



- ▲ Accord cadre Port de Saint-Malo-Terminal du Naye. Réalisation d'études scientifiques, environnementales, socio-économiques, architecturales, paysagères et urbaines
- ▲ « Lot N 1 : Etudes naturalistes et environnementales »
- ▲ Marché subséquent N°2 : Etude endofaune benthique, macroalgues subtidales, herbiers

## ETUDE DES HERBIERS A ZOSTERES



Date : Septembre 2019

## SOMMAIRE

1	Contexte et objectifs de l'étude.....	1
2	Présentation de l'équipe.....	2
3	Matériels et méthodes.....	4
3.1	Moyens nautiques.....	4
3.2	Positionnement.....	4
3.3	Cartographie des enveloppes.....	5
3.4	Peuplements benthiques et plongées sous-marines.....	10
4	Résultats.....	14
4.1	Cartographie.....	14
4.2	Suivi stationnel (vitalité et peuplements benthiques).....	17
1.1.1.	<i>Vitalité</i> .....	17
1.1.2.	<i>Peuplements benthiques</i> .....	17
5	Discussion.....	25
5.1	Cartographie des enveloppes des herbiers.....	25
5.2	Vitalité.....	26
5.3	Granulométrie.....	27
5.4	Peuplements benthiques.....	28
5.5	Conclusions.....	28
6	Bibliographie.....	29

## FIGURES

Figure 1 : Périmètre d'étude des herbiers à zostères (BIOTOPE) .....	3
Figure 2 : Bar'ouf, le navire de TBM environnement.....	4
Figure 3 : Chalutier Louis Fage (cliché TBM).....	4
Figure 4 : Exemple de traitement d'image sonar réalisé sous Autochart ®.....	5
Figure 5 : Caméra vidéo sous-marine .....	6
Figure 6 : Lunette de Calfat utilisée pour l'observation directe (Source : Scubaland) .....	6
Figure 7 : Plan d'échantillonnage (SONAR et points vidéo) réalisé en 2018 .....	8
Figure 8 : Plan d'échantillonnage (SONAR et points vidéo) réalisé en 2019 .....	9
Figure 9 : Benne Day (cliché TBM) .....	10
Figure 10 : Différents éléments d'un pied de zostère marine et détermination de l'âge des feuilles (Auby et al., 2018) .....	11
Figure 11 : Plan d'échantillonnage Herbier « plongée et peuplements benthiques ».....	12
Figure 12 : Exemple de quadrats.....	13
Figure 13 : Echelle de mesure du « wasting disease » .....	13
Figure 14 : Secteurs couverts par les herbiers à zostères marines en 2019 (TBM, 2019) .....	15
Figure 15 : Evolution des enveloppes des herbiers à zostères marines par rapport aux données préexistantes.....	16
Figure 16 : Proportions des différentes fractions granulométriques .....	18
Figure 17 : Richesses et abondances moyennes.....	19
Figure 18 : Photographies de certaines espèces caractéristiques : Loripes orbiculatus, Lucinoma borealis, Aponuphis bilineata et Syllis garciai.....	20
Figure 19 : Groupes taxonomiques en termes de richesses .....	21
Figure 20 : Groupes taxonomiques en termes d'abondances .....	21
Figure 21: Proportions des différents groupes écologiques.....	24

## TABLEAUX

Tableau 1 : Paramètres de vitalité mesurés sur les herbiers aux stations STM13 et STM14 ...	17
Tableau 2 : Correspondances entre valeurs de l'AMBI et état écologique DCE .....	23

## 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

La Région Bretagne et la ville de Saint-Malo envisagent de mener des opérations d'aménagement portuaires.

Le premier projet concerne le port des Sablons géré par la Ville de Saint Malo. Il connaît aujourd'hui des installations vieillissantes et une saturation de sa capacité d'accueil. Les travaux envisagés doivent permettre de moderniser les installations et développer la capacité du plan d'eau et des services associés.

Le second projet, porté par la Région Bretagne, consiste en la modernisation du terminal Ferry du Naye. Ce dernier n'est plus en capacité d'accueillir de manière satisfaisante les nouveaux ferries, aux dimensions et capacités plus importantes que les navires datant de la construction du poste le plus récent (1998). Il est également nécessaire d'optimiser la gestion des espaces fret et passagers sur le terminal.

**Ce rapport présente les résultats d'une étude spécifiquement menée sur les herbiers de zostères dans le cadre de ces projets. Elle a pour objectif d'alimenter l'état initial des études environnementales demandées pour la réalisation des aménagements.**

Les zostères sont des phanérogames (plantes à fleurs) marines qui se développent sur les sédiments sableux et sablo-vaseux intertidaux et infralittoraux des côtes de la Manche et de l'Atlantique. Elles forment des herbiers, parfois denses, comparables aux prairies terrestres. Ces derniers constituent des réservoirs très riches de biodiversité, en permettant l'accomplissement de diverses fonctions pour d'autres espèces animales et végétales (croissance, nourrissage, reproduction, etc.). Les herbiers de zostères participent à certains habitats naturels d'intérêt communautaire. Le long des côtes Manche/Atlantique françaises, deux espèces sont observées sur les estrans et petits fonds côtiers, la zostère marine (*Zostera marina*) et la zostère naine (*Zostera noltei*). Les herbiers sont des milieux sensibles soumis à de fortes pressions anthropiques, notamment par modification de caractéristiques sédimentaires, altération de la qualité des eaux marines, impacts physiques (ancrages, dragages).

L'Ifremer met à disposition une carte (Les herbiers de zostères de la région Bretagne - Inventaire 2007 des sites – multi-sources) qui constitue la référence actuelle en termes d'inventaire et correspond à l'état des connaissances de localisation en 2007. Il s'agit d'une synthèse de différents travaux menés entre 1997 et 2007 par plusieurs équipes scientifiques, sur l'ensemble du territoire breton. En plus de cette compilation, des recherches complémentaires ont été faites.

Pour les herbiers à *Zostera marina* visibles sur l'ortholittorale 2000 ou sur les clichés originaux, la délimitation des polygones s'est faite par photo-interprétation (Lévêque, 2004). Les limites basses, en zone subtidale, dépendent de la transparence de l'eau. Les limites hautes ont pu être ajustées ou validées à l'aide de relevés GPS lors de campagnes de terrain.

**Plusieurs herbiers à *Zostera marina* sont identifiés à proximité des installations portuaires de Saint-Malo. Les données de l'Ifremer étant assez anciennes, des prospections complémentaires ont donc été menées dans un secteur sous influence potentielle des projets.**

## 2 PRESENTATION DE L'EQUIPE

- Benjamin Guyonnet : Coordination, rédaction, expertise taxonomique, missions de terrain.
- Aurélie Jolivet : Relecture.
- Mélia Decombe : Missions de terrain, analyses en laboratoire.
- Lucie Schuck : Missions de terrain, analyses en laboratoire.
- Arthur Chauvaud : Analyses en laboratoire.
- Sylvain Chauvaud : Missions de terrain.

