenance facile
- ☑ Alimentation électrique du dispositif :
 - Dispositif télécommandé depuis la terre (marche, arrêt, vitesse de rotation, ...)
 - Bouton d'arrêt d'urgence en cas de problème
 - Alimentation électrique : aucune utilisation de carburant
 - Alimentation du dispositif par un unique flexible, utilisation d'huile hydraulique (huile écologique) : pollution marine limitée
- ☑ Evacuation des sargasses :
 - Evacuation rapide vers zone d'égouttage et de stockage temporaire directement par une conduite (gain de temps)
 - Zone d'égouttage et de stockage temporaire éloignée de la plage : pas de visuel pour les clients de l'hôtel
- ☑ Système de collecte complet proposé par DESMI :
 - En complément du barrage, DESMI propose un système de collecte des sargasses déviées par le barrage, appelé « Sea Boom » (cf. fiche synthèse « Sea Boom »)
 - Les sargasses sont collectées par le Sea Turtle avant d'avoir le temps de se décomposer et d'impacter la faune et la flore marine.
- ☑ Potentiel impact sur le tourisme et la fréquentation des plages (impact plus ou moins important suivant l'emplacement du site de collecte) :
 - Bruit constant de l'alimentation électrique et même si peu élevé et rotation des camions
 - Visuel négatif : dispositif peu imposant mais présent dans le paysage et proche de la plage, conduite aérienne et rotation des camions
 - Zone d'égouttage et de stockage temporaire proche du site de collecte (< 200m) : visibilité possible suivant son emplacement par rapport à la plage
- ☑ Alimentation électrique :
 - Branchement à l'électricité de l'exploitant obligatoire
 - Dispositif non opérationnel en cas de panne de courant (possibilité de coupler avec un groupe électrogène)
- ☑ Rendement du dispositif complet (SEA TURTLE /Zones d'égouttage et de Stockage temporaire / Camions)
 - Rendement mauvais du dispositif complet : temps d'attente d'égouttage trop long dans le bassin
 - Variabilité du rendement dépendant de la distance entre site de collecte et zone de chargement/déchargement, et des dimensions des zones de stockage et d'égouttage

Pistes d'amélioration

- Nécessité d'avoir des opérateurs dans l'eau au niveau du dispositif pour accompagner les sargasses correctement sur le tapis (optimisation de la collecte). Il serait intéressant de développer un système télécommandé d'accompagnement des sargasses sur le tapis collecteur, ou d'instaurer un roulement entre les opérateurs afin de réduire les risques d'accidents corporels. Ces derniers doivent également bénéficier d'EPI adaptés (habits haute visibilité, ...).
- Amélioration de la zone d'égouttage de façon à optimiser le rendement :
 - Aménagements nécessaires pour le déplacement des engins, dimensionnement du bassin en fonction de la quantité de sargasses récupérée... ;
 - Amélioration du système d'égouttage (enrochements) ;
 - Vérification des normes de rejets des eaux en mer, nécessité de mise en place d'un géotextile pour empêcher l'infiltration de l'eau de mer dans les sols.
- Possibilité de décharger la conduite directement dans des camions non étanches, en partance pour la zone de stockage permanente :
 - Réduction de la superficie : il n'y a plus de nécessité de zone d'égouttage et de stockage temporaire et par conséquent de pelle, les sargasses sont égouttées directement dans le camion avant transfert ;
 - Réduction du coût : il n'y a plus nécessité d'aménager la zone ;
 - Amélioration du rendement : les délais d'égouttage sont réduits. Il sera cependant nécessaire d'augmenter le nombre de rotations de camion (et par conséquent le nombre de camions).

Bilan

DESMI est une entreprise danoise, initialement spécialisée dans le développement, la fabrication, la vente et le service de pompes et de solutions de pompage pour la marine, l'industrie, la défense et le carburant, et les services publics. En 2015 elle lance le projet « DESMI Sea Turtle Sargassum » lorsqu'une quantité massive d'algues sargasses arrive sur les côtes de la Caraïbe. Initialement, il s'agit d'un projet d'investigation et de recherche développé pour trouver une solution écologique et rentable. Aujourd'hui, il s'agit d'un système de réponse complet déployé pour la réduction des Sargasses. En effet, le système d'unité flottante mécanique d'enlèvement des sargasses en mer « SEA TURTLE » est complémentarisé d'un système de barrages déviants, baptisé « MESH BOOM » par l'entreprise (cf. fiche synthèse « Barrage Mesh Boom »)

Cette technique de collecte de sargasses en proche côtier se veut innovante, grâce à un dispositif flottant et non motorisé accessoirisé par un tapis collecteur et une vis sans fin, transférant les sargasses vers une zone d'égouttage par l'intermédiaire d'une conduite. Les sargasses ramassées sont exemptes de sable et autres algues, limitant la décomposition anaérobie de ces premières, dont les conséquences sont le dégagement de H2S et de NH3, empuantant les plages mexicaines. Du fait de l'égouttage, le séchage se fait plus rapidement.

Grâce à sa facilité de déplacement et de mise en place sur le Barrage Mesh Boom, le dispositif SEA TURTLE, permet la collecte de sargasses sur la majorité du plan d'eau.

Par ailleurs, si le rendement du dispositif SEA TURTLE (seul) est correct, le rendement intégrant les opérations d'évacuation des sargasses collectées par le SEA TURTLE n'est quant à lui pas optimal. Le temps d'égouttage (près de 24h) est trop long, impactant de manière non négligeable le rendement final. Le dispositif n'est pas totalement autonome et nécessite la présence d'opérateurs proches du tapis afin d'accompagner les sargasses et d'optimiser le rendement.

Enfin, l'entretien du dispositif constitue un point contraignant, comme tout dispositif amené à travailler dans un environnement marin, ou proche marin. L'entretien devra se faire régulièrement afin d'augmenter la durée de vie des matériaux et du dispositif et de limiter les impacts financiers liés aux réparations éventuelles.



FICHE DE SYNTHÈSE

SARGABOAT ET SARGATRILER – Société THE OCEAN CLEANER©



N.B : Les informations figurant dans cette fiche sont basées sur la fiche constructeur, le système n'ayant pas pu faire l'objet d'une évaluation physique.

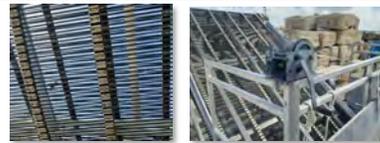
Données générales

- o **Objectif :** Collecte de sargasses en mer avant échouage
- o **Milieu d'intervention :** Proche côtier / En mer
- o **Sites d'évaluation :** MEXIQUE, sud de Cancun, Hôtel Vidanta Riviera Maya
- o **Matériel :** Unité flottante mécanique d'enlèvement des sargasses en mer SARGABOAT et unité flottante de récupération SARGATRILER
- o **Entreprise :** THE OCEAN CLEANER
- o **Modalités de financement :** Entreprise privée
- o **Institutions rencontrées :** THE OCEAN CLEANER (Constructeur), Gestionnaires des hôtels.

