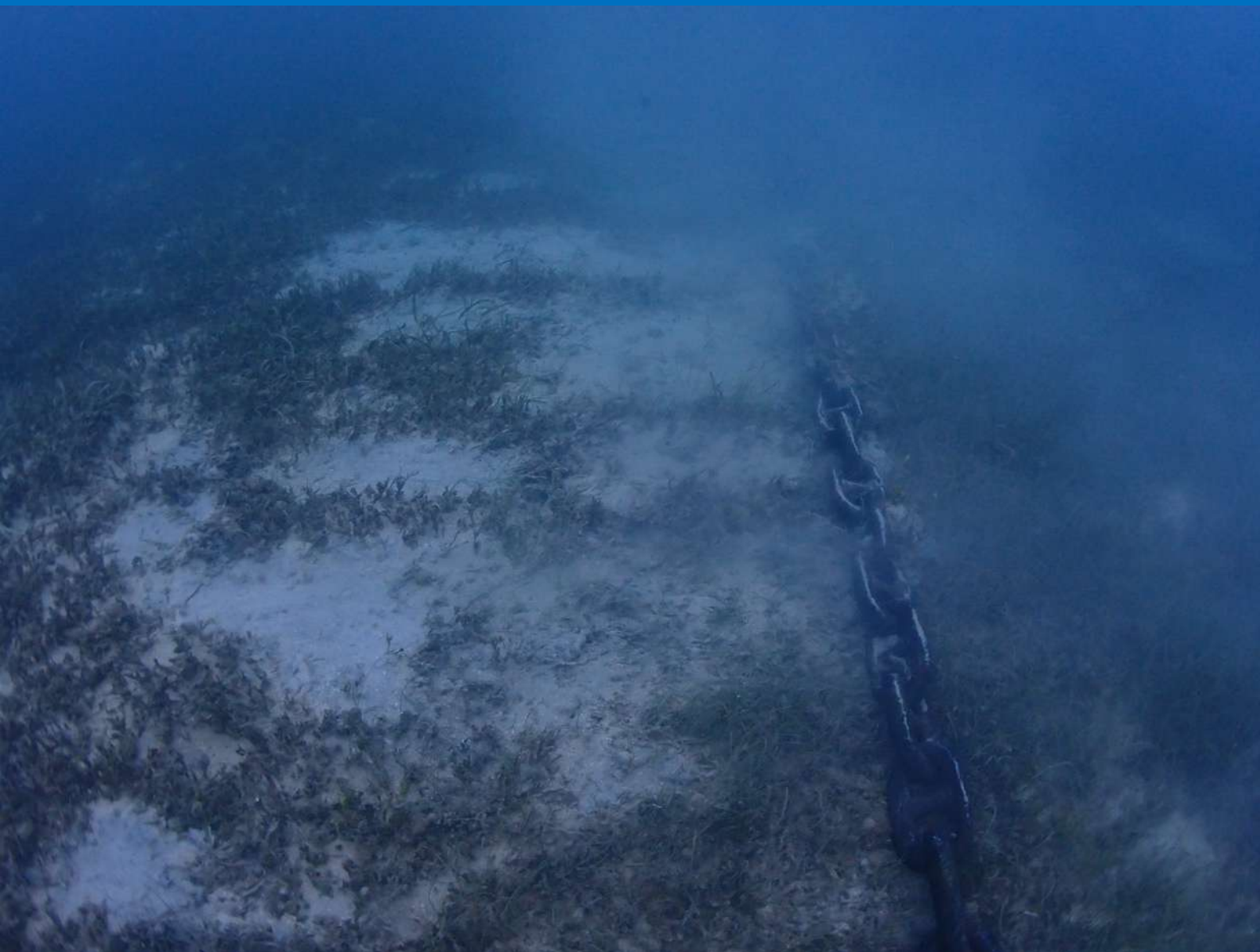


# Investigations sur l'herbier de la Grand'Baie



Version	Date	Remarques
1.0		Transmission MOUV et AMO Env



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

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

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

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

#### **Crédit photographique :**

**Gaïa – Terre bleue & Impact Mer** (sauf mention particulière)

#### **Auteurs**

Didier Grosdemange, Océanologue  
Guillaume Tollu, Biologiste

#### **Gaïa - Terre bleue**

Bureau n°6 – Criée Ouest  
29900 Concarneau - France  
06 08 21 05 67

[dgrosdemange@gaia-terrebleue.fr](mailto:dgrosdemange@gaia-terrebleue.fr)

[www.gaia-terrebleue.fr](http://www.gaia-terrebleue.fr)

# Sommaire

<b>1</b>	<b>OBJECTIF DE LA MISSION</b>	<b>5</b>
1.1	L'ÉVOLUTION DE L'HERBIER DE LA GRAND'BAIE DE SAINT-MARTIN	5
1.2	L'ÉVALUATION DE L'IMPACT DES MOUILLAGES	10
1.3	L'ÉTUDE DE L'ANALYSE DU TRAFIC MARITIME ET DES ZONES DE MOUILLAGES DES NAVIRES	10
1.4	OBJECTIFS DES INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES	13
<b>2</b>	<b>MATERIEL ET METHODE</b>	<b>13</b>
2.1	MOYENS DEPLOYES	13
2.2	METHODE	13
<b>3</b>	<b>RESULTATS</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSION</b>	<b>22</b>
4.1	CALCUL DE L'IMPACT DU MOUILLAGE SUR L'HERBIER	22
4.2	COMPARAISON DE LA SURFACE D'IMPACT ET DE LA TOTALITE DE LA COUVERTURE VEGETALE DE LA GRAND'BAIE	26

## Tables des illustrations

Figure 1 : État de santé de l'herbier en 2013 (source Pareto, 2013) .....	5
Figure 2 : Carte présentant la photo satellite de 2013 en fond de carte qui montre de larges faciès sédimentaires (source Pareto) .....	6
Figure 3 : Carte par télédétection satellitaire (source Impact mer/i-Sea, 2022) .....	6
Figure 4 : Comparaison des cartes de Pareto 2013 et i-Sea 2021 (source Impact Mer/i-Sea, 2022).....	7
Figure 5 : Interprétation d'iSea du cliché satellitaire de 2013 et comparaison avec la carte de Pareto de 2013 (source Impact Mer/i-Sea, 2022).....	7
Figure 6 : Comparaison des cartes de 2004 et 1954 (source Terra Maris, 2021) .....	8
Figure 7 : Comparaison des cartes de 2020 et 1954 (source Terra Maris, 2021) .....	8
Figure 8 : Exemple de cliché mis sous SIG et à sa droite du détournement de la couverture végétale visible (herbier et/ou algues) (source Terra Maris, 2021).....	9
Figure 9 : Bathymétrie de la Grand'Baie (source SHOM).....	10
Figure 10 : Placement global des positions AIS sur la zone d'étude et sur la période de mai 2021 à mai 2022 (source Terra Maris, 2022).....	11
Figure 11 : Typologie des navires (source Terra Maris, 2022) .....	11
Figure 12 : Exemple de carte de densité des mouillages pour les navires de commerce (source Terra Maris, 2022) .....	12
Figure 13 : Localisation des stations de plongée (source Terra Maris, 2022).....	12
Figure 14 : Trace de labourage à gauche qui coupe franchement l'herbier et trace de fauchage de la chaîne sur le fond lors de l'évitement du navire. La zone ici fait une dizaine de mètres de large.....	22
Figure 15 : Navire Chakra (86m) à gauche et North Star (63m) à droite (source Marine Traffic).....	24
Figure 16 : Navire Panthalassa (56m) à gauche et Aquila (86m) (source Web).....	24
Figure 17 : Estimation de la surface d'abrasion pour les zones Y, C et P .....	24
Figure 18 : Effet du mouillage sur le fond. L'ancre a chassé une première fois (photo de droite) avant de s'enfouir (photo de gauche) .....	25
Figure 19 : Cartographie simplifiée de l'herbier dans le Grand'Baie (source i-Sea/Impact Mer, 2021).....	26

Tableau 1 : Surface d'abrasion estimée en fonction de la profondeur et la taille du navire (source OFB, 2020).....	23
Tableau 2 : Surface d'abrasion calculée pour l'Ocean Princess mouillant par 10 m de fond dans la Grand'Baie.....	23
Tableau 3 : Surface d'abrasion calculée pour les mégayachts mouillant par 7 m de fond dans la Grand'Baie .....	24
Tableau 4 : Surface d'abrasion calculée pour les navires de plus de 40 m qui ont fréquenté la Grand'Baie durant la période de mai 2021 à mai 2022 .....	25
Tableau 5 : Surface d'abrasion calculée pour les navires de plaisance de moins de 20m mouillant par 4 m de fond dans la Grand'Baie.....	25
Tableau 6 : Surface d'abrasion calculée pour les navires de plus de 40 m qui ont fréquenté la Grand'Baie durant la période de mai 2021 à mai 2022 .....	26
Tableau 7 : Surface d'abrasion évitée par l'installation de mouillages fixes écologiques sur la durée de l'aménagement (30 ans) .....	27

## 1 OBJECTIF DE LA MISSION

### 1.1 L'ÉVOLUTION DE L'HERBIER DE LA GRAND'BAIE DE SAINT-MARTIN

Les données de qualification de l'herbier de la Grand'Baie de Saint-Martin s'appuient essentiellement sur deux études :

- ▷ Les investigations de Pareto en 2013
- ▷ Les investigations d'Impact Mer et d'i-Sea en 2021 (Impact Mer / iSea 2022).

L'étude des photographies aériennes historiques de Terra Maris en 2021 complète ces travaux.

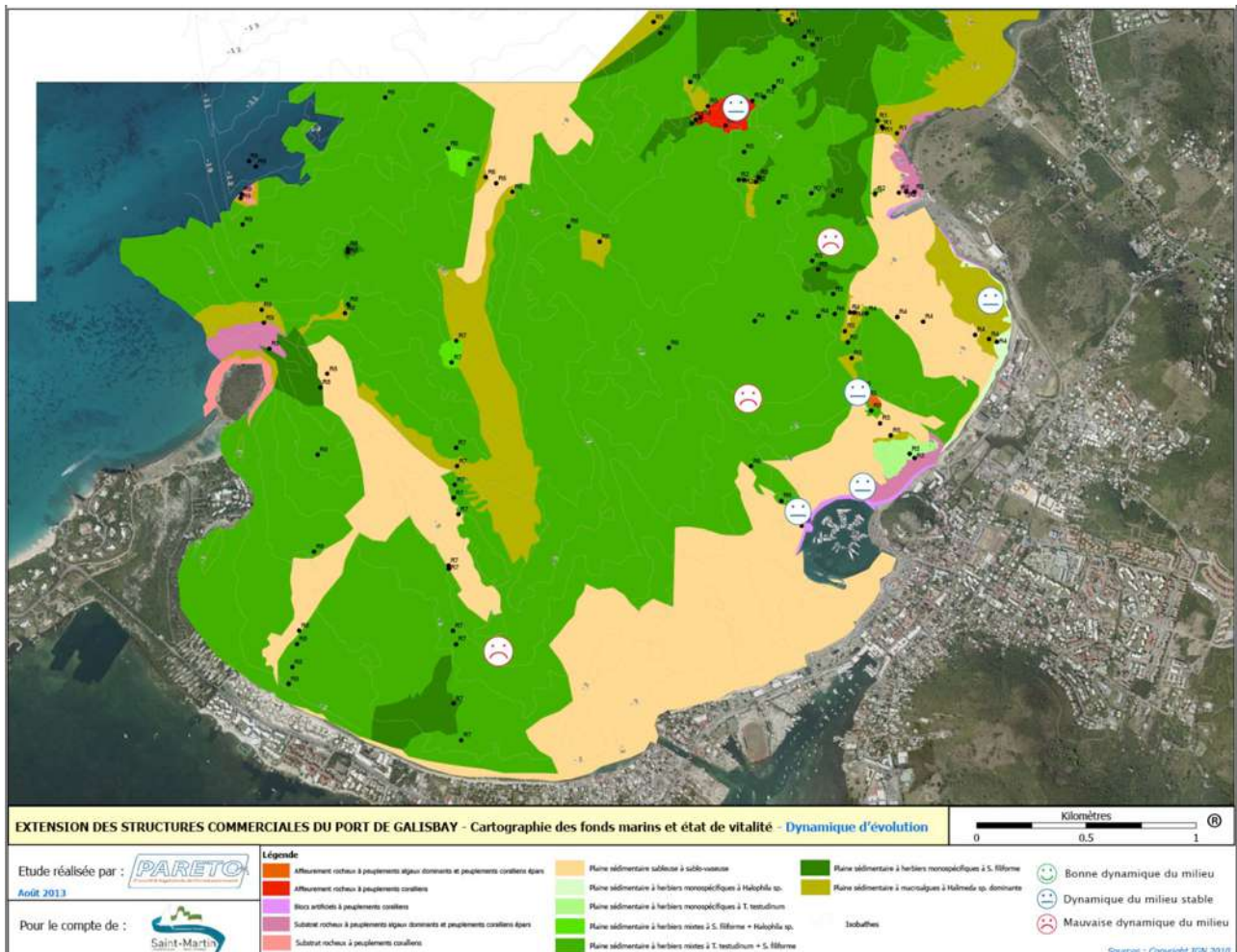


Figure 1 : État de santé de l'herbier en 2013 (source Pareto, 2013)

