

Rapport scientifique

CONTRÔLE DE SURVEILLANCE BENTHIQUE DE LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU (2000/60/CE)

**VOLUME II : Flore autre que
phytoplancton
Année 2023
Bassin Seine-Normandie**

Coordination : Aurélie FOVEAU (Ifremer)

**Rédaction : Aurélie FOVEAU (Ifremer), Sébastien AUBIN (MNHN Dinard),
Marie CREEMERS (MNHN-Dinard), Andréa LEMOINE (GEMEL-Normandie),
Élodie OLLIVIER (GEMEL-Normandie), Claire Rollet (Ifremer)**

**Contributions : Manon GUILLAUME DEMEAUX (MNHN-Dinard), Éva Langlois (GEMEL-
Normandie), Benjamin MONNIER (MNHN Dinard), Olivier TIMSIT (GEMEL-Normandie)**



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Fiche documentaire

Titre du rapport : Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE). Volume II : Flore autre que phytoplancton, Année 2023. Bassin Seine-Normandie

Référence interne :

Ifremer/ODE/LITTORAL/LERBN-24-012

Date de publication :

2024/12/19

Diffusion

libre (internet)

restreinte (intranet)

levée d'embargo : AAAA/MM/JJ

interdite (confidentielle)

levée de confidentialité : AAAA/MM/JJ

Version : 1.1.0

Référence de l'illustration de couverture

FOVEAU Aurélie/Vue de Dieppe depuis le Thalia/11.03.2018

Langue(s) : Français

Résumé / Abstract :

Ce rapport présente les résultats des opérations menées en 2023 (contrôle de surveillance de la flore autre que phytoplancton) sur l'ensemble des masses d'eau côtières et de transition rattachées au bassin Seine-Normandie.

This report presents results of the monitoring actions carried out in 2023 (on flora other than phytoplankton) in the water bodies of the Seine-Normandie water basin.

Mots-clés / Key words :

Directive Cadre Eau, Benthos, Réseau de surveillance, Manche

European Water Framework Directive, Benthos, Monitoring Network, English Channel

Comment citer ce document : Foveau Aurélie, Aubin Sébastien, Creemers Marie, Lemoine Andréa, Ollivier Elodie, Rollet Claire (2024). **Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE). Volume II : Flore autre que phytoplancton, Année 2023. Bassin Seine-Normandie.** Ifremer/ODE/LITTORAL/LERBN-24-012.

Disponibilité des données de la recherche :

DOI :

Commanditaire du rapport : Agence de l'Eau Seine-Normandie

Nom / référence du contrat :

Rapport intermédiaire (Réf. Bibliographique : XXX)

Rapport définitif

Réf. Interne du rapport intermédiaire : Ifremer/ODE/LITTORAL/LERBN-24-012/ 104984)

Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) :

Appui à politique publique, Réseau DCE-Benthos

Auteur(s) / adresse mail

Affiliation / Direction / Service, laboratoire

Auréliе FOVEAU / aurelie.foveau@ifremer.fr

Ifremer/ODE/COAST, LERBN

Sébastien AUBIN

MNHN Dinard

Marie CREEMERS

MNHN Dinard

Andréa LEMOINE

GEMEL-Normandie

Élodie OLLIVIER

GEMEL-Normandie

Claire ROLLET

Ifremer/ODE/COAST, LERBN

Encadrement(s) :

Destinataires : Yann Joncourt, Agence de l'Eau Seine-Normandie

Validé par : Claire Rollet - Ifremer/ODE/COAST/LERBN

Sommaire

1. Rappel du contexte et des obligations imposées par la directive européenne cadre sur l'eau	6
1.1. Rappel des attendus relatifs aux éléments de qualité biologique du benthos marin pour la DCE (Guillaumont & Gauthier, 2005)	6
1.2. Rappel des caractéristiques des masses d'eau du bassin côtier Seine-Normandie.....	7
1.3. Partenaires de la mise en œuvre de la surveillance du compartiment benthique en Seine-Normandie	8
2. Suivi stationnel des herbiers à <i>Zostera marina</i> - (MNHN-Dinard).....	9
2.1. Introduction	9
2.2. Matériel et méthodes	9
2.2.1. Campagne d'échantillonnage	9
2.2.2. Traitements des échantillons en laboratoire	13
2.3. Résultats	16
2.3.1. Granulométrie	16
2.3.2. Teneur en matière organique.....	19
2.3.3. Caractéristiques des zostères	20
2.4. Conclusion	24
3. Suivi stationnel des herbiers à <i>Nanozostera noltei</i> - (GEMEL-Normandie)	25
3.1. Introduction	25
3.2. Matériel et méthodes	25
3.2.1. Taux de recouvrement des zostères et biomasse des macroalgues	27
3.2.2. Granulométrie et matière organique	29
3.3. Résultats	31
3.3.1. Granulométrie	31
3.3.2. Matière organique	33
3.3.3. Recouvrement en zostères et macroalgues	34
3.4. Conclusion	42
4. Synthèse 2023 des indices benthiques.....	43
5. Opérations programmées en 2024 et 2025	45
6. Références bibliographiques.....	46
7. ANNEXES	48

1. Rappel du contexte et des obligations imposées par la directive européenne cadre sur l'eau

1.1. Rappel des attendus relatifs aux éléments de qualité biologique du benthos marin pour la DCE (Guillaumont & Gauthier, 2005)

L'application de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) nécessite la mise en place de contrôles pour évaluer l'état écologique des Masses d'Eau Côtières (MEC) et de Transition (MET) avec comme objectif l'atteinte du bon état en 2027. L'ensemble des eaux côtières, dont la limite extérieure s'établit à 1 mille de la ligne de base, et des eaux de transition, correspondant aux eaux de surface situées près des embouchures de rivières/fleuves et partiellement salines mais influencées par les eaux douces, a fait l'objet d'un découpage en Masses d'Eau (ME). Ces Masses d'Eau ont été définies en fonction de leurs caractéristiques physiques ainsi que des pressions qui s'y exercent.

Sur ces ME, différents types de contrôle peuvent être exercés :

- Le **contrôle de surveillance**, appliqué sur une sélection de Masses d'Eau considérées comme représentatives en se référant à la typologie préétablie. Les objectifs de cette surveillance sont de « (...) concevoir de manière efficace et valable les futurs programmes de surveillance, évaluer les changements à long terme des conditions naturelles, évaluer les changements à long terme résultant d'une importante activité anthropique. » (Annexe V – art. 1.3.1) ;
- Le **contrôle opérationnel**, appliqué sur les Masses d'Eau présentant un Risque de Non Atteinte des Objectifs Environnementaux (RNAOE) d'ici 2033, afin d'en établir l'état et d'en évaluer les changements dus aux programmes de mesure mis en place ;
- Le **contrôle additionnel**, requis pour les zones protégées (notamment les zones de protection d'habitat et/ou d'espèces résultant des directives européennes « Oiseaux » et « Habitats », risquant de ne pas répondre à leurs objectifs environnementaux) ;
- Le **contrôle d'enquête**, appliqué aux Masses d'Eau présentant un RNAOE pour des raisons inconnues, ainsi qu'aux zones touchées par des pollutions accidentelles, pour lesquelles le benthos est un indicateur privilégié de l'ampleur et de l'incidence des contaminations.

L'article 1.1.4 de l'annexe V de la DCE précise les paramètres biologiques qui participent à l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau côtières. Ces derniers se réfèrent à la composition, l'abondance et la biomasse du phytoplancton, à la composition et l'abondance de la flore aquatique (autre que le phytoplancton) et à la composition et l'abondance de la faune benthique invertébrée.

Dans le cadre du contrôle de surveillance du compartiment benthique, la végétation benthique (macroalgues et angiospermes), ainsi que les macroinvertébrés benthiques, doivent obligatoirement être pris en considération.

Pour les contrôles opérationnels, les éléments les plus sensibles sont retenus « (...) afin d'évaluer l'ampleur des pressions auxquelles les masses d'eau de surface sont soumises, les États membres contrôlent les éléments de qualité qui permettent de déterminer les pressions auxquelles la ou les masses sont soumises. Afin d'évaluer l'incidence de ces pressions, les États membres contrôlent (...) les paramètres permettant de déterminer l'élément de qualité biologique ou les éléments qui sont les plus sensibles aux pressions auxquelles les masses d'eau sont soumises (...) ».

À partir du texte de la DCE, des travaux de réflexion ont été conduits au niveau européen (travaux du groupe COAST, aboutissant notamment à des recommandations générales consignées dans le rapport « *Guidance on monitoring* » destiné à guider les stratégies à mettre en œuvre dans chaque pays, travaux des groupes d'intercalibration

NEA-GIG), chaque pays restant libre de définir la stratégie de surveillance la plus adaptée, avec toutefois un impératif d'intercalibration sur le classement relatif à l'état écologique des Masses d'Eau défini selon cinq niveaux (très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais - Art. 1.2. de l'annexe V de la DCE).

1.2. Rappel des caractéristiques des masses d'eau du bassin côtier Seine-Normandie

Le bassin côtier Seine-Normandie est composé de 19 masses d'eau côtières et de sept masses d'eau de transition (les masses d'eau HC06 et HT01M étant divisées en deux (

Figure 1)). Au total, 15 masses d'eau côtières ainsi que six masses d'eau de

Indicateur DCE Angiospermes

Sites suivis pour [*Zostera marina*] et [*Nanozostera noltei*]

Bassin Seine-Normandie

Masse d'eau DCE

■ MEC* suivie

□ MEC* non suivie

▨ MET** ● suivie

○ non suivie

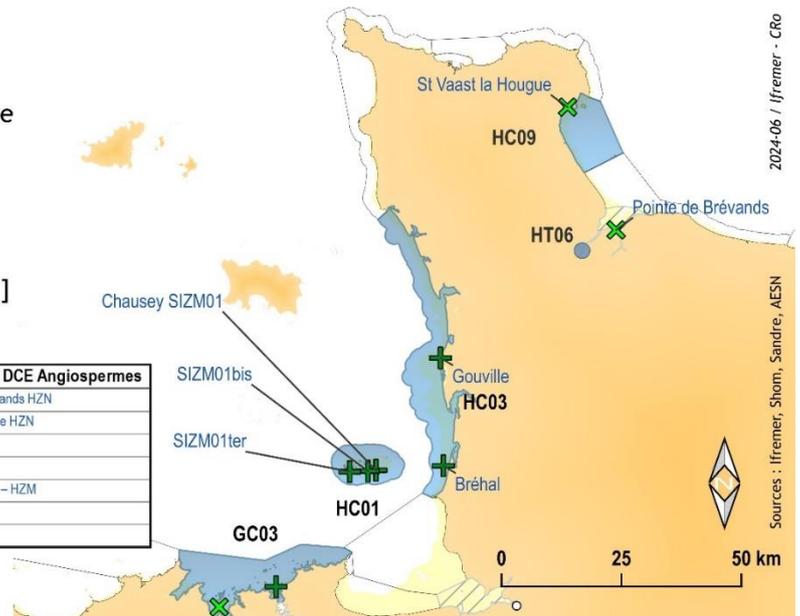
(* côtière, ** de transition)

Suivi stationnel

⊕ [*Zostera marina*]

⊗ [*Nanozostera noltei*]

	Code national / Nom ME	Station suivi DCE Angiospermes
Bassin Seine-Normandie	HT06 Baie des Veys (fond)	La Pointe de Brévands HZN
	HC09 Anse de St-Vaast la Hougue	St Vaast la Hougue HZN
	HC03 Ouest Cotentin	Bréhal HZM
		Gouville HZM
	HC01 Archipel Chausey	Chausey SIZM01 - HZM SIZM01bis SIZM01ter



transition, ont été retenues pour le contrôle de surveillance (cf. Guérin *et al.*, 2007 pour la présentation des caractéristiques générales et biologiques des masses d'eau).

Figure 1 : Localisation des sites d'échantillonnage de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton » lors du suivi 2023 (Ifremer/C.Rollet).

1.3. Partenaires de la mise en œuvre de la surveillance du compartiment benthique en Seine-Normandie

Afin d'assurer la bonne réalisation du contrôle de surveillance pour l'année 2023, deux partenaires ont été sollicités (Tableau 1) pour le suivi de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton ». Les partenaires ayant participé au suivi de l'élément de qualité « Invertébrés benthiques de substrats meubles » sont présentés dans le volume I de ce rapport.

Tableau 1 : Répartition entre partenaires des paramètres et stations de prélèvements pour l'élément de qualité « Angiospermes » en Seine-Normandie.

Partenaires	Paramètres	Stations
Muséum National d'Histoire Naturelle Station de Dinard	Herbiers	SIZM01/01 bis/01ter
	<i>Zostera marina</i>	SIZM02
		SIZM03
Groupe d'Études des Milieux Estuariens et Littoraux - Normandie	Herbiers	SIZN01
	<i>Nanozostera noltei</i> ¹	SIZN02

¹L'identification des zostères naines comme *Nanozostera noltei* ((Hornemann) Tomlinson & Posluzny, 2001) fait référence à une récente révision taxonomique des *Zosteraceae* à l'échelle mondiale sur des bases morphologiques et génétiques (Sullivan et Short, 2023). Ce nom, accepté par les autorités taxonomiques, correspond sans ambiguïté à l'ancien nom *Zostera noltei*, utilisé dans les documents antérieurs à 2024 (<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=669496>).

2. Suivi stationnel des herbiers à *Zostera marina* - (MNHN-Dinard)

2.1. Introduction

Depuis l'adoption de la Directive Cadre sur l'eau 2000/60/CE par le Parlement Européen, les états membres doivent anticiper toute dégradation, préserver et améliorer l'état des écosystèmes aquatiques. Pour cela, un plan de gestion a été mis en place afin d'atteindre un bon état général des différentes masses d'eau (souterraines ou superficielles). Ce plan de gestion intègre notamment un programme de surveillance basé sur les réseaux de surveillance déjà existants (REPHY, ROCCH, REBENT...) et permettant de suivre l'évolution de la qualité des masses d'eau. Afin d'évaluer l'état des masses d'eau, différents éléments (chimiques et biologiques) sont contrôlés annuellement, notamment les angiospermes, sensibles aux perturbations physiques et chimiques (Dauer, 1993).

Présents sur l'ensemble des côtes du Massif Armoricain, les herbiers à *Zostera marina* ne s'implantent que dans des secteurs localisés en raison de leur exigence écologique. Les herbiers du golfe normand-breton sont présents sur l'ensemble des côtes de ce secteur à l'exception de la baie du Mont-Saint-Michel (Nebout *et al.*, 2009). Ces phanérogames marines s'implantent préférentiellement sur des substrats meubles à la granulométrie variée. Elles ne se développent pleinement qu'en présence de conditions hydrodynamiques relativement calmes. Les herbiers de *Z. marina* sont considérés comme de bons indicateurs biologiques de la qualité des masses d'eau côtières, que ce soit de par leur distribution spatiale (Krause-Jensen *et al.*, 2005), ou encore de par leur densité (Short et Wyllie-Echevarria, 1996). L'indice biotique « angiospermes », utilisé pour évaluer l'état écologique des eaux côtières, se base en partie sur les herbiers de *Z. marina* (Foden, 2007 ; Foden et Brazier, 2007). Il prend en compte la composition taxinomique, l'extension spatiale de l'herbier et son développement via la densité de pieds, la biomasse ou le recouvrement (Auby *et al.*, 2010).

Dans le cadre de la DCE, trois sites sont suivis depuis 2007 sur le secteur Ouest Cotentin. Ils se situent dans l'archipel des îles Chausey (station SIZM01), sur la zone de Saint-Martin-de-Bréhal (SIZM02) et au niveau de Gouville-sur-Mer (SIZM03) (Figure 2). En 2014, deux stations supplémentaires situées dans l'archipel de Chausey ont été ajoutées au programme de surveillance (SIZM01bis et SIZM01ter ; Figure 2). Pour répondre à une demande ponctuelle de l'agence de l'eau souhaitant étudier l'influence de la pêche à pied sur la santé de l'herbier, une sixième station a été ponctuellement ajoutée au niveau de Gouville-sur-mer (SIZM03bis) et sera suivie en 2023 et 2024.

Ce chapitre présente la campagne de prélèvement ainsi que le traitement en laboratoire des échantillons d'herbiers de *Zostera marina* des six stations mentionnées ci-dessus pour l'année 2023. L'ensemble des données et résultats exposés permettront ensuite aux experts thématiques de l'Ifremer de calculer les indices biotiques associés.

2.2. Matériel et méthodes

2.2.1. Campagne d'échantillonnage

Pour cette année 2023, l'échantillonnage de l'ensemble des six stations à *Zostera marina* suivies a été effectué entre le 21 mars et le 25 mai. Les stations de l'archipel des îles Chausey ont été prélevées à pied les 21 (SIZM01), 22 (SIZM01ter) et 23 (SIZM01bis) mars 2023. Les herbiers de l'Ouest Cotentin ont été échantillonnés en plongée sous-marine, faute de coefficient de marée suffisant pour les laisser découvrir, le 16 avril 2023 (SIZM02) et les 24 (SIZM03bis) et 25 (SIZM02) juin 2023 (Figure 2, Tableau 2).

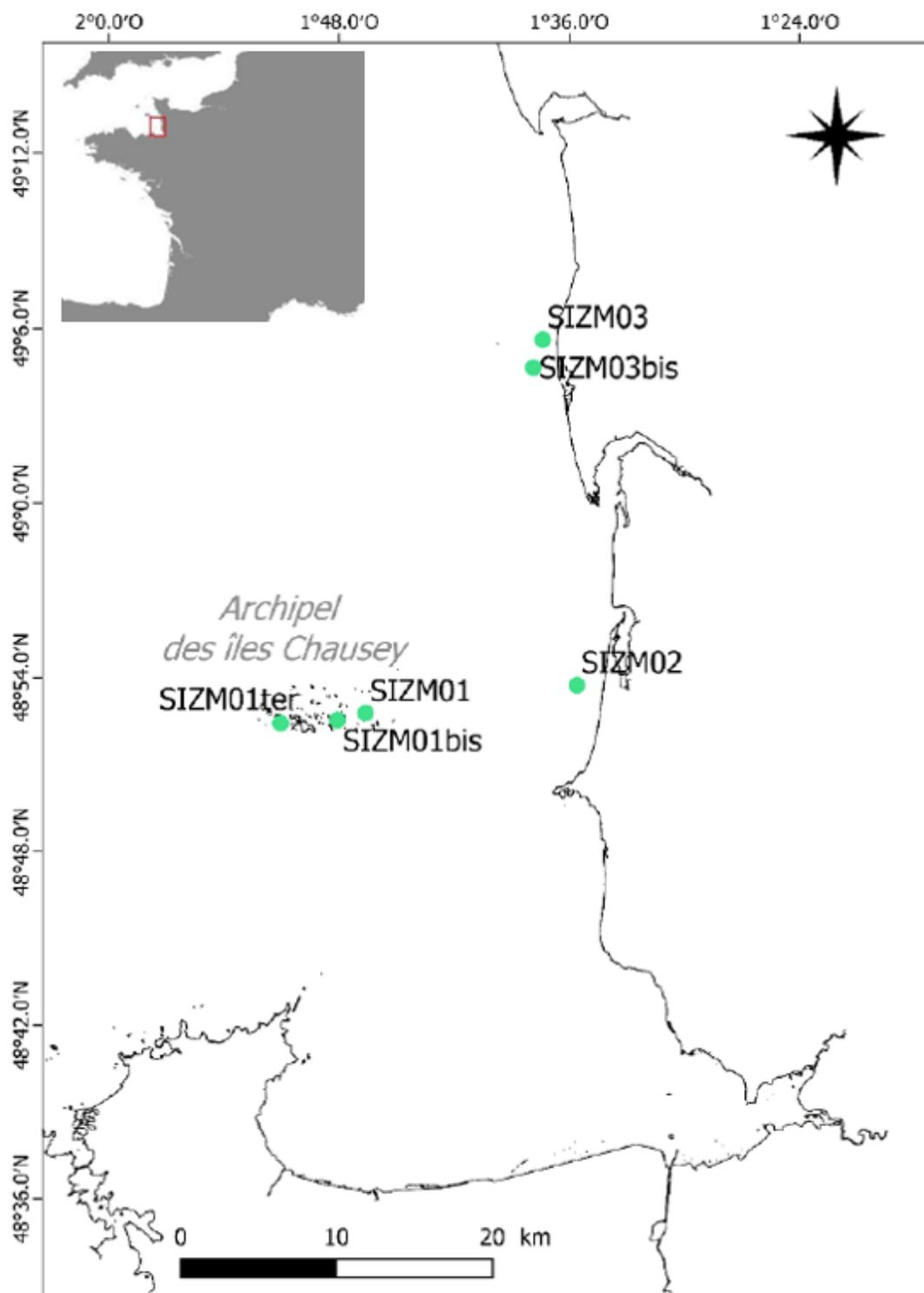


Figure 2 : Localisation des six stations de prélèvements de *Zostera marina* de la DCE « Angiospermes » Ouest-Cotentin.