Le matériel : méthodes & moyens

Le dispositif est composé comme suit :

Pour récupérer les algues ➔
Une barge « SARGABOAT »



Tapis de collecte des sargasses et manivelle pour régler l'inclinaison/hauteur du tapis

Zone de réglage de vitesse de rotation du tapis



Moteurs du bateau et du tapis



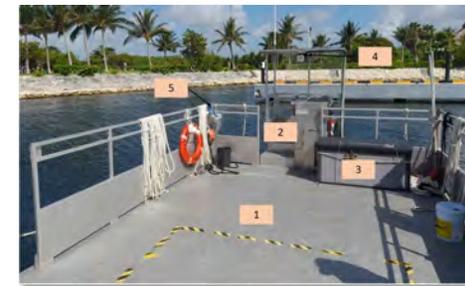
Poste de commande du bateau

Longueur	6,62m
Largeur	4,97 m
Poids (à vide)	2 351 kg
Tirant d'eau	0,60 m
Moteurs	Deux moteurs type YAMAHA de puissance 4 Hp (localisés à l'arrière pour le bateau) Deux moteurs type Honda avec pompes hydrauliques de puissance 13 Hp (pour faire fonctionner le tapis)
Réservoirs	2*120 litres de réservoir d'essence 50 litres de réservoir de gaz réservé au tapis
Equipage	Au minimum 2 personnes (Un capitaine et une personne qui gère le fonctionnement du tapis) A maximum, 6 personnes peuvent être à bord.
Présence d'ancre	Oui pour stationner le bateau au besoin
Rangement	Coffre pour ranger les équipements

Pour acheminer les algues jusqu'à la zone de déchargement ➔
Une barge « SARGATRILER »



Longueur (avec les moteurs)	6,97m
Largeur	4,58 m
Poids (à vide)	1 250 kg
Tirant d'eau	0,60m
Moteur	Un moteur type* YAMAHA puissance 4 Hp
Réservoirs	120 litres de réservoir d'essence
Equipage	Au minimum 2 personnes (Un capitaine et une personne qui gère le fonctionnement du tapis) A maximum, 6 personnes peuvent être à bord
Volume de stockage de sargasses	Entre 6 et 8 m³
Présence d'encre	Oui pour stationner le bateau au besoin
Rangement	Présence de coffres pour ranger équipements



1 : Plateforme de stockage ; 2 : Zone de commande ; 3 : Coffre de rangement ; 4 : Lumière ; 5 : Ancre

Un permis bateau est nécessaire pour la conduite des engins.

Matériaux utilisés pour les deux dispositifs

Aluminium marin et acier inoxydable

Hulls tubes	Grade 5052-H32
Profile	Grade 6061-T6
Fence barriers	Grade 6063-T5
Floor	3003-H22

Coût

- SARGABOAT: 240 000 euros
 - SARGATRILER : 115 000 euros
 - Coût transport et changement du tapis de ramassage du SARGABOAT : 25 000 euros
- Cependant, le prix varie en fonction du coût de l'aluminium*

Durée de vie et entretien

A ce jour la durée de vie du dispositif est difficilement estimable. Celle-ci étant dépendante des conditions environnementales voire des conditions de mise en œuvre (milieu proche côtier, problématiques liées à la mer, aux embruns, au sable...). Le dispositif évoluant dans un environnement marin, il sera soumis à l'inévitable corrosion marine. Un entretien du dispositif quotidien pourra permettre d'augmenter la durée de vie des matériaux.

Selon THE OCEAN CLEANER, la durée de vie des dispositifs est estimée supérieure à 4 ans.

Dans le cas de l'hôtel évalué, les dispositifs ont 3 ans (mise en service en juillet 2019). Lors de la visite du 9 juillet 2022, le SARGABOAT n'était pas en fonctionnement. En effet, l'entreprise a profité d'une période de faible arrivage de sargasses pour procéder à une maintenance. L'engrenage du tapis du SARGABOAT était en cours de réparation (oxydation).

Entretien & maintenance

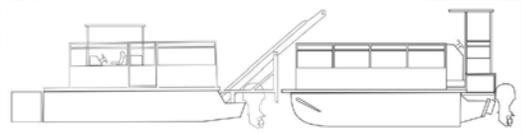
L'entretien du dispositif tel que préconisé et envisagé par THE OCEAN CLEANER est le suivant :

- Utilisation de matériel marinisé (matériel maritime en aluminium et en acier inoxydable)
- Nettoyage à l'eau claire régulièrement afin de limiter le risque de corrosion marine (mise en œuvre en proche côtier)
- Graissage des roulements nécessaires
- Remplissage du réservoir tous les jours (autonomie de 8h pour les réservoirs)
- Peinture antifouling des dispositifs réalisée tous les trois mois (réalisée à terre)
- Vérification faite par le capitaine des dispositifs tous les jours (moteurs, pièces de rechange)
- Les dispositifs sont vérifiés complètement par un organisme extérieur tous les ans.

Cycle de collecte et de chargement/déchargement :

Le ramassage a lieu en général pendant 8 h sur la plage 7h-17h

1. Le SARGABOAT et le SARGATRILER sont attachés via deux cordes.
2. Le SARGABOAT ramasse les sargasses via le tapis convoyeur et les redirige directement sur le SARGATRILER. Une fois chargé le SARGATRILER achemine les algues jusqu'à la côte, les sargasses sont entreposées dans des big bags pendant la durée du trajet
3. Une fois sur la plage, les big bags sont tirés hors du bateau par un câble via une voiture
4. Les sargasses sont alors déposées sur des bâches dans une zone de stockage dédiée dans l'hôtel (confidentiel) :
 - o 50 % est revalorisé directement par l'hôtel : les sargasses (1/3) sont broyées avec de la terre (2/3) afin d'être utilisées en remblais
 - o 50 % est redirigé vers une entreprise spécialisée.



Zone d'attache des deux bateaux (à l'arrière pour le SARGATRILER et à l'avant pour le SARGABOAT)

Estimation du temps par étapes (pour un cycle de ramassage)* :

Acheminement des bateaux de leur lieu d'emplacement jusqu'à l'hôtel (site de collecte)	45 min / 1 h
Temps pour attacher les deux bateaux	Entre 2 à 5 min (selon les conditions de mer)
Remplissage d'un SARGATRILER	3 à 5 min (en fonction de l'épaisseur de la nappe de sargasse)
Aller vers la zone de déchargement**	5 à 10 min
Temps de déchargement	2 min

Distance entre le lieu de collecte de sargasses et le lieu de déchargement	<1100 m	< 2000 m	< 2900 m	>2900 m
	2	3	4	5
Nombre nécessaire de SARGATRILER pour transporter 480 m ³ /j				

Rendement Théorique du SARGABOAT	
Théorique	Sargasses fraîches 60 m ³ /h soit 480 m ³ /jour

Rendement Pratique du SARGABOAT	
Pratique	Non évalué

Avantages

- Collecte en mer des sargasses uniquement, sans sable et algues autres :
 - Réduction du risque d'érosion de plage
 - Réduction de l'émanation de NH₃ et H₂S, car dans ces conditions la décomposition anaérobie ne se produit pas
 - Réduction des nuisances olfactives
 - Pas de sable mélangé donc le volume à transporter est moins important
- Durée de vie optimisée par les procédés de fabrication :
 - Utilisation de grilles inox pour la composition des tapis (facilité de maintenance)
 - Essorage des sargasses à travers le tapis troué et inclinaison favorisant la percolation et limitant le risque de corrosion sur les autres composants
- Structures et composants articulés :
 - Déploiement sur place immédiat du matériel
- Adaptation possible de la vitesse de rotation du tapis et de la vis sans fin en fonction de l'épaisseur de sargasses à collecter, alternance vitesse et cycle de ramassage et d'aspiration
 - Manipulation du SARGABOAT, les moteurs arrière du SARGABOAT peuvent bouger indépendamment l'un de l'autre permettant au bateau de se mouvoir sur 360°.
- Rendement :
 - Rendement théorique correct du dispositif (60m³/h)
 - Concentration des sargasses en un point : optimisation du temps de ramassage
 - Deux SARGATRILER peuvent fonctionner en simultanée permettant d'optimiser le remplissage du SARGABOAT
- Structure mobile (barges motorisées) :
 - Facilité de transport
 - Barge stable

Inconvénients

- Surveillance en permanence du dispositif par un opérateur :
 - Afin de limiter les blocages de sargasses dans le tapis, en cas de panne du tapis de collecte, en cas de pollution terrestre marine ou terrestre, en cas de baisse de rendement...

