



Adresse
POS3IDON
14 rue Claude Bernard
35400 Saint-Malo
France

Téléphone
+33 (0)6.33.38.30.47

E-mail et site internet
contact@pos3idon.com
www.pos3idon.com

POS3IDON

Etudes et Recherche en Environnement Littoral



Maître d'ouvrage :



Projet CoEHCo

Rapport final *d'analyse des suivis stationnels des herbiers de zostère naine au sein du PNMEGMP,*

Campagnes 2021 et 2022

Financements :



29/06/2023

Rapport produit dans le cadre du projet CoEHCo (partenariat OFB-LPO) qui associe les Réserves naturelles nationales (de la Casse Belle Henriette, de la Baie de l'Aiguillon, de Lilleau des Niges et de Moëze-Oléron ainsi qu'un site contigu à la Réserve du Marais d'Yves) gérées ou cogérées par la LPO, et le Parc (OFB).



Le projet CoEHco est financé par le FEAMP dans le cadre de la mesure 80 « Protection et amélioration de la connaissance de l'état du milieu marin », volet 2 : Améliorer les connaissances concernant l'état du milieu marin en vue de mettre en place les programmes de suivi et de mesures prévus par la DCSMM.



Demandeur & Maître d'ouvrage :

Office Français de la Biodiversité (OFB)

Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (PNMEGMP)

Interlocutrice : Adélaïde Aschenbroich

PROJET COEHCO - HERBIERS DE *ZOSTERA NOLTEI*

Rapport final : Mise en place de nouvelles stations de suivi stationnel des herbiers de zostère naine au sein du PNMEGMP, Campagnes 2021 et 2022

IDENTIFICATION		DEMARCHE QUALITE	
Version/indice	3	Responsable de projet	Pauline BAZIN
Date	29/06/2023	Rédacteurs	Martin UBERTINI Nicolas MEROU Pauline BAZIN
N° de contrat	Marché n° 2020 MAPA34 et son Avenant n°1	Superviseur/Directeur	Martin UBERTINI
Nb de pages	135 (annexes incluses)	Autres intervenants	Eurêka mer (contributions et remarques)
Citation document	<i>Ubertini M., Bazin P., Merou N., Bernard I. (2023) Projet CoEHCo – Rapport final. Mise en place de nouvelles stations de suivi stationnel des herbiers de zostère naine au sein du PNMEGMP, Résultats des Campagnes 2021 et 2022.</i>		
Vérifié par le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis.			

POS3IDON
Etudes et Recherche en Environnement Littoral

<https://www.pos3idon.com/>

14 rue Claude Bernard 35400 Saint-Malo

Interlocuteur(s) pour le suivi de projet :

PAULINE BAZIN

contac@pos3idon.com

06.72.40.66.73

Table des matières

1	Contexte	13
1.1	Le projet CoEHCo	13
1.2	Le suivi des herbiers de zostère naine (<i>Zostera noltei</i>) dans le cadre de la Directive Cadre sur l'eau et du projet CoEHCo	13
2	Objectifs	15
3	Matériel et Méthodes	17
3.1	Les stations de suivi DCE dans le PNMEGMP	17
3.2	Les campagnes d'échantillonnage CoEHCo dans le PNMEGMP	18
3.3	Protocole DCE appliqué aux stations « sans activité anthropique majeure » et « pêche à pied » (Auby <i>et al.</i> , 2018)	21
3.3.1	Définition d'une station	21
3.3.2	Recouvrements de la zostère naine	22
3.3.3	Prélèvements et analyses des macroalgues	24
3.3.4	Prélèvements et analyses du sédiment	25
3.3.5	Acquisition des données sur le terrain (prises de notes)	26
3.3.6	Bancarisation des données	28
3.3.7	Calcul de l'indicateur "Angiospermes" (échelle des masses d'eau)	28
3.4	Protocole de suivi adapté aux zones de mouillage	32
3.4.1	Protocole de suivi des herbiers de <i>Zostera noltei</i> soumis à une pression de ragage liée à l'activité de mouillage - Campagne CoEHCo 2021	32
3.4.2	Protocole exploratoire pour l'étude d'une zone de mouillage comportant des mouillages classiques, innovants et supprimés – Campagne CoEHCo 2022	36
3.5	Protocole de suivi adapté aux zones de friches conchylicoles – Campagnes 2021 et 2022	40
3.6	Résumé des paramètres mesurés	44
3.7	Traitement des données	45
3.8	Calcul d'un indicateur "Angiospermes modifié" (échelle de secteurs d'herbiers)	47
4	Description des stations	52
4.1	Lay Crochon 1982 (Pêche à pied)	57
4.2	Ars en Ré (Pêche à pied)	57
4.3	Plage de la Charge Neuve (sans pression)	58
4.4	Charge Neuve (qualifiée a posteriori en « sans pression »)	59