La carte de Pareto en 2013 laissait sous-entendre un herbier occupant une très large partie de la Grand'Baie, malgré dans ce rapport des photographies aériennes qui laissaient supposer le contraire. Les données de l'état de santé de l'herbier présentaient un herbier en population mélangée et globalement dans un état de conservation médiocre, voire mauvais.

L'étude Impact Mer- i-Sea de 2022 s'est intéressée, tout d'abord à l'interprétation des images satellitaires pour pouvoir dresser une première cartographie par télédétection, calibrée puis vérifiée par des plongées en vérité terrain. La carte en version simplifiée présente ainsi une tout autre version que celle de Pareto de 2013.

i-Sea a ainsi comparé les 2 cartographies et s'est intéressé également au cliché satellitaire de 2013 pour vérifier ses hypothèses.

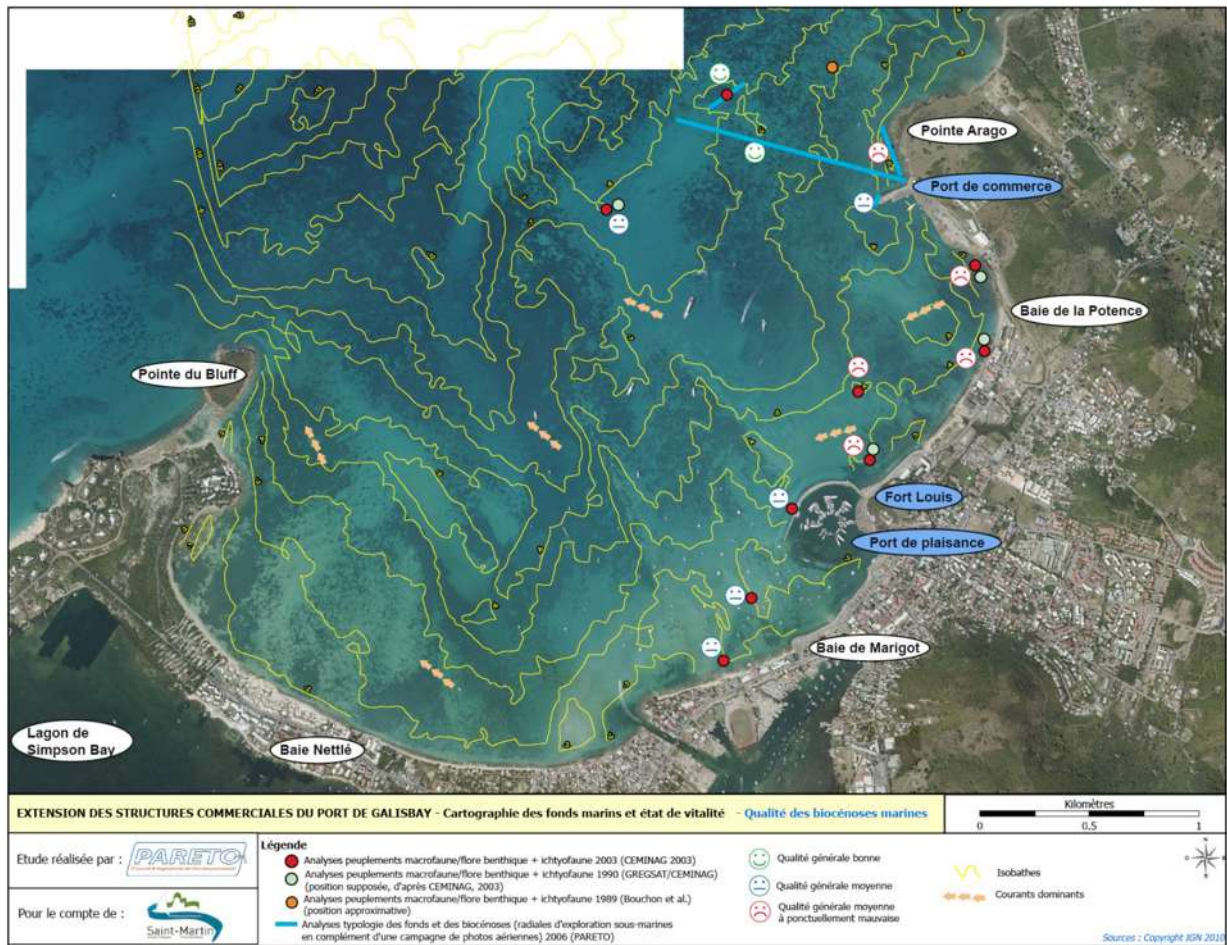


Figure 2 : Carte présentant la photo satellite de 2013 en fond de carte qui montre de larges faciès sédimentaires (source Pareto)

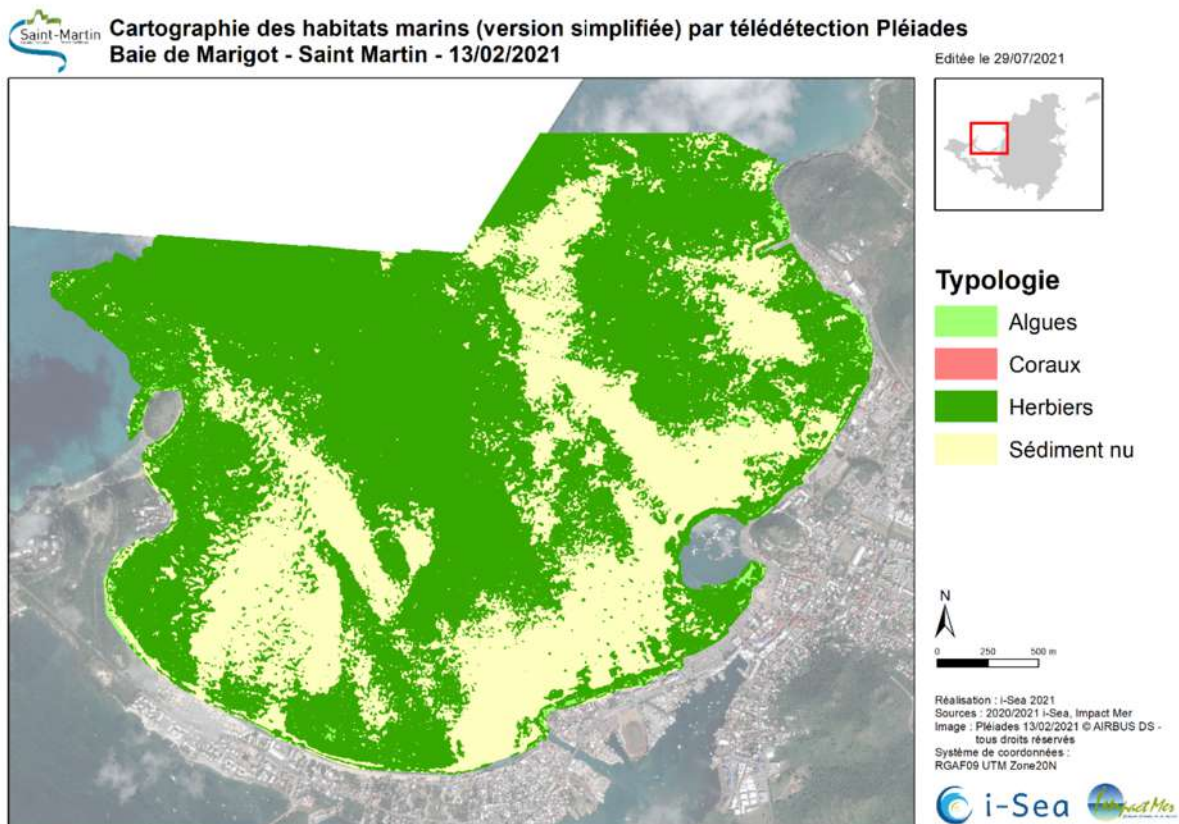


Figure 3 : Carte par télédétection satellitaire (source Impact Mer/i-Sea, 2022)

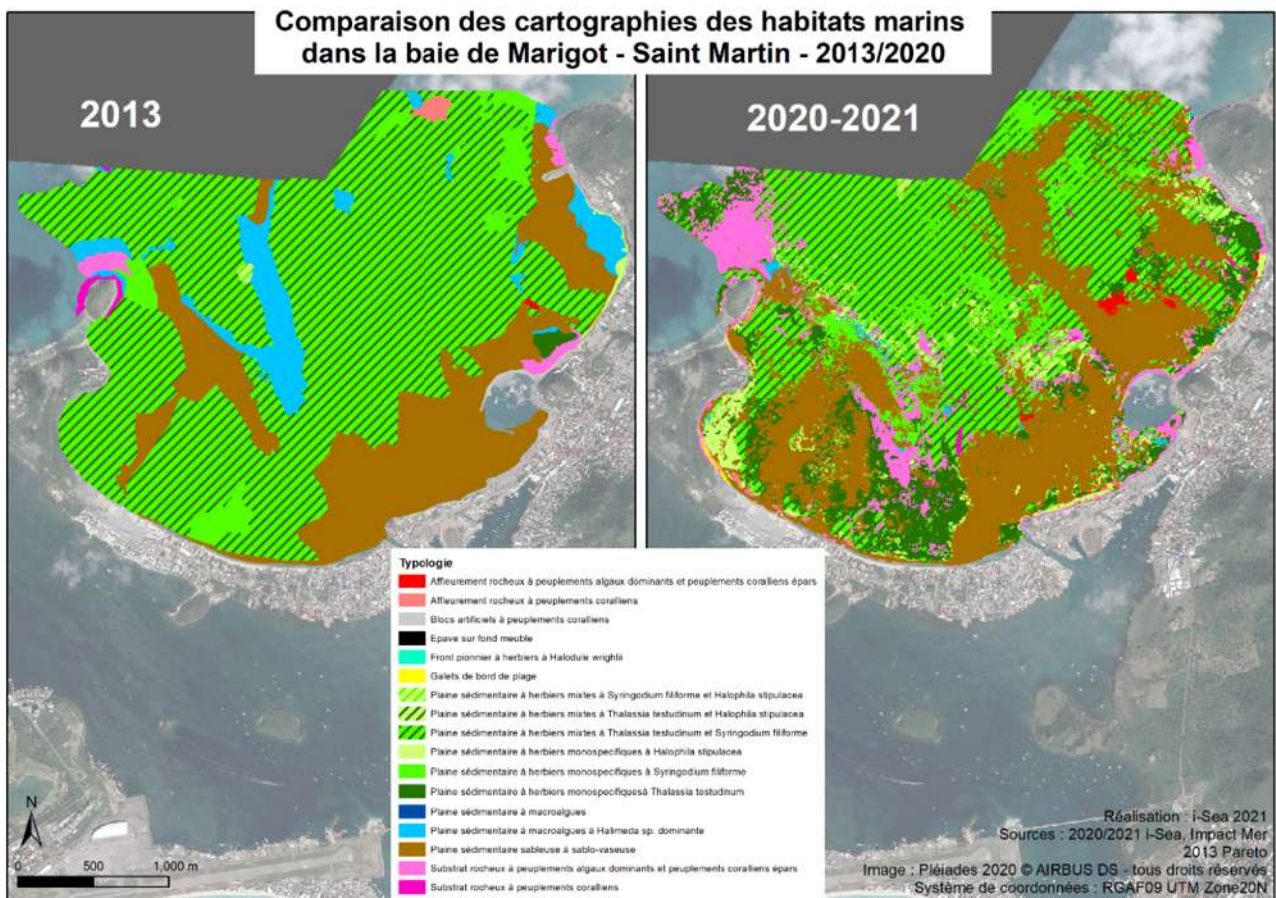


Figure 4 : Comparaison des cartes de Pareto 2013 et i-Sea 2021 (source Impact Mer/i-Sea, 2022)