- Risque de pollution maritime ou terrestre :
 - Articulation du dispositif par flexibles : rupture possible d'un flexible
 - Présence d'engins à moteur sur le plan d'eau (barge)
- Beaucoup de mécanique :
 - Augmentation du risque de panne
 - Maintenance importante
- Potential impact sur le tourisme et la fréquentation des plages (impact plus ou moins important suivant l'emplacement du site de collecte) :
 - Bruit constant et relativement élevé
 - Visuel négatif (dispositif imposant dans le paysage)
- Navigabilité et déchargement du SARGATRILER
 - Risque de collision avec d'autres usagers du plan d'eau
 - Zone de déchargement non adaptée (plage) : aménagement nécessaire
- Rendement dépendant de la distance au site de déchargement
 - Variabilité du rendement dépendant de la distance entre site de collecte et zone de chargement/déchargement : pour garder le même rendement, un autre SARGATRILER peut être nécessaire → augmentation du coût
- Emboîtement du SARGABOAT et du SARGATRILER :
 - En fonction des conditions météorologiques, le couplage des deux dispositifs est complexe et induit une perte de temps (selon les données constructeurs, le temps est normalement de 1-2 min)
- Stationnement des dispositifs
 - Nécessité d'un emplacement en mer pour le stockage des dispositifs lorsqu'ils ne fonctionnent pas. Dans le cas de l'hôtel, le site retenu est localisé à 45 min de navigation.
- L'utilisation des dispositifs dépendent de la quantité de sargasses accumulée derrière le barrage
 - Les bateaux ne peuvent pas s'approcher trop près du barrage (minimum de 2m) au risque de l'abimer

Pistes d'amélioration

- Reduction de la distance entre le site de ramassage en mer et la zone de déchargement afin de réduire les temps d'aller et retour des SARGATRILER
- Zone de stockage des dispositifs : Trouver un autre emplacement d'entreposage pour le SARGABOAT et le SARGATRILER, plus proche de l'hôtel afin de diminuer le temps d'acheminement (actuellement de 45 min minimum)
- Mise en place de deux paniers directement sur les SARGATRILER afin de supprimer l'utilisation de big bag et gagner du temps sur le processus de ramassage
- Mise en place de deux tamis rotatifs dissociés au niveau du tapis pour augmenter la capacité de ramassage
- Mise en place de porte à l'avant du bateau pour bien faciliter le ramassage de la sargasse
- Aménagement de la zone de déchargement afin de faciliter la mise en place du camion de collecte (plateforme accès camion(s), quai d'amarrage pour le SARGATRILER ...)
- Mise en place de kit antipollution à bord afin de limiter l'impact d'une potentielle pollution maritime (rupture de flexible...)
- Suivi des pontes de tortues : Un suivi est réalisé par l'hôtel (vérification traces, déplacement des nids). L'impact sur les tortues pourrait être d'avantage minimisé en réalisant un plan de circulation des engins sur la plage, aménageant une zone spécifique pour le déchargement.

Bilan

Le dispositif est composé d'un SARGABOAT motorisé permettant de ramasser les sargasses grâce un tapis convoyeur et de SARGATRILER (barges motorisées également) dont le nombre nécessaire dépend de la distance entre le point de ramassage et la zone de déchargement. L'utilisation de matériaux marinisés type aluminium marin et acier inoxydable permet un entretien optimisé des dispositifs.

Les sargasses ramassées sont exemptes de sable, limitant la décomposition anaérobie de ces premières, dont les conséquences sont le dégagement de H₂S et de NH₃ sur les plages. De plus le ramassage en mer permet un faible impact visuel et sonore vis-à-vis des touristes. Un des points forts du dispositif est son couplage avec un barrage déviant permettant de concentrer les sargasses en un point donné et donc d'optimiser le ramassage. Plusieurs pistes d'optimisation sont en cours de réflexion par le constructeur afin d'augmenter la capacité de ramassage comme la mise en place de paniers directement dans les SARGATRILER permettant ainsi un déchargement plus facile.

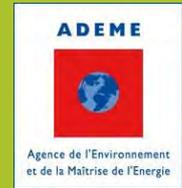
Le rendement du dispositif SARGABOAT est théoriquement correct, mais le rendement intégrant tout le cycle de ramassage n'est pas optimal, principalement en raison :

- Du temps d'acheminement des bateaux sur le lieu de collecte
- Du temps d'accrochage du SARGATRILER et SARGABOAT entre eux
- De la distance entre le lieu de déchargement et lieu de collecte.

Enfin, l'entretien du dispositif doit être réalisé avec attention afin d'augmenter la durée de vie des matériaux et du dispositif et de limiter les impacts financiers liés aux réparations éventuelles et aux impacts environnementaux d'une potentielle pollution.

EVALUATION DES METHODES DE RAMASSAGE DE SARGASSE

FICHE DE SYNTHÈSE – BARGE DE COLLECTE EN MER



DONNÉES GÉNÉRALES

Domaine : Ramassage mécanique en mer
Matériel : Barge de collecte en mer
Entreprise : ALGEANOVA

MATERIEL

La barge de collecte utilisée par ALGEANOVA est un prototype de barge motorisée permettant, via des tapis convoyeurs inclinés, de collecter des bancs de sargasse en mer (proche côtier) au fur et à mesure que l'appareil se déplace. Cette algue est ensuite stockée dans des Big-bags de 1.5m³ à l'arrière de la barge. Au total 35 Big-bags peuvent être stockés, soit 52m³ (env.15 à 20 tonnes).

Barge de collecte en mer



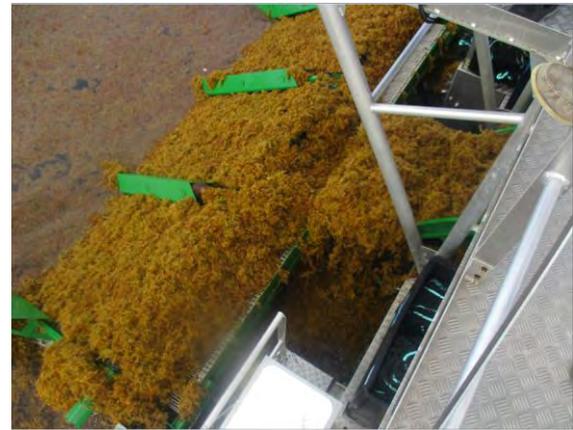
Les principales caractéristiques sont présentées ci-après (données constructeur) :

- ✓ **Vitesse en transit** : env. 5-7 nœuds ;
- ✓ **Vitesse en collecte** : env. 2 nœuds ;
- ✓ **Largeur du front de collecte** : 6 m ;
- ✓ **Profondeur de travail** : Adaptable de 0 à -30 cm ;
- ✓ **Capacité de stockage** : 45 à 60m³ (env.15 à 20 tonnes) ;
- ✓ **Tirant d'eau - barge à vide** : 1m ;
- ✓ **Tirant d'eau - barge chargée** : 1.5m.

La barge est également équipée d'une mini-grue permettant d'assurer le déplacement des big-bags au sein de la barge et leurs déchargements à terre (capacité : 500kg à 4m).

L'équipage se compose de : un capitaine, un grutier, 2 à 3 manœuvres.

Vue du convoyeur en action



MISSION

La barge de collecte a été testée à Punta Cana (République Dominicaine) en accord avec la société ALGEANOVA et l'ADEME, pour présenter leurs équipements et solutions développées dans la lutte contre les échouages de sargasses.

Ces tests ont été suivis par SAFEUGE afin d'estimer :

- ✓ **Le rendement**
- ✓ **Les avantages ;**
- ✓ **Les inconvénients ;**
- ✓ **Les pistes d'améliorations.**

RENDEMENT ESTIMÉ

Deux rendements ont été estimés :

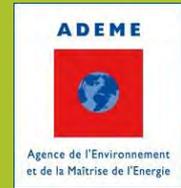
- ✓ **Le rendement de collecte**, indépendant des limitations dues au volume de stockage et aux temps de transit et de vidange ;
- ✓ **Le rendement global**, intégrant les limitations dues au volume de stockage et aux temps de transit et de vidange ;

Le rendement de collecte a été calculé selon le temps mis pour remplir 53 big-bags de 1.5m³ en tenant compte de la densité de la nappe collectée et de son épaisseur (H) (estimation visuelle).