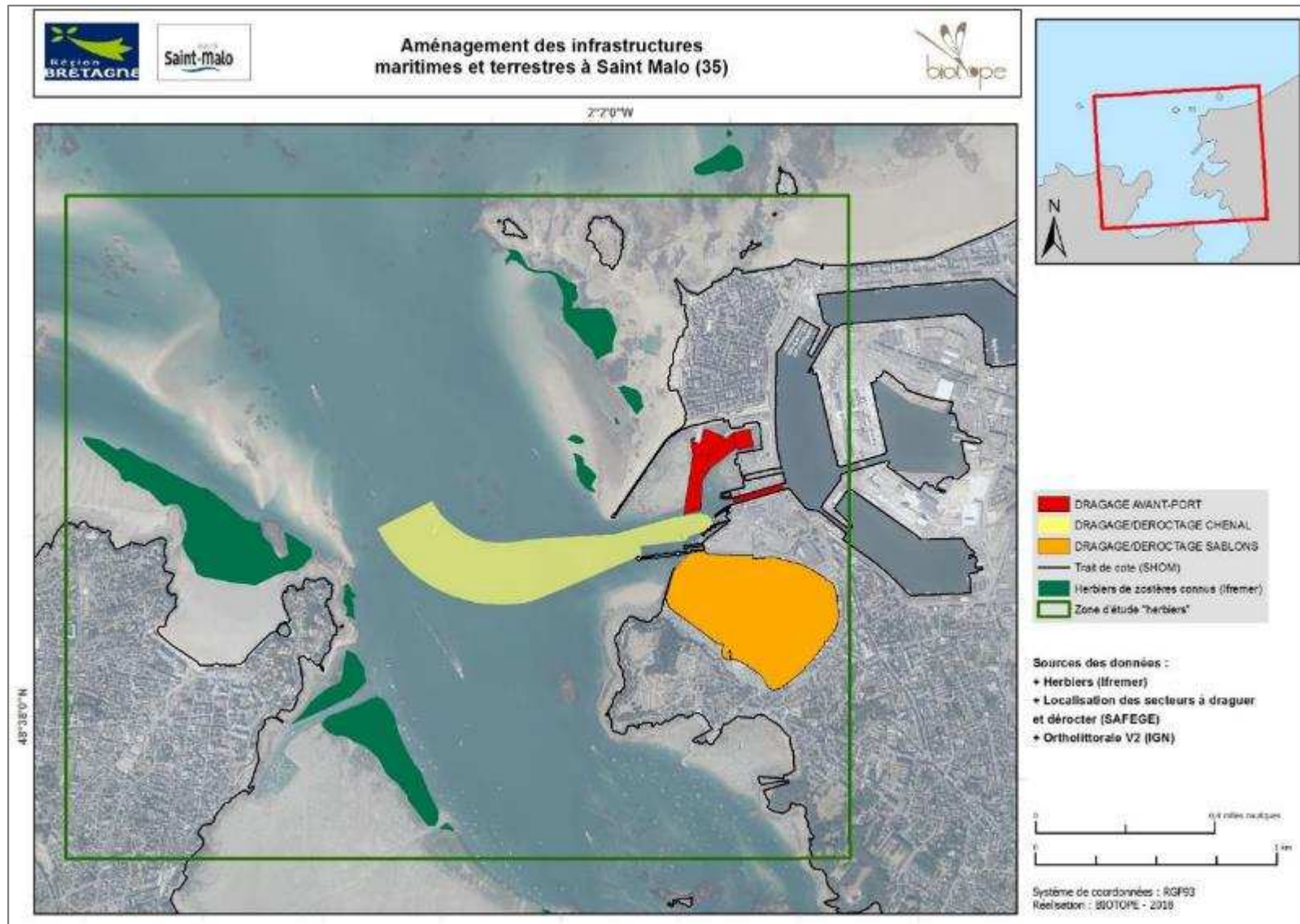


Figure 1 : Périmètre d'étude des herbiers à zostères (BIOTOPE)

## 3 MATERIELS ET METHODES

### 3.1 Moyens nautiques

#### 3.1.1 Cartographie et plongée

Pour les prospections en mer, l'équipe a été constituée de 3 personnes, dont un pilote, titulaire du permis côtier ou hauturier, habitué aux manœuvres avec le navire. Le navire du bureau d'étude, le Bar'ouf, a été déployé. Doté d'instruments de dernière génération et d'un espace suffisant pour accueillir l'ensemble du matériel et des équipes, ce navire de 6,50 m au faible tirant d'eau s'avère idéal pour mener à bien les investigations de terrain. Les opérations à la mer pour cette mission se sont déroulées le 16/10/2018 et les 29 et 30/05/2019 depuis le port de Saint-Malo.

#### 3.1.2 Peuplements benthiques

Les opérations à la mer pour cette mission se sont déroulées le 04/04/2019 depuis le port de Saint-Malo, à bord du navire Louis Fage.



Figure 2 : Bar'ouf, le navire de TBM environnement



Figure 3 : Chalutier Louis Fage (cliché TBM)

### 3.2 Positionnement

Deux GPS de la marque Humminbird équipent le Bar'ouf, un ONIX8 et un ONIX10, ce sont des GPS traceurs de cartes sondeurs. Sur le navire le Louis Fage, le logiciel de navigation Max Sea est utilisé avec une antenne GPS MC Marine. La précision de positionnement est de 1 à 3 mètres pour l'ensemble des équipements.

### 3.3 Cartographie des enveloppes

#### 3.3.1 Acquisition d'images sonar

Nous avons réalisé des acquisitions d'images au sonar, à l'aide d'instruments de marque Humminbird intégrés au navire :

- ✓ Un combiné Onix 8 SI : GPS haute précision avec antenne intégrée, sondeur 200/50kHz, sonar down imaging (283 kHz) et side-imaging à 180° (450 kHz) ;
- ✓ Un traceur lecteur Onix 10CP.

Ils permettent l'acquisition simultanée de données bathymétriques et d'images acoustiques géoréférencées. Ces dernières sont traitées sous Autochart ® avant intégration sous SIG (Figure 4).

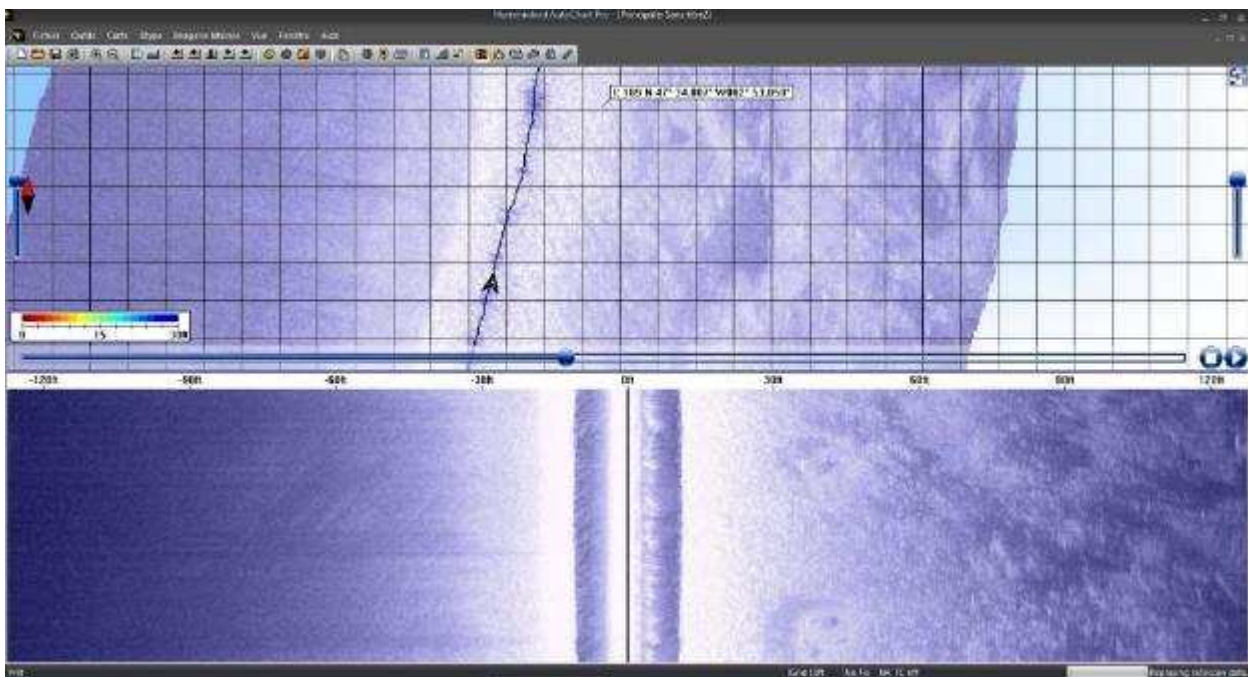


Figure 4 : Exemple de traitement d'image sonar réalisé sous Autochart ®

#### 3.3.2 Caméra sous-marine

Une caméra vidéo couleur avec ou sans LEDS incorporées a été utilisée (matériel conforme à la norme AFNOR NF-EN16260, décembre 2012). Les LEDS n'ont pas été utilisées lorsque la turbidité engendrait un effet de brillance. La caméra est fixée sur un bâti vertical (structure métallique conique) permettant d'être utilisée en point fixe ou en dérive (suspendu au-dessus du fond) (Figure 5). La caméra sous-marine a été utilisée afin de déterminer les habitats sur les points de prospections préalablement définis. De plus, une GoPro4 est fixée sur le bâti. Chaque prise de vue commence par



un plan sur une ardoise précisant la station. Ainsi, nous disposons d'un court film permettant de visualiser le fond.



*Figure 5 : Caméra vidéo sous-marine*

Dans les faibles profondeurs, une lunette de Calfat a également été utilisée pour valider en direct les habitats observés au sonar (Figure 6).



*Figure 6 : Lunette de Calfat utilisée pour l'observation directe (Source : Scubaland)*

Lors de nos observations, pour la densité de pieds, nous avons distingué 5 catégories :

- Herbier très clairsemé (CC : recouvrement <5%).
- Herbier clairsemé (C : recouvrement de 5 à 25%).
- Herbier moyennement dense (MD : recouvrement de 25 à 50 %).
- Herbier dense (D : recouvrement de 50 à 75%).
- Herbier très dense (TD : recouvrement de 75 à 100%).