Tableau 2 : Récapitulatif de la campagne d'échantillonnage « *Zostera marina* » 2023.
 * position GPS (WGS4 en degrés/décimales) du passage A de la station échantillonnée.

Station	Code Masse d'Eau	Date de prélèvement	Position géographique de la station*	
SIZM01	FRHC01	21/03/2023	48,87972 N	1,77696 O
SIZM01bis	FRHC01	23/03/2023	48,87566 N	1,80155 O
SIZM01ter	FRHC01	22/03/2023	48,87361 N	1,85024 O
SIZM02	FRHC03	16/04/2023	48,89569 N	1,59332 O
SIZM03	FRHC03	25/05/2023	49,09354 N	1,62294 O
SIZM03bis	FRHC03	24/05/2023	49,077548 N	1,631077 O

Cette année, cinq stations sur six ont été échantillonnées en intégralité. Les prélèvements réalisés en plongée ont été fait en suivant le protocole édité par Auby *et al.* en 2018. Tout comme l'année passée, le réplicat B de la station SIZM02 (St-Martin-de-Bréhal) n'a pu être échantillonné malgré les efforts de prospection. L'herbier n'est pas assez développé et ne présente que quelques patches peu denses et peu développés de zostères.

En milieu intertidal, chaque station a été échantillonnée selon le protocole et est composée de trois passages (Figure 3), répartis sur un même niveau bathymétrique et dans des secteurs homogènes considérés comme représentatifs de l'herbier du site étudié. Les entités prises en compte dans le protocole sont les zostères marines et les macroalgues non épiphytes (biométrie et biomasse), les algues épiphytes et le taux de maladie dit « wasting disease » (WD) pour le compartiment biologique, ainsi que les analyses granulométriques et les mesures de matière organique associées au sédiment pour le compartiment abiotique.

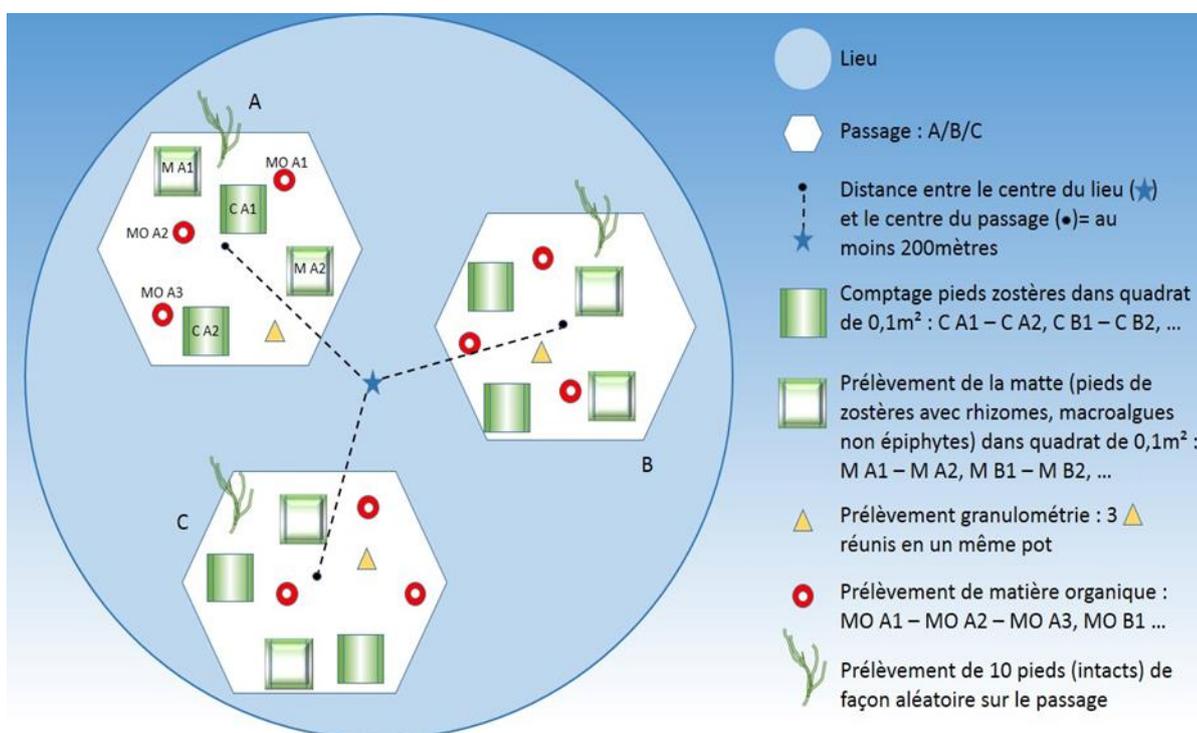


Figure 3 : Représentation schématique du prélèvement de *Zostera marina* sur une station DCE.

Sur chaque passage A, B ou C :

- Deux comptages du nombre de pieds de zostères marines (« C ») présents dans un quadrat de 0,1 m² ont été réalisés dans deux quadrats distincts (ex : C A1 et C A2 pour le passage A). Pour les trois passages, six valeurs ont donc été obtenues pour une station et permettent de déterminer la densité du nombre de zostères par quadrat échantillonné.

- Deux prélèvements de matre par passage (deux quadrats de 0,1 m², ex : M A1 et M A2 pour le passage A) ont également été effectués pour comptages et mesures en laboratoire.

Pour chaque passage, dix pieds de zostères ont été collectés aléatoirement pour quantifier, au laboratoire, le phénomène de « wasting disease » (maladie due à l'association d'un ensemble de facteurs environnementaux perturbateurs qui affaiblissent la plante et permettent sa contamination par le micro-organisme *Labyrinthula zostera*) ainsi que la biomasse d'épiphytes.

- Un prélèvement de sédiment (1 carotte de Ø = 9 cm, z = 5 cm) a été effectué sur chaque passage pour les analyses granulométriques. L'ensemble des trois carottes des passages A, B et C n'a pas été réuni dans un seul et même pot, ceci afin de garder l'information relative à chaque passage échantillonné.

- Pour la matière organique, les prélèvements ont été effectués en triplicats par passage, soit neuf échantillons par station.

Pour chacune des six stations échantillonnées lors de la campagne 2023, les métadonnées ont été consignées dans les fiches terrain consultables en Annexe.

En milieu subtidal ou difficilement émergé, lorsque le bateau est sur le point GPS, une gueuse équipée d'une bouée est larguée pour matérialiser le point. A partir de ce point, un bout de 10 m est disposé par les plongeurs sur un même niveau bathymétrique selon un cap identique chaque année et notifié sur la fiche de terrain. Les prélèvements et les dénombrements sont réalisés de manière équidistante (par exemple tous les 1,5 m ou tous les 2 m) et toujours du même côté le long de ce transect.

Sur chaque point, les opérations sont les suivantes (Figure 4) :

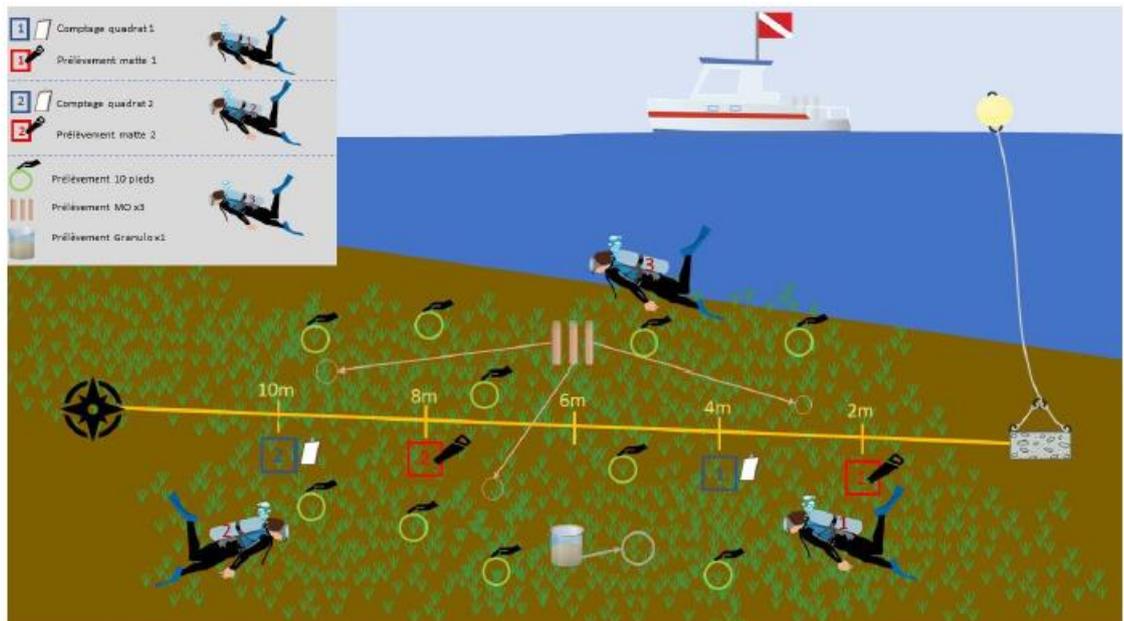


Figure 4 : Protocole de prélèvement de *Zostera marina* en plongée.

- Prélèvement de l'ensemble de la matre (pieds de zostères avec rhizomes, macroalgues). Deux répliquats de 0,1 m² (ou 2 fois 2 répliquats de 0,04 m² : dans ce dernier cas, les densités mesurées dans les quadrats seront ajoutées 2 par 2 et rapportées à une surface de 0,08 m²) seront échantillonnés sur 5 à 10 cm de profondeur.

En zone subtidale (plongée), la matre sera prélevée au moyen d'un carottier de surface adéquate enfoncé dans le sédiment ; le bord du carottier doit être suffisamment haut et fin pour couper les rhizomes. À défaut, un couteau et/ou une truelle pourront être utilisés pour couper les rhizomes autour du carottier ;

- Comptage du nombre de pieds par quadrats sur deux quadrats distincts ;
- Prélèvement de 10 pieds de zostères collectés aléatoirement pour les analyses de « Wasting Disease » ;
- Un prélèvement de sédiment pour l'analyse de la granulométrie ;
- Trois prélèvements de sédiment (triplicats) pour la quantification de la teneur en matière organique.

2.2.2. Traitements des échantillons en laboratoire

2.2.2.1. Granulométrie

L'analyse granulométrique permet de caractériser la composition sédimentaire retrouvée sur chaque station de prélèvement. L'échantillon humide est versé dans un bol préalablement annoté et pesé. L'ensemble est pesé une première fois (M_{humide}) à température ambiante. Il est ensuite placé dans une étuve à 60°C pendant 48 heures minimum, jusqu'à ce que le sédiment soit parfaitement sec. L'ensemble est pesé une deuxième fois à température ambiante (M_{sec}). La différence entre les deux pesées permet d'obtenir la quantité d'eau de mer (M_{eau}). La quantité de sel (M_{sel}) toujours présent dans le bol peut donc être estimée en considérant que l'eau de mer a une salinité de 35 g/L.

$$M_{\text{humide}} \text{ (g)} - M_{\text{sec}} \text{ (g)} = M_{\text{eau}} \text{ (g)}$$

$$M_{\text{eau}} \text{ (L)} = M_{\text{eau}} \text{ (g)} \times 0.001$$

$$M_{\text{sel}} \text{ (g)} = M_{\text{eau}} \text{ (L)} \times 35$$

Le sédiment est remouillé avec une solution de métaphosphate de sodium (40 g/L) servant de défloculant. Il est délicatement malaxé à l'aide d'une spatule pour permettre une meilleure liquéfaction de la vase. Le sédiment est ensuite tamisé sous eau douce sur un tamis de vide de maille de 63 µm qui permet d'éliminer la fraction inférieure à 63 µm. Le refus de tamis est récupéré dans un bol placé ensuite dans une étuve (60°C, 48 à 72 h). Le poids de la fraction de pélites ($M_{\text{pélites}}$) est obtenu par différence avec la première pesée du sédiment sec (M_{sec}) à laquelle a préalablement été soustraite la quantité de sel.

$$M_{\text{pélites}} \text{ (g)} = M_{\text{sec}} \text{ (g)} - M_{\text{sec-63 } \mu\text{m}} \text{ (g)}$$

Une fois le sédiment de nouveau sec, il est délicatement mélangé de manière à ce que tous les grains soient bien individualisés. Le tamisage du sédiment sec s'effectue sur une colonne de tamis AFNOR comprenant 17 tamis obligatoires et 10 tamis optionnels (partie la plus grossière) qui permettront de séparer les différentes fractions sédimentaires.

Le type sédimentaire des stations est ensuite identifié d'après la procédure GRADISTAT (Blott et Pye, 2001 ; Fournier *et al.*, 2014), en fonction des proportions en sables, graviers et pélites mais aussi de la grossièreté moyenne du grain et du mode (dimension du tamis où le refus est maximal). La médiane (D50) et l'indice de Trask (S_o) sont calculés et permettent respectivement, de couper en deux parties égales l'ensemble des valeurs de taille de grains et de renseigner le niveau d'homogénéité dans la taille des grains. Une faible valeur de l'indice de Trask indique une relative homogénéité dans la taille des grains. Le sédiment est alors qualifié de « bien classé ». Une forte valeur indique

un sédiment présentant un mélange de différentes catégories sédimentaires (Tableau 3). Dans cette procédure la classification granulométrique des sables est issue de la nomenclature de Wentworth (Wentworth, 1922) et les faciès sédimentaires correspondants proviennent de la méthode géométrique adoptée par Folk et Ward (Folk et Ward, 1957). La distribution des grains dans les différentes classes de taille des cinq stations est ensuite représentée à l'aide d'histogrammes produits sur le logiciel R (version 3.3.3).

Tableau 3 : Classement du sédiment en fonction de l'indice Trask (So) (Fournier, 2012).

So	Classement
1 à 1,17	Très bien classé
1,17 à 1,20	Bien classé
1,20 à 1,35	Assez bien classé
1,35 à 1,87	Moyennement classé
1,87 à 2,75	Mal classé
> 2,75	Très mal classé

2.2.2.2. Teneur en matière organique

Les échantillons dédiés à mesurer la matière organique ont été homogénéisés, disposés dans des capsules en aluminium (résistantes aux hautes températures et pesées à vide) et placés à l'étuve à 60 °C pendant 48 à 72 h. Les capsules ont ensuite été pesées (poids de sédiment sec), passées au four à 450 °C pendant 4 h puis une nouvelle fois pesées (poids de sédiment calciné). La différence de masse entre le poids de sédiment sec et le poids de sédiment calciné correspond à la matière organique totale (MO) initialement présente dans l'échantillon.

2.2.2.3. Zostères et macroalgues

Les échantillons de mattes issues des deux quadrats de 0,1 m² (soient les six prélèvements par station) ont tout d'abord été triés afin de séparer les macroalgues non épiphytes des pieds de zostères. Les macroalgues ont été groupées par grands taxons Chlorophyta (algues vertes), Ochrophyta (algues brunes) et Rhodophyta (algues rouges) avant d'être passées à l'étuve (48 h minimum à 60 °C) et pesées.

Différentes mesures ont ensuite été réalisées sur les pieds de zostères (Figure 5) :

- Dénombrement du nombre de pied ;
- Dénombrement du nombre de feuilles par pied ;
- Biométrie des organes aériens de chaque pied (longueur des gaines, longueur et largeur des feuilles) ;
- Biomasse des organes aériens après un passage à l'étuve à 60 °C de 48 h minimum (poids sec (PS) épigé) et souterrains (PS hypogé).

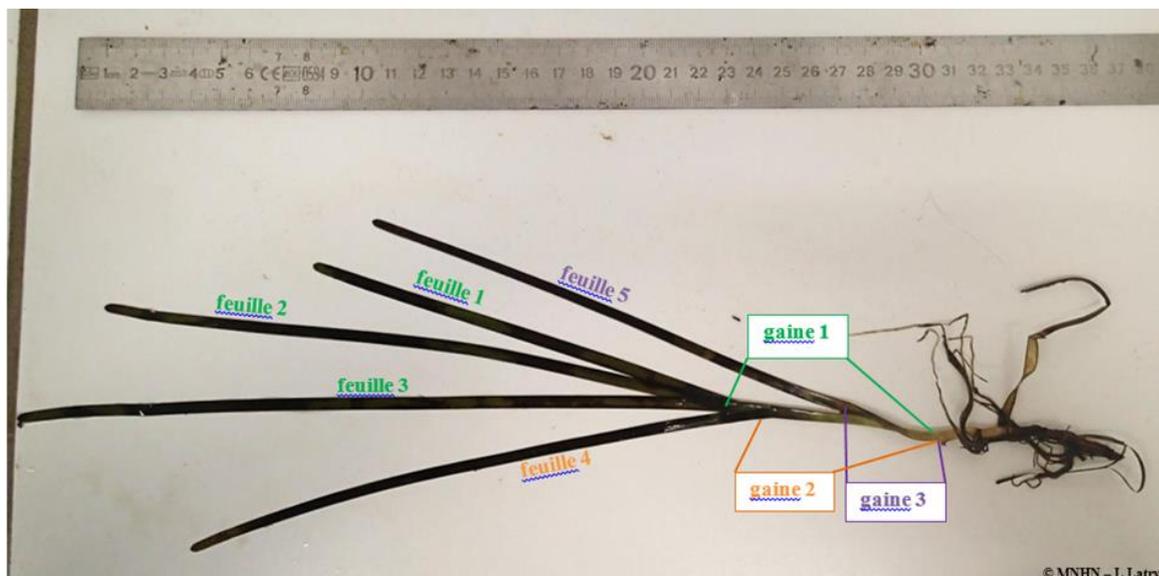


Figure 5 : Pied de *Zostera marina* et mesures effectuées sur les organes aériens.