- ✓ **Densité faible** : la nappe ne couvre pas la totalité de la surface (H : env. 0.1m) ;
- ✓ **Densité moyenne** : la nappe couvre la quasi-totalité de la surface (H : env. 0.1-0.2m) ;
- ✓ **Densité forte** : la nappe couvre la totalité de la surface (H : > 0.2m)

EVALUATION DES METHODES DE RAMASSAGE DE SARGASSE

FICHE DE SYNTHÈSE – BARGE DE COLLECTE EN MER



Il a été constaté in-situ que le temps moyen de remplissage varie selon la densité de la nappe :

- ✓ **Densité faible** : 75 secondes – soit **72 m³/h** ;
- ✓ **Densité moyenne** : 47 secondes – soit **115 m³/h** ;
- ✓ **Densité forte** : 38 secondes – soit **142 m³/h**.

Dans les conditions optimales d'utilisation (densité moyenne à forte), le rendement de collecte est compris entre **115 et 140 m³/h**.

Le rendement global présente une part fixe (temps de collectes et vidanges) et une part variable (durée des trajets, dépendants de la distance entre point de collecte et point de vidange).

- ✓ **Temps de collecte observé pour 30 big-bags** : 33 min - soit 83 m³/h ;
- ✓ **Temps de vidange moyen d'un big-bag** : 82 secondes – soit 41 min.

La part fixe du rendement global observée, pour 30 big-bags (45m³) est donc d'1h15.

Lors des tests réalisés, la durée de navigation entre point de collecte et point de vidange était de 15min, soit un rendement global de 45m³/1h45 (26m³/h).

En considérant quatre cycles de collecte par jour, ce prototype permet de collecter environ 180m³/jr de sargasses, soit env. 60-70 tonnes d'algues fraîches égouttées.

Le rendement global de ce prototype dépend :

- ✓ **De la densité** : une nappe d'algue dense réduit fortement le temps de collecte ;
- ✓ **De la nature des algues** : des algues anciennes en décomposition ont tendance à entraîner des bourrages au niveau des tapis convoyeurs et un arrêt temporaire de la collecte ;
- ✓ **De la distance** à parcourir entre le point de collecte et le point de vidange.

AVANTAGES

- ✓ **Rendement important** en cas de nappes d'algues de forte densité. L'appareil ne doit être utilisé que dans cette configuration en phase d'exploitation ;
- ✓ **Absence d'incidence sur les plages** : la collecte se faisant en mer, les plages sont préservées de l'action mécanique (érosion, ornières, pontes de tortues...) ;
- ✓ **Collecte avant décomposition** : Les algues étant collectées en mer, le processus de décomposition (et donc de dégagement d'H₂S) n'est pas entamé ;
- ✓ **Déchargement** possible des big-bags directement dans un camion benne, ne nécessitant ainsi pas d'engin supplémentaire ;
- ✓ **Possibilité de travailler à proximité des côtes** le tirant d'eau étant de 1.5m une fois la barge chargée ;
- ✓ **Circulation facilitée**, permettant d'accéder directement depuis un site à plusieurs baies/plages à proximité ;
- ✓ **Collecte « propre »** permettant via l'absence de sable de simplifier d'éventuelles opérations de valorisation.

INCONVENIENTS

- ✓ **Capacité de stockage « limité »** de la barge entraînant de nombreux aller-retours et une perte de rendement ;
- ✓ **Ramassage indifférencié** d'algues et de déchets flottants (plastiques...) nécessitant une étape de tri en cas de valorisation ;
- ✓ **Bourrages potentiels** sur les tapis lors de collecte d'algue très compactes (ex : décomposition avancée) ;
- ✓ **Entretien régulier** indispensable pour éviter la corrosion ;
- ✓ **Couplage nécessaire** avec une technique de protection (barrage flottant) afin d'optimiser la collecte et l'absence d'échouage sur le littoral ;
- ✓ **Zone d'action limitée** par la vitesse de déplacement de la barge et en zone protégée par la barrière de corail. Pas d'intervention possible en bord de plage au regard du tirant d'eau.

COUTS

A l'heure actuelle, ALGEANOVA ne prévoit pas la location de ce matériel à la journée, mais la mise en place d'un **contrat d'entretien à l'année** comprenant la pose d'un barrage flottant, son entretien et la récolte des algues le long du barrage avec ce type d'outil. Cette version étant un prototype, la version qui sera commercialisée à terme sera la version n°2 dont le coût est estimé à environ 980 000 €HT.

PISTES D'AMÉLIORATIONS

Ce véhicule est un prototype, les principales pistes d'amélioration relevées lors des essais portent sur :

- ✓ **Gestion des convoyeurs** : Un élargissement du front de collecte à 9m et la réduction du nombre de convoyeurs permettra d'améliorer le rendement de collecte, de permettre une collecte le long d'un barrage flottant en 1 passage et de réduire notablement les problématiques de bourrages à la jonction de deux convoyeurs ;
- ✓ **L'augmentation du volume des big-bags à 3t (env. 6.5m3)** : cette augmentation devrait entraîner une diminution notable du temps de vidange lié aux manipulations de la grue ;
- ✓ **La mise en place d'unités de stockage mobiles de 30 t, indépendantes de la barge de collecte**. Une fois remplies, ces unités peuvent être désolidarisées de la barge de collecte pour se rendre sur le point de vidange. Une seconde unité peut alors prendre la place de la première et la collecte peut continuer. Cette innovation peut permettre d'envisager un maintien de la barge au droit de la zone de collecte pendant toute la durée d'intervention (10 à 12h), le nombre d'unité de stockage étant alors à adapter selon la distance à parcourir et la densité des nappes.

Il pourrait également être envisageable, afin d'améliorer la rentabilité de ces barges en dehors des périodes d'échouage de sargasse, de développer des outils adaptés à d'autres travaux en domaine marin (dragage, déploiement de barrages flottants...)

BI LAN

Cette barge de collecte est un prototype de collecteur mécanique en mer (proche côtier).

Ce dernier présente un rendement global de l'ordre de 30m³/h en cas d'échouage dense à proximité d'un point de vidange (valeur observée pour une distance d'environ 2km aller).

Ce rendement pourrait être plus important mais reste limité par

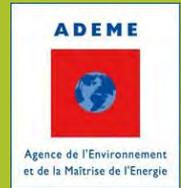
- ✓ La vitesse de déplacement de la barge ;
- ✓ La capacité de stockage de la barge ;
- ✓ Le temps de vidange de la barge

Ce système assure une absence d'incidence sur le littoral.

Pour un fonctionnement optimal, cette méthode doit être couplée avec un dispositif concentrateur d'algues (barrage flottant) permettant le maintien des algues dans une zone avec un tirant d'eau suffisant et de limiter grandement les effets de dispersion de la nappe lors du passage de la barge.