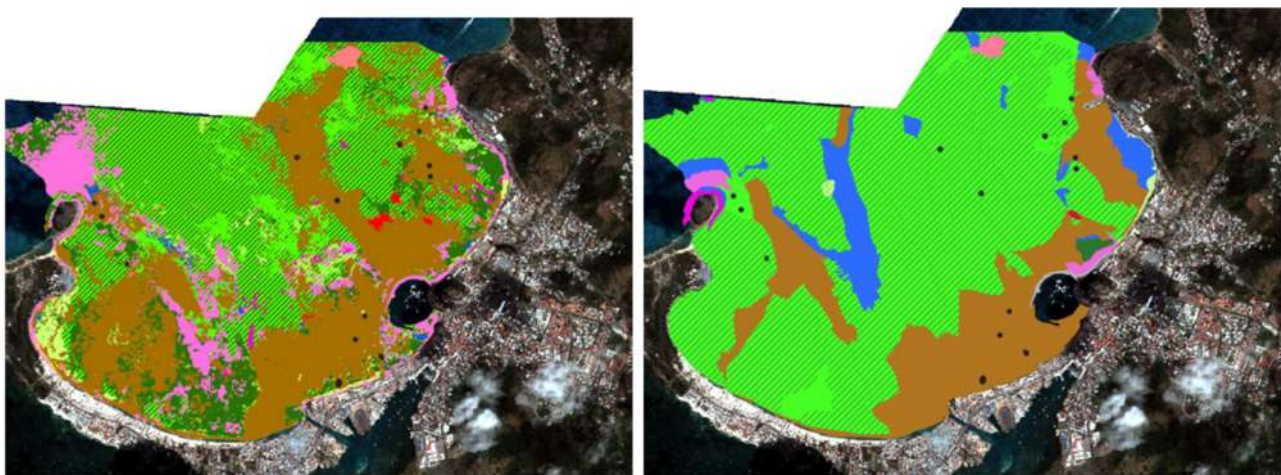


Figure 5 : Interprétation d'i-Sea du cliché satellitaire de 2013 et comparaison avec la carte de Pareto de 2013 (source Impact Mer/i-Sea, 2022)

L'interprétation du cliché satellitaire de 2013 montre bien déjà l'existence de cette plaine sédimentaire qui semble ainsi séparer la baie de la potence (à l'Est) de la baie de la Nettlé et de la baie de Marigot à l'Ouest. Cette bande sédimentaire semble également liée à la bathymétrie et à la présence d'une dorsale géologique sous le sédiment qui est la continuité notamment du Rocher de Fort Saint-Louis (Cf. DDAEU chapitre 3, état initial).

La conclusion de cette étude montre ainsi que la carte de Pareto de 2013 est erronée. Elle ne présente pas la nature sédimentaire de la Grand'Baie. Cependant, les informations de qualité et de l'état de santé, réalisées en plongées, sont quant à elles de bonne facture et doivent être conservées pour permettre des comparaisons avec les données ultérieures.

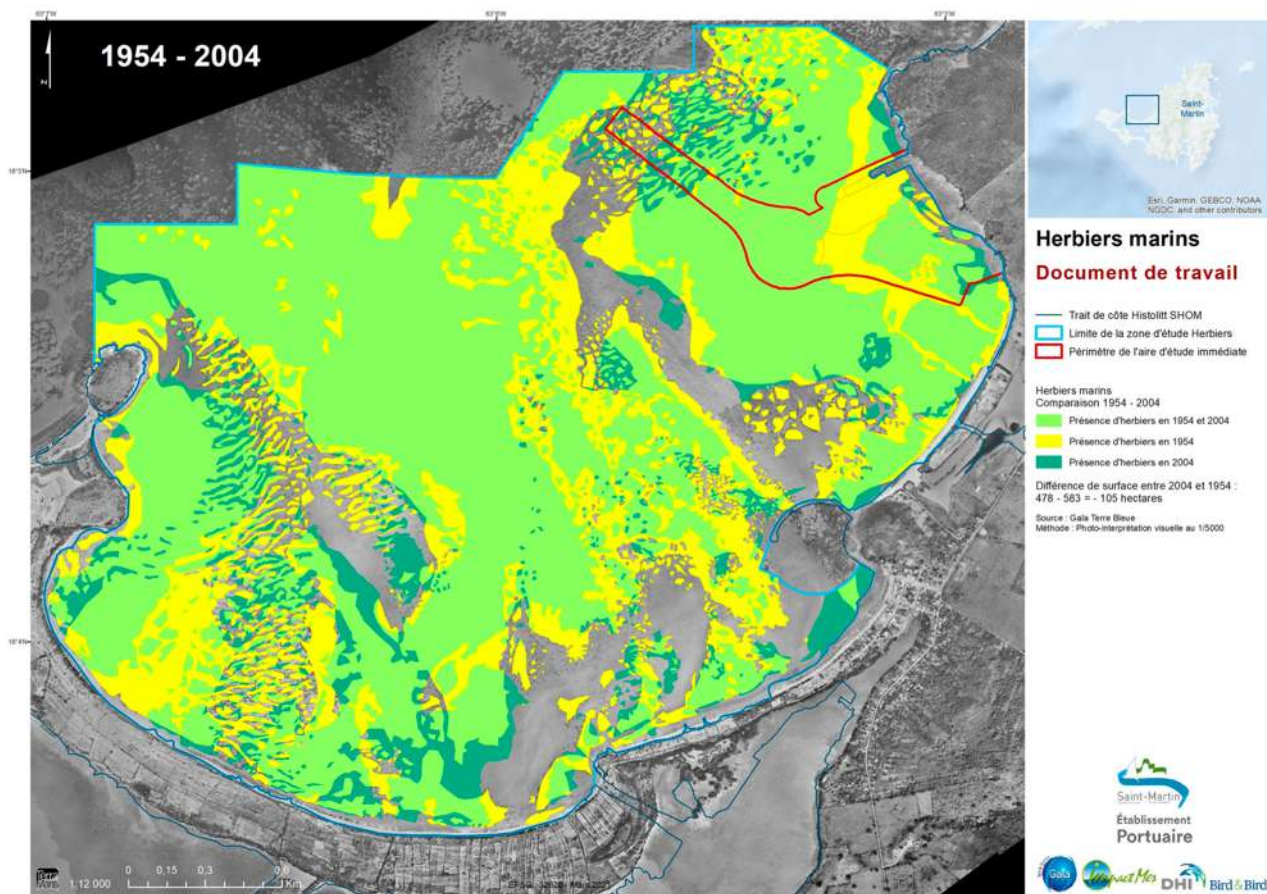


Figure 6 : Comparaison des cartes de 2004 et 1954 (source Terra Maris, 2021)

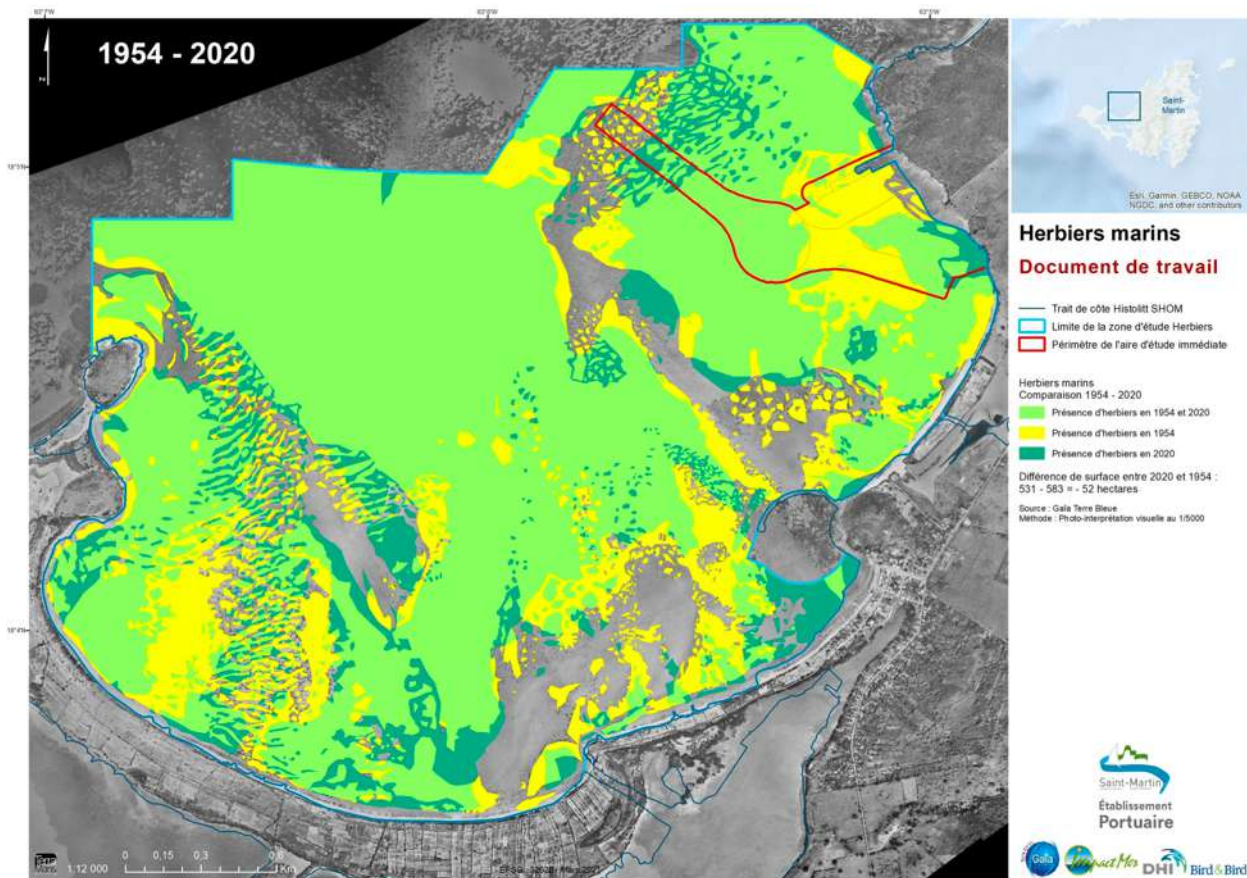


Figure 7 : Comparaison des cartes de 2020 et 1954 (source Terra Maris, 2021)



Si la comparaison des cartes de 2013 et de 2022 ne peut donc pas être ainsi réalisée, il nous a fallu nous orienter sur une autre méthode pour essayer d'appréhender des éléments d'évolution de l'herbier. En effet, la mise en œuvre d'une stratégie de compensation doit se fonder avant tout sur une appréciation des perspectives d'évolution et de la compréhension des pressions actuelles que subit l'herbier en lui-même.