Certains pieds peuvent présenter un début de développement de second pied à la base des gaines. Deux cas de figure peuvent dès lors se présenter :

- Lorsque le limbe (le plus ancien du pied) recouvrant le nouveau pied est encore bien solidaire de sa gaine, le nouveau pied n'est pas comptabilisé. Il sera pris en compte lorsque le limbe se détachera de son support.
- Lorsque le plus ancien des limbes laisse apparaître la quasi-totalité du nouveau pied, ce dernier est alors comptabilisé comme un pied à part entière. Le limbe le plus vieux qui le recouvrait à l'origine n'est pas pris en compte pour la biométrie de son pied.

2.2.2.4. Wasting Disease (WDI) et algues épiphytes

Les longueurs et largeurs des limbes des dix pieds de zostères collectés aléatoirement, à chacun des passages des cinq stations, ont été mesurées. Les limbes ont ensuite été raclés à l'aide d'une lame fine afin de récupérer les algues épiphytes et pesés après séchage à l'étuve (48 h à 60 °C). Les algues épiphytes ont également été placées à l'étuve (48 h à 60 °C), pesées puis calcinées au four à 450 °C pendant 4 h et pesées de nouveau.

Parmi les dix pieds collectés aléatoirement, le pourcentage de zones noires a aussi été estimé sur cinq d'entre eux, d'après l'échelle de Burdick *et al.* (Figure 6). Ces zones noires sont provoquées par la maladie du dépérissement causée par *Labyrinthula zosterae*.

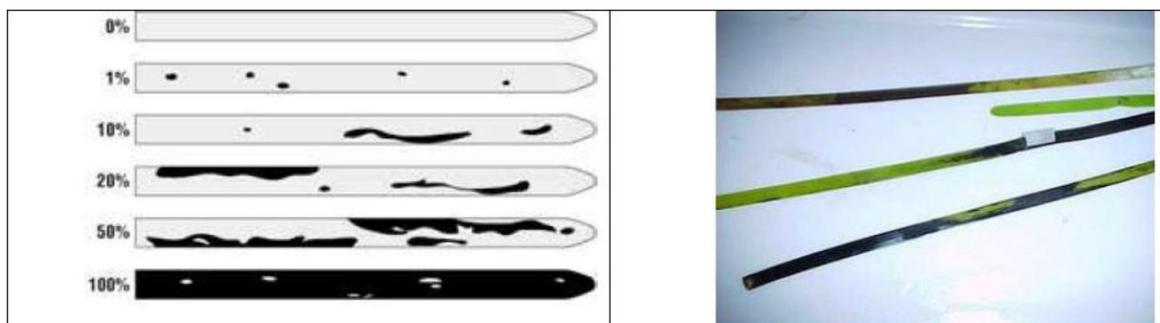


Figure 6 : Echelle d'évaluation de la maladie du dépérissement (Burdick *et al.*, 1993).

2.3. Résultats

Cette année, la quasi-totalité des sites ont pu être suivis et ce malgré la faible visibilité, le courant et la houle lors des prélèvements subtidiaux. Seule la station SIZM02, se trouvant à Saint-Martin-de-Bréhal, n'a pu être réalisée dans sa totalité. En effet, l'herbier au niveau du réplikat B de cette station ne constituait que quelques « tâches » d'herbier de moins d'un mètre de diamètre, peu fournies et avec des limbes peu développés.

Les données brutes de la campagne de prélèvements 2023 ont été bancarisées dans la base de données IFREMER Quadrigé².

2.3.1. Granulométrie

En 2023, tout comme en 2022, la station SIZM01bis est la station la plus envasée avec 59,2 % de vase (Tableau 4). De manière globale, le sédiment des stations échantillonnées est mal voire très mal trié. Les indices de Trask sont compris entre 1,598 sur SIZM01 et 7,052 sur SIZM02.

Tableau 4 : Statistiques granulométriques obtenues en 2023 sous Gradistat.

Stations		SIZM01	SIZM01bis	SIZM01ter	SIZM02	SIZM03	SIZM03bis
Méthode de Folk & Ward (description)	Groupe textural	Sable légèrement graveleux et vaseux	Vase légèrement graveleuse et sableuse	Sable légèrement graveleux et vaseux	Gravier sableux	Sable graveleux	Gravier sablo-vaseux
	Asymétrie	Non	Oui	Oui	Non	Non	Oui
	Tri	Modérément trié	Très mal trié	Mal trié	Très mal trié	Très mal trié	Très mal trié
Distribution en taille des grains	GRAVIER	1,3%	2,5%	3,2%	34,7%	25,4%	36,4%
	très grossier	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	grossier	0,0%	0,8%	0,0%	17,0%	4,7%	10,7%
	moyen	0,1%	0,4%	0,2%	9,0%	6,1%	7,8%
	fin	0,3%	0,6%	0,5%	4,4%	6,7%	8,4%
	très fin	0,9%	0,7%	2,5%	4,3%	7,9%	9,5%
	SABLE	81,9%	38,4%	86,4%	62,0%	67,4%	52,9%
	très grossier	2,3%	1,2%	9,3%	2,7%	11,2%	8,9%
	grossier	2,1%	1,8%	10,9%	3,2%	14,1%	8,3%
	moyen	20,2%	3,5%	20,5%	9,0%	23,5%	9,9%
	fin	44,3%	10,9%	38,6%	41,6%	9,7%	13,9%
	très fin	13,0%	21,0%	7,3%	5,6%	8,9%	11,9%
	VASE	16,8%	59,2%	10,4%	3,3%	7,3%	10,7%
Médiane (D₅₀) (µm)		187,9	40,75	229,7	248,5	512,1	674,2
Indice de Trask (So)		1,598	2,812	1,680	7,052	2,951	5,895

Les stations des îles Chausey sont caractérisées par les plus grandes proportions de vase (10,4 % pour SIZM01ter, 16,8 % pour SIZM01 et 59,2 % pour SIZM01bis). Les courbes sédimentaires représentant la distribution des poids des grains par classes de taille sont représentées à la Figure 7. Une plus grande quantité de fraction fine (vase) dans les stations SIZM01, SIZM01bis et SIZM01ter est observée : les courbes sédimentaires cumulatives atteignent des plateaux pour des classes de tailles de moins 1mm. Les stations côtières SIZM03 et SIZM03bis sont quant à elles plus hétérogènes.

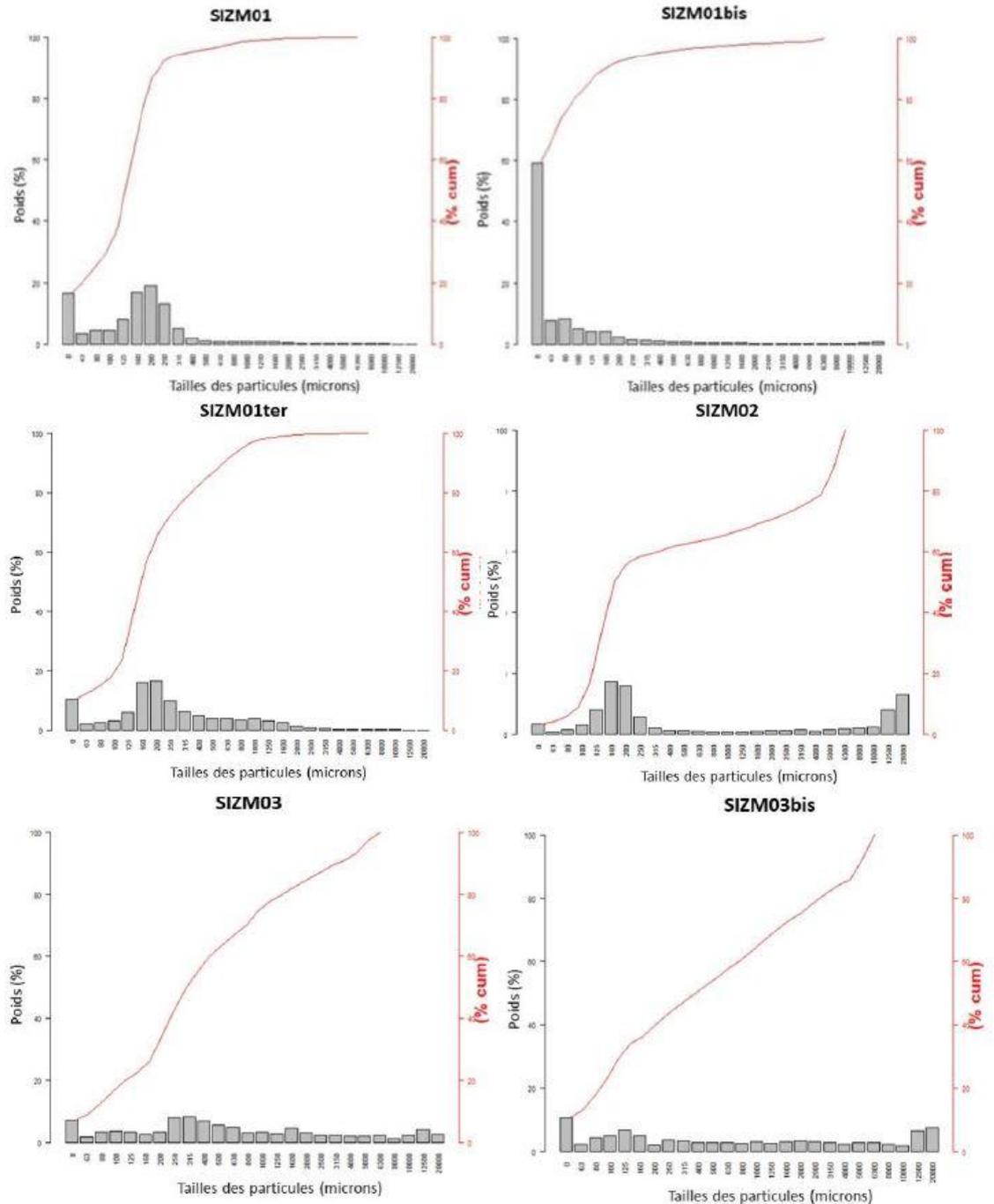


Figure 7 : Répartition du poids des particules de sédiment (Poids (%)) en fonction de leur taille (Taille des particules (microns)). La courbe rouge représente des pourcentages cumulés des poids des différentes tailles sédimentaires (% cum).

Les proportions en graviers, sables et vases des stations échantillonnées en 2023 semblent relativement proches des proportions relevées pour les mêmes stations les années précédentes (Figure 8). Il est cependant à noter que les proportions des vases sont plus importantes en 2023, notamment aux stations SIZM01 et SIZM01bis.

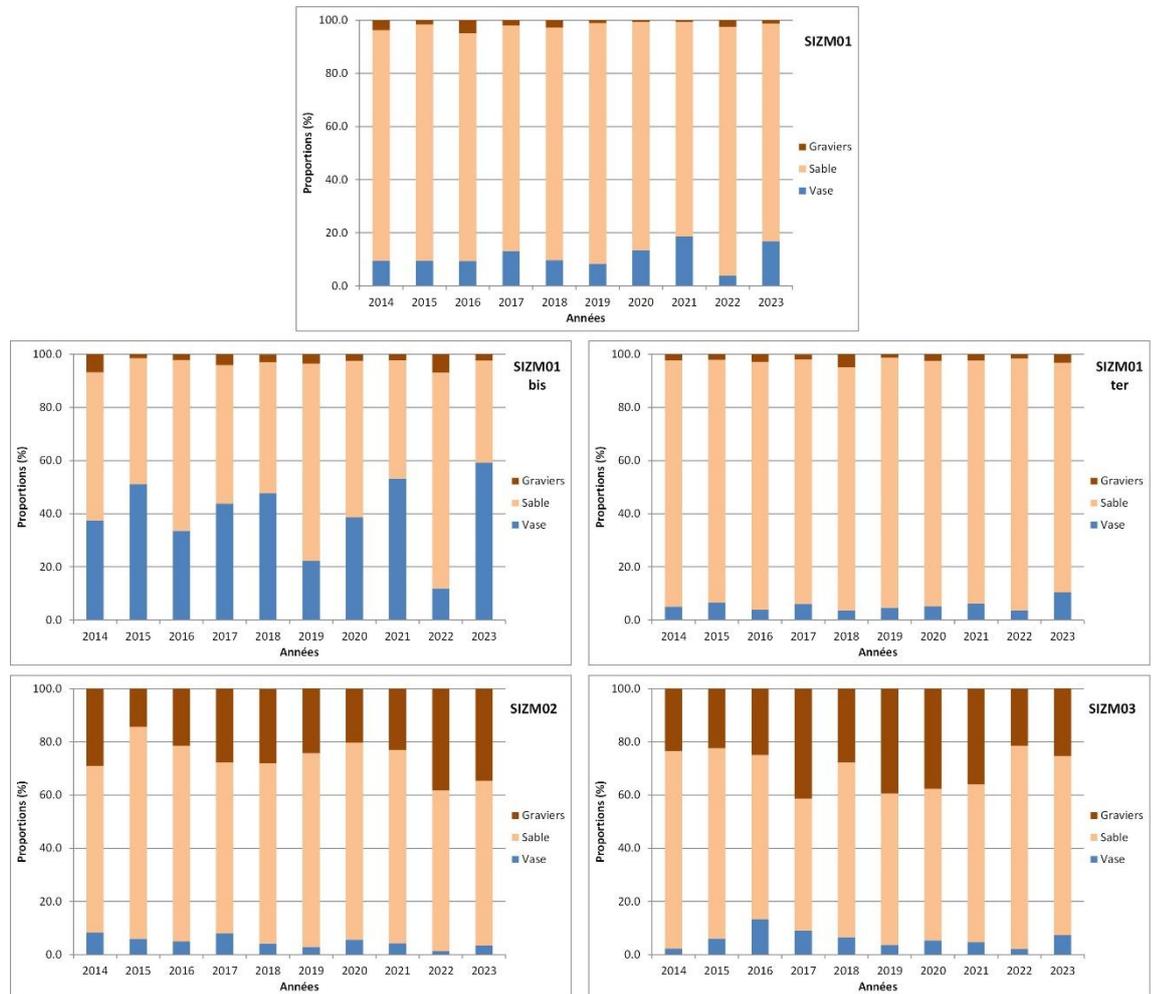


Figure 8 : Proportions en graviers, sables et vases (en %) en fonction de l'année d'échantillonnage.

2.3.2. Teneur en matière organique

Comme les années précédentes, de manière générale, les trois stations des îles Chausey sont caractérisées par des plus hautes teneurs en matières organiques (Figure 9). La station SIZM01bis est caractérisée par les valeurs en matière organique les plus élevées parmi l'ensemble des stations échantillonnées, avec un pourcentage moyen allant de 4,56 % à 6,46 % selon les passages.

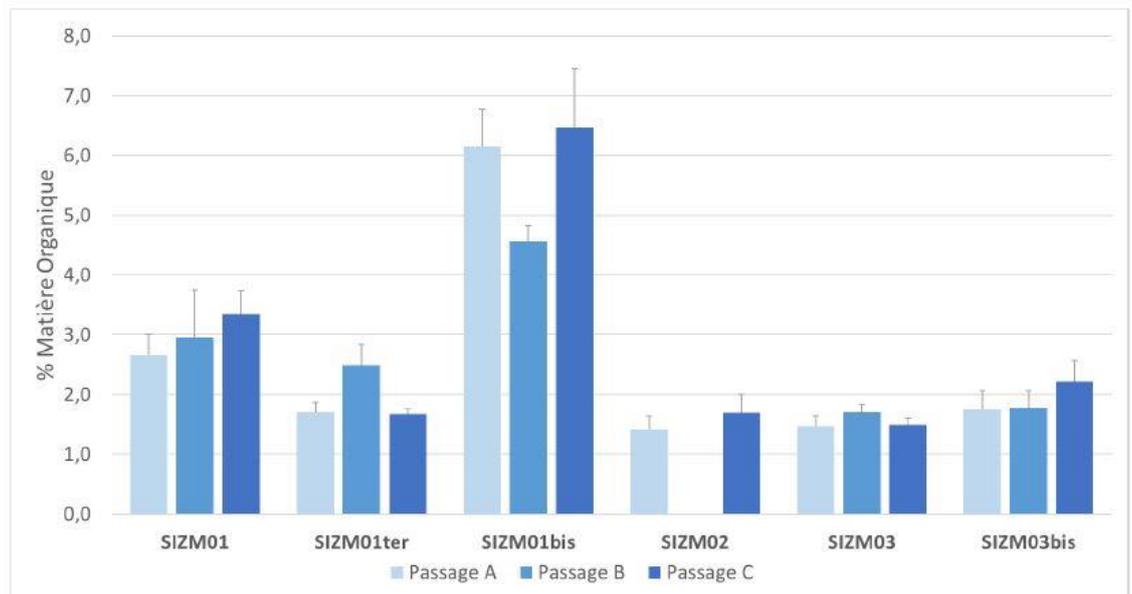


Figure 9 : Teneur moyenne et écart-type du pourcentage de matière organique (%) présent dans les sédiments de chaque passage (A, B, C) et dans chaque station.

2.3.3. Caractéristiques des zostères

2.3.3.1. Densités des pieds

Les densités moyennes des pieds de *Z. marina*, calculées à partir des relevés terrain (comptage des quadrats de 0,1 m²), sont représentées dans le graphique suivant pour chaque station échantillonnée en 2023 (Figure 10).

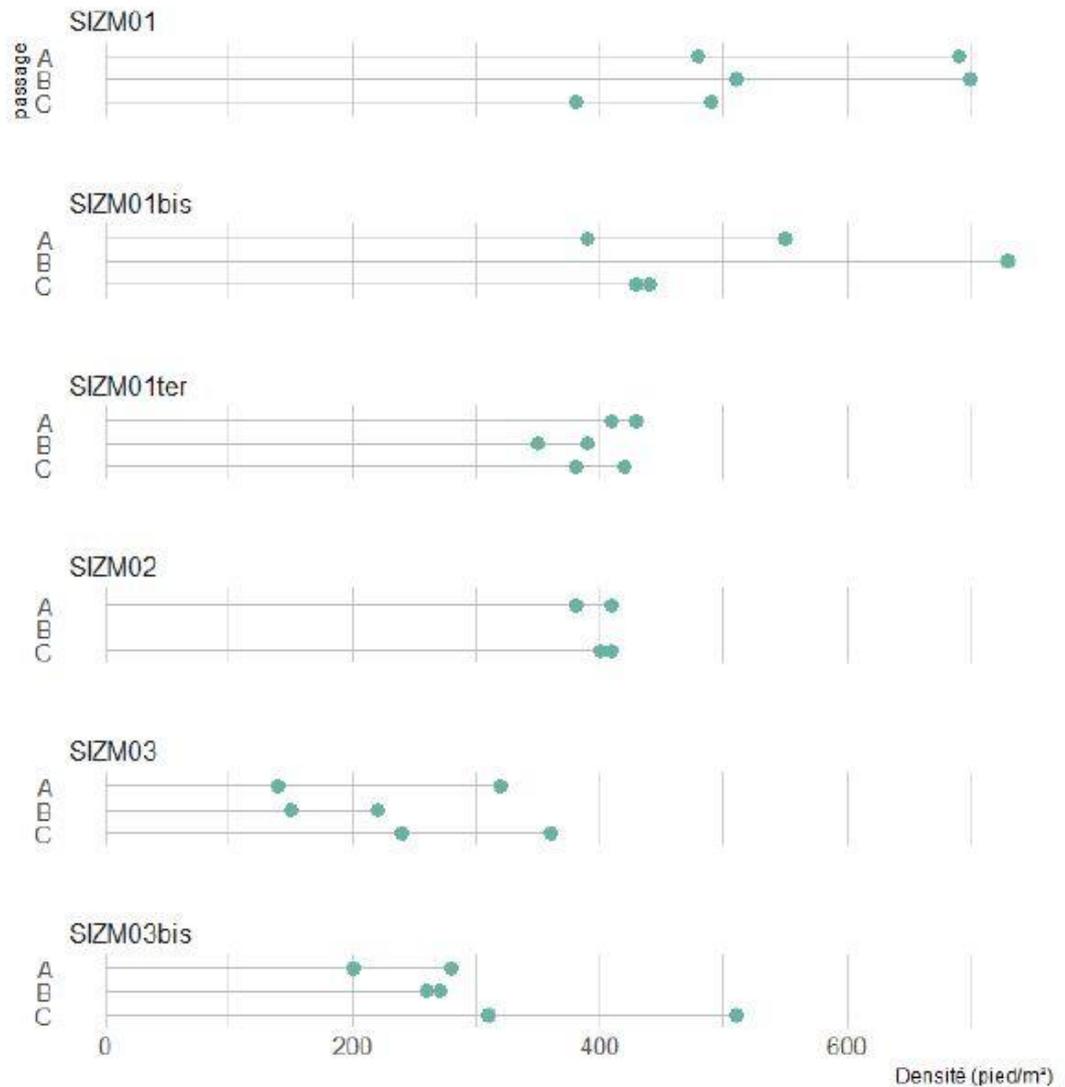


Figure 10 : Densité de pieds de *Z. marina* par m² de surface sédimentaire.