4.5	Rivedoux (Mouillage)	60
4.6	Rivedoux (sans pression).....	61
4.7	Baie d'Yves (sans pression).....	62
4.8	Bellevue-Perrotine (Pêche à pied).....	63
4.9	Les Doux (sans pression)	64
4.10	Le Château d'Oléron (Friches ostréicoles).....	65
4.11	Le Château d'Oléron (Témoin friches ostréicoles).....	66
4.12	Le Château d'Oléron (pêche à pied).....	67
4.13	Le Château d'Oléron (sans pression).....	68
4.14	Marennes (Pêche à pied).....	69
4.15	Ronce-les-bains (sans pression)	69
4.16	Ronce-les bains (Mouillage).....	70
4.17	Bonne Anse (Pêche à pied)	72
5	Résultats & Interprétation	73
5.1	État écologique des herbiers.....	73
5.1.1	Indicateur Angiospermes modifié en 2021 et 2022	73
5.1.2	Évolution de l'indicateur « Angiospermes modifié » de 2011 à 2022.....	74
5.2	Dynamique spatio-temporelle des herbiers en lien avec les variables explicatives	77
5.2.1	Dynamique spatio-temporelle du taux de recouvrement	77
5.2.2	Granulométrie.....	78
5.2.3	Macroalgues	80
5.2.4	Variables explicatives.....	82
5.3	Comparaison des résultats selon les pressions exercées.....	85
5.3.1	Analyse des herbiers à <i>Zostera noltei</i> soumis à différents contextes anthropiques	85
5.3.2	Analyse des herbiers soumis à l'activité de mouillage, sur la base du protocole adapté appliqué dans le cadre de CoEHCo.....	87
5.3.3	Travail exploratoire sur la qualification d'altérations d'herbiers en lien avec les métriques « Abondance » et « Extension »	89
5.3.4	Analyse des herbiers soumis à la pêche à pied	92
5.3.5	Analyse des herbiers en zone de « Friches ostréicoles »	94
5.3.6	Travail exploratoire sur la qualification d'altérations d'herbiers en lien avec les métriques « Abondance »	98
5.4	Établissement d'une typologie d'herbier	99
5.5	Discussion des méthodologies employées (protocoles, nombre et choix des sites, choix des catégories d'herbiers et références, ...) au regard des objectifs visés par le Parc – propositions d'adaptations	101

5.5.1	Protocoles et pertinence des protocoles	101
5.5.2	Nombre et choix des sites.....	104
5.5.3	Typologies d'herbiers	104
5.5.4	Propositions d'adaptation.....	104
5.5.5	Conclusions sur l'utilisation des protocoles pour le tableau de bord du Parc	105
6	Références bibliographiques	105
6.1	Rapports DCE (Contrôle de surveillance).....	105
6.2	Autres références bibliographiques.....	108
7	Annexes	111

Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Localisation des stations de suivi (DCE et CoEHCo) des herbiers intertidaux de la zostère naine sur le territoire du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis.....	16
Figure 2: Grille d'échantillonnage (à gauche, Auby <i>et al.</i> 2018) et son positionnement sur un herbier de <i>Zostera noltei</i> (à droite, © POS3IDON). Le point D3 (en rouge), approximativement "central", géolocalise la station.	21
Figure 3 : Cliché d'un quadrat à la verticale en plein cadre après prélèvement des macroalgues (à gauche) et traitement avec ImageJ de la partie intérieure du quadrat (à droite). Source : Lejollivet et al. 2019, FRGT03-Le Trieux.	23
Figure 4: Séchage à l'étuve (60°C) et pesée (à 0,1 g) des macroalgues en laboratoire. © POS3IDON	24
Figure 5 : Illustration du matériel utilisé et des opérations mises en œuvre sur le terrain : quadrat (A), dispositif support pour prise de clichés standardisée (B), carottier pour le prélèvement des sédiments pour l'analyse de la matière organique (C) et de la granulométrie (D) © POS3IDON	26
Figure 6 : Capture d'écran de la création d'une couche de saisie de données terrain via QField pour le suivi des herbiers dans le PNMEGMP.	27
Figure 7 : Capture d'écran de l'édition d'une couche SIG via QField sur smartphone pour le suivi des herbiers en 2021 dans le PNMEGMP.	27
Figure 8 : Représentation d'une zone raguée au niveau d'un corps-mort.....	33
Figure 9 : Plan d'échantillonnage de suivi des herbiers de <i>Zostera noltei</i> soumis à une pression de ragage liée à l'activité de mouillage mise en place dans le cadre du projet CoEHCo (Source : Présentation ppt du comité technique tenu le 2 mai 2023).....	33
Figure 10 : Illustration du plan d'échantillonnage pour le suivi stationnel des herbiers de <i>Zostera noltei</i> soumis à une pression liée à l'activité de mouillage. Exemple de positionnement des 10 quadrats à effectuer et à répartir par strate (chaîne, bateau, zone éloignée). Une station inclut l'étude de 3 corps-morts (3 x 10 points)	35
Figure 11 : Vue générale des types de mouillages échantillonnés (de gauche à droite) : innovant, classique et supprimé, au sein de l'herbier de zostère naine présent dans l'emprise de la ZMEL de Ronce-les-Bains. © POS3IDON 2022.....	36
Figure 12 : Plan d'échantillonnage théorique pour le suivi de la zostère naine au niveau de la zone d'influence de mouillages classiques, innovants et supprimés.....	38
Figure 13: Résumé du plan d'échantillonnage des mouillages (classiques, innovants, supprimés) réalisé à Ronce-les-bains lors de la campagne CoEHCo 2022	39
Figure 14 : Exemple d'interaction entre une friche ostréicole et l'herbier de zostères naines au Château d'Oléron (source : orthophotographie IGN du 18/10/2020)	40
Figure 15 : Exemple d'identification des 2 strates sur une friche ostréicole à partir d'une orthophotographie IGN (en jaune : strate extérieure, en violet strate intérieure)	41
Figure 16 : Plan de position des friches ostréicoles étudiées et détail des mesures (recouvrement / granulométrie / matière organique) à effectuer pour l'opération de terrain	43
Figure 17 : Secteurs d'évaluation de l'état écologique des herbiers à zostère naine pour le PNMEGMP tel que défini dans le cadre du projet CoEHCo (zone « Pertuis Breton »)	48
Figure 18 : Secteurs d'évaluation de l'état écologique des herbiers à zostère naine pour le PNMEGMP tel que défini dans le cadre du projet CoEHCo (zone « Pertuis d'Antioche »)	48
Figure 19 : Secteurs d'évaluation de l'état écologique des herbiers à zostère naine pour le PNMEGMP tel que défini dans le cadre du projet CoEHCo (zone « Pertuis de Maumusson »).....	49
Figure 20 : Station de suivi de la zostère naine (DCE) dans au sein de la masse d'eau FRGT30 Estuaire du Lay.	52