Il a été demandé à la société Terra Maris de faire une analyse rapide des photos aériennes disponibles à l'IGN. Depuis quelques années, IGN met à disposition en ligne les clichés des photographies aériennes anciennes des campagnes qui peuvent remonter aux années 50-60. Cet accès aux données antérieures est une véritable aubaine pour appréhender des évolutions de la couverture surfacique des végétations, ou ici des prairies de phanérogames marines qu'est l'herbier. Il faut cependant relativiser, car la méthode peut avoir des limites importantes (qualité des clichés, difficultés pour le géoréférencement...). Néanmoins, l'analyse de ces clichés permet de donner une tendance.

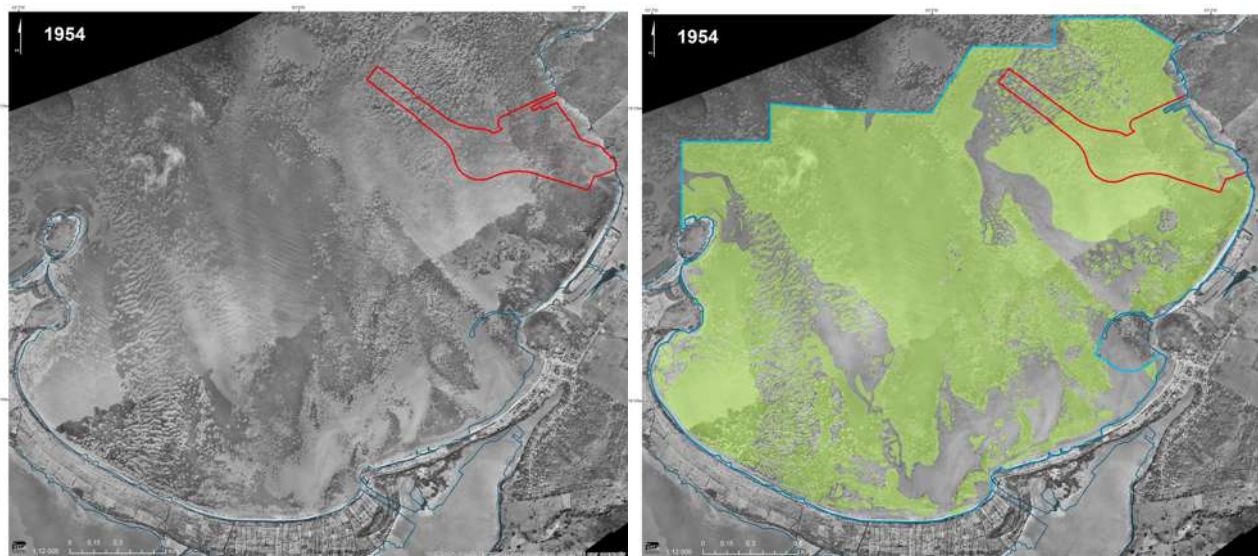


Figure 8 : Exemple de cliché mis sous SIG et à sa droite du détourage de la couverture végétale visible (herbier et/ou algues) (source Terra Maris, 2021)

L'exercice a été fait sur les années suivantes : 1954, 2004, 2010 et 2020.

Au premier abord, il est intéressant de constater qu'il semble y avoir une régression sur environ 105 ha entre 1954 et 2004 et que cette perte sera plus réduite en 2020 pour 52 ha. Cela voudrait dire qu'il y a eu entre 2004 et 2020 une revégétalisation pour environ 53 ha.

À ce stade, il ne faut pas se réjouir de cette apparence de résilience de l'herbier et il faut ici s'intéresser à la qualité de l'herbier. En effet, en 1954, nous pouvons émettre l'hypothèse que l'état de santé de l'herbier était bon que nous avons certainement une population presque pure de l'herbe à tortue (*Thalassia testudinum*).

Or, l'étude Pareto de 2013 et Impact Mer de 2022 ont bien montré que désormais l'herbier ne présente plus cette qualité. Il est en effet très morcelé, en mosaïque avec du mélange en quantité plus ou moins importante d'herbe à Lamantin (*Syrinogodium filiforme*) et également l'herbe invasive (*Halophila stipulacea*), sans compter la présence en son sein de vaste algueraie (Halimèdes, Caulerpes, algues pomme de pin, pagaie, brosse...).

Les premières conclusions qui peuvent être émises ici sont les suivantes :

- ▷ La surface totale de couverture végétale de l'ensemble de la Grand'Baie semble être relativement stable depuis les années 1950, avec une perte d'environ 52 ha, sur une analyse de photographies aériennes, avec une incertitude moyenne.
- ▷ La qualité de l'herbier, qui devait être une population relativement pure de la phanérogame *Thalassia testudinum*, s'est profondément dégradée sur la même période, avec une colonisation par des espèces plus opportunistes (autres phanérogames et algues).

L'hypothèse principale de cette dégradation semble être du fait de l'anthropisation de la Baie et du littoral. Certainement par les activités maritimes (dragage, mouillage...) et par l'urbanisation (rejets des eaux d'assainissements, macro-déchets, bassins versants...).

## 1.2 L'ÉVALUATION DE L'IMPACT DES MOUILLAGES

Une des sources de destruction massive ou d'affaiblissement de l'herbier peut être imputée aux mouillages forains dans la Grand'Baie. 3 types de navires mouillent en permanence dans celle-ci :

- ▷ Les grosses unités comme des pétroliers, navires de commerce ou des petits paquebots, avec des tirants d'eau qui peuvent être de 8 m, pour des tailles de 100 à 200 m
- ▷ Des unités de taille moyenne, caboteurs, méga-yacht de 50 à 75 m avec des tirants d'eau de 4 à 6 m
- ▷ Des unités de plaisances, essentiellement des voiliers, entre 10 et 20 m avec des tirants d'eau de 1 à 3 m.

Il est évident que ces navires sont contraints par leur tirant d'eau et la bathymétrie des fonds qui est faible dans la Baie. Il s'organise ainsi un gradient de mouillage en fonction de la taille des navires, les plus gros restant au large et les plus petits étant proches de la côte.

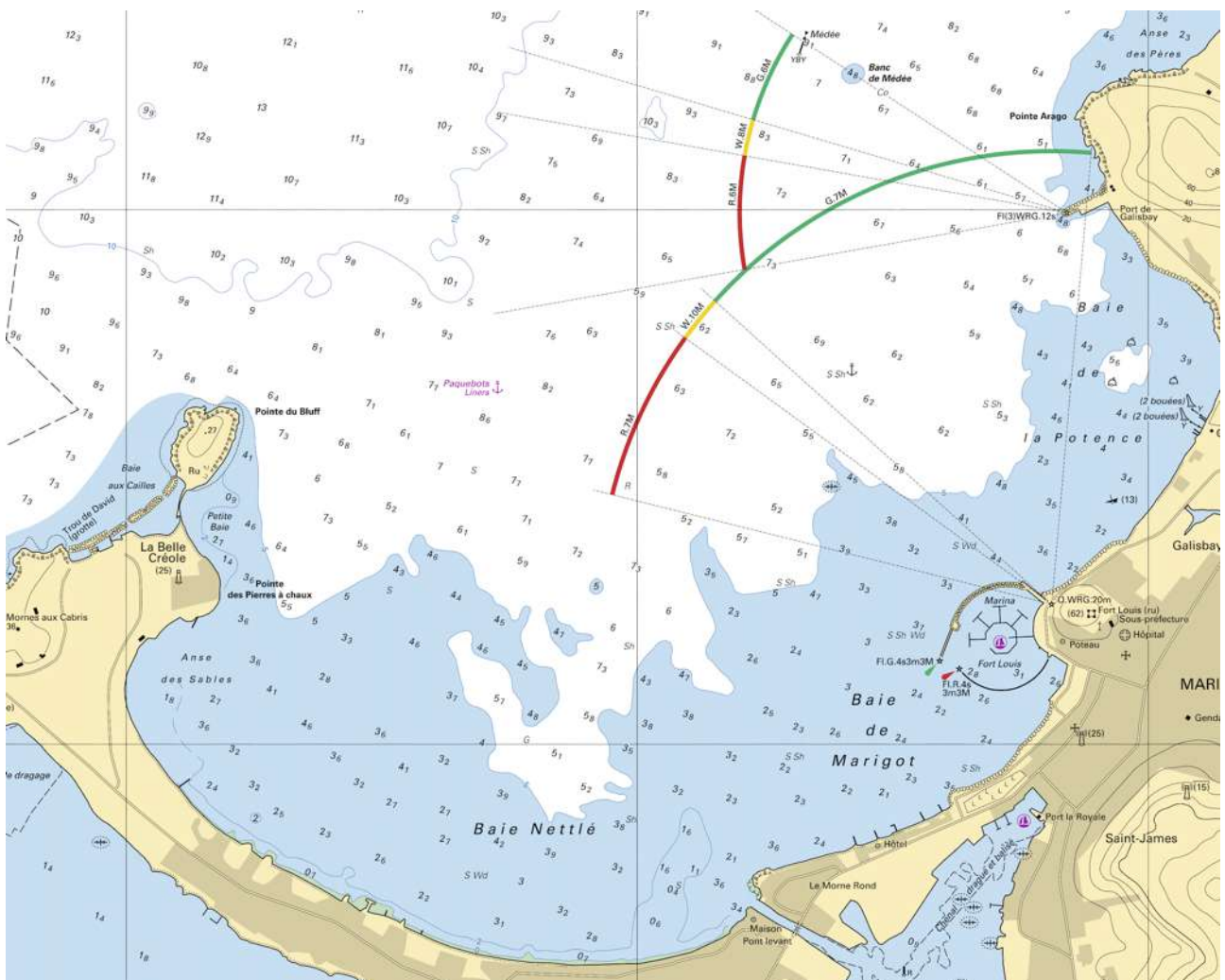


Figure 9 : Bathymétrie de la Grand'Baie (source SHOM)

## 1.3 L'ÉTUDE DE L'ANALYSE DU TRAFIC MARITIME ET DES ZONES DE MOUILLAGES DES NAVIRES

Courant de l'été 2022, il a été lancé par le port une étude sur la fréquentation nautique. Cette étude doit analyser les données AIS (signalment automatique international des navires par émissions satellites) et au moyen de la photo-interprétation des images satellites. Ces deux méthodes devant ainsi se compléter pour fournir des données précises.

La période de référence qui a été choisie et celle de mai 2021 à mai 2022. Les objectifs de cette étude sont donc :

- ▷ De comprendre la fréquentation de la baie par saison, mais aussi par typologie de navires
- ▷ De voir s'il y a des zones préférentielles de mouillages des différentes classes de navire et également s'il y a une saisonnalité
- ▷ De permettre de définir des stations de plongée qui pourront vérifier *in situ* l'impact ou non des mouillages.

En première approche, l'étude a montré que sur la période de référence, il y avait 613 079 positions pour 1 282 navires différents. La carte ci-dessous permet d'avoir une première idée sur les zones où les navires mouillent. On peut y voir sans traitement particulier des figures caractéristiques en arc de cercle qui sont des navires au mouillage qui évitent sur leurs ancres. Comme attendu, ces arcs de cercle sont principalement orientés du 225° au 360, c'est-à-dire avec des orientations de vent venant de l'Est (et du secteur NE-SE).