Sur la station SIZM01bis, un seul comptage a été réalisé sur le passage B et la moyenne a été calculée à partir des cinq passages réalisés. Sur la station SIZM02, en l'absence de données sur le passage B, la moyenne a été calculée à partir des 4 prélèvements effectués sur les passages A et C.

La station SIZM01 présente la plus forte densité avec en moyenne 541 ± 93 pieds par m² (Tableau 5). La densité de zostères la plus faible est observée sur la station SIZM03, avec 238 ± 89 pieds. Cependant, la variabilité de densité au sein des stations est assez importante avec des écarts-types supérieurs à ± 89 pieds mise à part sur les stations SIZM01ter et SIZM02 avec des écarts-types respectifs de ± 29 et ± 14 pieds.

Tableau 5 : Densité moyenne de pieds de *Z. marina* plus ou moins l'écart-type observée sur les stations.

	SIZM01	SIZM01bis	SIZM01ter	SIZM02	SIZM03	SIZM03bis
Moyenne	542	508	397	400	238	305
Écart-type	93	138	29	14	87	107

2.3.3.2. Biomasses

Sur les trois fractions pesées, les parties souterraines représentent la biomasse la plus importante (Figure 11). En effet, la biomasse moyenne d'hypogée varie entre 114,6 et 886,5 g.m² ; tandis qu'elle varie entre 7,2 et 24,0 g.m² pour les gaines et entre 17,6 et 40,9 g.m² pour les limbes. C'est dans l'herbier de la station SIZM03 que les biomasses moyennes, toutes parties confondues, sont les plus élevées des six stations. Il faut toutefois noter que la variabilité intra-stationnelle est elle aussi importante au regard des écarts-types (i.e. gaine : 23,9 ± 15,6 g/m² ; limbe : 40,9 ± 22,5 g.m² ; hypogée : 886,5 ± 897,7 g.m²). Pour la partie souterraine, c'est sur la station SIZM03bis que la biomasse moyenne est la plus faible, suivi par SIZM02 (respectivement 114,6 ± 75,1 et 118,2 ± 26,1 g/m²). A l'inverse, les biomasses les plus faibles pour les parties aériennes sont observées sur la station SIZM02 (i.e. gaine : 7,3 ± 1,7 g/m² ; limbe : 17,6 ± 3,8 g.m²).

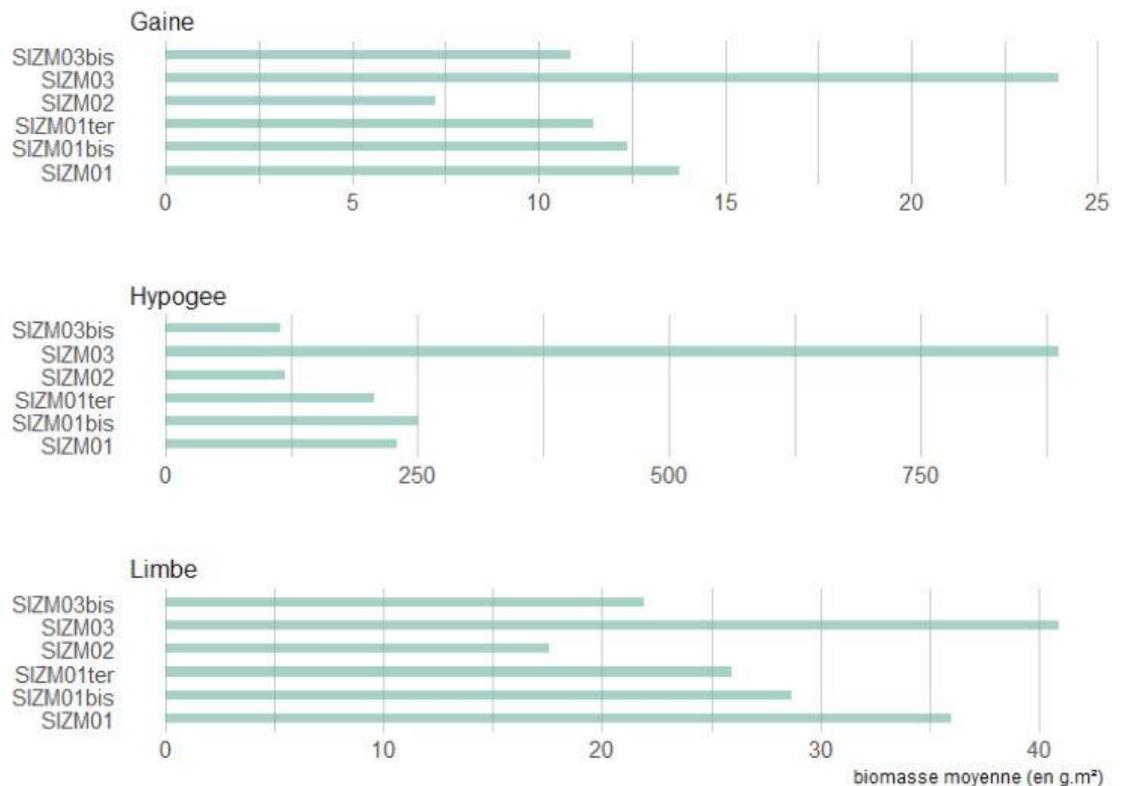


Figure 11 : Biomasses moyennes de limbes, de gaines et d'hypogées de *Z. marina* dans les stations échantillonnées en 2023.

2.3.3.3. Macroalgues et épiphytes

Les trois taxons de macroalgues non épiphytes sont présents sur l'ensemble des stations à l'exception des Orchophyta (Figure 12) absentes de deux prélèvements. Leur biomasse moyenne est très variable : elle atteint jusqu'à 4,1 g/m² sur la station SIZM02. Le groupe Rhodophyta est le plus représenté avec un poids minimum de 1 g/m² au sol et un maximum atteignant jusqu'à 15,3 g/m² sur SIZM02. A l'opposé, la présence de Chlorophyta dans les échantillons n'excède pas 1,8 g/m² en moyenne.

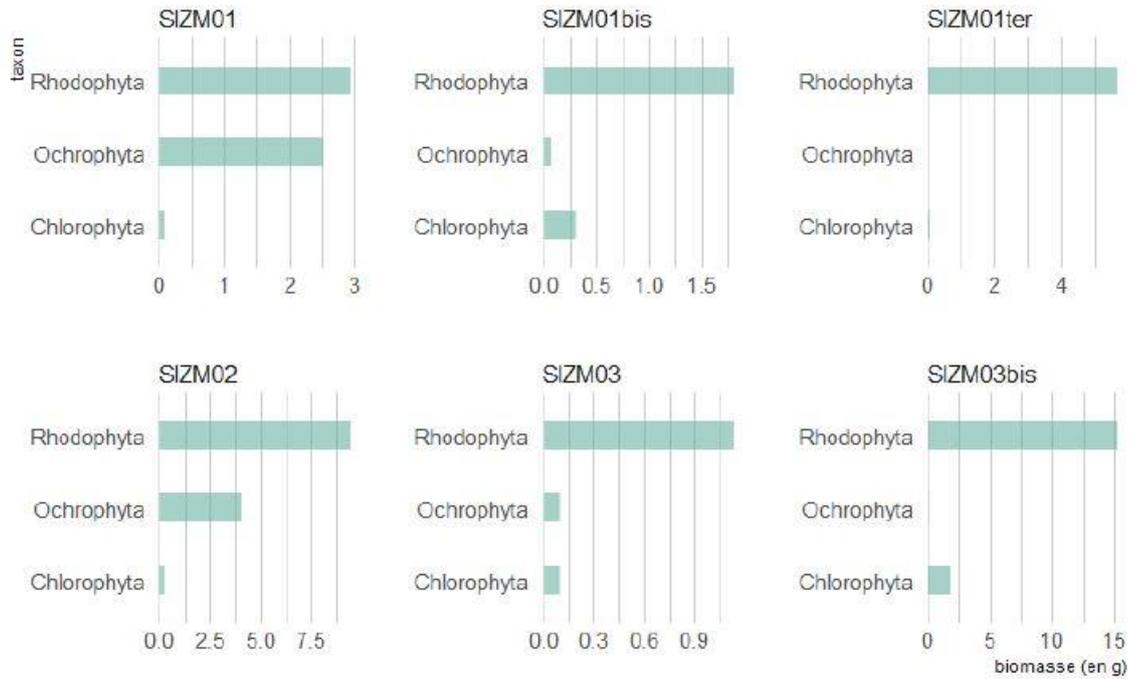


Figure 12 : Biomasses moyennes de macroalgues par m² sur les stations de zostères.

La Figure 13 présente les biomasses en épiphytes grattées en laboratoire (recto/verso) lors de la récupération des épiphytes sur les limbes des dix pieds de *Z. marina* collectés sur chaque passage des six stations. En 2023, et de façon similaire aux années précédentes, les trois stations de l'archipel des îles Chausey (SIZM01, SIZM01bis et SIZM01ter) enregistrent les plus importantes quantités d'épiphytes.

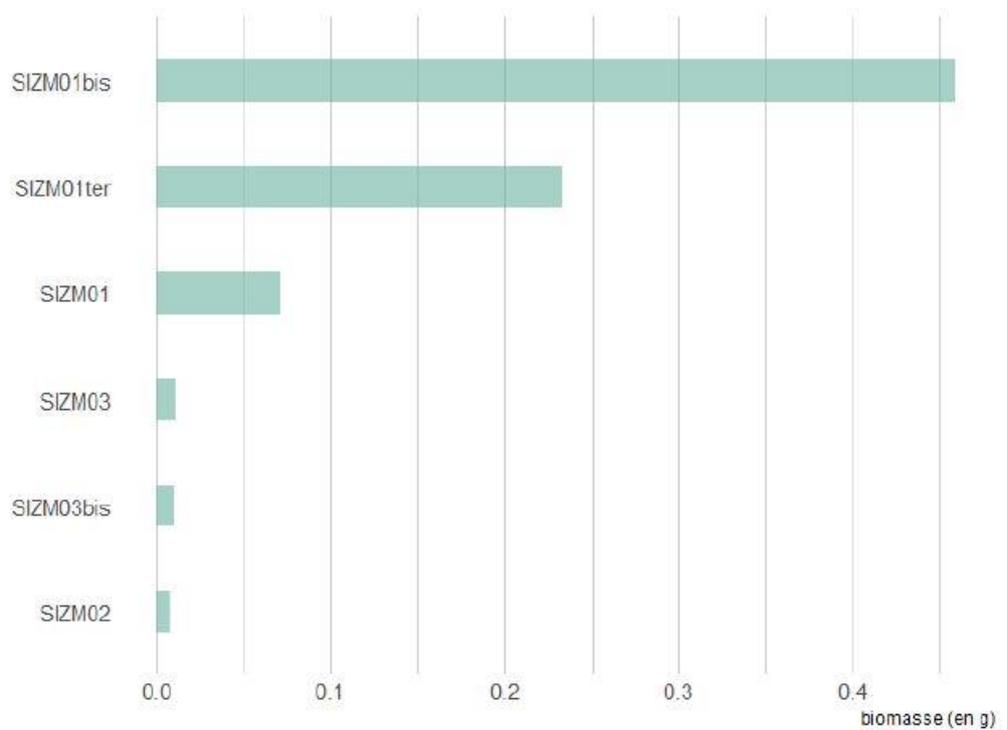


Figure 13 : Biomasses moyennes d'épibiontes par unité de surface foliaire sur les stations de zostères.

2.3.3.4. Wasting disease

Le paramètre de pourcentage de maladie par limbe, le Wasting Disease (WD), est exprimé en quatre classes de pourcentage de maladie : [1-10%],]10-20%],]20-50%] et]50-100%]. Les pourcentages de maladie sur chaque limbe des cinq pieds, pris au hasard dans les dix pieds collectés par passage et par station, sont représentés sur la Figure 14. Dans chaque station, entre 20 et 50 % des limbes ne présentent pas ou très peu de traces de maladie du dépérissement (classe de pourcentage [1-10%]). Dans les autres catégories, les données sont assez variables selon les stations. Cependant, les limbes présentant plus de 50% de taches noires sont inférieurs à 5 % des limbes prélevés. C'est sur le site de Saint-Martin-de-Bréhal (SIZM02) que le pourcentage d'atteinte est le plus faible avec un maximum entre 10 et 20 % de surface noire.

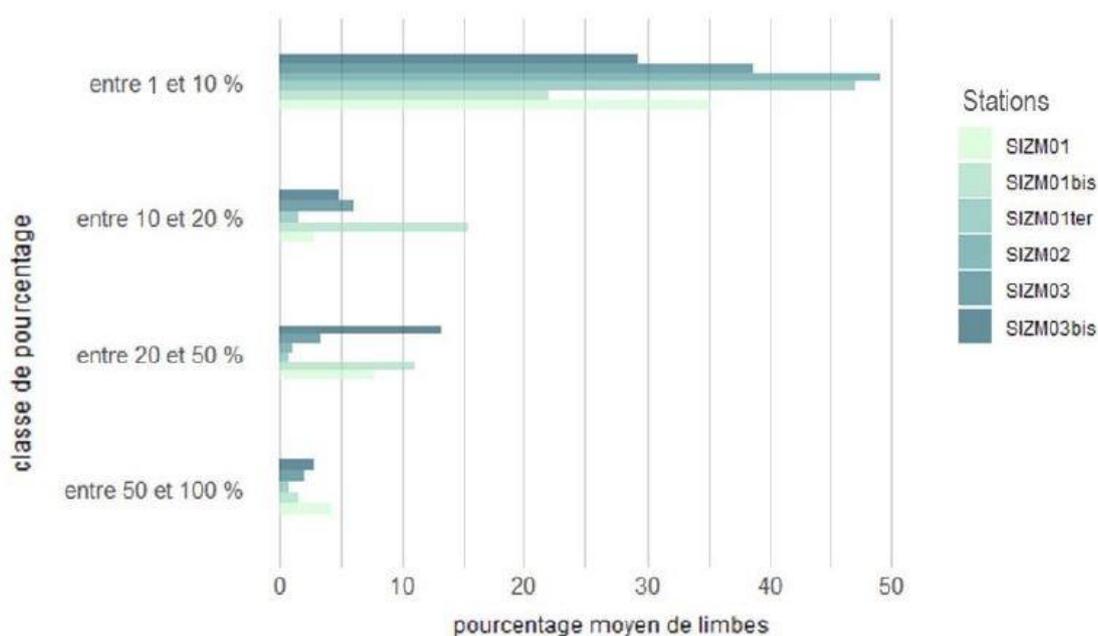


Figure 14 : Pourcentage de limbes de *Z. marina* sain ou atteint par la maladie, par classe.

2.4. Conclusion

Quatre des cinq stations suivies ont pu être échantillonnées en totalité, en respectant le protocole DCE en vigueur. La station de Saint-Martin-de-Bréhal (SIZM02) n'a quant à elle pas été échantillonnée en totalité car l'herbier était présent en patch (taches de moins d'un mètre carré, clairsemées). Il faudrait revenir sur ce point à pied pour le replacer.

3. Suivi stationnel des herbiers à *Nanozostera noltei* - (GEMEL-Normandie)

3.1. Introduction

Dans le cadre du suivi surfacique et stationnel des herbiers à *Nanozostera noltei*², le GEMEL-Normandie était en charge, en 2023, des secteurs de Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01, masse d'eau HC09, anse du Cul de Loup) et de la pointe de Brévands (SIZN02, masse d'eau HT06M). Depuis 2014, ce suivi est réalisé tous les ans.

L'herbier étudié en baie des Veys est celui de la pointe de Brévands. A l'échelle de la baie des Veys, cette partie de l'herbier est la plus dense et la plus étendue. Il a été décrit pour la première fois en 2008.

Le second herbier est situé sur le secteur sud de Saint-Vaast-la-Hougue. Les caractéristiques physiques, hydrodynamiques et anthropiques sont différentes par rapport à celui de Brévands. Une activité conchylicole importante est observée à proximité sur l'estran. La proximité avec le secteur urbanisé de la commune de Saint-Vaast-la-Hougue est importante. Plusieurs habitations et entreprises sont présentes sur le trait de côte.

D'un point de vue hydrodynamique, les situations diffèrent. L'influence des chenaux de Carentan et d'Isigny est importante pour le secteur de Brévands. L'herbier du secteur de Saint-Vaast-la-Hougue est situé sur une zone relativement protégée de l'hydrodynamisme marin en lien avec la présence de la route endiguée menant à la presqu'île de la Hougue.

Depuis quelques années, le site de Saint-Vaast-la-Hougue est marqué par une régression, suivie des points de vue scientifique et de gestion.

3.2. Matériel et méthodes

Les échantillonnages se sont déroulés en août, tel qu'indiqué dans le protocole. Le site de Saint-Vaast-la-Hougue a été échantillonné le 01er août (coefficient 88). Celui de Brévands a été échantillonné le 30 août (coefficient 95). L'ensemble des étapes du protocole a été respecté (Auby *et al.*, 2018).

Le Tableau 6 fait état des coordonnées et des dates du point fixe de chaque herbier suivi dans le cadre du suivi stationnel basé sur les positions observées en 2014.

Tableau 6 : Coordonnées et localisation et date d'échantillonnage des stations retenues pour le suivi stationnel des zostères naines. DDD = Degrés décimaux (WGS84).

Site	Masse d'eau	Longitude DD	Latitude DD	Date
SIZN01 – St-Vaast-la-Hougue	HC09	-1,2894	49,5853	01/08/2023
SIZN02 – Pointe de Brévands	HT06M	-1,13115	49,35821	30/08/2023

² L'identification des zostères naines comme *Nanozostera noltei* ((Hornemann) Tomlinson & Posluzny, 2001) fait référence à une récente révision taxonomique des *Zosteraceae* à l'échelle mondiale sur des bases morphologiques et génétiques (Sullivan et Short, 2023). Ce nom, accepté par les autorités taxonomiques, correspond sans ambiguïté à l'ancien nom *Zostera noltei*, utilisé dans les documents antérieurs à 2024 (<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=669496>).