EVALUATION DES METHODES DE RAMASSAGE DE SARGASSE

FICHE DE SYNTHÈSE – BARGE DE COLLECTE EN MER



ILLUSTRATIONS



ANNEXE 6 : TABLEAUX DE SYNTHÈSE D'ÉVALUATION DES BARRAGES EN MER

Tableau 8 : Grille d'évaluation comparative des barrages en mer (Source : SUEZ CONSULTING)

CRITERE	ITEM	INDICATEUR	Barrage FILET DROM (FILET DROM)	Barrage Mesh Boom (DESMI)	Barrage CUBI SYSTEM (CUBI SYSTEM)	Barrage SARGABARRIER (OCEAN CLEANER)	Barrage rideau RCY type Goeland 200 (RIS'K)	Barrage ALGEA NOVA (ALGEA NOVA)
TECHNIQUES	Type de barrage	Fixe ou Flottant ? Bloquant, convergent ou déviant ?	Fixe / Bloquant ou Déviant	Flottant / Déviant	Flottant / Bloquant ou Déviant	Flottant / Bloquant ou Déviant	Flottant / Déviant	Flottant / Bloquant
	Caractéristiques Flotteurs	Flotteurs (nature, dimensions)	Modules plastique polyéthylène jaune encastrables en 6 points (500x250x250)	Flotteurs/coques noires PEHD remplies de mousse encastrables en 6 points (ø36cm)	Flotteurs Cubisystem® noirs/kaki PEHD (68cmx68cmx40cm ; 375 kg/m ² , poids 11kg)	Flotteurs Orange/Rouge	Floteur de forme cylindrique Ø150mm en tissu PVC contenant des successions de cylindres indépendants de mousse polyéthylène à cellules fermées	Boudin gonflable Ø350mm dans une enveloppe PVC souple et une seconde enveloppe en micro-maille
		Flotteurs (occurrence)	Tous les 1m	Tous les 1m	En continu	Tous les 1m	En continu	En continu
	Jupe	Jupe (nature et dimensions)	Ajourée / Double / H : 2m (0.2m émergé) <ul style="list-style-type: none"> 1 Filet rigide en polyéthylène (H : 1.5m) 1 Filet dit « souple » polyéthylène (H : 1m) Recouvrement sur 1.5m 3 Cordes de ø8 à 16mm (de 50m)	Ajourée / Simple / H : 1.05 m (0.30m émergé) : Grillage dit « structurel » rigide nautique en fils de filaments en polyester	Ajourée / Simple / H : 1.5 m (0.40m émergé) : Filet maillé en polypropylène noir	Ajourée / Simple / H : 1.6 m (0.50m émergé) : Filet blanc en polyamide ou UHMWPE (semblable à du nylon)	Pleine / Simple / H : 0.4m (0.40m immergé) : Tissu PVC	Ajourée / Simple / H : 1 m : <ul style="list-style-type: none"> Filet en textile, d'ouverture Ø25mm Sur-filet de 0.13m d'ouverture Ø25mm au-dessus du boudin
		Filet (maille)	Maille ø50mm	Maille ø25mm	Maille ø40mm	Maille ø18mm	-	Maille ø25mm
		Filet (largeur de section)	50 mètres	15 mètres	20 mètres	25 mètres	25 mètres	9 mètres
	Liaison entre panneaux	Nature de la liaison & occurrence	Tubes PEHD / Tous les 50 mètres	Glissières-raccord / Tous les 15 m	Cubi fixés en diagonale par les oreilles, aux moyens de vis/écrous en PEHD et avec cordes au filets	Barre en plastique à double revêtement avec connecteurs d'amarrage en acier inoxydable / Tous les 25 m	Assemblage des modules par des plaques en polyamides boulonnées au niveau du tirant d'air et du tirant d'eau et par une manille au niveau de la chaîne de lestage	Double fixation entre les modules via des bandes velcro et des cosses et manilles
	Ancrage	Ancrage (nature & occurrence)	Tous les 50m : Blocs en béton inerte 40x40 de 250kg Ancres de 50 kg entre chaque bloc	Tous les 15 m : Tige d'ancrage en acier inox, corde d'ancrage (pas de chaîne) OU ancrage métallique type Manta Ray (sable)	Tous les 20 m : <ul style="list-style-type: none"> Corps-morts de 1.4T Ancres plates de 150kg Ancres charrues de 150kg ou de 75kg 	Ancres Danforth dans le sable ou scellées dans la roche (perforation et insertion d'une tige)	Tous les 6 m : Corps-morts (sinon uniquement à l'extrémité en mer en bonnes conditions) A l'extrémité à terre : Ancrage par scellement	Tous les 3 m : <ul style="list-style-type: none"> Corps-morts ou ancres à vis selon nature du substrat Chaîne d'ancrage reliée au filet par des cosses & manilles /trombone acier galvanisé
	Mouillage / bouée	Mouillage / bouées de surface	-	Mouillage (ancrage + corde + bouées de surface) relié au barrage au niveau des œillets d'ancrage.	Mouillage (ancrage + corde/chaîne + amortisseur + bouées de surface) relié au barrage au niveau des oreilles.	Bouée jaune en surface	-	-
	Lest	Lestage	Ralingue plombée (25kg/100m) Barres de fer ø32	Séquences en acier rond galvanisé à chaud de 1.1 kg, avec des vis et des écrous en acier inox	Chaîne de 20mm en acier, confinée dans une gaine en géotextile	Chaîne 2kg/m	Chaîne galvanisé (1.7 kg/ml) dans un fourreau	Chaîne reliant l'ancrage au barrage de Ø20mm et de 7kg/m.



CRITERE	ITEM	INDICATEUR	Barrage FILET DROM (FILET DROM)	Barrage Mesh Boom (DESMI)	Barrage CUBI SYSTEM (CUBI SYSTEM)	Barrage SARGABARRIER (OCEAN CLEANER)	Barrage rideau RCY type Goeland 200 (RIS'K)	Barrage ALGEA NOVA (ALGEA NOVA)						
	Moyens humains	Moyens humains & techniques	3 pers. (sans formation particulière) Bateau	+	2 pers. (sans formation particulière) Plongeurs et bateau	+	2 pers. (sans formation particulière) Plongeurs et bateau	+	3 pers. (sans formation particulière) Bateau	+	Plongeurs et bateau Scaphandrier (classe 2 mention A, habilité travaux subaquatiques pour l'entretien)	-	Bateau Moyens humains limités par l'entretien mécanisé	++
	Durée de vie	Durée de vie théorique	20 ans (selon fournisseur filets)	-	3 ans (selon fournisseur)	-	Au moins 3ans (3ans pour le filet et >3 ans pour les Cubisystem)	-	4 ans (selon fournisseur)	-	NC		NC	
		Durée de vie estimée	2 ans min. (selon état actuel des flotteurs depuis la mise en place)	-	4 ans min. (selon état actuel du dispositif depuis sa mise en place)	-	3 ans min. (selon état actuel depuis la mise en place)	-	3 ans min. (selon état actuel)	-	NC		NC	
	Entretien	Facilité d'entretien	Nécessité de dépose pour entretien optimal à terre Possibilité de mise en drapeau en cas de mauvais temps	-	Nécessité de dépose pour entretien optimal à terre Enlèvement de 8 à 10 sections/j en cas d'impératif	--	Intervention in situ Pas de mise en drapeau en cas de mauvais temps	--	Nécessité de dépose pour entretien optimal à terre	--	Intervention in situ : • Entretien avec un balai brosse depuis une barque et en plongée. • Entretien par un scaphandrier pour nettoyer la jupe, sortir et retendre les manilles, organeaux, chaînes. Pas de mise en drapeau en cas de mauvais temps: nécessité de dépose	--	Intervention in situ : Entretien mécanique par le véhicule de nettoyage type catamaran (« Projinova Cleaner ») équipé de deux brosses rotatives et d'un guide central adapté Pas de mise en drapeau en cas de mauvais temps: nécessité de dépose	+
			Périodicité d'entretien	En mer : suivi du dispositif (1 à 2 fois / mois) A terre : 1 à 2 fois / an	-	En mer : suivi en surface et sous-marine (2 fois / mois) A terre : 1 fois / an	-	En mer : 1 fois / an A terre : jamais	--	En mer : 1 fois / j A terre : 1 fois / an	++	En mer : 3 fois / an	++	En mer : 1 fois / mois par Projinova
ENVIRONNEMENT AUX	Impacts environnementaux	Incidences potentielles sur la faune/flore/milieu	Présence soutenue de corps morts Ragage du fond marin par les lests Diminution de luminosité au droit du barrage (zones d'ombres)	--	Ancrages moins impactants Ragage du fond marin par les lests Diminution de luminosité au droit du barrage (zones d'ombres)	+	Présence importante de corps morts Ragage du fond marin par les lests Diminution de luminosité au droit du barrage (zones d'ombres)	-	NC		Présence soutenue de corps morts en cas de nécessité de renforcement Pas de ragage du fond marin par les lests Diminution de luminosité au droit du barrage (zones d'ombres)	-	Présence soutenue de corps morts Diminution de luminosité au droit du barrage (zones d'ombres)	--
ECONOMIQUES	Evaluation économique	Coût d'achat	160 €/ml (Fourniture et pose)	+	231€/ml (Fourniture et pose) : • 2 343€ (simple) à 2 771€ (double) / 15ml • 498 € (sable) à 700 € (roche) / fourniture & assemblage d'ancrage	-	250 €/ml (Fourniture et pose)	-	NC		90 à 150 €/ml (Fourniture hors pose et entretien)	++	480€/ml : • 130 €/ml (hors ancrage, installation, transport) • 350 €/ml (fourniture et pose des ancrage, raccordement barrage)	--
		Coût d'entretien	35€/ml/an (20% du coût d'installation)	-	7€/ml/an (contrat entreprise externe)	+	25€/ml/an (10% du coût d'installation)	+	NC		3 000€/an (coût forfaitaire)	+	150 000€ (coût d'acquisition de « Projinova Cleaner »)	--
		Coût total approximatif (installation + entretien)	195€/ml	+	238€/ml	-	275€/ml	--	NC		180€/ml	+	480 €/ml + 150 000€	--