### 3.3.3 Plan d'échantillonnage pour la cartographie des enveloppes

La cartographie des enveloppes des herbiers à zostères a consisté en la réalisation de (Figure 7 et Figure 8) :

- De transects au sonar afin de couvrir plusieurs portions des herbiers (21,3 km au total).
- De 89 points de vérification à la caméra sous-marine.

**PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE (SONAR ET  
POINTS VIDÉO) RÉALISÉ LE 16 OCTOBRE 2018**  
ÉTUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DES SUBSTRATS MEUBLES,  
DES MACROALGUES SUBTIDALES, DES HERBIERS À ZOSTÈRES

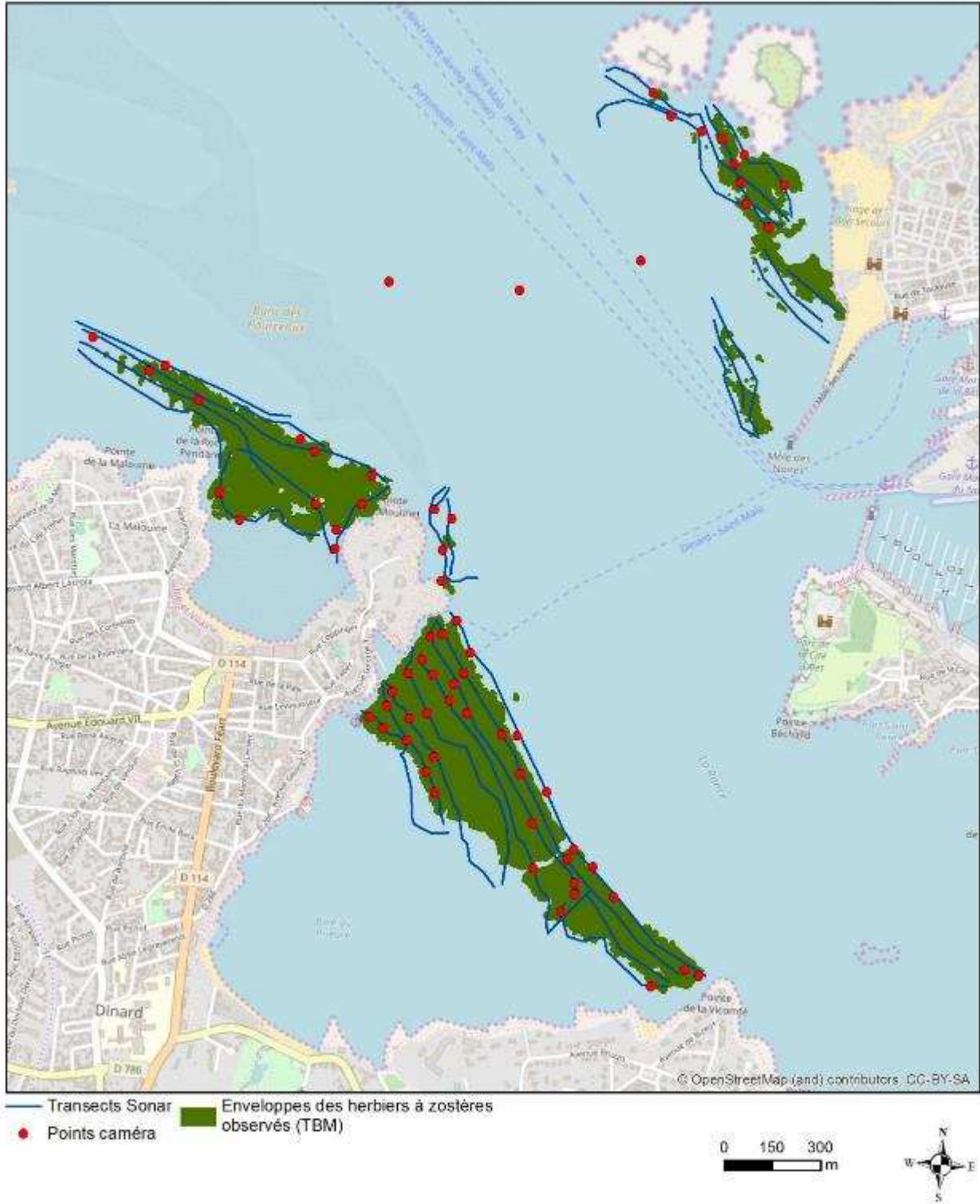
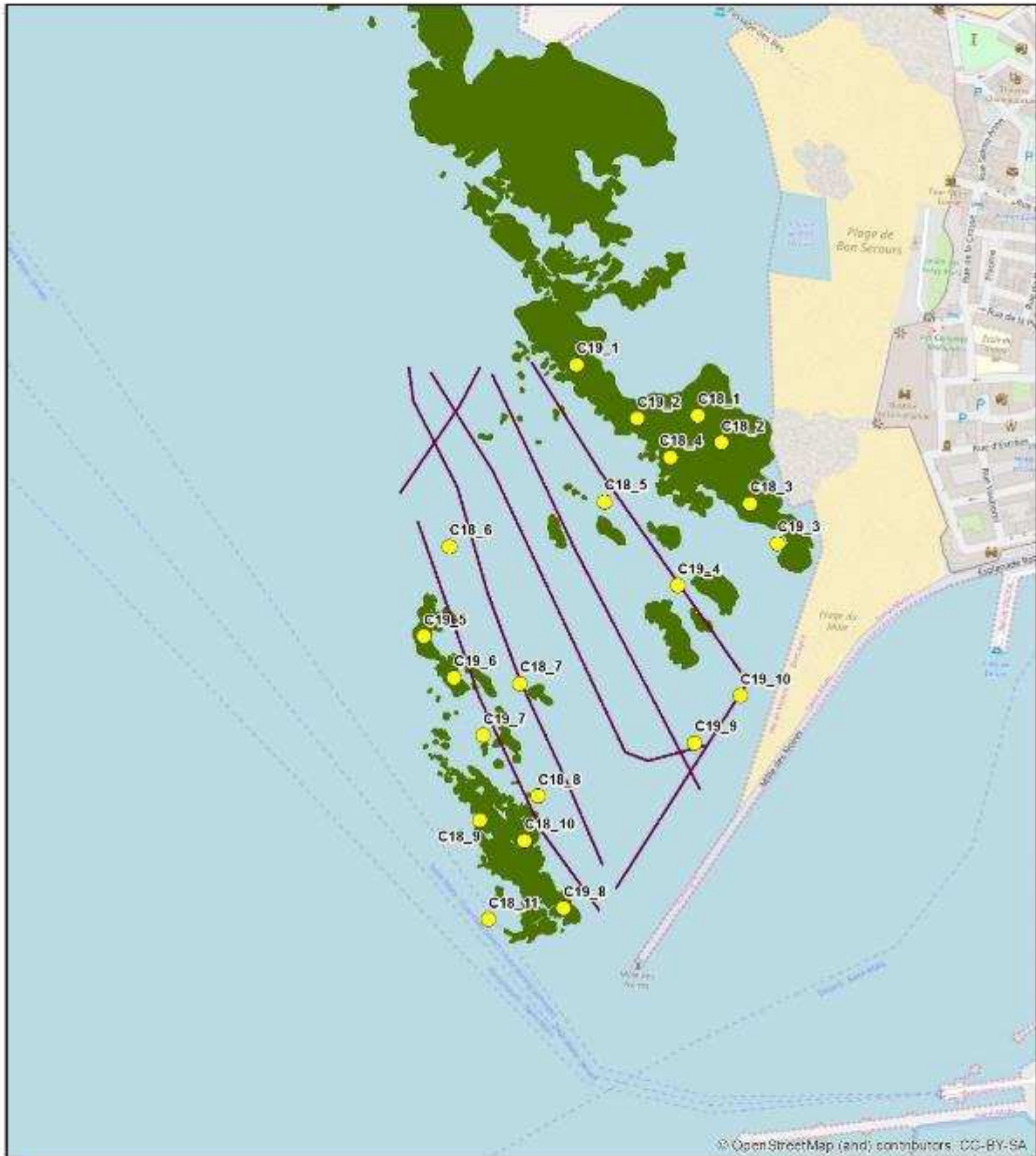


Figure 7 : Plan d'échantillonnage (SONAR et points vidéo) réalisé en 2018

## PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE (SONAR ET POINTS VIDÉO) RÉALISÉ LE 29 MAI 2019

ÉTUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DES SUBSTRATS MEUBLES, DES MACROALGUES SUBTIDALES, DES HERBIERS À ZOSTÈRES



- Points caméra
- Transects Sonar
- Enveloppes des herbiers à zostères observés (TBM)

0 50 100  
m



Carte réalisée par TBM, 2019  
Sources : Région Bretagne  
Fond cartographique : BD Ortho 2014

Figure 8 : Plan d'échantillonnage (SONAR et points vidéo) réalisé en 2019

### 3.4 Peuplements benthiques et plongées sous-marines

L'objectif était d'échantillonner deux stations pour le suivi de la vitalité, des peuplements benthiques et de la granulométrie (Figure 11).