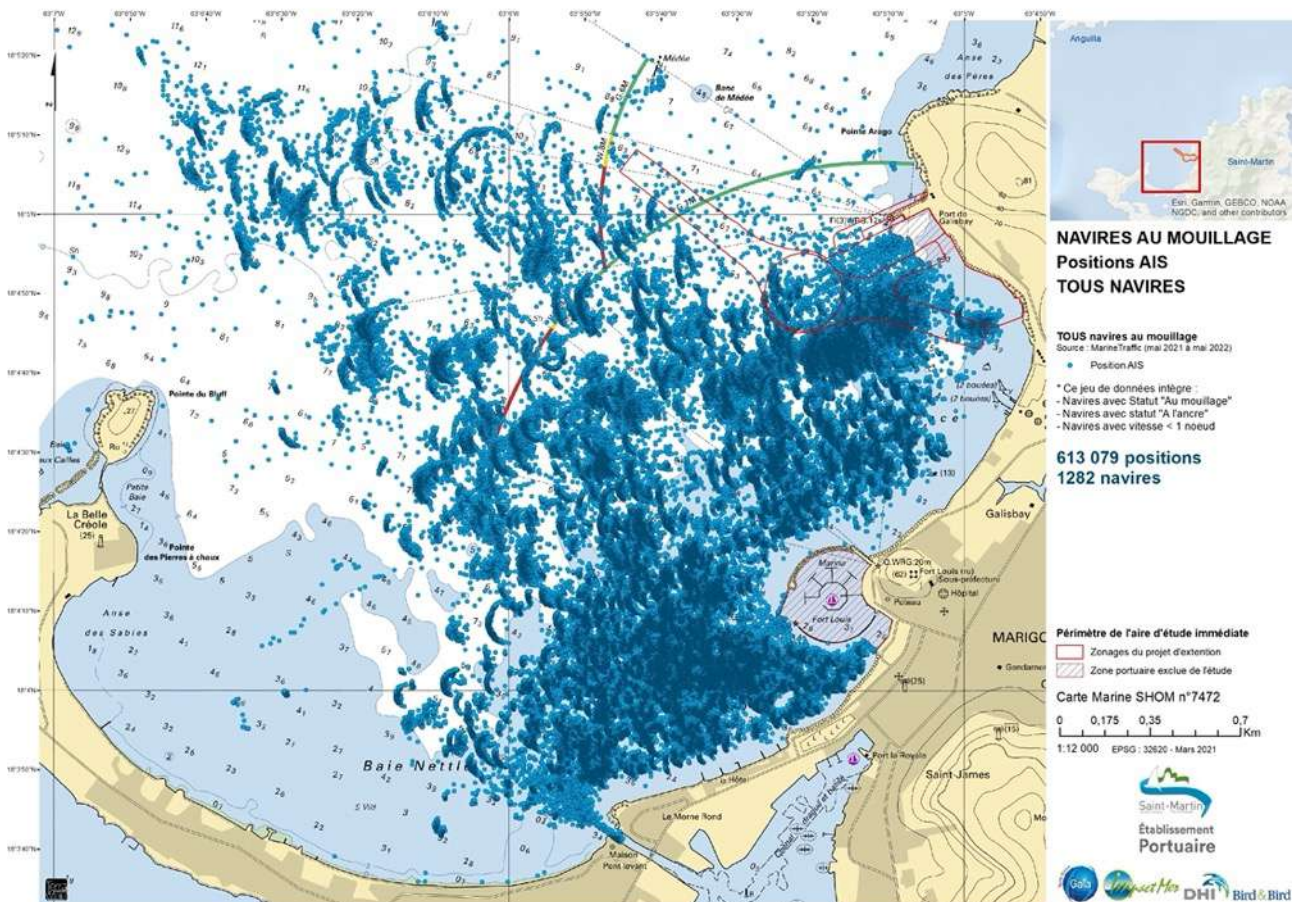


Figure 10 : Placement global des positions AIS sur la zone d'étude et sur la période de mai 2021 à mai 2022 (source Terra Maris, 2022)

Type	Positions	Navires
Voiliers	424 584	798
Loisir - Yachts	131 505	414
Divers	13 565	31
Cargo - Tanker	22 898	21
Passagers	20 527	18
<b>Total</b>	<b>613 079</b>	<b>1282</b>

Figure 11 : Typologie des navires (source Terra Maris, 2022)

L'étude a permis d'établir des cartes de densité des mouillages sur les 3 catégories de navires. Le but est de pouvoir déterminer des stations pour la réalisation d'investigations complémentaires en plongée.

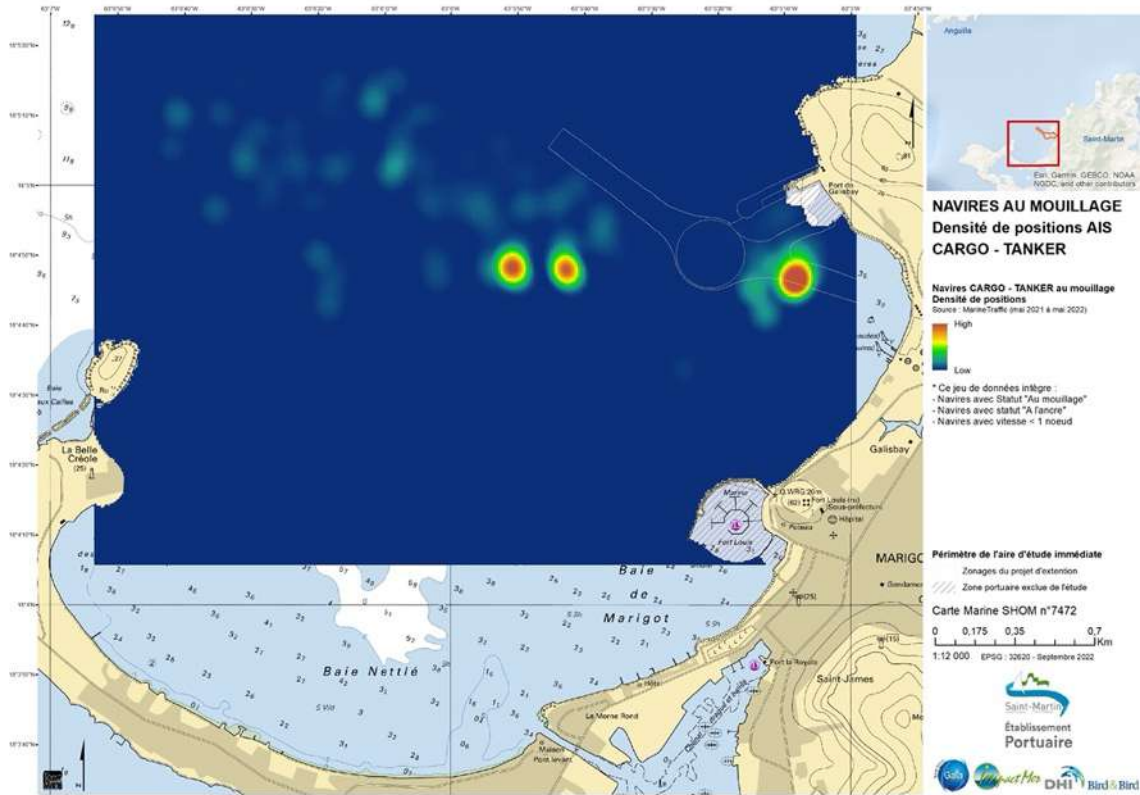


Figure 12 : Exemple de carte de densité des mouillages pour les navires de commerce (source Terra Maris, 2022)

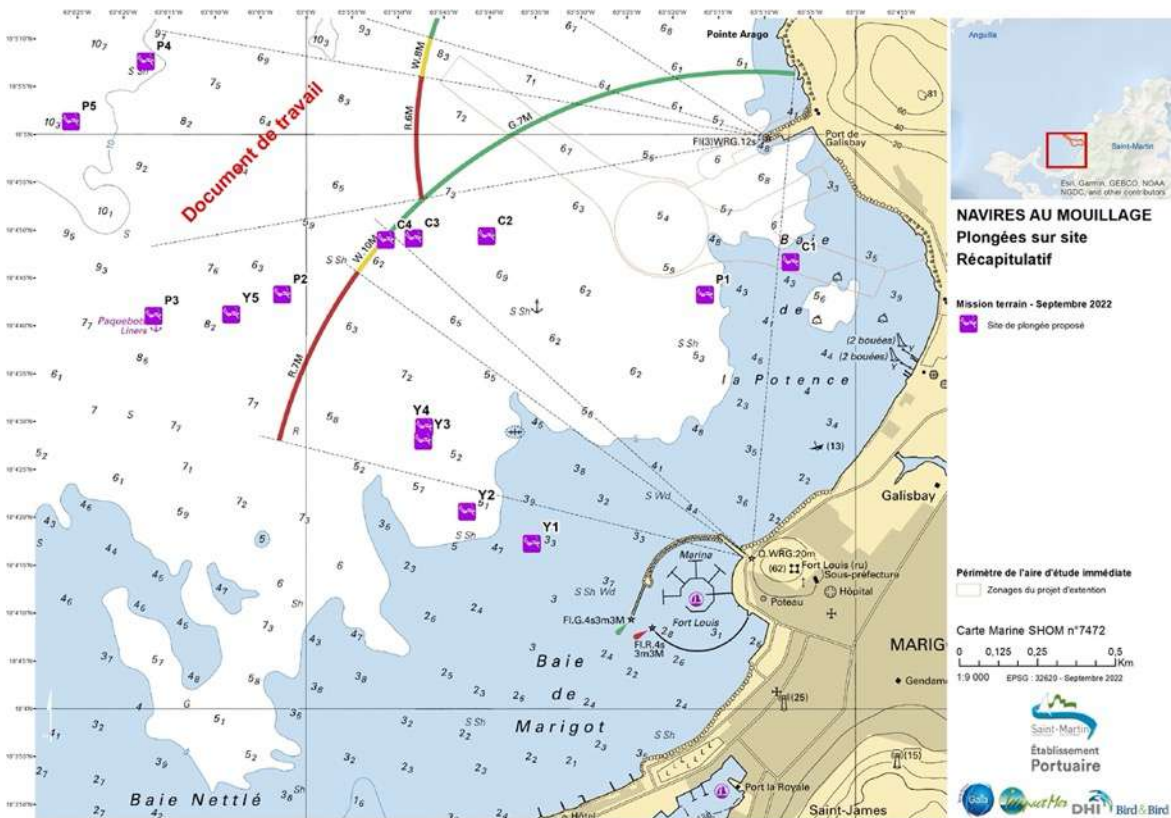


Figure 13 : Localisation des stations de plongée (source Terra Maris, 2022)

## 1.4 OBJECTIFS DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

Les objectifs des investigations complémentaires sont donc les suivants :

- ▷ Observer sur les stations choisies par l'étude de Terra Maris/i-Sea les traces des mouillages de différents navires
- ▷ Observer sur ces zones une éventuelle cicatrisation et/ou une modification de la qualité de l'herbier.

## 2 MATERIEL ET METHODE

### 2.1 MOYENS DEPLOYES

Il a été réalisé 2 journées d'investigation en plongée sous-marine, le 6 et le 8 septembre 2022, avec Guillaume Tollu d'Impact Mer (plongeur Classe IB) et Didier Grosdemange de Gaïa – Terre bleue (plongeur Classe IIB), en utilisant le navire et les moyens de sécurité et d'encadrement de la Réserve Naturelle de Saint-Martin (COH et surveillant de surface – Chris Joe).

### 2.2 METHODE

La méthode retenue a été la « chasse à vue » autour des points prédéfinis, dans un but uniquement qualitatif avec la réalisation de photographies sous-marine.

Les 14 sites ont été investigués sur les 2 jours avec en plus un second passage au niveau de la zone de mouillage de l'*Ocean Princess*, pétrolier de 113 m qui était mouillé sur la zone et qui est parti le 7 septembre 2022.