Tableau 9 : Synthèse de la cotation des barrages en mer (Source : SUEZ CONSULTING)

CRITERE	ITEM	INDICATEUR	Barrage FILET DROM (FILET DROM)	Barrage Mesh Boom (DESMI)	Barrage CUBI SYSTEM (CUBI SYSTEM)	Barrage SARGABARRIER (OCEAN CLEANER)	Barrage rideau RCY type Goeland 200 (RIS'K)	Barrage ALGEA NOVA
TECHNIQUES	Moyens humains	Moyens humains & techniques	+	+	+	+	-	++
	Durée de vie	Durée de vie théorique	-	-	-	-		
		Durée de vie estimée						
	Entretien	Facilité d'entretien	-	--	--	--	--	+
Périodicité d'entretien		-	-	--	++	++	++	
ENVIRONNEMENTAUX	Impacts environnementaux	Incidences potentielles sur la faune/flore/milieu	--	+	-		-	--
ECONOMIQUES	Evaluation économique	Coût d'achat	+	-	-		++	--
		Coût d'entretien	-	++	+		+	--
		Coût total approximatif (installation + entretien)	+	-	--		+	--



ANNEXE 7 : TABLEAUX DE SYNTHÈSE D'ÉVALUATION DES ENGINES DE COLLECTE EN MER

Tableau 10 : Grille d'évaluation comparative des engins de collecte en mer (Source : SUEZ CONSULTING)

CRITERE	ITEM	INDICATEUR	Barge de collecte SARGATOR II (STMI)	WATERMASTER (TTTM)	SEA TURTLE (DESMI)	Barge de collecte en mer (ALGEO NOVA)	Amphibie de collecte (MOBITRAC / TRUXOR)
TECHNIQUES	Contextualisation du chantier de ramassage	Type de ramassage / Domaine d'intervention	Collecte mécanique en mer / proche côtier	Collecte mécanique en mer / proche côtier	Collecte mécanique en mer / proche côtier	Collecte mécanique en mer	Collecte mécanique en mer / proche côtier & rivage
		Nature des échouages	Algues fraîches Nappe de densité moyenne	Algues en décomposition Nappe de densité importante	Algues fraîches Nappe de densité moyenne	Algues fraîches Nappe de densité moyenne à forte	Algues en décomposition ou fraîches Nappe de densité moyenne à forte
		Dimensions	Sargator : L 10m / l 3.65m / TE 20cm Barge-benne 15m3 : L 7m / l 3m / TE 20cm	L 11m (16 avec les bras) / h 3m / TE 60 cm	L 2.44m / l 1.7m / h 1.22cm / TE 20cm Poids 350kg.	Largeur du front de collecte : 6 m Capacité de 35 big-bags (45 à 60m3) / TE à vide 100cm (150 cm chargé)	NC
	Moyens humains	Moyens humains	5 à 6 pers. (2 pilotes, 2 intervenants pour les manœuvres, 1 grutier, 1 chauffeur de camion-benne)	3 pers. (1conducteur, 1gestionnaire sur la drague, 1 gestionnaire à terre)	3 pers. (2 dans l'eau au niveau du dispositif et 1 à terre au niveau des commandes)	5 pers. (1 capitaine, 1 grutier, 2 à 3 pers. pour les manœuvres)	2 pers. (1 pilote ; 1 accompagnant)
	Evaluation du rendement	Rendement brut (m3 collectés/h)	34 m3/h (11T/h)	58m3/h (44T/h) à Dostaly 58m3/h (32T/h) à Thalémont	20m3/h	72 à 142 m3/h (Densité faible à forte)	<5m3/h (en pompage)
		Rendement intégré (m3 collectés/transférés/évacués/h)	6 m3/h (2T/h)	17m3/h (13T/h) à Dostaly 20m3/h (11T/h) à Thalémont	Non significatif (évacuation de 2 camions de 14m3 après 24h d'égouttage)	26 m3/h	NC
	Efficacité des techniques de ramassage	Facilité de déploiement	Tirant d'eau faible	Nécessité de plateforme pour acheminer l'engin	Tirant d'eau faible	Tirant d'eau important	Mise en place rapide et accès facile depuis la berge
			Mise en place rapide : couplage Sargator-Benne en 5 minutes	Déploiement possible depuis la plateforme de transfert à l'aide de bras articulés	Mise en place rapide et aisée par le poids du dispositif et la compatibilité avec le barrage Mesh Boom	Lent (2 à 7 nœuds en transit)	
		Mobilité	Trajet site collecte-déchargement : 30 min	Matériel amphibie	Bonne maniabilité par son poids, ses roulettes, ses poignées	Bonne maniabilité lui permettant de se positionner aisément pour la collecte (marche avant/arrière, rotations).	Mobile et peut accéder facilement aux nappes depuis la berge.
			Bonne maniabilité Couplage aisé Sargator-benne	Capacité de mobilité satisfaisante avec de faibles hauteurs d'eau (environ 50cm)		En pompage, grandes difficultés à se déplacer : incapacité à pomper et se déplacer simultanément, forte résistance de la canalisation de refoulement remplie.	
Faisabilité de l'opération (accès et conditions de fonctionnement)		Accessibilité complexe (Ponton de Dostaly) Complexité du chargement-déchargement benne sur camion	Accessibilité correcte depuis le lieu-dit Dostaly proche du terrain de sport Inaccessibilité vers Thalémont (chemin difficilement praticable) : accès par la mer	Faisabilité dépendante de l'intervention en continue de personnel opérant devant l'engin	Son tirant d'eau lui permet d'intervenir à proximité des côtes	Collecte complexe malgré une absence de bourrage observée	
Capacité sur échouages non décomposés (<48h)		Collecte d'algues non décomposées devant le barrage de Cap Est au François	Non observé	Collecte d'algues non décomposées nécessitant l'intervention d'opérateurs dans l'eau pour accompagner l'algue sur le tapis	Collecte en mer	Collecte complexe malgré une absence de bourrage observée	
	Capacité sur échouages décomposés (>48h)	Non observé	Collecte d'algues décomposées à Dostaly et Thalémont	Non observé	Non observé		
Durée de vie théorique	Durée de vie théorique	NC (éventuellement 4 à 5 ans sur la base du Sargator 1)	NC	NC	NC	NC	
Entretien	Entretien	Forte nécessité d'entretien du fait du domaine d'intervention en	Forte nécessité d'entretien du fait du domaine d'intervention en proche côtier (mer et air	Forte nécessité d'entretien du fait du domaine	NC	NC	