#### 3.4.1 Prélèvements benthiques

Pour le suivi des peuplements benthiques et de la granulométrie, les prélèvements ont été effectués au moyen d'une benne Day (prélèvements de 0,1 m<sup>2</sup>) (Figure 9).



Figure 9 : Benne Day (cliché TBM)

Pour chacune des stations, six répliquats ont été réalisés :

- 5 pour l'analyse de la macrofaune,
- 1 un pour l'analyse de la granulométrie.

Les échantillons, destinés à l'analyse de la faune benthique, ont été passés sur un tamis de maille 1 mm à bord, puis mis en sac plastique et formolés (solution d'eau de mer à 6-8 % de formol). Les échantillons, destinés à la granulométrie, ont été conditionnés en sac plastique puis stockés dans une glacière. Les différentes fractions isolées sont les vases (< 63 µm), les sables fins (63 à 250 µm), les sables moyens (250 à 500 µm), les sables grossiers (500 µm à 2 mm), les graviers (2 à 64 mm) et les galets (>64 mm).

### 3.4.2 Plongées sous-marines

En raison de la sensibilité de l'habitat, le mouillage du navire en zone d'herbier a été proscrit. Les plongées ont été réalisées en conformité avec les règles de sécurité des plongées professionnelles (décret du 15 novembre 2012 relatif à l'arrêté du 30 octobre 2012). Une équipe de plongeurs professionnels assurant les rôles de chef d'opération hyperbare, d'opérateur et d'opérateur de secours a été déployée. Les plongeurs disposent d'un certificat médical à jour et de compétences actualisées de secourisme.

Lors des plongées, un suivi de la vitalité de l'herbier a été effectué. Des prélèvements de feuilles de zostères ainsi que des comptages ont permis de suivre la dynamique de population de l'herbier et de caractériser sa vitalité. Les paramètres suivants ont été mesurés au laboratoire : longueur et largeur moyenne des feuilles (mm), longueur des gaines (mm), nombre de feuilles par pied. La Figure 10 indique les différentes mesures (Auby et al., 2018).

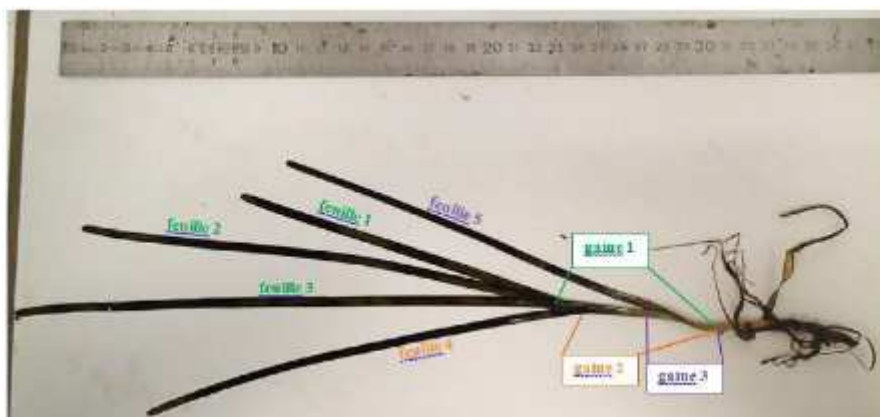


Figure 10 : Différents éléments d'un pied de zostère marine et détermination de l'âge des feuilles (Auby et al., 2018)

Deux stations ont été échantillonnées sur les herbiers les plus denses, dans des zones homogènes (cœurs d'herbiers), représentatives de l'ensemble de l'herbier et suffisamment stables pour être suivies au cours du temps (Figure 11). Par conséquent, les taches éparses et les bordures ont été évitées.

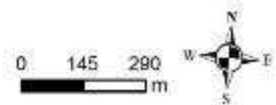
Pour estimer la densité, c'est à dire le nombre de pied par m<sup>2</sup> au niveau de chaque station, nous avons réalisé des comptages dans trois quadrats de 0,1 m<sup>2</sup>. Pour mesurer les différents paramètres indiqués précédemment, nous avons prélevé des pieds dans les quadrats de 0,1 m<sup>2</sup> (Figure 12). Ainsi, nous avons récolté 30 faisceaux afin d'assurer la validité statistique des mesures. De plus, pour *Zostera marina*, nous avons mesuré le pourcentage de maladie (maladie du dépérissement ou Wasting Disease) (Figure 13). Cette mesure a été effectuée sur du matériel frais dès le retour de terrain. Le degré d'atteinte par la maladie du dépérissement est évalué sur toutes les feuilles des 10 pieds.

# PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE DES HERBIERS À ZOSTÈRES « PLONGÉE ET PEUPELEMENTS BENTHIQUES »

ÉTUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DES SUBSTRATS MEUBLES,  
DES MACROALGUES SUBTIDALES, DES HERBIERS À ZOSTÈRES



- Points plongée et prélèvement des herbiers à zostères
- Points prélèvement peuplements benthiques
- Enveloppes des herbiers à zostères observés en 2018/2019 (TBM)



Carte réalisée par TBM, 2019  
Sources : Région Bretagne  
Fond cartographique : BD Ortho 2014

Figure 11 : Plan d'échantillonnage Herbier « plongée et peuplements benthiques »

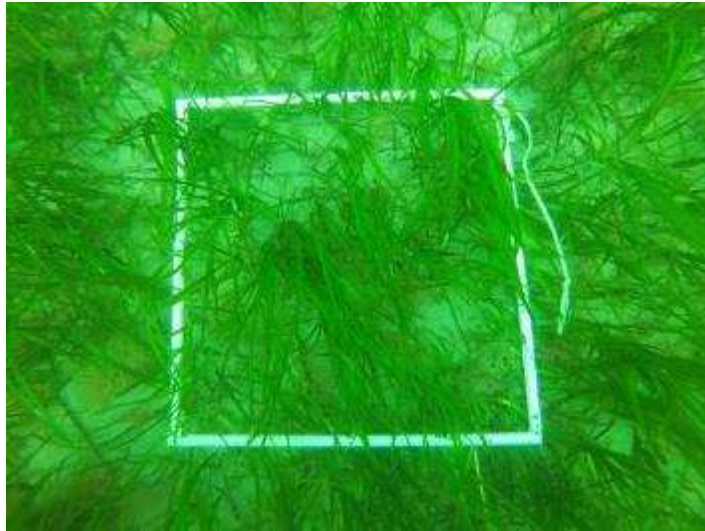
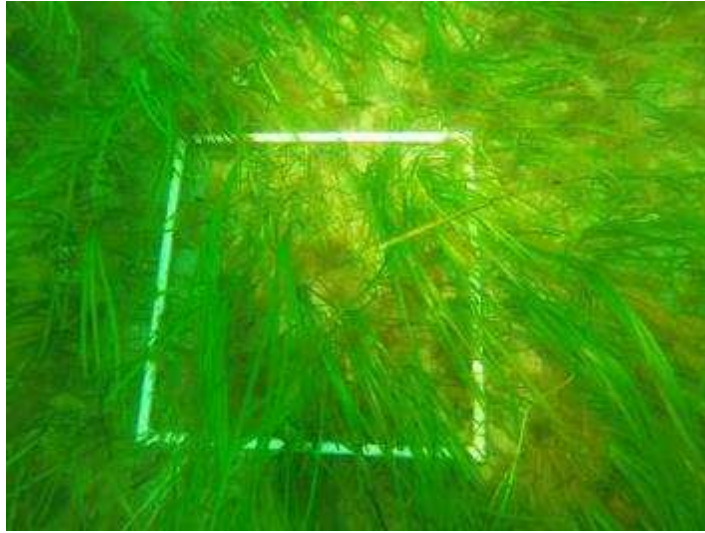