Figure 21 : Stations de suivi de la zostère naine (DCE et CoEHCo) au sein de la masse d'eau FRGC53 Pertuis Bretons.....	53
Figure 22 : Stations de suivi de la zostère naine (DCE et CoEHCo) au sein de la masse d'eau FRGC54 La Rochelle.....	53
Figure 23 : Stations de suivi de la zostère naine (DCE et CoEHCo) au sein de la masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais.....	54
Figure 24 : Stations de suivi de la zostère naine (DCE et CoEHCo) au sein de la masse d'eau FRFT09 Estuaire de la Gironde.....	54
Figure 25 : Vues générales sur la station DCE « Lay Crochon 1982 int HZN » à herbier de <i>Zostera noltei</i> dans la masse d'eau de transition « FRGT30 ». (© P.G. Sauriau 2016 et © Sauriau 2019 ; extraits de Aubert <i>et al.</i> 2019, 2020).....	57
Figure 26 : Vues générales sur la station DCE « Ars en Ré int HZN » à herbier de <i>Zostera noltei</i> dans la masse d'eau côtière « FRGC53 » (© Cohabys/Aubert, extraits de Aubert <i>et al.</i> 2019, 20201).....	58
Figure 27 : Vues générales sur la station DCE « Plage de la Charge Neuve int HZN » à herbier de <i>Zostera noltei</i> dans la masse d'eau côtière « FRGC53 ». (© Sauriau PG /CNRS, extraits de Sauriau <i>et al.</i> 2013, 2017).....	59
Figure 28 : Vue générale de l'herbier à zostère naine échantillonné sur le site de « Charge Neuve Mouillage » requalifié de « Charge Neuve sans pression anthropique majeure », lors de la campagne CoEHCo 2021. Seuls 3 bateaux sont présents, sur un herbier dense. © Eurêka mer.....	60
Figure 29 : Vue générale des zones d'herbier à zostère naine échantillonnées dans l'aire d'influence de corps-morts (monocoque moteur, voilier) sur le site de « Rivedoux Mouillage », lors de la campagne CoEHCo 2021. © POS3IDON.....	61
Figure 31 : Vues générales de la station CoEHCo « Rivedoux sans pression ». (A) Partie Ouest de la station où l'herbier est relativement dense, (B) Limite Est de la station où l'herbier est parfois moins dense. © POS3IDON 2021.....	62
<i>Figure 30 : Diverses traces observées sur l'herbier dans l'emprise de la station : déplacement d'annexes de bateaux (A), grattage et empreintes de pas (B) © POS3IDON 2021.....</i>	62
<i>Figure 32 : Vues générales présentant l'herbier de zostère naine sur la station CoEHCo « Baie d'Yves sans pression », échantillonné dans le cadre du projet CoEHCo (© A.ASCHENBROICH/OFB ; © POS3IDON 2021).....</i>	63
Figure 33 : Vues générales sur la station DCE « Bellevue Perrotine int HZN » à herbier de <i>Zostera noltei</i> dans la masse d'eau côtière « FRFC02 ». (© LIENSs/Duvar, © Cohabys/Aubert, extraits de Sauriau <i>et al.</i> 2015 et de Aubert <i>et al.</i> 2022).....	64
Figure 34 : Vues générales sur la station DCE « Les Doux int HZN » à herbier de <i>Zostera noltei</i> dans la masse d'eau côtière « FRFC02 ». (© LIENSs/Duvar, © Cohabys/Aubert, extraits de Sauriau <i>et al.</i> 2015 et de Aubert <i>et al.</i> 2022).....	64
Figure 35 : Vue générale d'une friche ostréicole longée par une coursière, sur le site du Château d'Oléron © Adélaïde Aschenbroich/OFB 2021.....	65
Figure 36 : Pose d'un quadrat et acquisition des données de terrain à la station CoEHCo « Château d'Oléron – Friches ostréicoles ». (A) dans la « strate extérieure » (zone autour de la friche) d'une friche ostréicole (© Eurêka Mer 2021), et (B) dans la « strate intérieure » (© Adélaïde Aschenbroich/OFB 2021).....	66
Figure 37 : Prise de vue générale de la station CoEHCo « Le Château d'Oléron – Témoin friches ostréicoles » située au bas du médiolittoral © POS3IDON 2022.....	67
Figure 38 : Vues générales sur la station DCE « Le Château d'Oléron int HZN » à herbier de <i>Zostera noltei</i> dans la masse d'eau côtière « FRFC02 ». (© Sauriau PG / CNRS © Cohabys/Aubert, extraits de Aubert <i>et al.</i> 2018, 2022).....	68
<i>Figure 39 : Vues générales de la station CoEHCo « Château d'Oléron sans pression » située en médiolittoral moyen © POS3IDON.....</i>	68
<i>Figure 40 : Prises de vues générales de la station CoEHCo « Marennas pêche à pied ». © Eurêka Mer 2022.....</i>	69