CRITERE	ITEM	INDICATEUR	Barge de collecte SARGATOR II (STMI)	WATERMASTER (TTM)	SEA TURTLE (DESMI)	Barge de collecte en mer (ALGEA NOVA)	Amphibie de collecte (MOBITRAC / TRUXOR)
			proche côtier (mer et air salin) et mouillage en mer (mer et air salin) : <ul style="list-style-type: none"> Possibilité de recouvrement avec peinture spéciale Nettoyage à l'eau claire régulier contre la corrosion Entretien du moteur Graissage des roulements nécessaires Changement des tapis 	salin) mais prédispositions (8 anodes sacrificielles et entretien anti-corrosif hebdomadaire). <ul style="list-style-type: none"> Protection antifouling annuel sur la drague Application de produit d'entretien anti-corrosif (/usage à raison d'1L par semaine) Changement huile hydraulique & pièces de rechanges (vérins, filtres) Entretien journalier pour le rinçage & hebdomadaire pour l'entretien anti-corrosif Périodicité variable pour le remplacement de filtres et vidanges (tous les 500 à 1000h)	d'intervention en proche côtier (mer et air salin) : <ul style="list-style-type: none"> Utilisation de matériel marinisé (aluminium et acier inoxydable) ; Nettoyage à l'eau claire contre les risques de corrosion Graissage des roulements nécessaires Vérification de l'unité électrique Rinçage à l'eau claire régulier Entretien à périodicité mensuelle pour la vérification de l'unité électrique		
	Sélectivité des techniques de ramassage	Présence d'indésirables (ramassage matériau autres qu'algal)	Pas de présence d'indésirables Essorage préalable de sargasses ++	Présence potentielle d'indésirables : mélangés aux boues de sargasses +	Pas de présence d'indésirables Essorage préalable de sargasses ++	Pas de présence d'indésirables +	NC
	Transport, évacuation & devenir des algues	Facilité d'accès pour les engins d'évacuation (camions / pelles long-bras)	Accessibilité limitée depuis le ponton de Dostaly : nécessité d'aménagement --	Accessibilité correcte depuis le lieu-dit Dostaly Accessibilité limitée depuis Thalémont (chemin accidenté et difficilement praticable) -	Accessibilité de la zone de stockage sur la plage ++	NC	NC
		Distance Site de déchargement-Site de traitement des algues	Distance Site de collecte-Site de traitement de 20 minutes -	Distance Site de collecte-Site de traitement trop longue (du fait de la qualité de la route d'accès à Thalémont) --	Nécessité de proximité du site de stockage / traitement (conduite de transfert à 200 m) -	NC	NC
ENVIRONNEMENTAUX	Impacts environnementaux	Contraintes d'exploitation (tassement, érosion)	Pas de risque d'érosion des plages ++	Tassement ponctuel possible lors du déplacement terrestre +	Nulle ++	Pas de risque d'érosion ++	Erosion limitée Ecrasement de la végétation de bord de mer Utilisation de chenilles contribuant au tassement du sable -
		Incidences potentielles sur la faune/flore/milieu	Risque de perturbation locale (nuisances acoustiques sous-marines) de la faune sous-marine et faible risque d'impact en termes de collisions avec la faune sous-marine. Risque de pollution accidentelle par rupture de flexible --	Risque de perturbation locale (vibrations et nuisances acoustiques) de la faune terrestre et sous-marine Risque limité en termes de collisions avec la faune sous-marine (mobilité des espèces supérieures à celle du WATERMASTER) Certificat environnemental ISO 14001 --	Risque de perturbation locale négligeable (faible tirant d'eau) --	Risque de perturbation locale (nuisances acoustiques sous-marines) de la faune sous-marine Risque de pollution accidentelle +	Risque de perturbation locale (nuisances acoustiques) de la faune Risque de pollution accidentelle --

CRITERE	ITEM	INDICATEUR	Barge de collecte SARGATOR II (STMI)	WATERMASTER (TTTM)	SEA TURTLE (DESMI)	Barge de collecte en mer (ALGEO NOVA)	Amphibie de collecte (MOBITRAC / TRUXOR)
		Consommation énergétique	Alimentation en carburant de 2 moteurs 115 CV	Moteur diesel 6 cylindres à turbo compression : Consommation de carburant de 10l/h (dragage par excavation) à 25l/h (dragage par pompage)	Entraînée hydrauliquement par un bloc d'alimentation électrique (27 kW) ou éventuellement diesel externe (3L/h)	NC	NC
SOCIO-ECONOMIQUES	Impacts sociétaux	Incidence sur population (nuisances...)	Nuisances acoustiques et visuelles limitées	Nuisances acoustiques et visuelles importantes	Nuisances acoustiques et visuelles importantes	Nuisances acoustiques et visuelles importantes	Nuisances acoustiques et visuelles importantes
		Retombées et création d'emplois	5 à 6 emplois (2 pilotes, 2 intervenants pour les manœuvres, 1 grutier, 1 chauffeur de camion-benne)	3 emplois (1conducteur, 1 gestionnaire sur la drague, 1 gestionnaire à terre)	3 emplois (gestion au niveau du dispositif et au niveau des commandes)	5 emplois	2 emplois
		Habilitations et formations de travail	Habilitations nécessaires non définies à ce jour Formations nécessaires (a priori capitaine 200, permis bateau, formation de prise en main par le fournisseur)	Habilitations nécessaires pour naviguer non définies à ce jour Formation de 11 jours par un formateur finlandais du fabricant Formation approfondie et dispensée en Finlande pour l'entretien et la maintenance de la drague	NC	NC	NC
	Sécurité des biens et des personnes	Conditions d'intervention des opérateurs	Equipage à l'air libre confronté directement au risque modéré d'émanation H2S/NH3, dégagement d'odeurs, aux conditions météo (soleil, pluie) Contact direct avec l'algue (poussée dans la barge-benne couplée au Sargator)	Equipage à l'air libre confronté directement à un risque important d'émanation H2S/NH3 et dégagement d'odeurs	Equipage à l'air libre confronté directement au risque modéré d'émanation H2S/NH3, dégagement d'odeurs, aux conditions météo (soleil, pluie) Contact direct avec l'algue (poussée à la main vers SEA TURTLE)	Equipage non confronté directement au risque d'émanation H2S/NH3, dégagement d'odeurs, aux conditions météo (soleil, pluie)	Equipage au niveau d'une cabine et donc moins exposé directement à l'air libre et au risque d'émanation H2S/NH3, dégagement d'odeurs, aux conditions météo (soleil, pluie)
		Moyens de protection	Aucun EPI utilisé (gilet haute visibilité, lunettes, gants) Pas de détecteur H2S	Cabine climatisée isolant de l'exposition Port d'EPI (gilet haute visibilité, lunettes, gants) Certificat de qualité ISO 9001 Certificat de sécurité ISO 3349	Chapeau et lunettes Pas de protection des mains malgré le risque de blessure lors de la poussée des algues à la main vers SEA TURTLE	NC	Chapeau, détecteur H2S
	Evaluation économique	Coût d'acquisition du matériel	500 000 € HT (matériel)	700 000 € HT (matériel)	89 800€ (matériel)	980 000€ HT	NC
		Coût annexe d'évacuation (coût horaire/m³ évacués)	600 €/j (camion grue)	10 000 € HT (location de la plateforme pour le camion transportant la drague (hors frais de stationnement)) 600€/j (Location pelle & camion benne)	NC	NC	NC
		Dépenses d'entretien (personnel, matériel...)	12 à 15 000 € HT/an	44 600 € HT/an : • 4 600 € HT/an (800 € d'antifouling + 3800 € de main d'oeuvre) • Protection antifouling annuel sur la drague = 40 000 € (stock de produit anti-corrosif, huile hydraulique & pièces de rechanges (vérins, filtres)	NC	NC	NC
		Coût total approximatif (achat + frais d'engins annexes d'évacuation + entretien)	516 000 € HT	755 000 € HT	89 800 € HT	980 000€ HT	NC