Figure 12 : Exemple de quadrats

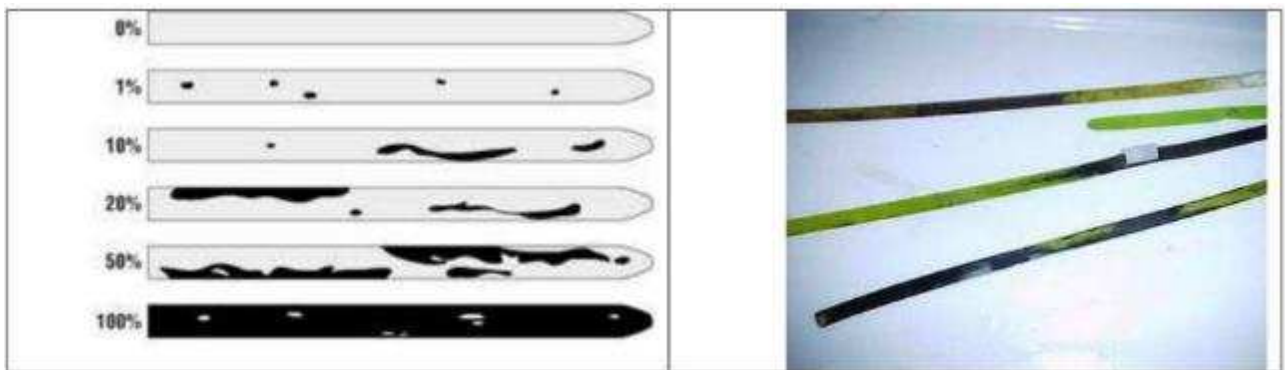


Figure 13 : Echelle de mesure du « wasting disease »



## 4 RESULTATS

Toutes les données brutes sont consignées dans une annexe (fichier xls joint à ce rapport).

### 4.1 Cartographie

La surface totale couverte par les herbiers (« enveloppes ») dans la zone d'étude est de 57,8 ha (Figure 14). Nous avons observé uniquement des Zostères marines, aucune trace de Zostères naines. La zone étudiée est constituée d'herbiers denses dans le secteur en face de Dinard (baie du Prieuré et plage de l'écluse) et d'herbiers plus diffus dans le secteur en face de Saint Malo (plage de Bon-Secours et môle des noires). En effet, les taux de recouvrement sont majoritairement de 75-100% pour les herbiers de Dinard alors qu'ils sont plus faibles sur les herbiers de Saint-Malo (5-25%). De plus, les herbiers de Saint-Malo sont fragmentés alors que ceux de Dinard sont homogènes.

Les enveloppes couvertes par les herbiers ont beaucoup évolué depuis le précédent travail de synthèse disponible (Figure 15). 27 ha sont stables, alors que 6,9 ha ont disparu. Une apparition de 25 ha est observée principalement sur l'herbier localisé dans la baie du Prieuré.

# RECouvreMENT DES HERBIERS À ZOSTÈRES

ÉTUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DES SUBSTRATS MEUBLES,  
DES MACROALGUES SUBTIDALES, DES HERBIERS À ZOSTÈRES



Enveloppes des herbiers à zostères observés en 2018/2019 (TBM)

### Recouvrement des herbiers à zostères

- Absence
- 0-5%
- 5-25%
- 25-50%
- 50-75%
- 75-100%

0 145 290  
m



Carte réalisée par TBM, 2019  
Sources : Région Bretagne  
Fond cartographique : BD Ortho 2014

Figure 14 : Secteurs couverts par les herbiers à zostères marines en 2019 (TBM, 2019)

## EVOLUTION DES ENVELOPPES D'HERBIERS DE ZOSTÈRES

ÉTUDE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DES SUBSTRATS MEUBLES,  
DES MACROALGUES SUBTIDALES, DES HERBIERS À ZOSTÈRES



Evolution des enveloppes d'herbières de  
zostères entre 2005 et 2019

- Apparition
- Stable
- Disparition

0 130 260  
m



Carte réalisée par TBM, 2019  
Sources : Région Bretagne  
Fond cartographique : BD Ortho 2014

Figure 15 : Evolution des enveloppes des herbiers à zostères marines par rapport aux données préexistantes

## 4.2 Suivi stationnel (vitalité et peuplements benthiques)

### 1.1.1. Vitalité

Le Tableau 1 récapitule les différents paramètres mesurés sur les herbiers de zostères marines pour les deux stations STM13 et STM14.

Les densités sont respectivement de 443 et 427 pieds/m<sup>2</sup> pour STM13 et STM14. Globalement, les valeurs sont plus élevées pour la station STM14 (longueur moyenne, largeur moyenne, etc.). Le % de maladie est plus faible sur la station STM13 (entre 0 et 10 %) que pour STM 14 (entre 0 et 25 %). Ce pourcentage correspond à des zones noires, voire blanches, bien délimitées sur les feuilles (maladie). D'autres taches peuvent être observées : ces taches brunes, plus diffuses, sont dues à la dégradation des pigments chlorophylliens. Les plus forts pourcentages de taches brunes sont observés sur les feuilles les plus âgées. Sur les feuilles les plus jeunes, les pourcentages sont compris entre 0 et 5% sur les deux stations. Il existe une corrélation entre l'indice et l'âge de la feuille (infestation progressive).

*Tableau 1 : Paramètres de vitalité mesurés sur les herbiers aux stations STM13 et STM14*

	STM13 (Saint-Malo)	STM14 (Dinard)
Paramètres (mm)	Valeurs	Valeurs
Densité (nb de pied/m <sup>2</sup> )	443 ± 72	427 ± 55
Pourcentages de maladie sur l'ensemble des feuilles	0 – 10%	0 – 25%
Longueur maximale moyenne (mm)	178,6 ± 63,6	211,35 ± 32,5
Longueur minimale (mm)	73	145
Longueur maximale (mm)	262	253
Largeur moyenne (mm)	4,2 ± 0,3	4,7 ± 0,3
Largeur minimale (mm)	4	4,5
Largeur maximale (mm)	4,5	5

### 1.1.2. Peuplements benthiques

#### 4.2.1.1 Granulométrie

Les résultats (Figure 16) montrent l'existence d'un seul type sédimentaire avec une fraction de « sables fins » majoritaire.

La vase est présente avec des pourcentages de 8 % sur STM13 et 27% sur la station STM14. Nous sommes en présence de sables fins légèrement envasés à envasés (entre 15 à 30% de vases). La station STM13 est plus exposée à la houle et au courant, ce qui peut expliquer le plus faible pourcentage de vase.

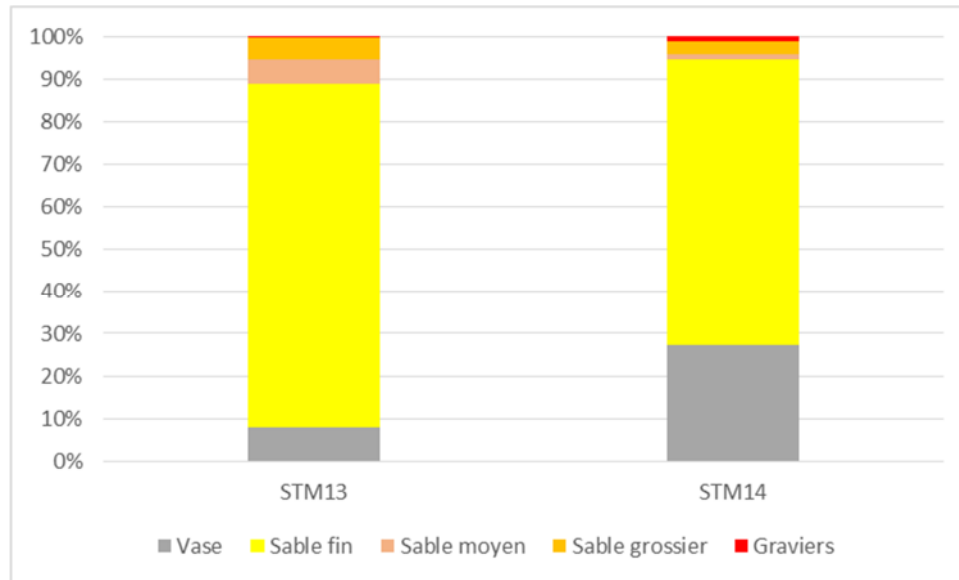


Figure 16 : Proportions des différentes fractions granulométriques

#### 4.2.1.2 Faune benthique

##### A) Richesse spécifique et abondance

135 espèces ont été identifiées sur l'ensemble des échantillons (ensemble des réplicats). Les richesses spécifiques moyennes sont respectivement de 36,6 et 42 espèces pour STM13 et STM14. Les abondances moyennes sont respectivement de 1 506 à 3 024 ind/m<sup>2</sup> pour STM13 et STM14. L'abondance est maximale pour la station STM14.