Trente stations nommées de A1 à F5 ont été suivies sur chaque site (Figure 15 et Figure 16). Une station est constituée d'une grille de 30 points répartis régulièrement sur l'herbier suivi. Un point (X, Y) est codifié de manière unique par un code lettre-chiffre.

Pour chacune, une estimation du taux de recouvrement en zostères naines et des biomasses de macroalgues ont été réalisées. Des prélèvements de sédiment ont été effectués pour l'analyse de la granulométrie et de la teneur en matière organique totale.

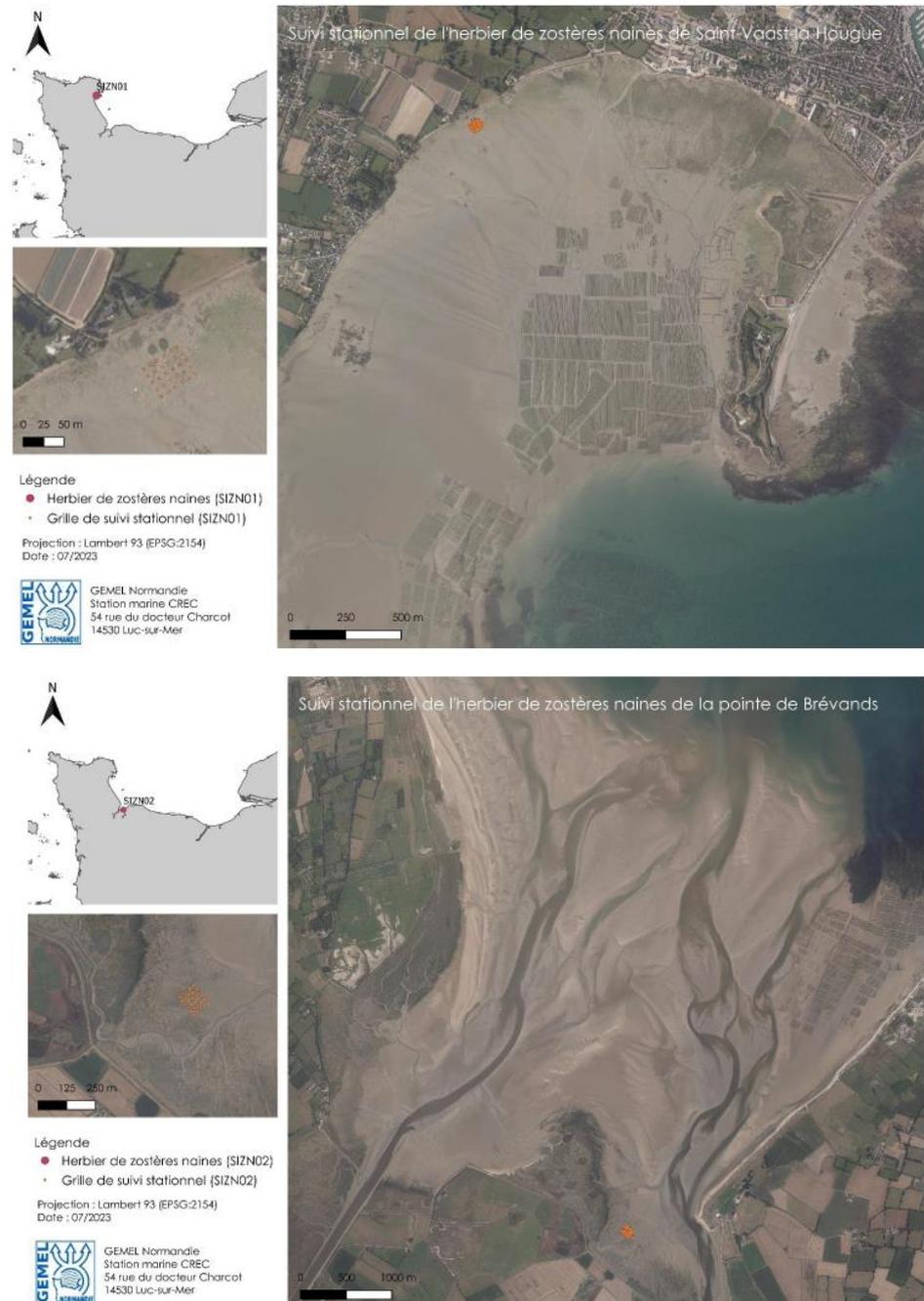


Figure 15 : Localisation des points échantillonnés pour le suivi stationnel des herbiers de zostères naines à Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01) et à la Pointe de Brévands (SIZN02).

A1	B1	C1	D1	E1	F1
A2	B2	C2	D2	E2	F2
A3	B3	C3	D3	E3	F3
A4	B4	C4	D4	E4	F4
A5	B5	C5	D5	E5	F5

Figure 16 : Grille d'échantillonnage dans un herbier à *Nanozostera noltei* (Auby et al 2018).

Les opérations de suivi d'un herbier de zostères naines sur le terrain sont réalisées à marée basse et lors des marées de vives-eaux.

En supplément, des fiches terrain (voir Annexe) pour le suivi stationnel des herbiers de zostères naines, des notes de terrain sont prises afin de renseigner :

- Topographie,
- Présence d'eau (sec, flaque),
- Présence de traces (bernache, goéland, pied, grattage...),
- Nombre et localisation d'oiseaux herbivores,
- Divers commentaires, ...

3.2.1. Taux de recouvrement des zostères et biomasse des macroalgues

3.2.1.1. Terrain

Une observation du recouvrement de zostères naines et le prélèvement des macroalgues sont réalisés sur chacun des 30 points de la station. Pour chaque point, un quadrat de 50 x 50 cm est posé. Un trépied est placé au-dessus du quadrat sur lequel est positionné un appareil photo.

La présence ou non de macroalgues sur le quadrat est noté sur la feuille terrain par famille (rouge, verte, brune). En cas de présence de macroalgues, un cliché du quadrat est réalisé avant le prélèvement de celles-ci et après avoir posé sur le côté du quadrat une ardoise indiquant « M » (pour « Macroalgues ») - nom de la station – année – lettre et chiffre du point.

Les photographies sont réalisées : (i) à la verticale en plein cadre, (ii) à l'aide d'un appareil photo fixé sur un trépied (Figure 17). Afin de garantir une bonne qualité des photographies, l'homogénéité de l'éclairage est assurée (parasol, ombre de l'opérateur, ...).



Figure 17 : Trépied et support utilisés pour réaliser les photos des herbiers de zostères naines.

L'ensemble des macroalgues est ensuite prélevé en distinguant algues vertes (Chlorophyta), algues brunes (Ochrophyta) et algues rouges (Rhodophyta). Elles sont placées dans des sacs en plastiques annotés avec le code de la station.

En l'absence de macroalgues ou après les avoir prélevées, un cliché du quadrat est réalisé, après avoir posé sur le côté du quadrat, une ardoise indiquant le code nom de la station – année – lettre et chiffre du point.

Une estimation visuelle du taux de recouvrement des zostères est systématiquement effectuée, à partir du Tableau 7 (Auby *et al.*, 2018) sur les 30 points de la grille. Les estimations sont reportées sur la fiche terrain.

Tableau 7 : Classes de taux de recouvrement.

Classe de taux de recouvrement (%)	0	1-25	26-50	51-75	76-99	100
Valeur	0	0,125	0,375	0,625	0,875	1

NB : le « 0 » est un vrai 0 % avec absence de zostère.

3.2.1.2. Laboratoire

Les photographies prises lors des campagnes de terrain sont enregistrées et renommées selon la nomenclature associée à l'herbier suivi.

Une estimation du recouvrement des zostères naines sur les photographies prises lors des campagnes de terrain est réalisée à l'aide du logiciel ImageJ® (Figure 18). La valeur obtenue est rattachée à une classe de recouvrement et correspond à la valeur médiane de la classe selon le Tableau 7, limitant ainsi les biais liés à l'utilisation du logiciel ImageJ®.

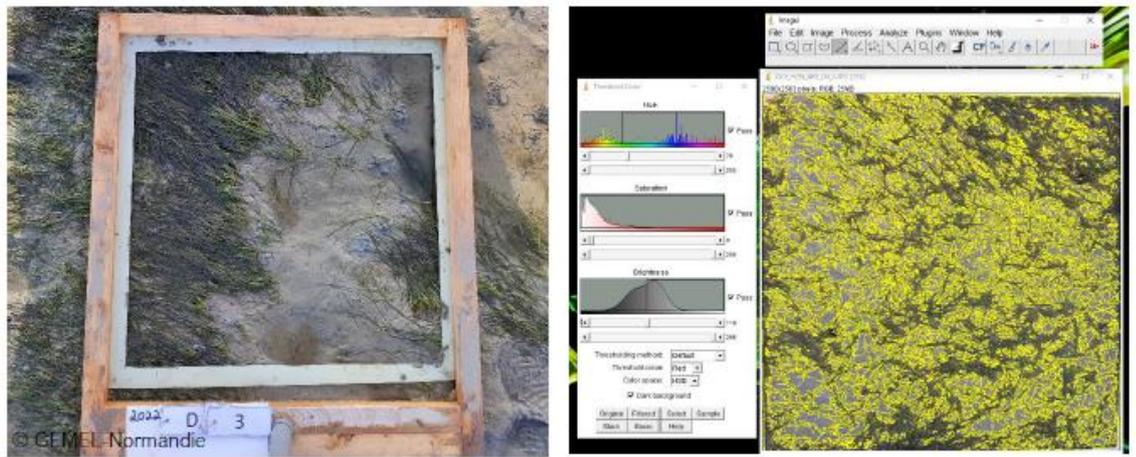


Figure 18 : Estimation du taux de recouvrement de zostères, traitement avec le logiciel ImageJ ®.

Dès le retour du terrain, les échantillons des macroalgues sont traités immédiatement après prélèvement ou congelés à -20°C pour être analysés ultérieurement.

Ils sont ensuite :

- Triés en distinguant algues vertes, rouges et brunes (si cela n'a pas déjà été réalisé sur le terrain),
- Lavés,
- Séchés à l'étuve à 60°C pendant un minimum de 48 h,
- Placés dans un dessiccateur afin de permettre un refroidissement tout en évitant une ré-humidification,
- Pesés à 0,1 g (avec une balance d'une résolution de 0,01 g minimum).

3.2.2. Granulométrie et matière organique

3.2.2.1. Terrain

Granulométrie

Les prélèvements utiles à l'analyse de la granulométrie sont réalisés à l'aide d'un carottier (9 cm de diamètre, 5 cm de profondeur). Trois carottes sont prélevées sur l'emprise de la station par tirage aléatoire parmi les 30 points et sont stockées dans des pots en plastique adaptés et annotés avec le code de la station.

Matière organique

Les prélèvements relatifs au suivi de la matière organique sont réalisés au moyen d'un carottier de type seringue (3 cm de diamètre, 5 cm de profondeur). Neuf échantillons sont prélevés par grille, au hasard parmi les 30 points. Ils sont stockés dans des flacons en plastique adaptés et annotés avec le code de la station.

3.2.2.2. Laboratoire

Granulométrie

Dès le retour au laboratoire, les trois prélèvements de sédiment destinés à la granulométrie sont réunis et homogénéisés. En cas de présence de coquilles de mollusques vivants et de végétaux dans les échantillons, ceux-ci sont retirés.

Les échantillons sont conservés au réfrigérateur et traités rapidement. Dans le cas où les échantillons ne pourraient pas être traités dans les semaines suivant le prélèvement, ils seront congelés à -20°C. La décongélation sera effectuée lentement afin de ne pas altérer la qualité des échantillons.

Le traitement des échantillons est effectué selon le protocole de Garcia *et al.* (2014).

L'interprétation des résultats s'appuie sur la procédure d'analyse des résultats granulométriques développées par Blott & Pye (2001), permettant ainsi un calcul homogène de la médiane. La librairie {G2Sd} a également été utilisée (Gallon & Fournier, 2015) sur RStudio Team (2023).

Matière organique

Dès le retour au laboratoire, les échantillons pour la matière organique (MO) sont congelés à -20°C.

Après décongélation, les débris végétaux et les gros individus faunistiques sont retirés de l'échantillon. Celui-ci est ensuite homogénéisé avant d'être placé dans un creuset en céramique pré-pesé et spécialement conçu pour résister aux hautes températures. Il est mis à sécher à l'étuve (60°C, 48 à 72 h) puis placé dans un dessiccateur pendant son refroidissement, avant d'être pesé à 0,01 g (précision de la balance 0,001 g minimum).

Le creuset en céramique contenant le sédiment séché est ensuite passé au four (450°C, 4 h), placé dans un dessiccateur, puis pesé de nouveau 0,01 g.

La différence entre le poids de sédiment sec et le poids de ce même sédiment calciné permet d'estimer sa teneur en matière organique totale (MO).

Celle-ci est exprimée en pourcentage de poids de sédiment sec :

$$MO (\%) = (P_{\text{Sec}} - P_{\text{cendres}}) \times 100 / P_{\text{Sec}}$$

3.3. Résultats

3.3.1. Granulométrie

Les sédiments de l'herbier de *N. noltei* de Saint Vaast La Hougue (SIZN01) présentent une granulométrie fine avec en moyenne 5,3% de vases, 94,6 % de sables et 0,3 % de graviers. Ils sont caractérisés par des sables légèrement graveleux (Tableau 8).

Les sédiments de l'herbier de *N. noltei* de la pointe de Brévands (SIZN02) présentent une granulométrie fine à très fine avec en moyenne 32,8 % de vases, 66,9 % de sables, et 0,3 % de graviers. Ils sont caractérisés par des sables vaseux légèrement graveleux (Tableau 8).

Tableau 8 : Statistiques granulométriques obtenues en 2023.

Stations		SIZN01	SIZN02
Méthode de Folk & Ward (description)	Texture	Sable légèrement graveleux	Sable vaseux légèrement graveleux
	Grain moyen (µm)	Sable fin	Sable très fin
	Tri	Bien classé	Très mal classé
Texture	GRAVIER	0,10%	0,30%
	Très grossier	0,00%	0,00%
	Grossier	0,00%	0,00%
	Moyen	0,00%	0,00%
	Fin	0,00%	0,00%
	Très fin	0,10%	0,30%
	SABLE	94,60%	66,90%
	Très grossier	0,30%	0,30%
	Grossier	0,30%	0,30%
	Moyen	0,90%	0,80%
	Fin	51,60%	31,80%
	Très fin	41,60%	33,70%
	VASE	5,30%	32,80%
Médiane (D₅₀) (µm)		127,80	89,70
Indice de Trask (So)		1,36	3,32

Au regard de l'évolution de la composition sédimentaire (Figure 19), l'année 2023 est similaire aux années 2019-2022 et semble similaire aux années 2014-2016 (pour la station SIZN01). En 2023, la station SIZN02 présente des similitudes avec les années 2017-2018. Une augmentation de la proportion de vase est notable à cette station (passage de 9,5 à 32,8 %). Il est toujours observable que les années 2017 et 2018 marquent une modification importante de la composition sédimentaire par rapport aux années antérieures, en particulier pour la station SIZN01. En effet, les deux stations présentaient des pourcentages de vase importante par rapport aux autres années comparées.



Figure 19 : Évolution de la composition sédimentaire depuis 2014.

3.3.2. Matière organique

La matière organique a été étudiée sur neuf échantillons par station, soit 18 échantillons pour les deux sites de Saint-Vaast-la-Hougue et de la pointe de Brévands.

Les sédiments de l'herbier de *N. noltei* de la pointe de Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01) présentent des teneurs en matière organique moyennes de $1,07 \pm 0,27\%$ en 2023 (Tableau 9). Les teneurs en matière organique depuis 2016 (Tableau 9) montrent des variations au cours du temps, avec une diminution entre 2016 ($2,28 \pm 0,55 \%$) et 2017 ($1,39 \pm 0,31 \%$), une augmentation entre 2019 ($1,18 \pm 0,41 \%$) et 2020 ($2,4 \pm 0,02 \%$) et à nouveau une diminution depuis 2021 (de $1,8 \pm 0,01\%$ à $1,07 \pm 0,27\%$).

Les sédiments de l'herbier de *N. noltei* de la pointe de Brévands (SIZN02) présentent des teneurs en matière organique moyennes relativement stables dans le temps et varient dans une gamme comprise entre $1,05 \pm 0,35 \%$ (2022) et $1,8 \pm 0,01\%$ (2021 ; Tableau 9). La teneur en matière organique est en légère augmentation en 2023 ($1,54 \pm 0,63\%$).

Tableau 9 : Évolution moyenne de la teneur en matière organique (%) de 2016 à 2023 pour les stations de zostères naines SIZN01 et SIZN02 (moyenne \pm écart-type).

Année	SIZN01		SIZN02	
	% moyen	$\pm ET$	% moyen	$\pm ET$
2016	2,28	0,55	1,66	0,42
2017	1,39	0,31	1,32	0,47
2018	1,9	0,6	1,5	0,5
2019	1,18	0,41	1,4	0,38
2020	2,4	0,02	1,6	0,01
2021	1,8	0,01	1,8	0,01
2022	1,54	0,29	1,05	0,35
2023	1,07	0,27	1,54	0,63

Le taux de matière organique est proche entre les deux sites. La moyenne de pourcentage de matière organique sur le site de Saint-Vaast-la-Hougue est de 1,06 % et de 1,54 % pour le site de Brévands (Figure 20). L'écart-type est faible pour le site SIZN01 (0,3) en 2023. Il est un peu plus élevé pour le site SIZN02 (0,63).

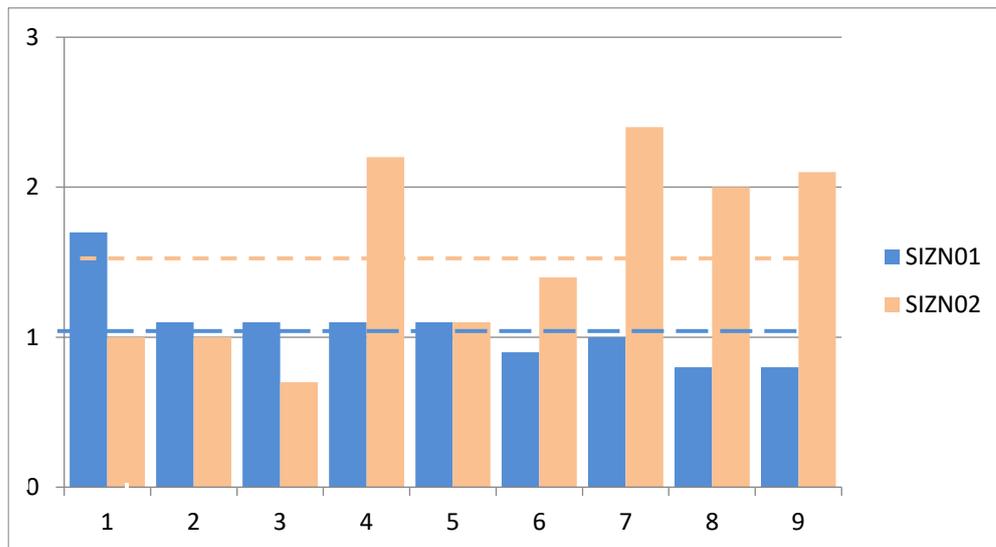


Figure 20 : Taux de matière organique par échantillon pour les deux stations en 2023. Les droites en pointillés figurent les moyennes respectives de chacune des stations.