Tableau 11 : Synthèse de la cotation des engins de collecte en mer (Source : SUEZ CONSULTING)

CRITERE	ITEM	INDICATEUR	Barge de collecte SARGATOR II (STMI)	WATERMASTER (TTM)	SEA TURTLE (DESMI)	Barge de collecte en mer (ALGEA NOVA)	Amphibie de collecte (MOBITRAC / TRUXOR)
TECHNIQUES	Moyens humains	Moyens humains	--	+	--	--	+
	Evaluation du rendement	Rendement brut (m3 collectés/h)	+	+++	-	+++	--
		Rendement intégré (m3 collectés/transférés/évacués/h)	-	+	--		
	Efficacité des techniques de ramassage	Facilité de déploiement	+++	+	+++	-	+
		Mobilité	-	-	+	+++	-
		Faisabilité de l'opération (accès et conditions de fonctionnement)	-	--	--	+	--
		Capacité sur échouages non décomposés (<48h)	+++		-	+++	--
		Capacité sur échouages décomposés (>48h)		+++			
	Durée de vie théorique	Durée de vie théorique					
	Entretien	Entretien	--	--	-		
Sélectivité des techniques de ramassage	Présence d'indésirables (ramassage matériau autres qu'algal)	+++	+	+++	+		
Transport, évacuation & devenir des algues	Facilité d'accès pour les engins d'évacuation (camions / pelles long-bras)	--	-	+++			
	Distance Site de déchargement-Site de traitement des algues	-	--	-			
ENVIRONNEMENTAUX	Impacts environnementaux	Contraintes d'exploitation (tassement, érosion)	+++	+	+++	+++	-
		Incidences potentielles sur la faune/flore/milieu	--	--	+	--	--
		Consommation énergétique	-	-	+	--	
SOCIO-ECONOMIQUES	Impacts sociétaux	Incidence sur population (nuisances...)	+	--	-	-	-
		Retombées et création d'emplois	+++	+	+	+++	+
		Habilitations et formations de travail	--	--			
Sécurité des biens et des personnes	Conditions d'intervention des opérateurs	-	-	--	+++	+	
	Moyens de protection	-	+++	--		-	
Evaluation économique	Evaluation économique	Coût d'intervention (personnel, matériel...)	--	--	+	--	
		Coût d'évacuation (cout horaire/m³ évacués)	+	-			
		Dépenses d'entretien (personnel, matériel...)	-	-			
		Coût total approximatif	--	--	+	--	

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 : Critères et indicateurs donnés à titre indicatif	10
Tableau 2 : Matériel requis pour l'évaluation des techniques de collecte de sargasses	12
Tableau 3 : Synthèse des dispositifs de collecte de sargasses évalués.....	18
Tableau 4 : Dispositifs de collecte mécanique en mer	54
Tableau 5 : Grille d'évaluation comparative des barrages en mer.....	70
Tableau 6 : Synthèse de la cotation des engins de collecte en mer	72
Tableau 7 : Synthèse de la cotation des barrages en mer).....	74
Tableau 8 : Grille d'évaluation comparative des engins de collecte en mer	164
Tableau 9 : Synthèse de la cotation des engins de collecte en mer.....	166
Tableau 10 : Recommandations d'utilisation du matériel de collecte selon la configuration du site d'échouage et l'intensité des échouages.....	167

FIGURES

Figure 1 : Process d'évaluation-type des techniques de collecte de sargasses	9
Figure 2 : Notice méthodologique.....	14
Figure 3 : Etapes classiques de la VMS.....	14
Figure 4 : Extrait du compte-rendu de VMS	15
Figure 5 : Formulaire d'analyse des risques développé spécifiquement pour la mission	17
Figure 6 : Fonctions des barrages	19
Figure 7 : Dispositions-type d'un barrage visant la rétention (disposition ouverte à gauche) et le confinement (disposition fermée à droite)	19
Figure 8 : Illustration d'un barrage à visée de confinement, en disposition fermée.....	20
Figure 9 : Principe d'un barrage visant la déviation (vers un collecteur à gauche, et vers un site d'échouage à droite)	20
Figure 10 : Vue sur le barrage de 2,7 km du Cap Est en Avril 2021.....	23
Figure 11 : Vue sur le barrage de 150 m pour protéger le littoral de l'hôtel du Domaine des Fonds Blancs (Cap Est) en Avril 2021	23
Figure 12 : Vue sur le barrage de 190 m de Pointe Cerisier en Avril 2021	24
Figure 13 : Vue du barrage de Cap Est en août 2019 (à gauche) et état de décomposition des flotteurs polystyrène entre juin et septembre 2018 (à droite).....	25
Figure 14 : Vue sous-marine du barrage de Cap- Est lors de la visite d'observation en août 2019	25
Figure 15 : Constitution du dispositif.....	26
Figure 16 : Points d'accroche des flotteurs (à gauche) ; Flotteurs encastrés sur filet (à droite).....	26
Figure 17 : Principe d'encastrement des flotteurs sur filet	27
Figure 18 : Corps-morts blocs béton.....	27
Figure 19 : Ancres de 50 kg assurant l'ancrage du barrage du Cap Est.....	27
Figure 20 : Barres de fer assurant le lestage du filet	28
Figure 21 : Chargement de blocs béton en vue de leur installation sur le barrage de Cap Est	28
Figure 22 : Carte de ragage.....	31
Figure 23 : Schéma de principe du fonctionnement observé d'une nappe de sargasse accumulée au contact d'un barrage flottant.....	32
Figure 24 : Principe de mise en drapeau.....	33
Figure 25 : Passe aménagée sur le barrage du Cap Est.....	34
Figure 26 : Constitution du dispositif.....	36
Figure 27 : Grillage structurel (à gauche), modules de flotteurs (au centre) et glissières raccords (à droite)	36

Figure 28 : Bouées de surface orange (à gauche), ancre type Manta ray (au centre) et ancrage (à droite)	37
Figure 29 : Ecrus et vis des séquences assurant le lestage du filet.....	37
Figure 30 : Absence de ragage (à gauche), colonisation (au centre) et présence de poissons se nourrissant au droit du dispositif (à droite).....	39
Figure 31 : Flotteurs (à gauche), Bouée d’ancrages et liaison	42
Figure 32 : Bouée de surface	47
Figure 33 : CUBI SYSTEM "amortisseur"	48
Figure 34 : Flotteurs (à gauche), poteaux de signalisation à droite	48
Figure 35 : Illustration du barrage de Pointe Lynch complètement basculé par le poids des huitres.....	49
Figure 36 : Illustrations de la colonisation du filet par les huitres et autres organismes	50
Figure 37 : Positionnement des filets en Y autour des CUBI sur le barrage de Baie Cayol	52
Figure 38 : Ancien système d'accroche corrodé (à gauche) en cours de remplacement (à droite)	52
Figure 39 : SARGATOR II et ses tapis articulés.....	54
Figure 40 : Barge-benne de déchargement des sargasses.....	55
Figure 41 : Schéma de principe des configurations possibles.....	55
Figure 42 : Schéma de principe du cycle de collecte du SARGATOR II	56
Figure 43 : Estimation du rendement du SARGATOR II	57
Figure 44 : Schéma de principe du WATERMASTER.....	60
Figure 45 : Plateforme nécessaire au transport de la drague.....	61
Figure 46 : Schéma de principe du cycle de collecte du WATERMASTER.....	61
Figure 47 : Estimation du rendement dans le cadre de l'évaluation sur le site de Dostaly	62
Figure 48 : Estimation du rendement dans le cadre de l'évaluation sur le site de Thalémont.....	62
Figure 49 : Dispositif SEA TURTLE©.....	64
Figure 50 : Logigramme et schéma de principe du cycle de collecte du SEA TURTLE	66
Figure 51 : Estimation du rendement du SEA TURTLE en conditions de faible densité de sargasses	66

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



EXPERTISES

ETUDE DES TECHNIQUES DE COLLECTE DE SARGASSES

MISSION 1