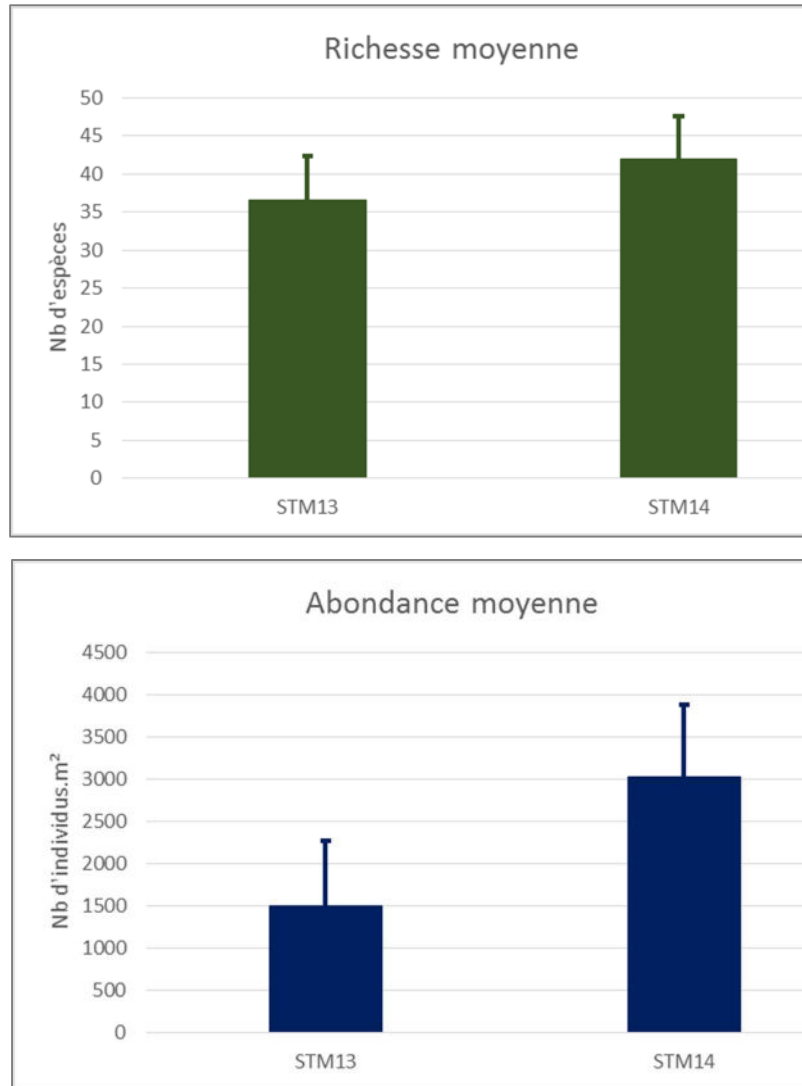


Figure 17 : Richesses et abondances moyennes

En ce qui concerne les peuplements, deux types sont mis en évidence. Le premier, situé dans l'herbier de Dinard (STM14), est typique des herbiers de zostères marines avec la présence de nombreuses espèces de polychètes, de crustacés et de mollusques comme les bivalves *Loripes orbiculatus* et *Lucinoma borealis*.

La seconde station, STM13, située près de Saint-Malo, est caractérisée par une faune à affinité sableuse et gravicole avec des polychètes comme *Syllis* spp et *Aponuphis bilineta*. Une plus grande variabilité entre les échantillons est également observée sur cette station.



Figure 18 : Photographies de certaines espèces caractéristiques : *Loripes orbiculatus*, *Lucinoma borealis*, *Aponuphis bilineata* et *Syllis garciai*

## B) Groupes taxonomiques

La composition taxonomique des deux stations en termes de richesse (nombre d'espèces) est relativement similaire. Les polychètes et les crustacés sont dominants.

La composition taxonomique des deux stations en termes d'abondance (nombre d'individus) montre que la station STM13 est dominée par les polychètes (environ 65%) tandis que sur STM14, polychètes et mollusques sont équivalents (environ 40 % chacun). La présence en plus forte abondance des mollusques sur la station STM14 est due à la présence des bivalves *Loripes orbiculatus* et *Lucinoma borealis*.

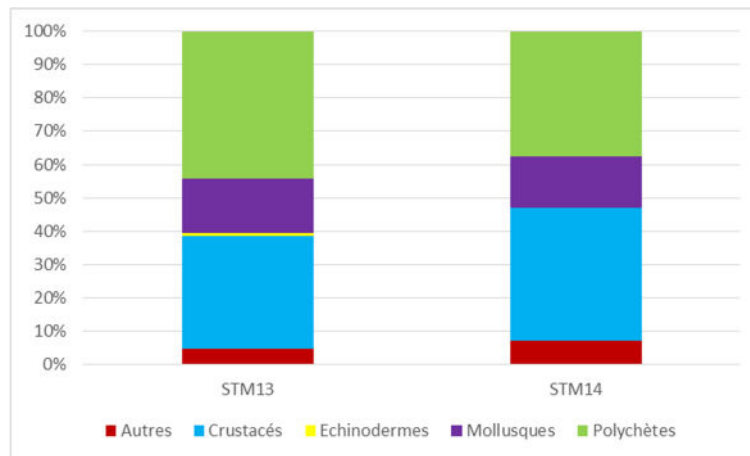


Figure 19 : Groupes taxonomiques en termes de richesses

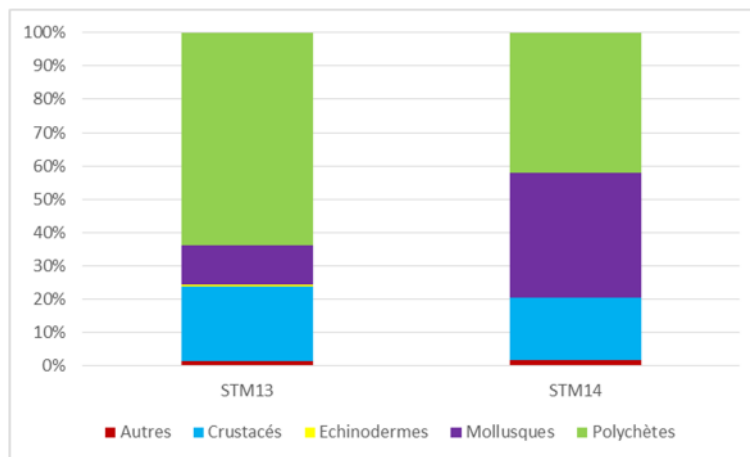


Figure 20 : Groupes taxonomiques en termes d'abondances



### C) Indice de qualité du milieu pour la macrofaune benthique des substrats meubles

L'objectif du calcul d'un indice de qualité du milieu est d'estimer l'état de santé du milieu et ses modifications éventuelles grâce à des groupes d'espèces dont la présence ou l'absence, et l'abondance relative témoignent de déséquilibres au sein des peuplements (Alzieu et al., 2003). Cette méthode est donc uniquement basée sur des données biologiques et permet de mesurer l'état de santé des peuplements. Les deux avantages principaux de l'utilisation des indices biotiques sur la macrofaune benthique des substrats meubles sont d'une part de révéler des anomalies environnementales non détectables par les autres méthodes (mesures physico-chimiques) ; d'autre part de visualiser d'une façon claire et rapide les progrès réalisés dans l'amélioration du milieu (politiques de bassin versant, assainissement...).

Les espèces benthiques sont révélatrices d'un ensemble de conditions physico-chimiques de leurs habitats. Ainsi, il est possible de les classer selon leur réaction face à l'enrichissement du milieu en matière organique. L'emploi d'un indice permet donc de résumer en une valeur unique une somme importante d'informations écologiques.

L'analyse est fondée sur la distinction au sein de la macrofaune benthique de cinq groupes d'espèces regroupées en fonction de leur sensibilité vis-à-vis d'un stress environnemental, représenté par l'excès de matière organique et le déficit éventuel d'oxygène résultant de sa dégradation. Ces 5 groupes écologiques de polluosensibilité ont été identifiés par Hily (1984) et complétés par de nombreux auteurs (Grall, Borja, etc.) :

- **Groupe écologique I** : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a hypertrophisation du milieu.
- **Groupe écologique II** : espèces indifférentes à une hypertrophisation. Ce sont des espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de la matière organique.
- **Groupe écologique III** : espèces tolérantes à une hypertrophisation. Elles sont naturellement présentes dans les vases, mais comme leur prolifération est stimulée par un enrichissement du milieu, elles sont alors signe du déséquilibre du système.
- **Groupe écologique IV** : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (<1an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées.
- **Groupe écologique V** : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des déposivores, proliférant dans les sédiments réduits.