Au regard de l'évolution du pourcentage de matière organique (Figure 21), l'année 2023 est similaire aux autres années (pourcentage avoisinant les 2 %). Seule l'année 2015 se démarque des autres avec un pourcentage de matière organique élevé (environ 18%).

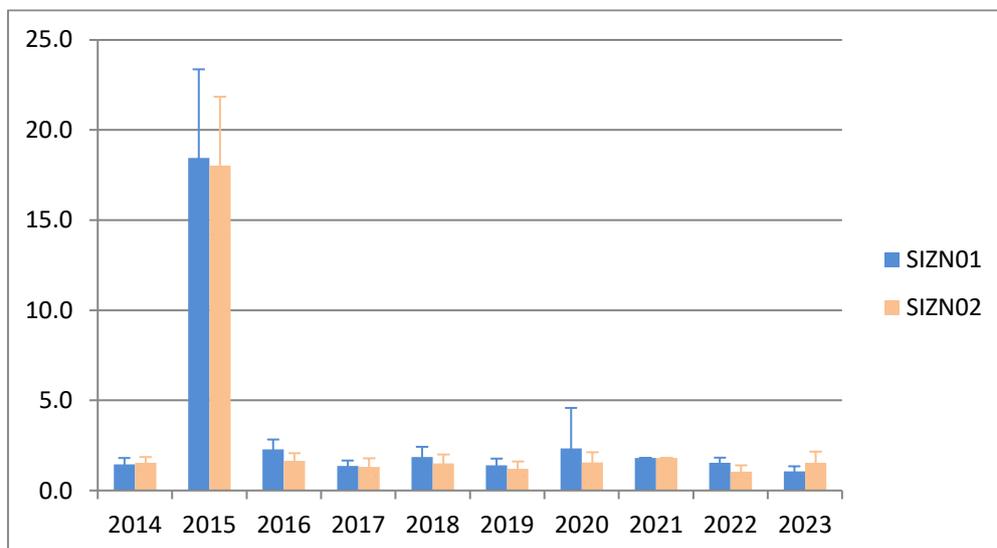


Figure 21 : Évolution du pourcentage de matière organique depuis 2014.

3.3.3. Recouvrement en zostères et macroalgues

Pour chaque lieu, une fiche stationnelle a été complétée (voir Annexes). Elle intègre l'estimation du taux de recouvrement des zostères, la présence ou non des macroalgues, si elles ont été prélevées et les observations associées aux trente stations. Un cliché du quadrat a été réalisé pour chaque point fixe. En cas de présence de macroalgues, un cliché du quadrat a été réalisé avant et après le prélèvement de celles-ci (Figure 22). L'ensemble des photographies est visible dans la base de données Quadrige².



Figure 22 : Exemple de clichés réalisés avant (gauche) et après retrait (droite) des macroalgues. Illustrations : quadrat A1, Saint Vaast la Hougue (SIZN01), le 30/08/22. © GEMEL-Normandie.

Afin d'avoir une vue d'ensemble de l'herbier, plusieurs photos du site ont été prises. Les photos ont été réalisées depuis chaque coin de la grille, dirigées vers les angles opposés pour les herbiers de zostères de Saint-Vaast-la-Hougue (Figure 23). Des bateaux au mouillage ont été observés au niveau de l'herbier zostères naines de Saint-Vaast-la-Hougue en août 2023 (Figure 24). Un de ces bateau était situé dans la grille de suivi stationnel, au niveau de la station A2. L'information a été remontée aux autorités compétentes le jour même.



Figure 23 : Vue d'ensemble de l'herbier de zostère naines à Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01) en 2022. Photographies depuis les angles A1 vers F5 (A) ; A5 vers F 1 (B) ; F1 vers A5 (C) et F5 vers A1 (D). © GEMEL-Normandie.



Figure 24 : Bateaux observés au mouillage au niveau de l'herbier de Saint-Vaast-la-Hougue en 2023. ©GEMEL-Normandie.

Les photos ont également été réalisées depuis chaque coin de la grille, dirigées vers les angles opposés, pour les herbiers de zostères de la Pointe de Brévands (Figure 25).



Figure 25 : Vue d'ensemble de l'herbier de zostère à Brévands (SIZN02) en 2022. Photographies depuis les angles : A1 vers F5(A) ; A5 vers F1(B) ; F1 vers A5 (C) et F5 vers A1 (D). ©GEMEL-Normandie.

3.3.3.1. Site de Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01)

D'après les recouvrements estimés *in situ*, l'herbier de Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01) présente un recouvrement en zostères naines hétérogène avec une absence de *N. noltei* sur plus de la moitié des stations étudiées, soit 16 sur 30 (Tableau 10). L'estimation visuelle des recouvrements en zostères naines sur les 30 points échantillonnés donne une moyenne des valeurs médianes de recouvrement de $0,283 \pm 0,368$. Par rapport à 2022, le recouvrement moyen estimé *in situ* est plus important en 2023 ($29,33 \pm 36,38 \% > 24,6 \pm 34,1 \%$).

Le recouvrement en zostères naines mesuré par traitement d'images à l'aide du logiciel ImageJ® donne une moyenne des médianes de recouvrement en zostères naines de $0,275 \pm 0,345$, soit un recouvrement moyen de $27,17 \pm 34 \%$. Les recouvrements moyens des zostères estimés *in situ* et mesurés par traitement d'images sont du même ordre de grandeur, bien qu'ils soient légèrement surestimés par estimation visuelle.

Tableau 10 : Taux de recouvrement (0 à 1) estimé des zostères naines et biomasses des macroalgues retrouvées sur l'herbier de zostères naines de Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01) en 2023.

*: algues épiphytes observées en laboratoire et pas sur le terrain.

Station	Valeur médiane		Biomasse		
	Recouvrement estimé (<i>in situ</i>)	Recouvrement mesuré (Image J®)	Rouges	Vertes	Brunes
SIZN01-A1-2023	0,125	0,375	0,19	0,01	0
SIZN01-A2-2023	0,125	0,125	0,33	0	0
SIZN01-A3-2023	0,125	0,125	0,73	0,01	0
SIZN01-A4-2023	0,875	0,625	0,34	0,01	0
SIZN01-A5-2023	0,875	0,625	0	0	0
SIZN01-B1-2023	0	0	0,19	0	0
SIZN01-B2-2023	0	0	1,69	0,01	0
SIZN01-B3-2023	0	0	0	0,01	0
SIZN01-B4-2023	0	0	8	0,76	0
SIZN01-B5-2023	0	0	0,01*	0,01	0
SIZN01-C1-2023	0	0	0,5	0	0
SIZN01-C2-2023	0	0	1,02	0,01	0
SIZN01-C3-2023	0	0	0	0	0
SIZN01-C4-2023	0	0	0	0	0
SIZN01-C5-2023	0	0	0	0,02	0
SIZN01-D1-2023	0	0	0	0	0
SIZN01-D2-2023	0,625	0,625	0	0	0
SIZN01-D3-2023	0,625	0,625	0	0	0
SIZN01-D4-2023	0,875	0,875	0	0	0
SIZN01-D5-2023	0	0	1,21	0,87	0
SIZN01-E1-2023	0	0	8,24	0,3	0
SIZN01-E2-2023	0,875	0,875	0	0	0
SIZN01-E3-2023	0	0	0	0	0
SIZN01-E4-2023	0,625	0,625	2,24	0	0
SIZN01-E5-2023	0	0	0	0	0
SIZN01-F1-2023	0	0	0	0	0
SIZN01-F2-2023	0,875	0,875	0	0	0
SIZN01-F3-2023	0,875	0,875	0	0	0
SIZN01-F4-2023	0,625	0,625	0	0	0
SIZN01-F5-2023	0,375	0,375	0,24	0	0
Moyenne \pm sd	0,283 \pm 0,368	0,275 \pm 0,345	0,83 \pm 2,06	0,07 \pm 0,21	0,00 \pm 0,00

La Figure 26 présente l'évolution des recouvrements de zostères naines de l'herbier de Saint-Vaast-la-Hougue au cours du temps. L'année 2016 présente les recouvrements les plus importants observés. Une baisse est observée dès 2017 mais les recouvrements restent relativement stables dans le temps, malgré une baisse observée en 2021.

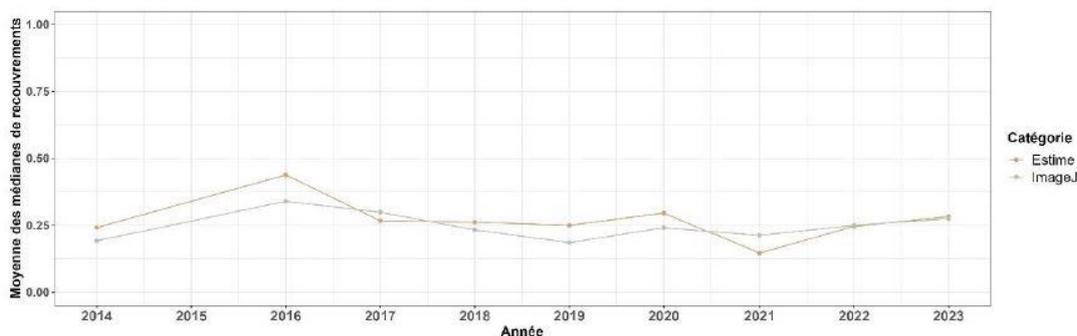


Figure 26 : Évolution temporelle des recouvrements de zostères naines de l'herbier de Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01).

L'herbier présente également une forte présence de macroalgues (Tableau 10). 16 stations sur les 30 échantillonnées (53 %) présentent des macroalgues rouges, vertes, ou un mélange de celles-ci, contre 20 en 2022 (67 %). Les algues rouges représentent 92,5 % de la biomasse moyenne des macroalgues observées à Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01) et les algues vertes 7,5 %. En 2023, la biomasse moyenne des algues rouges est de $0,831 \pm 2,057$ g (poids sec) et celle des algues vertes est de $0,067 \pm 0,211$ g (poids sec). Aucune algue brune n'a été échantillonnée au cours de cette campagne.

La Figure 27 présente l'évolution des moyennes des poids secs des macroalgues collectées sur les stations de zostères naines de l'herbier de Saint-Vaast-la-Hougue. L'année 2018 est marquée par une forte présence d'algues vertes, alors que les années 2019 et 2021 sont marquées par une forte présence d'algues rouges. Les algues brunes, plus rarement observées, ont été collectées en 2017, 2018 et 2021 mais dans de plus faibles proportions que les algues rouges et vertes.

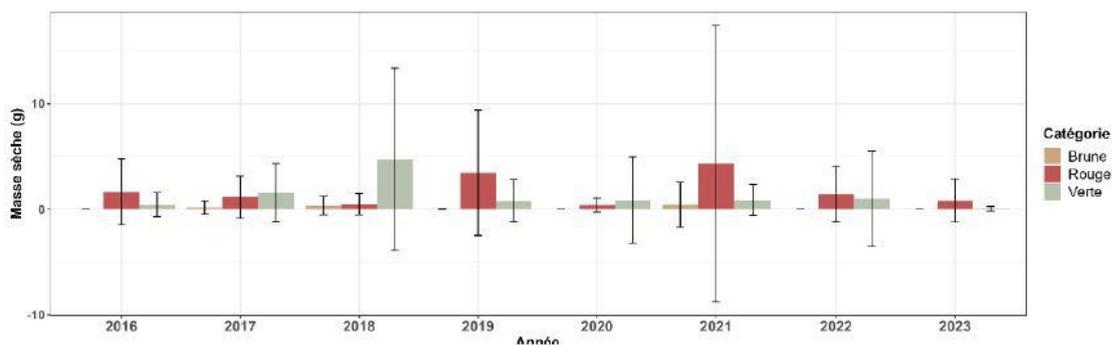


Figure 27 : Évolution temporelle des moyennes des poids secs en algues sur les stations de l'herbier de zostères naines de Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01).

3.3.3.2. Site de la Pointe de Brévands (SIZN02)

L'herbier de la pointe de Brévands (SIZN02), est plus développé et plus homogène que celui de Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01), avec des pourcentages de recouvrement en zostères naines supérieurs (Tableau 11).

Tableau 11 : Taux de recouvrement (0 à 1) estimés et mesurés des zostères naines et biomasses (poids sec en grammes) des macroalgues retrouvées sur l'herbier de zostères naines de la Pointe de Brévands (SIZN02) en 2023.

Station	Valeur médiane		Biomasse		
	Recouvrement estimé (<i>in situ</i>)	Recouvrement mesuré (Image J®)	Rouges	Vertes	Brunes
SIZN02-A1-2023	0,625	0,625	0	0	0
SIZN02-A2-2023	0	0	8,73	0,08	0
SIZN02-A3-2023	0	0	0	0	0
SIZN02-A4-2023	0,625	0,625	0,31	0,04	0
SIZN02-A5-2023	0	0	0	0	0
SIZN02-B1-2023	0	0	0	0	0
SIZN02-B2-2023	0,625	0,625	2,37	0,01	0
SIZN02-B3-2023	0,875	0,875	0	0,1	0
SIZN02-B4-2023	0	0	0	0	0
SIZN02-B5-2023	0,625	0,625	0	0	0
SIZN02-C1-2023	0,875	0,875	0,13	0,01	0
SIZN02-C2-2023	0,875	0,875	0,22	0	0
SIZN02-C3-2023	0,875	0,875	0	0	0
SIZN02-C4-2023	0,375	0,375	0	0	0
SIZN02-C5-2023	0,625	0,625	0	0	0
SIZN02-D1-2023	0,875	0,875	0	0	0
SIZN02-D2-2023	0,875	0,875	0	0	0
SIZN02-D3-2023	0,875	0,875	0	0	0
SIZN02-D4-2023	0,875	0,875	0	0	0
SIZN02-D5-2023	0,875	0,875	0	0	0
SIZN02-E1-2023	0,375	0,375	0,12	0,01	0
SIZN02-E2-2023	0,625	0,625	0	0	0
SIZN02-E3-2023	0,125	Analyse impossible	26,49	0,19	0
SIZN02-E4-2023	1	0,875	0	0	0
SIZN02-E5-2023	0,875	0,875	31,85	0,18	
SIZN02-F1-2023	0,625	0,625	0	0	0
SIZN02-F2-2023	0,625	0,625	1,44	0,01	0
SIZN02-F3-2023	0,875	0,625	1,2	0,02	0
SIZN02-F4-2023	0,625	0,625	0,19	0	0
SIZN02-F5-2023	0,875	0,875	0,66	0	0
Moyenne ± ET	0,6 ± 0,332	0,607 ± 0,322*	2,46 ± 7,48	0,02 ± 0,05	0 ± 0

* Cette moyenne n'inclut pas la station E3 pour laquelle l'analyse d'image à l'aide du logiciel ImageJ® n'a pas pu être réalisée (les quelques zostères présentes sur la photographie étant recouvertes de vase).

La présence de macroalgues rouges, vertes ou un mélange de celles-ci, a été observée sur 12 des 30 stations échantillonnées (40 %), contre 7 stations en 2022 (23 %) (Tableau 11). En 2023, la biomasse moyenne des algues rouges est de $2,457 \pm 7,476$ g (poids sec) et celle des algues vertes est de $0,022 \pm 0,050$ g (poids sec). Aucune algue brune n'a été échantillonnée au cours de cette campagne.

Les algues rouges représentent plus de 99 % de la biomasse moyenne des macroalgues observées à la Pointe de Brévands (SIZN02) et les algues vertes moins de 1 %. Aucune algue brune n'a été échantillonnée.

La Figure 28 présente l'évolution des moyennes des poids secs des macroalgues collectées sur les stations de zostères naines de l'herbier de Brévands. Les macroalgues sont peu présentes sur l'herbier de Brévands par rapport à celui de Saint-Vaast-la-Hougue.

Une forte augmentation de la présence de macroalgues rouges a cependant été observée en 2023.

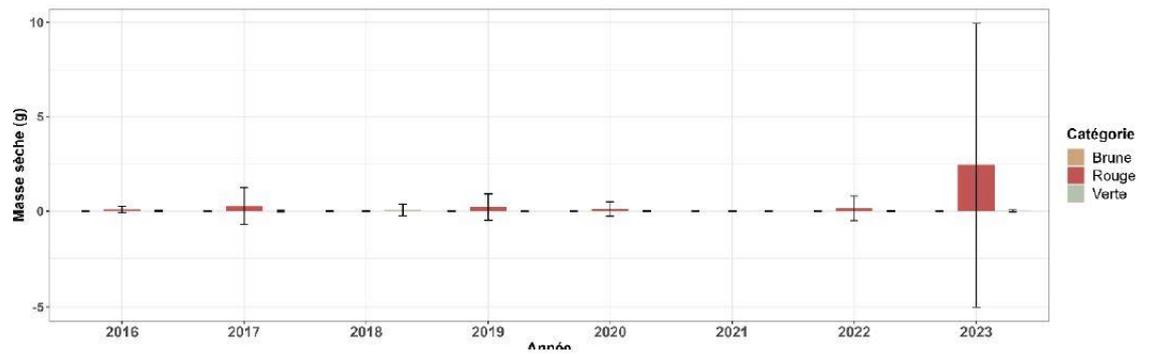


Figure 28 : Évolution temporelle des moyennes des poids secs en algues sur les stations de l'herbier de zostères naines de Brévands (SIZN02).

La Figure 29 présente une vue d'ensemble de l'herbier de zostères naines de la pointe de Brévands. Une forte présence de d'algues rouges, associées à des algues vertes, a été observée sur l'herbier en 2023 (Figure 30).

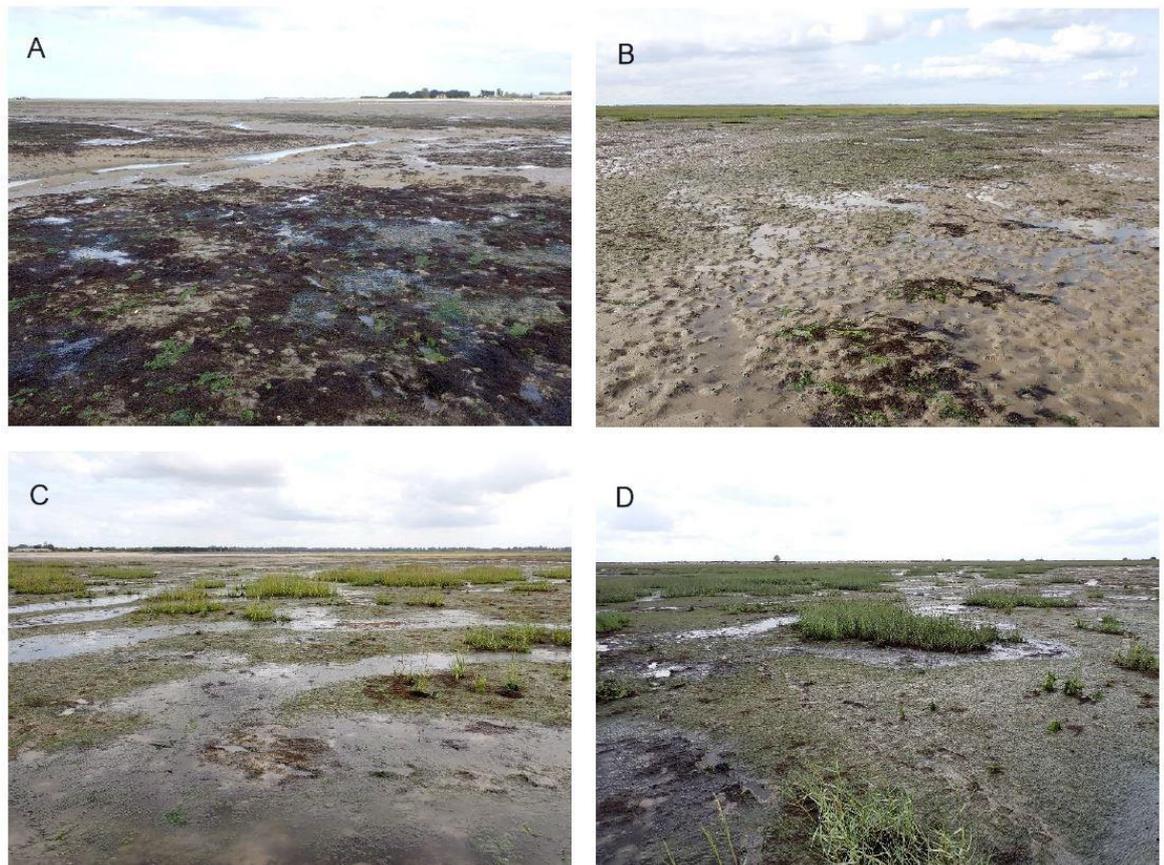


Figure 29 : Vue d'ensemble de l'herbier de zostères naines à Brévands (SIZN02) en 2023. Photographies depuis les angles : A1 vers F5(A) ; A5 vers F1(B) ; F1 vers A5 (C) et F5 vers A1 (D). ©GEMEL-Normandie.