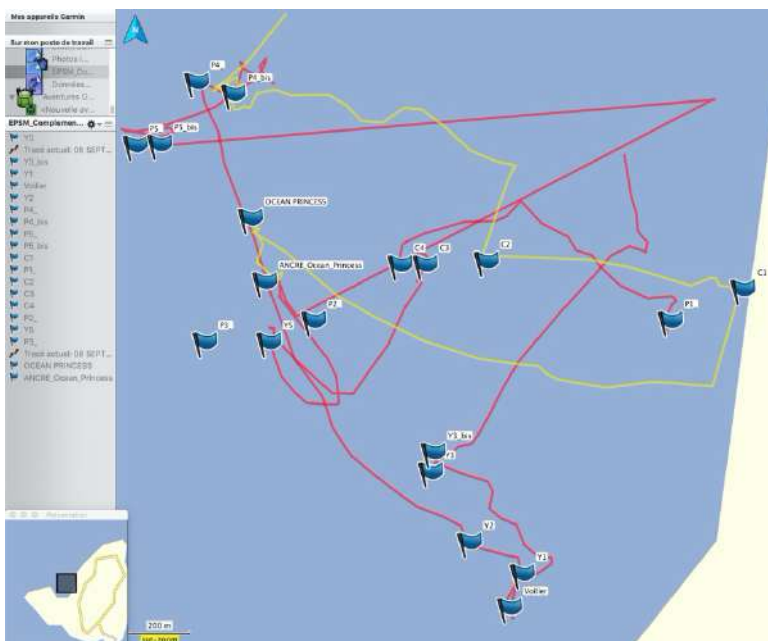


Figure 14 : Localisation et caractéristiques des sites investigués

#	Réf.	Date	Prof.
1	Y3	06/09/2022	7,2 m
2	Y1	06/09/2022	4,8 m
3	Voilier	06/09/2022	4,4 m
4	Y2	06/09/2022	6,0 m
5	P4	06/09/2022	10,1 m
6	P5	06/09/2022	11,6 m
7	Ancre-Y5	06/09/2022	8,4 m
8	P2	06/09/2022	8,1 m
9	C3	06/09/2022	7,5 m
10	P1	06/09/2022	5,5 m
11	P3	08/09/2022	9,7 m
7bis	Ancre-Y5	08/09/2022	8,0 m
12	C2	08/09/2022	5,0 m
13	C1	08/09/2022	8,8 m

## 3 RESULTATS

### 3.1 DESCRIPTIF SYNTHETIQUE DES SITES

#### 3.1.1 Site #1 – Y3 – 7,2 m



La composition de l'herbier est très mixée : *Syringodium filiforme* majoritaire plus *Halophila stipulacea* et *Thalassia testudinum* et quelques macroalgues éparses. La densité de la zone prospectée est variable avec beaucoup de bioturbation.

Même si la zone ne présente pas de trace évidente de mouillage, elle est significativement perturbée et cela pourrait être imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone impliquant un remaniement partiel des sédiments.

#### 3.1.2 Site #2 – Y1 – 4,8 m



La composition de l'herbier est très mixée : *Thalassia testudinum* prépondérant avec *Syringodium filiforme* modérément denses plus *Halodule* et de nombreuses macroalgues, par endroits majoritaires. La densité de la zone prospectée est variable avec beaucoup de bioturbation.

Même si la zone ne présente pas de trace évidente de mouillage, elle est significativement perturbée et cela pourrait être imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone.

### 3.1.3 Site #3 – Voilier proche de Y1 – 4,4 m



La composition de l'herbier est modérément mixée : *Thalassia testudinum* majoritaire plus *Syringodium filiforme* et diverses macroalgues. La densité de la zone prospectée est variable avec beaucoup de bioturbation et des zones nues. Un voilier d'environ 15m est mouillé sur zone. Il dispose d'un mouillage assez court d'une trentaine de mètres de chaîne. L'ancre est visible et les traces de son action de glissement puis de calage lors du mouillage est visible. Même si la zone ne présente pas d'autre trace évidente de mouillage, elle est significativement perturbée et cela pourrait être imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone.

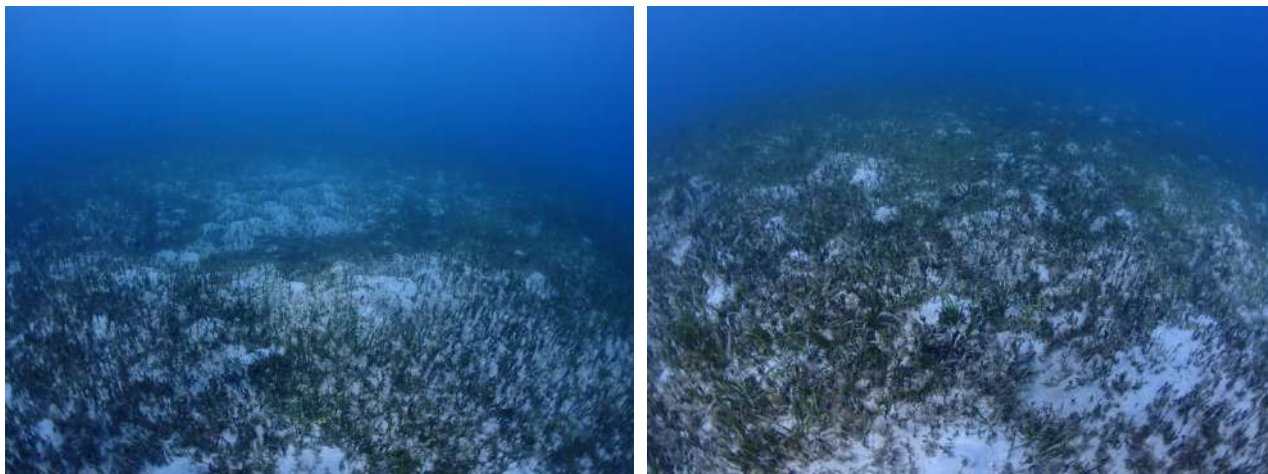
### 3.1.4 Site #4 – Y2 – 6 m



La composition de l'herbier est modérément mixée : *Thalassia testudinum* majoritaire plus *Syringodium filiforme* et diverses macroalgues éparses. La densité de la zone prospectée est variable avec beaucoup de bioturbation et des zones nues.

Même si la zone ne présente pas de trace évidente de mouillage, elle est significativement perturbée et cela pourrait être imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone.

## 3.1.5 Site #5 – P4 – 10,1 m



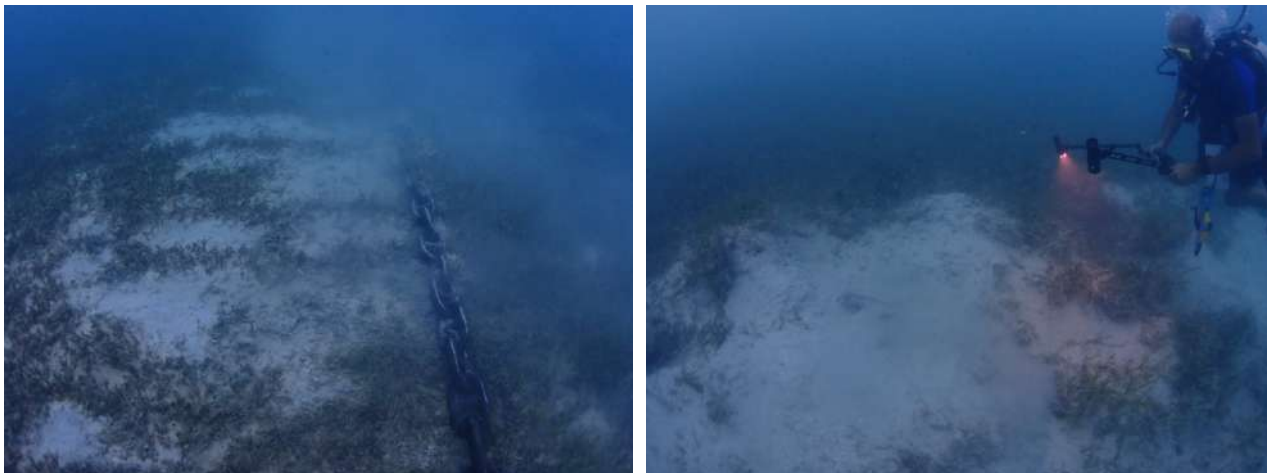
La composition de l'herbier est modérément mixée : *Thalassia testudinum* majoritaire plus *Syringodium filiforme* et diverses macroalgues. La densité de la zone prospectée est variable avec beaucoup de bioturbation et des zones nues. Même si la zone ne présente pas de trace évidente de mouillage, elle est significativement perturbée et cela pourrait être imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone.

## 3.1.6 Site #6 – P5 – 11,6 m



La composition de l'herbier est fortement mixée : *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* tour à tour majoritaires plus diverses macroalgues. La densité de la zone prospectée est variable avec beaucoup de bioturbation, des zones nues et des traces bien marquées de chaînes (photo de gauche) et d'ancres (photo de droite) de navires. La zone est donc visiblement perturbée et cette perturbation est au moins partiellement imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone.



3.1.7 Site #7 – Chaîne et ancre du navire *Ocean Princess*, près de Y5 – 8,4 m

La composition de l'herbier est très mixée : *Syringodium filiforme* majoritaire plus *Halophila stipulacea* et *Thalassia testudinum* et des zones de macroalgues éparses. La densité de la zone prospectée est variable avec beaucoup de bioturbation. La chaîne et l'ancre du *Ocean Princess* ont pu être localisées sur zone. Les zones d'impact direct et des zones proches d'impacts antérieurs imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone sont parfaitement identifiables.

## Site #7 bis



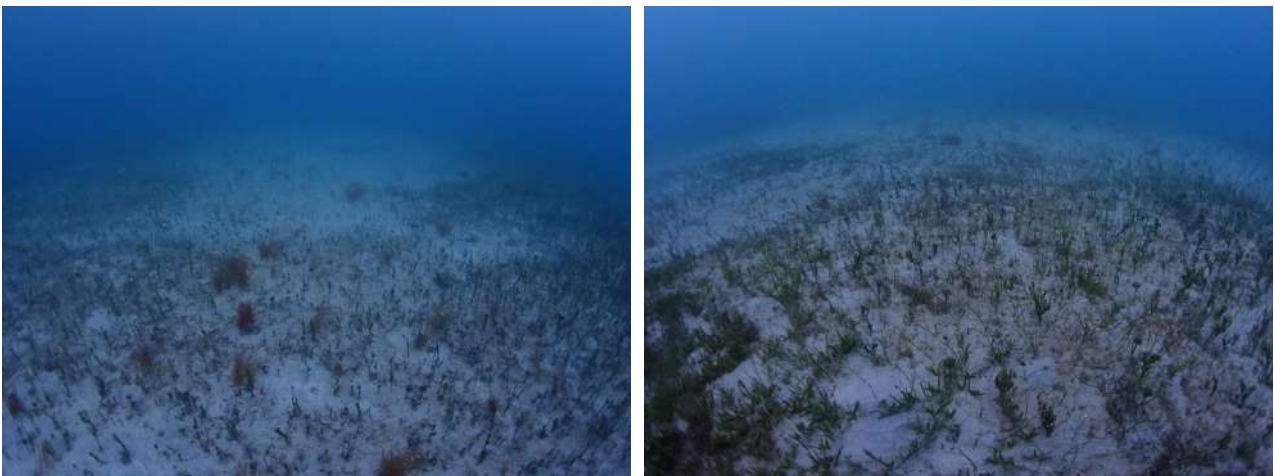
Au départ du *Ocean Princess*, les motifs de labours de l'herbier laissés par les chaînes et l'ancre sont parfaitement identifiables. D'anciens motifs dans le voisinage sont également observés.

### 3.1.8 Site #8 – P2 – 8,1 m



La composition de la zone est plus celle d'une algueraie que d'un herbier. Ce sont ici les phanérogames qui sont éparées. La densité de la zone prospectée est variable avec beaucoup de bioturbation. Même si la zone ne présente pas de trace évidente de mouillage, elle est significativement perturbée et cela pourrait être imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone.