Le Coefficient Benthique (CB, appelé également AMBI), créé par Borja et al. (2000), consiste à pondérer le pourcentage de chaque groupe écologique présent par le poids de sa contribution dans la représentation du niveau de perturbation :

$$CB = \{(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100$$

Cette formule a l'avantage de transformer l'indice en variable continue, permettant l'utilisation de tests statistiques pour en vérifier la validité. Il permet de s'affranchir de la subjectivité pour attribuer une valeur lorsque deux groupes écologiques sont en proportions équivalentes. Il permet enfin de révéler d'infimes variations dans la composition faunistique du peuplement (Glémarec, 2003). Le Tableau 2 indique la correspondance entre les valeurs de l'indice et l'état écologique défini par la Directive Cadre Eau.

Tableau 2 : Correspondances entre valeurs de l'AMBI et état écologique DCE

Etat écologique	AMBI	Classification de la pollution
Mauvais	$5,5 < AMBI \leq 7$	Azoïque
Médiocre	$4,3 < AMBI \leq 5,5$	Gravement pollué
Moyen	$3,3 < AMBI \leq 4,3$	Modérément pollué
Bon	$1,2 < AMBI \leq 3,3$	Légèrement pollué
Très bon	$0 < AMBI \leq 1,2$	Normal

Dans cette étude, nous n'avons pas calculé un autre indice utilisé dans le cadre de la DCE, le M-AMBI car les conditions de référence pour les herbiers de zostères ne sont pas validées (Desroy, com. Pers.)

La Figure 21 donne les proportions des différents groupes écologiques pour chaque station. Les espèces des groupes écologiques I, II, III et IV ont des valeurs assez proches à la station STM13, tandis que les groupes I et III dominant à la station STM14.

Sur les deux stations, le groupe écologique IV (premier signe d'un enrichissement en matière organique) est lié à la présence de plusieurs espèces de polychètes cirratulidés comme *Chaetozone gibber*, *Caulleriella alata* ou *Caulleriella bioculata*.

Les espèces du groupe écologique V (signe d'un enrichissement avéré en matière organique) sont également présentes mais en faible quantité sur la station STM14 et en très faible quantité sur la station STM13.

Les valeurs de l'AMBI sont respectivement de 1,85 et 1,97 pour les stations STM13 et STM14. Ces résultats indiquent un milieu en bon état écologique.

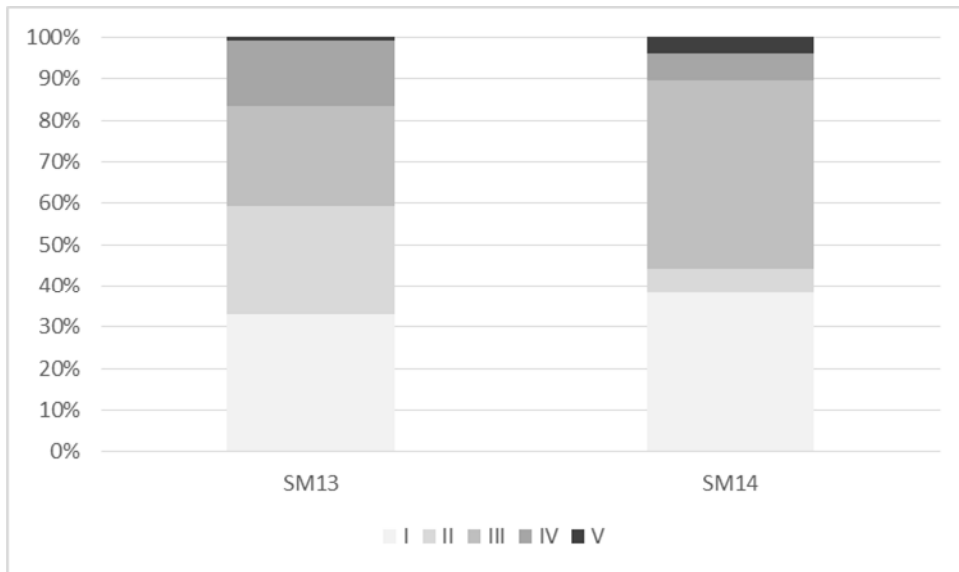


Figure 21: Proportions des différents groupes écologiques

## 5 DISCUSSION

### 5.1 Cartographie des enveloppes des herbiers

L'utilisation d'un navire à très faible tirant d'eau a permis, en navigant dans 0,7 m d'eau à marée montante, de cartographier les herbiers en contact avec l'infra littoral. De plus, la mise en œuvre du sonar couplé à de la caméra sous-marine a rendu possible la cartographie des herbiers « profonds ». Ainsi, les herbiers sont observés sur des sédiments fins à moyens et sur des sédiments plus grossiers notamment entre des zones rocheuses. Les herbiers cartographiés sont denses et homogènes sur les secteurs de la baie du Prieuré et de la plage de l'écluse avec des densités généralement comprises entre 75 et 100 %. En revanche, les herbiers sont plus diffus et moins homogènes sur les secteurs situés en face de Saint-Malo. Les pourcentages de recouvrement sont majoritairement compris entre 5 et 25 %.

En termes d'évolution :

- Les secteurs en régression sont minoritaires. Ils sont situés au niveau de la plage de l'écluse et sur les enveloppes situées près de Saint-Malo,
- Les cœurs des herbiers sont relativement stables,
- L'herbier de la baie du Prieuré est en forte expansion.

Il est néanmoins difficile de tirer des conclusions sur l'évolution des enveloppes d'herbiers à zostères marines. En effet, les données anciennes disponibles ne permettent pas une délimitation aussi précise que celle réalisée dans le cadre de cette étude. Les enveloppes des herbiers ont pu être sur estimées ou sous estimées. D'autre part, ces données sont assez anciennes ; on ne peut donc pas conclure sur la dynamique d'évolution des herbiers sur les 15 dernières années.

Selon Hily et Bajjouk (2010), l'intérêt pour les herbiers a augmenté au cours des années 2000, entraînant la découverte de nombreux petits herbiers. Mais que ce processus n'implique pas forcément leur apparition récente.

Concernant l'évolution des herbiers en Bretagne depuis le début des années 1990, Hily et Bajjouk (2010) ont observé deux dynamiques :

- Des **régressions locales** liées aux impacts d'aménagements portuaires, à l'augmentation du nombre de corps-morts dans certaines zones de mouillages, à l'augmentation des surfaces concernées par l'eutrophisation, à des modifications sédimentaires ;
- Des **extensions** dans les milieux plus ouverts, là où les perturbations humaines n'affectent pas les herbiers, les superficies augmentant dans des proportions non négligeables.

Cette deuxième tendance régionale est liée à plusieurs paramètres mais surtout à des facteurs climatiques (Hily et Bajjouk, 2010). Ce phénomène d'extension de nombreux herbiers ces dernières années est avéré, même si, comme dans cette étude, les données quantifiées sur une longue période ne sont pas disponibles. Cette faculté d'extension pour la zostère marine est liée au fait que l'espèce est capable de se développer :

- 1) sur des larges gammes de sédiments (sédiments fins à des sédiments grossiers),
- 2) à des profondeurs limitées (+2 à -8 m), 3) fréquemment sur des platiers de grande étendue.

Pour conclure, la tendance actuelle des zostères marines suggère que l'extension de l'espèce pourrait se poursuivre. Mais Hily et Bajjouk (2010) restent prudents sur l'évolution future. En effet, *Zostera marina* est une espèce d'affinité boréale ce qui peut laisser présager l'existence d'un phénomène de seuil lié au changement climatique. Enfin, ces extensions sont possibles si les impacts liés aux d'aménagements portuaires, au mouillage de navires de plaisance, à l'eutrophisation ou encore aux modifications sédimentaires restent limitées.

## 5.2 Vitalité

Les paramètres de vitalité sont légèrement différents entre les deux stations. Le développement des herbiers situés près de Dinard semblent indiquer des conditions environnementales plus stables et favorables.

Les valeurs de densités de 427 et 443 pieds /m<sup>2</sup> sont en accord avec les mesures effectuées dans le cadre des suivis REBENT et DCE sur le site de Saint-Malo.