Figure 30 : Présence de macroalgues rouges et vertes observées sur l'herbier de zostères naines de Brévands en 2023. © GEMEL-Normandie.

3.4. Conclusion

L'herbier de la pointe de Brévands (SIZN02), est plus développé et plus homogène que celui de Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01), avec des pourcentages de recouvrement en zostères naines supérieurs.

Sur le plan sédimentaire, les stations sont caractérisées par des sables fins à très fins. Sur le site SIZN01, le taux de vase est stable (taux similaires depuis 2017). Sur le site SIZN02, le taux de vase a augmenté en 2023.

L'analyse de la matière organique montre un taux de matière organique similaire entre les deux stations avec une moyenne de 1,06 % pour Saint-Vaast-la-Hougue et de 1,54 % pour le site de Brévands. Ils sont similaires à ceux observés depuis 2016 sur les deux sites.

4. Synthèse 2023 des indices benthiques

Depuis la mise en place de la surveillance en 2007, les paramètres biologiques benthiques pour la classification de l'état écologique des masses d'eau côtières et de transitions ont été suivis *a minima* aux fréquences recommandées par l'article 1.3.4 de l'annexe V de la DCE.

L'Agence de l'Eau Seine-Normandie a souhaité renforcer ces fréquences d'observation sur les éléments invertébrés benthiques depuis 2010 (14 sites d'appui suivis annuellement sur 46 stations suivies tous les trois ans) et angiospermes depuis 2012 (trois stations à herbiers à *Zostera marina* et deux stations à *Nanozostera noltei*).

Comme préconisé par l'article 1.4.1 de l'annexe V de la DCE, les résultats sont exprimés comme des Ratio de Qualité Ecologique (EQR) allant de zéro à un. Ils sont divisés en cinq classes dont les bornes sont spécifiques à chaque paramètre. Les valeurs proches de zéro représentent le « mauvais » état écologique et les valeurs proches de un le « très bon » état écologique.

La classification de l'état écologique d'une masse d'eau se fait par le plus déclassant des résultats du contrôle biologique et physico-chimique. Le classement de la masse d'eau est représenté par un code couleur (Tableau 12). Si c'est une masse d'eau fortement modifiée, le classement est illustré par le même code couleur avec des hachures égales de gris.

Tableau 12 : Grilles d'évaluations de la qualité écologique des masses d'eau des paramètres benthiques : faune invertébrée benthique (FAU), angiospermes (ANG).

	Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon	
FAU (M-AMBI)	[0 ; 0,2[[0,2 ; 0,39[[0,39 ; 0,53[[0,53 ; 0,77[[0,77 ; 1]	Borja <i>et al.</i> (2012) Neto et Salas Herrero (2016)
ANG (EQR)	[0 ; 0,2[[0,2 ; 0,4[[0,4 ; 0,645[[0,645 ; 0,8[[0,8 ; 1]	

Le Tableau 13 synthétise les derniers résultats disponibles du contrôle biologique benthique. Ce dernier a été calculé en 2022 pour la période 2015-2020. Malgré les absences de prélèvements liés à la pandémie mondiale du coronavirus (SARS-CoV-2), il avait été évalué par les experts statisticiens que l'impact de l'annulation des stations devrait être faible sur le calcul de l'indicateur. Ces résultats sont fournis à titre indicatif car actuellement, tous les indices utilisés en France ne sont pas intercalibrés au niveau européen. Un indicateur (BEQI-FR) a été choisi et intercalibré pour les masses d'eaux de transition pour les macro-invertébrés benthiques. Cependant, à la date de rédaction de ce manuscrit, son calcul n'a pas encore été mis en œuvre. Il est donc très important de ne pas réduire l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau à une couleur, les valeurs des indices et la classification qui en découle ne devant être utilisées qu'avec l'appui des spécialistes.

Tableau 13 : Synthèse 2023 des derniers résultats du contrôle biologique des éléments de qualité benthique : faune invertébré benthique (FAU), angiospermes (ANG).

Masses d'eau	FAU (2015-2020)	ANG (2023)
HC01	0,8	0,83
HC02	0,79	
HC03	0,95	0,54
HC04	0,9	
HC60	1	
HC61M	0,94	
HC07		
HC08		
HC09	1	0,49
HC10	0,73	
HC11		
HC12		
HC13	0,93	
HC14	0,85	
HC15	0,85	
HC16M	0,97	
HC17		
HC18	0,92	
HT03M		
HT04M		
HT05M		
HT06M		1

5. Opérations programmées en 2024 et 2025

Pour l'année 2024, le volet benthique comprend les éléments de qualité suivants :

- Le suivi stationnel des macroinvertébrés de substrats meubles des sites d'appui dans les masses d'eau côtières et de transition.
- Le suivi surfacique et stationnel des herbiers à angiospermes marins :
 - Herbiers à Zostères marines :
 - Stationnel : les six stations herbiers à *Zostera marina* seront échantillonnés.
 - Surfaique
 - - Herbiers à Zostères naines :
 - Stationnel : 2 herbiers à *Nanozostera noltei* seront échantillonnés.
 - Surfaique

Pour l'année 2025, le volet benthique comprendra les éléments de qualité suivants :

- Le suivi stationnel des macroinvertébrés de substrats meubles dans les masses d'eau côtières et dans les sites d'appui dans les masses d'eau côtières et de transition.
- Le suivi stationnel des herbiers à angiospermes marins :
 - Herbiers à Zostères marines :
 - Stationnel : les cinq herbiers à *Zostera marina* seront échantillonnés.
 - - Herbiers à Zostères naines :
 - Stationnel : 2 herbiers à *Nanozostera noltei* seront échantillonnés.

6. Références bibliographiques

- Auby I., Oger-Jeanneret H., Sauriau P.-G., Hily C., Barille L. (2010). Angiospermes des côtes françaises Manche-Atlantique. Propositions pour un indicateur DCE et premières estimations de la qualité. RST/LER/MPL/10-15. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00032/14358/>
- 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. ODE/UL/LER/AR/18.017. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00471/58250/>
- Blott S.J., Pye K. (2001). Gradstat: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237-1248.
- Burdick, D. M., Short, F. T., Wolf, J. (1993). An index to assess and monitor the progression of wasting disease in eelgrass *Zostera marina*. *Marine Ecology Progress Series*, 94: 83- 90.
- Dauer D.M; (1993). Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure. *Marine Pollution Bulletin*, 26: 249-257.
- Foden J. (2007). Assesment of metrics for littoral seagrass under the European Water Framework Directive; outcomes for UK intercalibration with the Netherlands. *Hydrobiologia*, 579: 187-197.
- Foden J., Brazier, D.P. (2007). Angiosperms (seagrass) within the EU water framework directive: a UK perspective. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 181-195.
- Folk R.L., Ward W.C. (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27: 3-26.
- Fournier J., Bonnot-Courtois C., Paris R., Voldoire O., Le Vot M. (2012). Analyses granulométriques, principes et méthodes. CNRS, Dinard, 99 pp.
- Fournier J., Gallon R.K., Paris R. (2014). G2Sd: a new R package for the statistical analysis of unconsolidated sediments. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 20 (1) : 73-78.
- Garcia A., Desroy N., Le Mao P., Miossec L. (2014). Protocole de suivi stationnel des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles subtidiaux et intertidaux

dans le cadre de la DCE. Façades Manche et Atlantique – Rapport AQUAREF 2014
– 13 p. + Annexes.

Guérin L., Desroy N. (2008). Protocole d'observation pour le suivi de la macrofaune benthique subtidale et intertidale des sédiments meubles côtiers dans le cadre DCE. 3 p.

Guillaumont B., Gauthier E. (2005). Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE - Recommandations concernant le benthos marin. 152 pp.

ImageJ® Software (2023). Rasband, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <https://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2018.

Krause-Jensen D, Greve TM, Nielsen K. (2005). Eelgrass as a bioindicator under the European water framework directive. *Water Resources Management*, 19: 63–75.

Nebout T., Desroy N. Le Mao P. (2009). Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : Année 2008 - District Seine-Normandie. RST.DOP-LER/FBN-09-015. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00242/35284/>

Neto J. M., Salas Herrero F. (2016). Intercalibration report for the Biological Quality Element SEAGRASS of the North East Atlantic Geographical intercalibration group for Coastal Waters (NEA 1/26) and Transitional Waters (NEA 11). IMAR-CMA, Université de Coimbra, - JRC European Commission, 35 p.

Short F.T., Wyllie-Echeverria S. (1996). Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental Conservation*, 23: 17.

Wentworth C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377–392.

7. ANNEXES

Annexe 1 : Fiches terrain (stations à *Zostera marina*)

SIZM01

Date (jj/mm/aa) :	Heure (hh/mm) :	Heure BM (coeff ; hauteur) :	Date (jj/mm/aa) :	Heure (hh/mm) :	Heure BM (coeff ; hauteur) :	Date (jj/mm/aa) :	Heure (hh/mm) :	Heure BM (coeff ; hauteur) :
21/03/2023	13h45	14h11;102 ; 1,28m	21/03/2023	13h45	14h11;102 ; 1,28m	21/03/2023	14h17	14h11;102 ; 1,28m
Code M.F./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :	Code M.F./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :	Code M.F./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :
FRHC03/SIZM01_A	48.87972	1.77696	FRHC03/SIZM01_B	48.87894	1.77733	FRHC03/SIZM01_C	48.87807	1.77756
Commune :	Code/n° Photo :		Commune : Saint-Martin-de-Bréhal	Code/n° Photo :		Commune : Saint-Martin-de-Bréhal	Code/n° Photo :	
Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment			Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment			Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment		
Nom/organisme préleveur :			Nom/organisme préleveur :			Nom/organisme préleveur :		
N°/Nbre de réplicats :			N°/Nbre de réplicats :			N°/Nbre de réplicats :		
5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matre + 10 pieds) - 1 GRANULO - 3 MO			5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matre + 10 pieds) - 1 GRANULO - 3 MO			5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matre + 10 pieds) - 1 GRANULO - 3 MO		
Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)		
comptage pieds : quadrat 0,1 m² (0,316 x 0,316 m)			comptage pieds : quadrat 0,1 m² (0,316 x 0,316 m)			comptage pieds : quadrat 0,1 m² (0,316 x 0,316 m)		
extraction matre : quadrat 0,1 m², pelle, truelle, tamis 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo			extraction matre : quadrat 0,1 m², pelle, truelle, tamis 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo			extraction matre : quadrat 0,1 m², pelle, truelle, tamis 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo		
10 pieds : 1 sac, congélation - 20°C au labo			10 pieds : 1 sac, congélation - 20°C au labo			10 pieds : 1 sac, congélation - 20°C au labo		
granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo			granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo			granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo		
MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo			MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo			MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo		
Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :		
comptage pieds 1 : 69			comptage pieds 1 : 70			comptage pieds 1 : 33		
comptage pieds 2 : 48			comptage pieds 2 : 51			comptage pieds 2 : 49		
matte 1 : OK			matte 1 : OK			matte 1 : OK		
matte 2 : OK			matte 2 : OK			matte 2 : OK		
10 pieds : OK			10 pieds : OK			10 pieds : OK		
GRANULO : OK			GRANULO : OK			GRANULO : OK		
3 MO : OK			3 MO : OK			3 MO : OK		
Sédiment :			Sédiment :			Sédiment :		
Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :		
Observations (météo, courant, ...) :			Observations (météo, courant, ...) :			Observations (météo, courant, ...) :		

SIZM01bis

Date (jj/mm/aa) :	Heure (hh/mm) :	Heure BM (coeff) :	Date (jj/mm/aa) :	Heure (hh/mm) :	Heure BM (coeff) :	Date (jj/mm/aa) :	Heure (hh/mm) :	Heure BM (coeff) :
23/03/2023	14h44	15h38 ; 110 ; 0,81m	23/03/2023	15h05	15h38 ; 110 ; 0,81m	23/03/2023	15h25	15h38 ; 110 ; 0,81m
Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :	Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :	Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :
FRHC01/SIZM01bis_A	48.87566 N	1.801550 W	FRHC01/SIZM01bis_B	48.876517 N	1.80184 W	FRHC01/SIZM01bis_C	48.87645 N	1.80089 W
Commune : Chausey	Code/n° Photo :		Commune : Chausey	Code/n° Photo :		Commune : Chausey	Code/n° Photo :	
Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment			Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment			Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment		
Nom/organisme préleveur :			Nom/organisme préleveur :			Nom/organisme préleveur :		
N°/Nbre de répliquats : 5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions)			N°/Nbre de répliquats : 5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions)			N°/Nbre de répliquats : 5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matte +		
Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)		
comptage pieds : quadrat 0,1 m² (0,316 x 0,316 m)			comptage pieds : quadrat 0,1 m² (0,316 x 0,316 m)			comptage pieds : quadrat 0,1 m² (0,316 x 0,316 m)		
extraction matte : quadrat 0,1 m², pelle, trépan, tamis 1 mm, 2 sacs, congélation -20°C au labo			extraction matte : quadrat 0,1 m², pelle, trépan, tamis 1 mm, 2 sacs, congélation -20°C au labo			extraction matte : quadrat 0,1 m², pelle, trépan, tamis 1 mm, 2 sacs, congélation -20°C au labo		
10 pieds : 1 sac, congélation -20°C au labo			10 pieds : 1 sac, congélation -20°C au labo			10 pieds : 1 sac, congélation -20°C au labo		
granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo			granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo			granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo		
MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo			MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo			MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo		
Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :		
comptage pieds 1 : 39			comptage pieds 1 : 73			comptage pieds 1 : 44		
comptage pieds 2 : 55			comptage pieds 2 : 48			comptage pieds 2 : 43		
matte 1 : OK			matte 1 : OK			matte 1 : OK		
matte 2 : OK			matte 2 : OK			matte 2 : OK		
10 pieds : OK			10 pieds : OK			10 pieds : OK		
GRANULO : OK			GRANULO : OK			GRANULO : OK		
3 MO : OK			3 MO : OK			3 MO : OK		
Sédiment :			Sédiment :			Sédiment :		
Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :		
Observations (météo, courant, ...) :			Observations (météo, courant, ...) :			Observations (météo, courant, ...) : Point repositionné car ne découvre pas		

SIZM01ter

Date (jj/mm/aa):	Heure (hh/mm):	Heure BM (coeff):	Date (jj/mm/aa):	Heure (hh/mm):	Heure BM (coeff):	Date (jj/mm/aa):	Heure (hh/mm):	Heure BM (coeff):
22/03/2023	14h25	14h58 : 109 : 0,84m	22/03/2023	14h50	14h58 : 109 : 0,84m	22/03/2023	14h40	14h58 : 109 : 0,84m
Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :	Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :	Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :
FRHC01/SIZM01ter_A	48,87380 N	1,85080 W	FRHC01/SIZM01ter_B	48,87346 N	1,85038 W	FRHC01/SIZM01ter_C	48,87396 N	1,85027 W
Commune :	Code/n° Photo :		Commune :	Code/n° Photo :		Commune :	Code/n° Photo :	
Chausey			Chausey			Chausey		
Paramètre :	Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur; Faune/Flore/Sédiment		Paramètre :	Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur; Faune/Flore/Sédiment		Paramètre :	Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur; Faune/Flore/Sédiment	
Nom/organisme préleveur :			Nom/organisme préleveur :			Nom/organisme préleveur :		
N°/Nbre de réplicats :	5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matte)		N°/Nbre de réplicats :	5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions)		N°/Nbre de réplicats :	5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions)	
Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)		
comptage pieds :	quadrat 0,1 m ² (0,316 x 0,316 m)		comptage pieds :	quadrat 0,1 m ² (0,316 x 0,316 m)		comptage pieds :	quadrat 0,1 m ² (0,316 x 0,316 m)	
extraction matte :	quadrat 0,1 m ² , pelle, truelle, tamis 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo		extraction matte :	quadrat 0,1 m ² , pelle, truelle, tamis 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo		extraction matte :	quadrat 0,1 m ² , pelle, truelle, tamis 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo	
10 pieds :	1 sac, congélation - 20°C au labo		10 pieds :	1 sac, congélation - 20°C au labo		10 pieds :	1 sac, congélation - 20°C au labo	
granulo :	carrotier 9 cm diam, congélation -20°C labo		granulo :	carrotier 9 cm diam, congélation -20°C labo		granulo :	carrotier 9 cm diam, congélation -20°C labo	
MO :	3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo		MO :	3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo		MO :	3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo	
Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :		
comptage pieds 1 :	43		comptage pieds 1 :	39		comptage pieds 1 :	38	
comptage pieds 2 :	41		comptage pieds 2 :	35		comptage pieds 2 :	42	
matte 1 :	OK		matte 1 :	OK		matte 1 :	OK	
matte 2 :	OK		matte 2 :	OK		matte 2 :	OK	
10 pieds :	OK		10 pieds :	OK		10 pieds :	OK	
GRANULO :	OK		GRANULO :	OK		GRANULO :	OK	
3 MO :	OK		3 MO :	OK		3 MO :	OK	
Sédiment :			Sédiment :			Sédiment :		
Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :		
Observations (météo, courant, ...):			Observations (météo, courant, ...):	Point repositionné car il n'était pas découvert à cause de la surcôte due aux conditions météorologiques de cette année, mais également des années précédentes.		Observations (météo, courant, ...):	Point remonté car ne découvrait pas, de plus, l'herbié c'est étendu.	