### 3.1.9 Site #9 – C3 – 7,5 m



L'herbier de la zone est majoritairement constitué de *Syringodium filiforme* plus *Halophila stipulacea* et des macroalgues. Peu dense, il est marqué par de larges zones nues. Vu la faible densité du peuplement, aucune hypothèse ni conclusion ne peut être formulée sur la détection de motifs en lien avec des ancrages sur ce site.

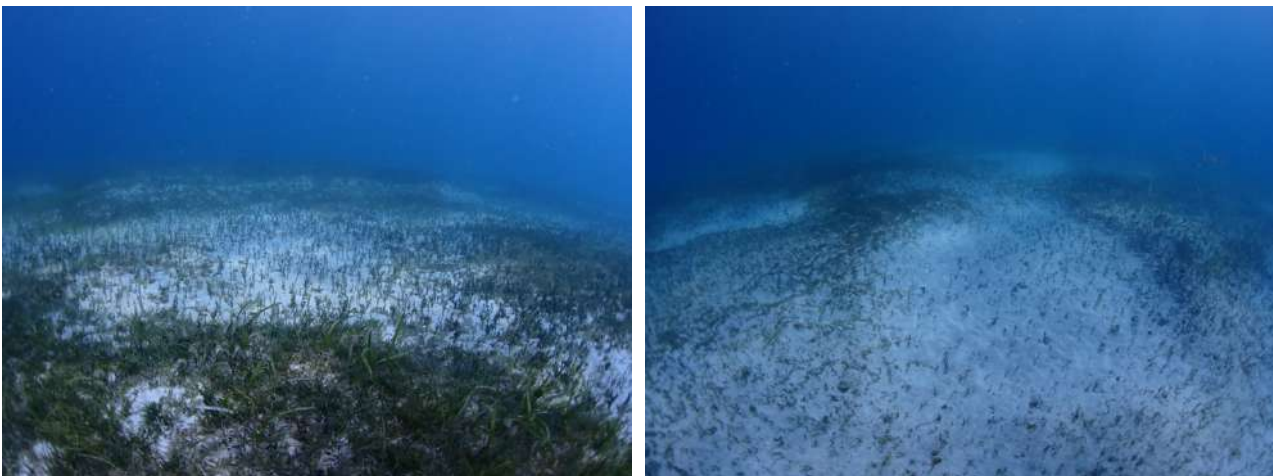
### 3.1.10 Site #10 – P1,5 – 5 m



L'espèce exotique envahissante *Halophila stipulacea* est seule présente sur zone et se présente en densités variables avec beaucoup de bioturbation et de zones de fonds meubles nus.

Même si la zone ne présente pas de trace évidente de mouillage, elle est significativement perturbée et cela pourrait être imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone.

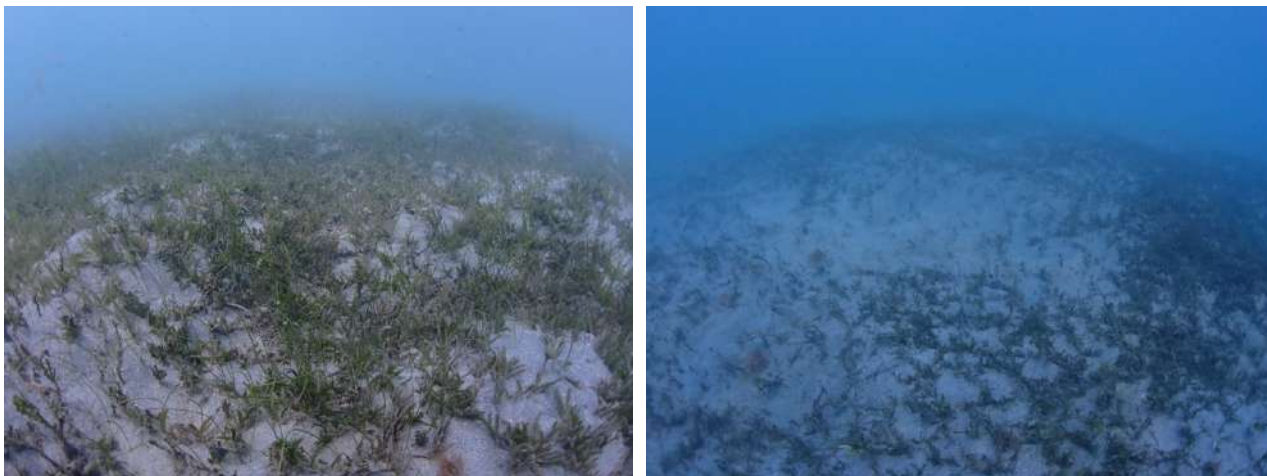
### 3.1.11 Site #11 – P3 – 9,7 m



La composition de l'herbier est très mixée : *Syringodium filiforme* majoritaire plus *Halophila stipulacea* par patches denses mal discontinus avec également *Thalassia testudinum* et quelques macroalgues éparses. Des patches de macroalgues en peuplements majoritaires, donc des zones effectives d'algues sont aussi observées. La densité de la zone prospectée est variable avec beaucoup de bioturbation et de zones de sédiments nus.

Même si la zone ne présente pas de trace évidente de mouillage, elle est significativement perturbée et cela pourrait être imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone.

## 3.1.12 Site #12 – C2 – 5 m



La composition de l'herbier est très mixée : *Syringodium filiforme* majoritaire plus *Halophila stipulacea* par patches denses mais discontinus avec également *Thalassia testudinum* et quelques macroalgues éparses. Des patches de macroalgues en peuplements majoritaires, donc des zones effectives d'algues sont aussi observées. La densité de la zone prospectée est variable avec des zones de densités de peuplements vraiment limités, beaucoup de bioturbation et de zones de sédiments nus.

Même si la zone ne présente pas de trace évidente de mouillage, elle est significativement perturbée et cela pourrait être imputable à la fréquence importante de mouillages opérés sur la zone.

## 3.1.13 Site #13 – C1 – 8,8 m



Cette zone à proximité immédiate du bassin portuaire est intégralement sédimentaire et visiblement continuellement remaniée par le mouillage des différents navires séjournant sur zone en lien avec l'activité portuaire.

## 3.2 SYNTHÈSE

#	Réf.	Date	Profondeur	Sédiment	Herbier	Impact ?
1	Y3	06/09/2022	7,2 m	Sables	SF + HS + TT + MA	Perturbation
2	Y1	06/09/2022	4,8 m	Sables et fines	TT + SF + MA	Perturbation
3	Voilier	06/09/2022	4,4 m	Sables et fines	TT + SF + MA	Perturbation
4	Y2	06/09/2022	6,0 m	Sables et fines	TT + SF + MA	Perturbation
5	P4	06/09/2022	10,1 m	Sables	TT + SF + MA	Perturbation
6	P5	06/09/2022	11,6 m	Sables	TT/SF + MA	Perturbation
7	Ancre-Y5	06/09/2022	8,4 m	Sables	SF + HS + TT + MA	Ancre/Chaîne
8	P2	06/09/2022	8,1 m	Sables	MA	Perturbation
9	C3	06/09/2022	7,5 m	Sables	SF + HS + MA	Perturbation
10	P1	06/09/2022	5,5 m	Sables	HS	Perturbation
11	P3	08/09/2022	9,7 m	Sables	SF + HS + TT + MA	Perturbation
7bis	Ancre-Y5	08/09/2022	8,0 m	Sables	SF + HS + TT + MA	Ancre/Chaîne
12	C2	08/09/2022	5,0 m	Sables	SF + HS + TT + MA	Perturbation
13	C1	08/09/2022	8,8 m	Sables et fines	-	Remaniement

Figure 15 : Synthèse des sites investigués

## 4 DISCUSSION

### 4.1 CALCUL DE L'IMPACT DU MOUILLAGE SUR L'HERBIER

Comme vu précédemment, le constat des mouillages est flagrant et montre à la fois le labourage de l'ancre et également le fauchage de la chaîne lors de ses déplacements d'évitement sur le fond.



Figure 16 : Trace de labourage à gauche qui coupe franchement l'herbier et trace de fauchage de la chaîne sur le fond lors de l'évitement du navire. La zone ici fait une dizaine de mètres de large.

À ce stade, il est donc intéressant de faire une approche par le calcul pour estimer les surfaces annuellement impactées par le mouillage des navires dans la Grand'Baie.

#### 4.1.1 Utilisation du tableau de l'OFB

L'OFB lors d'étude sur l'impact des mouillages en Méditerranée a fait paraître un tableau d'abaques des surfaces impactées par les mouillages. Ce tableau est fonction de la profondeur du mouillage, de la taille du navire et permet de définir une estimation de la longueur de la chaîne (LC) comme reposant sur le fond. Ce tableau donne ainsi deux valeurs de la surface d'abrasion en  $m^2$  avec une estimation favorable (EF) sur la base d'un évitement de  $45^\circ$  et sur une estimation défavorable (ED) sur la base d'un évitement de  $360^\circ$ .

Pour reprendre, l'exemple de l'*Ocean Princess*, navire de 113 m, mouillant sur la zone du « large » par 10 m de fond, sa chaîne reposant sur le fond serait d'environ 23,5 m et la surface d'abrasion minimale EF de **217  $m^2$**  et la surface totale de **1195  $m^2$** .

Depth/ Vessel length	0-5m	5.1- 10m	10.1- 15m	15.1- 20m	20.1- 25m	25.1- 30m	30.1- 40m	40.1- 50m
<b>&lt;15m LC</b>	9.0	10.0	9.5	9.0	7.5	6.5	N/A	N/A
EF	32	39	39	39	39	39	39	39
ED	255	314	314	314	314	314	314	314
<b>15-50m LC</b>	13.0	17.0	20.0	22.0	24.0	25.0	26.50	27.50
EF	66	113	157	190	226	245	276	297
ED	531	908	1257	1521	1810	1964	2206	2376
<b>50-100m LC</b>	14.5	19.0	22.5	25.5	28.0	30.0	34.50	38.50
EF	83	142	199	255	308	353	467	582
ED	661	1134	1590	2043	2463	2827	3739	4657
<b>&gt;100m LC</b>	15.0	19.5	23.5	26.5	29.0	31.0	35.50	39.00
EF	88	149	217	276	330	377	495	597
ED	707	1195	1735	2206	2642	3019	3959	4778

Tableau 1 : Surface d'abrasion estimée en fonction de la profondeur et la taille du navire (source OFB, 2020)

#### 4.1.2 Approche par le calcul de la surface d'abrasion par arc de cercle

Il est aussi possible d'essayer d'estimer, par le calcul, la surface d'abrasion. Il est d'usage pour les navires de commerce de mouiller sur les petits fonds **au moins 5 fois** la profondeur.

*L'Ocean Princess* est un pétrolier de 2003, de 113 m de long et de 18 m de large. Son tirant d'eau en charge est de 6 m. Avec un angle d'arc de cercle d'évitement de 90 ° et 50 m de chaîne sur le fond, la surface calculée est de :

$$A = \Pi \times r^2 \times (\text{angle}/360^\circ)$$

La surface d'abrasion a ainsi été calculée pour différentes longueurs de chaînes sur le fond et d'angles d'évitement :

Angle d'évitement/longueur de chaînes	45°	60°	90°
35 m	481 m <sup>2</sup>	641 m <sup>2</sup>	962 m <sup>2</sup>
50 m	981 m <sup>2</sup>	1 308 m <sup>2</sup>	1 963 m <sup>2</sup>

Tableau 2 : Surface d'abrasion calculée pour l'Ocean Princess mouillant par 10 m de fond dans la Grand'Baie

Lors de la plongée du 6 septembre, nous avons pu constater sur le fond environ une 50aine de mètres de chaîne.

En première approche, nous pouvons retenir comme hypothèse une surface d'abrasion approchée de 1 000 m<sup>2</sup> (moyenne des 6 calculs) pour un navire de plus de 100m mouillant dans la Grand'Baie.