Sur ce dernier, les valeurs oscillent entre 282 et 780 pieds/m<sup>2</sup> entre les années 2005 et 2018 (Grall, 2017 et Grall, 2018). Ainsi, sur les différentes années de suivi, des fortes variations des densités de pieds d'une année sur l'autre pour un même site sont mises en évidence.

Concernant les mesures sur les feuilles (largeur, longueur), les valeurs observées sont légèrement supérieures à celles obtenues sur le site REBENT-DCE pour la largeur mais dans la gamme des valeurs pour la longueur maximale moyenne. Ainsi, les largeurs sont comprises entre 2,3 et 3,64 mm pour le site REBENT-DCE (Grall, 2017 et Grall, 2018) alors que nous avons mesuré des valeurs moyennes de 4,5 mm. Pour la longueur maximale moyenne, les valeurs sont comprises entre 146 et 257 mm pour le site REBENT-DCE (Grall, 2017 et Grall, 2018) alors que dans cette étude nous obtenons des valeurs de 179 et 210 mm. Ces mesures sont parmi les plus faibles sur l'ensemble des sites suivis. En effet, les feuilles mesurent en moyenne entre 300 mm et 1,2 mètre pour une largeur de 3 à 12 mm (Hily, 2006 ; Hily et Bajjouk, 2010). Pour ces paramètres, des fluctuations saisonnières (printemps, automne) et annuelles sont mises en évidence.

Enfin, pour le paramètre maladie, comme sur la majorité des sites suivis dans le cadre de REBENT-DCE, le taux moyen de maladie par feuille reste inférieur à 20% dans la majorité des situations (plus de 90% des valeurs calculées) sur l'ensemble des sites et l'ensemble des années (Pellouin – Grouhel et al., 2015). Sur le site REBENT-DCE, les valeurs moyennes sont inférieures à 5% (Grall, 2017). Les pourcentages les plus élevés sont observés sur les feuilles les plus âgées car il existe une corrélation entre le pourcentage de maladie et l'âge de la feuille. Le phénomène du wasting disease est un processus naturel du développement foliaire et l'infestation se produit progressivement. Ce paramètre est important à suivre car la maladie du dépérissement (wasting disease) survenue au début des années 1930 dans l'Atlantique Nord a provoqué une chute drastique des herbiers à zostères marines. Cet épisode de forte régression voire de disparition est lié à des conditions climatiques particulières et à un organisme qui parasite les feuilles de zostères (Hily, 2006 ; Hily et Bajjouk, 2010). Ainsi, le suivi du wasting disease index peut permettre de révéler des situations anormales, comme un fort pourcentage de taches brunes sur les jeunes feuilles (Hily et al., 2002).

### 5.3 Granulométrie

Les sédiments rencontrés sont caractéristiques des sables fins envasés. Le pourcentage de vase mesuré lors du suivi REBENT-DCE est proche de celui du site STM13. Le pourcentage de vase est plus élevé sur le STM14. Néanmoins, nous restons dans le même type sédimentaire (sables fins envasés). Ceci est fréquemment observé pour les herbiers de zostères marines puisque 83% des herbiers de zostères marines suivis sont situés dans des secteurs de sédiments très fins (argiles et silts) (Pellouin – Grouhel et al., 2015). Toutefois, une part non négligeable des herbiers colonise aussi des secteurs composés de sables fins à grossiers, voire de graviers et de roches.

## 5.4 Peuplements benthiques

Deux types de peuplements benthiques sont mis en évidence.

La station STM14 (herbier de Dinard) est typique des herbiers à zostères marines avec la présence de nombreuses espèces de polychètes, de crustacés et de mollusques comme les bivalves *Loripes orbiculatus* et *Lucinoma borealis*.

La station STM13 (herbier de Saint-Malo), est caractérisée par une faune à affinité sableuse et gravicole avec des polychètes comme *Syllis* spp et *Aponuphis bilineta*. Une plus grande variabilité entre les échantillons est également observée sur cette station. Ceci indique des conditions environnementales plus stables sur le secteur de Dinard et la présence d'un herbier plus homogène et dense sur ce secteur.

Les valeurs de richesse spécifique observées sont légèrement supérieures à celles obtenues sur le site de suivi REBENT-DCE (valeurs comprises entre 15,1 et 28,8 espèces en moyenne (Grall, 2017(2)) contre 37 et 42 dans cette étude). Les valeurs d'abondance sont dans la gamme de variabilité puisque les valeurs d'abondance moyennes oscillent entre 2005 et 2017 entre 1222 et 4430 ind.m<sup>2</sup>. Une différence entre les deux stations est néanmoins observée, STM14 avec 3 024 ind.m<sup>2</sup> a des valeurs plus fortes que la station STM13 (1 506 ind.m<sup>2</sup>). Cette variabilité est en lien direct avec le type de peuplement observé.

Enfin, selon l'indice AMBI, les deux stations étudiées sont en « bon état écologique » comme la station suivie dans le cadre de REBENT-DCE (1,87 contre 1,85 et 1,97 pour respectivement STM13 et STM14). Pour rappel, l'indice M-AMBI n'a pas pu être calculé en raison d'absence de condition de référence (N. Desroy, com. Pers.).

## 5.5 Conclusions

Dans le secteur étudié, les herbiers sont bien représentés et occupent des surfaces importantes. Les enveloppes d'herbiers situés dans le secteur de Dinard sont plus denses et homogènes. Les peuplements benthiques sont typiques de cet habitat. Les conditions environnementales semblent y être plus stables et plus favorables à un développement optimal des herbiers de zostères marines.

Ainsi, même si la tendance actuelle suggère une extension de l'espèce, et que la zostère marine peut vivre dans différentes conditions sédimentaires (graviers, sables, vases), d'hydrodynamisme et de turbidité, des variabilités sont observées car cette espèce qui supporte mal des changements rapides et prolongés de ces paramètres (Hily et Bajjouk, 2010). Il semble que, ces dernières années, les perturbations humaines (pollution de l'eau, destruction d'habitat, modifications sédimentaires, etc.) ont accéléré la diminution des herbiers de plantes à fleurs marines à l'échelle mondiale (Pellouin – Grouhel et al., 2015). Une attention particulière doit être portée à cet habitat fragile et à forte patrimonialité car les pressions humaines peuvent s'ajouter aux facteurs de changement naturels.

## 6 BIBLIOGRAPHIE

Auby I., Oger-Jeanneret H., Gouillieux B., Grall J., Janson A.L., Maguer M., Rigouin L., Rollet C., Sauriau P.G., Trut G., 2018. Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). *Zostera marina* - *Zostera noltei*. Version 3.

Borja A., Franco J., Perez V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40: 1100-1114.

Grall J., 2017. Résultats – Suivi stationnel – Edition 2017. Contrat UBO – Ifremer 2017 17/1212954/S

Grall J., 2017(2). Résultats du Réseau de Surveillance PDS - DCSMM - Benthos du bassin Loire – Bretagne Année 2017. Contrat UBO – MNHN 2017

Grall J., 2018. Résultats – Suivi stationnel – Edition 2018. Contrat UBO – Ifremer 2018 4500017954

Hily C., Raffin C., Brun A., Hartog C. den, 2002. Spatio-temporal variability of wasting disease symptoms in eelgrass meadows of Brittany (France). *Aquatic Botany*, v. 72, p. 37-53.

Hily C., 2006. Fiche de synthèse sur les biocénoses : Les herbiers de Zostères marines (*Zostera marina* et *Zostera noltii*). REBENT, 6 p.

Hily C., Bajjouk T., 2010. Fiche de synthèse Habitat n°5 "Herbiers", 13 p.

Pellouin – Grouhel A., Fortune M., Manach S., Retho M., Allenou J.-P., Lejollivet A., 2015. Qualité biologique des masses d'eau littorales pour la DCE en Loire– Bretagne. Elément de qualité « angiospermes » : les herbiers de zostères – bilan 2015.



### **TBM environnement**

Siège social :

2 rue de Suède Bloc III Port Océane - 56400 AURAY

Tel 02.97.56.27.76. - Fax 02.97.29.18.89.

[contact@tbm-environnement.com](mailto:contact@tbm-environnement.com)

[www.tbm-environnement.com](http://www.tbm-environnement.com)

### **Antenne Nord**

20 rue de l'Hermitte

Imm Les Trois Ponts - 59140 DUNKERQUE

03.28.59.94.71. / 06.45.23.05.58

### **Antenne Ouest**

TECHNOPOLE BREST IROISE - Z.I. Pointe du Diable

115 rue Claude Chappe - 29280 Plouzané