SIZM02

Date (j/mm/aa):	Heure (hh/mm):	Heure BM (coeff. hauteur):	Date (j/mm/aa):	Heure (hh/mm):	Heure BM (coeff. hauteur):	Date (j/mm/aa):	Heure (hh/mm):	Heure BM (coeff. hauteur):
16/04/2023	18h15	17h23 ; 64 ; 10,58m	16/04/2023	19h36	17h23 ; 64 ; 10,58m	16/04/2023	18h57	17h23 ; 64 ; 10,58m
Code M.E./Station-prélèvement:	Lat (WGS84):	Long (WGS84):	Code M.E./Station-prélèvement:	Lat (WGS84):	Long (WGS84):	Code M.E./Station-prélèvement:	Lat (WGS84):	Long (WGS84):
FRHC03/SIZM02_A	48,89569 N	1,59332 W	FRHC03/SIZM02_B	48,89583 N	1,59209 W	FRHC03/SIZM02_C	48,89638 N	1,59083 W
Commune : Saint-Martin-de-Bréhal	Code/n° Photo :		Commune : Saint-Martin-de-Bréhal	Code/n° Photo :		Commune : Saint-Martin-de-Bréhal	Code/n° Photo :	
Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment			Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment			Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment		
Nom/organisme préleveur : MNHN Dinard			Nom/organisme préleveur : MNHN Dinard			Nom/organisme préleveur : MNHN Dinard		
N°/Nbre de répliqués :	5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matte + 10 pieds) - 1 GRANULO - 3 MO		N°/Nbre de répliqués :	5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matte + 10 pieds) - 1 GRANULO - 3 MO		N°/Nbre de répliqués :	5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matte + 10 pieds) - 1 GRANULO - 3 MO	
Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)		
comptage pieds :	quadrat 0,1 m ² (0,316 x 0,316 m)		comptage pieds :	quadrat 0,1 m ² (0,316 x 0,316 m)		comptage pieds :	quadrat 0,1 m ² (0,316 x 0,316 m)	
extraction matte :	quadrat 0,1 m ² , dague plongée, sac maille 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo		extraction matte :	quadrat 0,1 m ² , dague plongée, sac maille 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo		extraction matte :	quadrat 0,1 m ² , dague plongée, sac maille 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo	
10 pieds :	1 sac, congélation - 20°C au labo		10 pieds :	1 sac, congélation - 20°C au labo		10 pieds :	1 sac, congélation - 20°C au labo	
granulo :	carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo		granulo :	carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo		granulo :	carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo	
MO :	3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo		MO :	3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo		MO :	3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo	
Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :		
comptage pieds 1 :	38		comptage pieds 1 :			comptage pieds 1 :	41	
comptage pieds 2 :	41		comptage pieds 2 :			comptage pieds 2 :	40	
matte 1 :	Ok		matte 1 :			matte 1 :	Ok	
matte 2 :	Ok		matte 2 :			matte 2 :	Ok	
10 pieds :	Ok		10 pieds :			10 pieds :	Ok	
GRANULO :	Ok		GRANULO :			GRANULO :	Ok	
3 MO :	Ok		3 MO :			3 MO :	Ok	
Sédiment : sableu avec cailloux			Sédiment : sableu avec cailloux			Sédiment : sableu avec cailloux		
Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :		
Observations(météo, courant ...): Prélèvement réalisé en plongée car trop faible coefficient de marée, décamètre déployé cap 210° (S-SO), prélèvements réalisés à 2, 4, 6, 8 et 10m.courant et visibilité < 5m			Observations(météo, courant ...): Pas prélevé car pas d'herbier sur la zone malgré 5m de prospection, point à replacer en 2024 à pieds car meilleurs coefficients de marée			Observations(météo, courant ...): Prélèvement réalisé en plongée car trop faible coefficient de marée, décamètre déployé cap 150° (S-SE), prélèvements réalisés à 2, 4, 6, 8 et 10m.courant et visibilité < 5m		

SIZM03

Date (j/mm/aa):	Heure (hh/mm):	Heure BM (coeff ; hauteur):	Date (j/mm/aa):	Heure (hh/mm):	Heure BM (coeff ; hauteur):	Date (j/mm/aa):	Heure (hh/mm):	Heure BM (coeff ; hauteur):
25/05/2023	13h35	18h21 ;50 ; 3,79m	25/05/2023	14h01	18h21 ;50 ; 3,79m	25/05/2023	14h27	18h21 ;50 ; 3,79m
Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :	Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :	Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :
FRHC03/SIZM03_A	49,09354	1,62294	FRHC03/SIZM03_B	49,09326	1,62410	FRHC03/SIZM03_C	49,09270	1,62531
Commune : Gouville-sur-Mer	Code/n° Photo :		Commune : Gouville-sur-Mer	Code/n° Photo :		Commune : Gouville-sur-Mer	Code/n° Photo :	
Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur; Faune/Flore/Sédiment			Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur; Faune/Flore/Sédiment			Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur; Faune/Flore/Sédiment		
Nom/organisme préleveur : MNHN Dinard			Nom/organisme préleveur : MNHN Dinard			Nom/organisme préleveur : MNHN Dinard		
N°Nbre de répliquats : 5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matte + 10 pieds) - 1 GRANULO - 3 MO			N°Nbre de répliquats : 5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matte + 10 pieds) - 1 GRANULO - 3 MO			N°Nbre de répliquats : 5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions matte + 10 pieds) - 1 GRANULO - 3 MO		
Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)		
comptage pieds : quadrat 0,1 m² (0,316 x 0,316 m)			comptage pieds : quadrat 0,1 m² (0,316 x 0,316 m)			comptage pieds : quadrat 0,1 m² (0,316 x 0,316 m)		
extraction matte : quadrat 0,1 m², daque plongée, sac maillé 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo			extraction matte : quadrat 0,1 m², daque plongée, sac maillé 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo			extraction matte : quadrat 0,1 m², daque plongée, sac maillé 1 mm, 2 sacs, congélation - 20°C au labo		
10 pieds : 1 sac, congélation - 20°C au labo			10 pieds : 1 sac, congélation - 20°C au labo			10 pieds : 1 sac, congélation - 20°C au labo		
granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo			granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo			granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo		
MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo			MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo			MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo		
Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :		
comptage pieds 1 : 32			comptage pieds 1 : 15			comptage pieds 1 : 36		
comptage pieds 2 : 14			comptage pieds 2 : 22			comptage pieds 2 : 24		
matte 1 : OK			matte 1 : OK			matte 1 : OK		
matte 2 : OK			matte 2 : OK			matte 2 : OK		
10 pieds : OK			10 pieds : OK			10 pieds : OK		
GRANULO : OK			GRANULO : OK			GRANULO : OK		
3 MO : OK			3 MO : OK			3 MO : OK		
Sédiment : sableu avec cailloux			Sédiment : sableu avec cailloux			Sédiment : sableu avec cailloux		
Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :		
Observations(météo, courant, ...): En plongée car coeff trop petits.; beaucoup de pieds reproducteurs - Cap Nord			Observations(météo, courant, ...): En plongée car coeff trop petits.; beaucoup de pieds reproducteurs - Cap Est			Observations(météo, courant, ...): En plongée car coeff trop petits.; beaucoup de pieds reproducteurs - Cap Sud		

SIZM03bis

Date (jj/mm/aa) :	Heure (hh/mm) :	Heure BM (coeff ; hauteur):	Date (jj/mm/aa) :	Heure (hh/mm) :	Heure BM (coeff ; hauteur):	Date (jj/mm/aa) :	Heure (hh/mm) :	Heure BM (coeff ; hauteur):
24/05/2023	13h33	17h48 - 60 - 3,23m	24/05/2023	14h03	17h48 - 60 - 3,23m	24/05/2023	14h31	17h48 - 60 - 3,23m
Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :	Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :	Code M.E./Station-prélèvement :	Lat (WGS84) :	Long (WGS84) :
FRHC03/SIZM03bis_A	49,077548	-1,631077	FRHC03/SIZM03bis_B	49,077225	-1,631533	FRHC03/SIZM03bis_C	49,077561	-1,632737
Commune : Gouville-sur-Mer	Code/n° Photo :		Commune : Gouville-sur-Mer	Code/n° Photo :		Commune : Gouville-sur-Mer	Code/n° Photo :	
Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment			Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment			Paramètre : Subtidal / Intertidal; Meuble/Dur ; Faune/Flore/Sédiment		
Nom/organisme préleveur : MNHN Dinard			Nom/organisme préleveur : MNHN Dinard			Nom/organisme préleveur : MNHN Dinard		
N°/Nbre de répliqués : 5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions)			N°/Nbre de répliqués : 5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions)			N°/Nbre de répliqués : 5 FLORE (2 comptages pieds + 2 extractions)		
Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)			Engin - maille (taille/forme)		
comptage pieds : quadrat 0,1 m ² (0,316 x 0,316 m)			comptage pieds : quadrat 0,1 m ² (0,316 x 0,316 m)			comptage pieds : quadrat 0,1 m ² (0,316 x 0,316 m)		
extraction matre : quadrat 0,1 m ² , dague plongée, sac mame 1 mm, 2 sacs, congélation -20°C au labo			extraction matre : quadrat 0,1 m ² , dague plongée, sac mame 1 mm, 2 sacs, congélation -20°C au labo			extraction matre : quadrat 0,1 m ² , dague plongée, sac mame 1 mm, 2 sacs, congélation -20°C au labo		
10 pieds : 1 sac, congélation -20°C au labo			10 pieds : 1 sac, congélation -20°C au labo			10 pieds : 1 sac, congélation -20°C au labo		
granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo			granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo			granulo : carotier 9 cm diam, congélation -20°C labo		
MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo			MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo			MO : 3 piluliers Ø=3cm, z=7cm, congélation -20°C labo		
Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :			Qualité de l'échantillon :		
comptage pieds 1 : 28			comptage pieds 1 : 27			comptage pieds 1 : 51		
comptage pieds 2 : 20			comptage pieds 2 : 26			comptage pieds 2 : 31		
matte 1 : OK			matte 1 : OK			matte 1 : OK		
matte 2 : OK			matte 2 : OK			matte 2 : OK		
10 pieds : OK			10 pieds : OK			10 pieds : OK		
GRANULO : OK			GRANULO : OK			GRANULO : OK		
3 MO : OK			3 MO : OK			3 MO : OK		
Sédiment : sableu avec cailloux			Sédiment : sableu avec cailloux			Sédiment : sableu avec cailloux		
Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :			Espèces remarquables (n° pilus) :		
Observations (météo, courant, ...): En plongée car coeff trop petits.; beaucoup de pieds reproducteurs - Cap Sud			Observations (météo, courant, ...): En plongée car coeff trop petits.; beaucoup de pieds reproducteurs - Cap Sud			Observations (météo, courant, ...): En plongée car coeff trop petits.; beaucoup de pieds reproducteurs - Cap Sud		

Annexe 2 : Fiches terrain (stations à *Nanozostera noltei*)

Site : SIZN01 – Saint Vaast la Hougue

Appareil photo : Olympus

Date : 01/08/2023

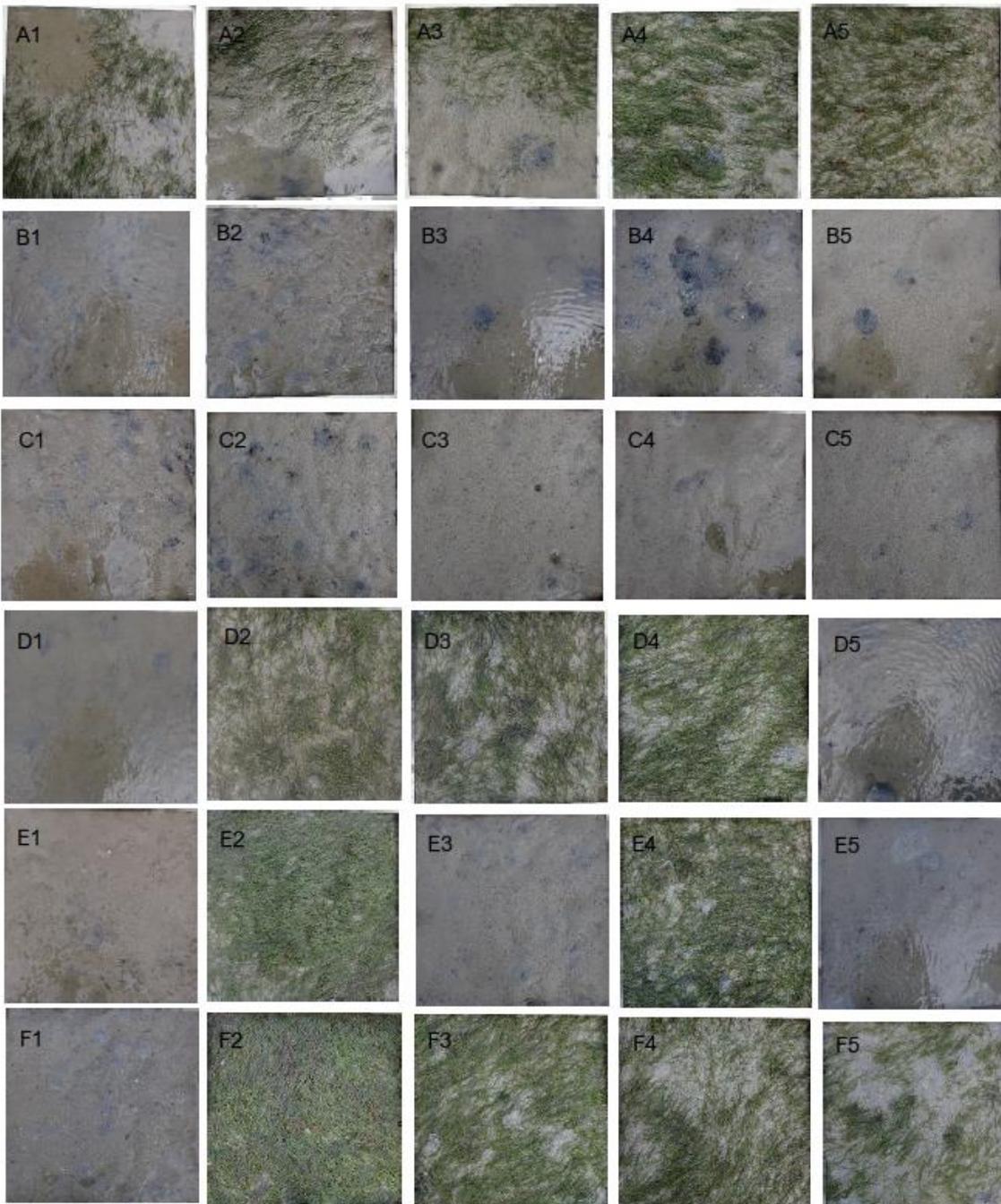
Heure : 14h00

Opérateurs : Elodie Ollivier, Andréa Lemoine

Classe de taux de recouvrement (%)	0	1-25	26-50	51-75	76-99	100
Valeur	0	0,125	0,375	0,625	0,875	1

Auby et al., Mars 2013, Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Station	Recouvrement estimé (%)	Macro-algues présents			Prélèvement macroalgues	MO	GR	Observations
		Vertes	Rouges	Brunes				
A1	24	✓	✓		✓		✓	Arénicoles, flaques, mouillage à proximité. Algues : Ulve, Gracilaire
A2	19		✓		✓	✓		Arénicoles, flaques, oxydation, bateau et son mouillage. Algues : Gracilaire
A3	23	✓	✓		✓			Arénicoles, flaques, oxydation. Algues : Ulve, Gracilaire
A4	76	✓	✓		✓			Arénicoles, hydrobies, oxydation, trous. Algues : Ulve, Gracilaire
A5	76					✓	✓	Crabe mort
B1	0		✓		✓			Arénicoles, coquilles, eau, oxydation. Algues : Gracilaire
B2	0	✓	✓		✓			Arénicoles, hydrobies, oxydation, trous. Algues : Ulve, Gracilaire
B3	0	✓			✓			Arénicoles, hydrobies, coquilles, eau, oxydation. Algues : Ulve.
B4	0	✓	✓		✓	✓		Arénicoles, hydrobies, flaques, oxydation, trous. Algues : Ulve, Gracilaire.
B5	0	✓			✓			Arénicoles, hydrobies, flaques, oxydation. Algues : Ulve.
C1	0		✓		✓			Arénicoles, flaques, oxydation, trous. Algues : Gracilaire.
C2	0	✓	✓		✓	✓		Arénicoles, flaques, oxydation, trous. Algues : Ulve, Gracilaire.
C3	0						✓	Arénicoles, oxydation, trous.
C4	0							Arénicoles, hydrobies, flaques, oxydation, trous.
C5	0	✓			✓	✓		Arénicoles, hydrobies, oxydation, trous. Algues : Ulve.
D1	0							Arénicoles, flaques, oxydation, trous.
D2	70					✓		Arénicoles, hydrobies, flaques.
D3	73							Arénicoles, crabes, hydrobies, trous.
D4	80					✓		Arénicoles, oxydation.
D5	0	✓	✓		✓			Arénicoles, hydrobies, eau, oxydation. Algues : Ulve, Gracilaire, Porphyra.
E1	0	✓	✓		✓			Oxydation, trous. Algues : Ulve, Gracilaire, Porphyra.
E2	90							Arénicoles, crabes.
E3	0							Arénicoles, oxydation, trous.
E4	70		✓		✓			Arénicoles, crabes, oxydation. Algues : Gracilaire.
E5	0					✓		Arénicoles, crabes, hydrobies, eau, oxydation.
F1	0							Coquilles
F2	96							×
F3	83							Arénicoles
F4	65					✓		Arénicoles, trous.
F5	35		✓					Arénicoles, hydrobies, flaques. Algues : Gracilaire.



Photographies des quadrats (sans macroalgues) réalisées dans le cadre du suivi stationnel de l'herbier de zostères naines de Saint-Vaast-la-Hougue (SIZN01) en 2023

FICHE SUIVI STATIONNEL DCE - HZN

Site : SIZN02 – Brévands

Appareil photo : Olympus

Date : 30/08/23

Opérateurs : Elodie Ollivier, Andréa Lemoine, Eva Langlois

Classe de taux de recouvrement (%)	0	1-25	26-50	51-75	76-99	100
Valeur	0	0,125	0,375	0,625	0,875	1

Auby et al., Mars 2013, Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Station	Recouvrement estimé (%)	Macro-algues présents			Prélèvement macroalgues	MO	GR	Observations
		Vertes	Rouges	Brunes				
A1	67							Arénicoles, trous
A2	0	✓	✓		✓			Trous
A3	0					✓		Arénicoles, trous
A4	55	✓	✓		✓			Arénicoles, trous
A5	0							Arénicoles, trous, flaques
B1	0							Arénicoles, trous
B2	65		✓		✓			Arénicoles, littorines, trous
B3	90	✓			✓	✓		Arénicoles
B4	0							Arénicoles, flaques, trous
B5	74					✓		Crabes
C1	80		✓		✓			Littorines, trous
C2	93		✓		✓			Crabes, trous
C3	98					✓		
C4	40						✓	Arénicoles, hydrobies, débris coquillers
C5	70							Arénicoles, trous
D1	95					✓		Littorines
D2	95					✓		
D3	93						✓	Trous
D4	90							
D5	95		✓					Arénicoles ; Algues = échouées = pas de prélèvements d'algues
E1	48		✓		✓	✓		Trous
E2	60						✓	Littorines, débris coquillers, trous
E3	5		✓		✓	✓		Crabes, trous, hydrobies, littorines, spartines
E4	100							Littorines
E5	85	✓	✓		✓	✓		Coques, hydrobies, littorines, spartines (x4), débris coquillers, flaques
F1	70							Littorines
F2	65		✓		✓			Littorines, trous
F3	80	✓	✓		✓			Littorines, débris coquillers, trous
F4	63		✓		✓			Littorines, trous
F5	95		✓		✓			Littorines, débris coquillers



Photographies des quadrats (sans macroalgues) réalisées dans le cadre du suivi stationnel de l'herbier de zostères naines de Brevands (SIZN02) en 2023