#### 4.1.3 Estimation des surfaces d'abrasion pour les mégayachts

La même méthode peut être appliquée à chaque type de navire de référence.

Les Yachts qui ont mouillé, en 2021/2022, sur les stations Y font entre 40 et 86 m, comme le Rochade (47m), Alejandra (41m), Hercules (50m), Panthalassea (56 m), North Star (63 m), Archimedes (71m), Joy (70m), Saudade (44m), Shake N bake TBD (49m), Aquila (86m), Chakra (86m).



Figure 17 : Navire Chakra (86m) à gauche et North Star (63m) à droite (source Marine Traffic)



Figure 18 : Navire Panthalassa (56m) à gauche et Aquila (86m) (source Web)

Les tirants d'eau de ces navires sont entre 4 et 6 m. Ils mouillent sur des fonds de 7 m, soit des longueurs de chaîne sur le fond entre 20 et 35 m.

Angle d'évitement/longueur de chaînes	45°	60°	90°
20 m	157 m <sup>2</sup>	210 m <sup>2</sup>	314 m <sup>2</sup>
35 m	481 m <sup>2</sup>	641 m <sup>2</sup>	962 m <sup>2</sup>

Tableau 3 : Surface d'abrasion calculée pour les mégayachts mouillant par 7 m de fond dans la Grand'Baie

En moyenne (pour ces 3 angles), la surface d'abrasion d'un mouillage d'un mégayacht est d'environ 460 m<sup>2</sup>.

#### 4.1.4 Estimation de la surface d'abrasion totale annuelle sur les stations Y, P et C

Les stations P1, C1 ont été écartées. Sur l'année de référence et sur les stations de plongée sélectionnées, la surface impactée sur l'année de référence donne les résultats suivants :

Type de navire	Zones de mouillages	Nombre de mouillage	Surface moyenne d'abrasion	Total sur l'année 2022
Paquebots	P2, P3, P4 et P5	4	1 000 m <sup>2</sup>	4 000 m <sup>2</sup>
Cargos	C2, C3 et C4	5	1 000 m <sup>2</sup>	5 000 m <sup>2</sup>
Yacht	Y1 à Y5	25	460 m <sup>2</sup>	11 500 m <sup>2</sup>
Total				20 000 m <sup>2</sup>

Figure 19 : Estimation de la surface d'abrasion pour les zones Y, C et P



Nous pouvons constater que 34 actions de mouillages des unités les plus grosses (entre 40 et 200m) ont détruit ou endommagé **environ 2 ha d'herbier**, sur environ 9 zones de mouillages dans la Baie.

#### 4.1.5 Estimation de la surface d'abrasion totale pour les navires de plus de 40 m

Le même exercice peut être ainsi généralisé sur la base des données AIS de la période d'étude (rapport i-Sea/Terra maris) de mai 2021 à mai 2022.

Sur cette période, les actions de mouillage ont pu être décomposées comme suit, sur l'ensemble de la Grand'Baie :

Type de navire	Nombre d'action de mouillage	Surface moyenne d'abrasion	Total sur l'année 2022
Paquebots et cargos	67	1 000 m <sup>2</sup>	67 000 m <sup>2</sup>
Yacht	89	460 m <sup>2</sup>	40 940 m <sup>2</sup>
Total			107 940 m <sup>2</sup>

Tableau 4 : Surface d'abrasion calculée pour les navires de plus de 40 m qui ont fréquenté la Grand'Baie durant la période de mai 2021 à mai 2022

Les 156 navires qui ont mouillé dans la Grand'Baie ont impacté directement sur la période de 1 année plus de 10,7 ha d'herbier.

#### 4.1.6 Estimation de la surface d'abrasion des voiliers et navire de plaisance de moins de 20m

Le même exercice peut être fait avec un navire de moins de 20 m qui mouille sur les des fonds inférieurs à 4 m CM et qui file environ 10 m de chaîne sur le fond.



Figure 20 : Effet du mouillage sur le fond. L'ancre a chassé une première fois (photo de droite) avant de s'enfouir (photo de gauche)

Angle d'évitement/longueur de chaînes sur le fond	45°	60°	90°
10 m	39 m <sup>2</sup>	52 m <sup>2</sup>	79 m <sup>2</sup>

Tableau 5 : Surface d'abrasion calculée pour les navires de plaisance de moins de 20m mouillant par 4 m de fond dans la Grand'Baie

En première approche, nous pouvons retenir comme hypothèse une surface d'abrasion approchée de 56 m<sup>2</sup> (moyenne des 3 calculs) pour un navire de plaisance de moins de 20m mouillant dans la Grand'Baie.

Sur la période de l'étude i-Sea/Terra Maris, il a été noté la présence de 728 navires qui ont pu avoir une action de mouillage. L'estimation des surfaces d'abrasion est donc la suivante :

Type de navire	Nombre d'action de mouillage	Surface moyenne d'abrasion	Total sur l'année 2022
Navire de plaisance de moins de 20m	728	56 m <sup>2</sup>	40 768 m <sup>2</sup>
Total			40 768 m <sup>2</sup>

Tableau 6 : Surface d'abrasion calculée pour les navires de plus de 40 m qui ont fréquenté la Grand'Baie durant la période de mai 2021 à mai 2022

Les 728 navires de plaisance qui ont mouillé dans la Grand'Baie ont impacté directement sur la période de 1 année plus de 4,8 ha d'herbier.

#### 4.2 COMPARAISON DE LA SURFACE D'IMPACT ET DE LA TOTALITE DE LA COUVERTURE VEGETALE DE LA GRAND'BAIE

i-Sea et Impact Mer ont réalisé une étude sur la cartographie de l'herbier de la Grand'Baie par analyse de données satellites et par des vérités terrain en plongée. La carte ci-dessous reprend une version simplifiée où l'aplac de vert reprend l'herbier au sens large, avec ces composantes d'algues.

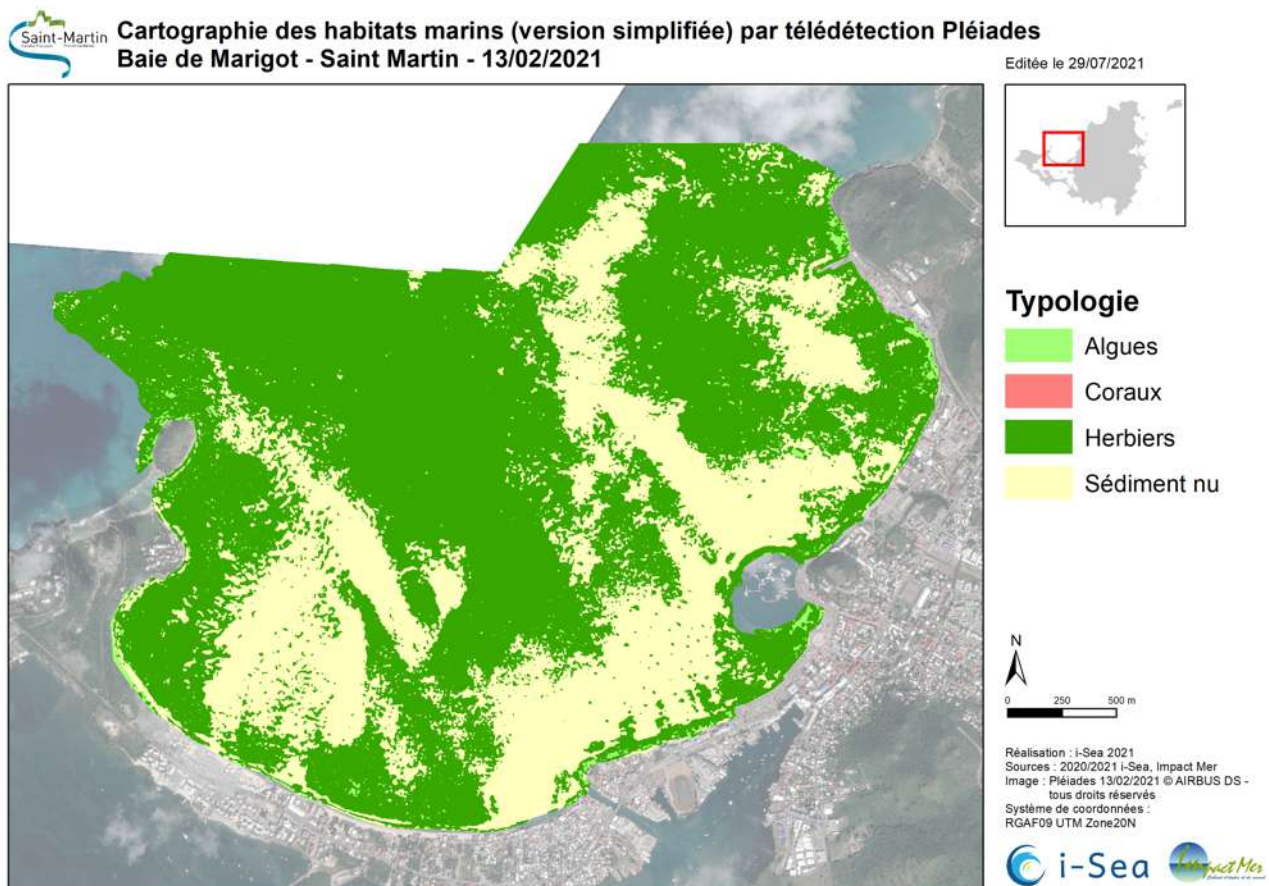


Figure 21 : Cartographie simplifiée de l'herbier dans le Grand'Baie (source i-Sea/Impact Mer, 2021)

Sur cette carte, la couche identifiée comme étant de l'herbier est d'environ 550 ha de surface et la couche Algues représente environ 8,3 ha.

**L'impact calculé et estimé et cumulé pour les navires qui ont mouillé dans la Grand'Baie pour la période de mai 2021 à mai 2022 est de 15,5 ha, ce qui représente environ 2,8% de la surface totale de l'herbier.**

Cependant, cet impact a été estimé sur une période de 1 an. Il est évident que pour la mise en place d'une mesure de réduction de cet impact, avec la mise en place de mouillage fixe « écologique » (ou dit de moindre impact), il est possible de calculer l'évitement de l'impact, c'est-à-dire les surfaces qui ne vont pas être impactées durant la durée de vie de l'aménagement, c'est-à-dire environ 30 ans.

Il devient donc impératif de réfléchir à des solutions de mouillage fixe avec :

- ▷ La création de ZMEL (en cours d'installation) sur la baie de Marigot (mais aussi sur d'autres baies, comme Grand-Case et Cul-de-sac)
- ▷ La mise en place d'environ une dizaine de mouillages pour les mégayachts
- ▷ La mise en place d'environ 3 coffres d'amarrage pour les paquebots et gros cargos ou pétroliers

Dans ce cadre la préservation en ha de l'herbier peut se calculer ainsi :

Type de navire	Nombre de mouillage	Surface moyenne évitée d'abrasion par an et par mouillage fixe écologique	Total sur les 30 ans de l'aménagement
Navire de plaisance (ZMEL de Marigot)	75	56 m <sup>2</sup>	126 000 m <sup>2</sup>
Mégayacht	10	460 m <sup>2</sup>	138 000 m <sup>2</sup>
Paquebots et Cargos	3	1 000 m <sup>2</sup>	90 000 m <sup>2</sup>
Total			<b>354 000 m<sup>2</sup></b>

**Tableau 7 : Surface d'abrasion évitée par l'installation de mouillages fixes écologiques sur la durée de l'aménagement (30 ans)**

La surface évitée d'impact par l'installation de mouillage fixe écologique sur la durée de 30 années représente environ **35,4 ha**. À cette surface, il faudra ajouter les autres projets de ZMEL et également les mesures sur l'amélioration de la qualité de l'eau sur le bassin versant et au niveau du marais de Marigot.