Figure 41 : Prise de vue générale de la station CoEHCo « Ronce-les-bains sans pression ». © POS3IDON 2022.....	70
Figure 42 : Vue générale de la station CoEHCo « Ronce-les-bains Mouillage » © POS3IDON 2022	71
Figure 43 : Vue générale des zones d’herbier à zostère naine échantillonnées dans l’aire d’influence de mouillages classiques (à gauche) et innovant (à droite) sur la station CoEHCo de « Ronce-les-bains Mouillage ». © POS3IDON 2022	71
Figure 44 : Vues générales sur la station DCE « Bonne Anse int HZN» à herbier de <i>Zostera noltei</i> dans la masse d’eau de transition « FRFT09». (© Cohabys/Aubert, extraits de Aubert <i>et al.</i> 2022).	72
Figure 45 : État écologique des herbiers à l’échelle des stations, calculé sur la base de l’indicateur Angiospermes « modifié », pour les stations DCE et CoEHCo dans l’enceinte du PNMEGMP, pour les années 2021 et 2022. Les pressions auxquelles sont soumises les différentes stations sont indiquées : PAP = Pêche à pied, SAAM = Sans activité anthropique majeure. Rivedoux ; BY = Baie d’Yves ; RLB = Ronce-les-Bains ; BA = Bonne Anse ; M = Marennes. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole. Recommandation : Le présent rapport propose d’appliquer la démarche exploratoire évaluative des herbiers de zostère naine élaborée dans le cadre du projet CoEHCo. Les états écologiques définis ici doivent, en complément d’autres données, être soumis à l’avis d’un comité d’experts pour conclure à une évaluation finale pour le tableau de bord du Parc ».....	73
Figure 46 : Indicateur Angiospermes « modifié », métrique « Abondance » et métrique « Extension modifiée » à l’échelle des différentes stations regroupées par secteurs géographiques. Les couleurs/formes des points permettent de discriminer les stations et suivis (DCE/CoEHCo). Liste des stations : LC = Lay-Crochon ; AR = Ars en Ré ; CN = Charge Neuve ; CO = Château d’Oléron ; R = Rivedoux ; BY = Baie d’Yves ; RLB = Ronce-les-Bains ; BA = Bonne Anse ; M = Marennes. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole. Les points ont été reliés par des traits continus ou pointillés (respectivement CoEHCo et DCE) afin d’améliorer la lisibilité du graphique. Recommandation : Le présent rapport propose d’appliquer la démarche exploratoire évaluative des herbiers de zostère naine élaborée dans le cadre du projet CoEHCo. Les états écologiques définis ici doivent, en complément d’autres données, être soumis à l’avis d’un comité d’experts pour conclure à une évaluation finale pour le tableau de bord du Parc ».	76
Figure 47 : Histogramme représentant les taux de recouvrement moyens de l’herbier de zostère naine par station (calculés à partir de la moyenne des médianes de classe de chaque quadrat), +/- écart type. Liste des stations : LC = Lay-Crochon ; AR = Ars en Ré ; CN = Charge Neuve ; CO = Château d’Oléron ; R = Rivedoux ; BY = Baie d’Yves ; RLB = Ronce-les-Bains ; BA = Bonne Anse ; M = Marennes. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole.....	77
Figure 48 : Pourcentage cumulé des différentes fractions granulométriques (µm) pour l’ensemble des stations échantillonnées (DCE, CoEHCo).....	78
Figure 49 : Pourcentage relatif des différentes fractions granulométriques observées en 2021 et 2022 sur les stations échantillonnées dans le cadre du projet CoEHCo et de la DCE. Liste des stations : LC = Lay-Crochon ; AR = Ars en Ré ; CN = Charge Neuve ; R = Rivedoux ; BY = Baie d’Yves ; RLB = Ronce-les-Bains ; BA = Bonne Anse ; M = Marennes. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole.....	79
Figure 50 : Boîtes à moustache relatives aux pourcentages de matière organique (MO) au niveau des stations DCE et CoEHCo (les boîtes à moustache présentent un rectangle allant du premier quartile au troisième quartile et coupé par la médiane. Les segments aux extrémités mènent jusqu’aux valeurs extrêmes, avec certains points considérés comme aberrants qui sont représentés individuellement). Liste des stations : LC = Lay-Crochon ; AR = Ars en Ré ; CN = Charge Neuve ; R = Rivedoux ; BY = Baie d’Yves ; RLB = Ronce-les-Bains ; BA = Bonne Anse ; M = Marennes. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole.....	80
Figure 51 : Biomasse moyenne par type de macroalgues au niveau des stations DCE et CoEHCo. Les couleurs caractérisent les phylums de macroalgues (Chlorophytes = vert, Ochrophytes = brun, Rhodophytes = rouges). Les noms des stations considérées « sans pressions » sont encadrés. Liste des stations : LC = Lay-Crochon ; AR = Ars en Ré ; CN = Charge Neuve ; CO = Château d’Oléron ; R = Rivedoux ; BY = Baie d’Yves ; RLB = Ronce-les-Bains ; BA = Bonne Anse ; M = Marennes. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole.....	81

Figure 52 : Pourcentage de couverture macroalgale au niveau des stations. Les couleurs caractérisent les phylums de macroalgues présents (Rhodophytes = en rouge, Chlorophytes = en vert, Ochrophytes = en marron). Liste des stations : LC = Lay-Crochon ; AR = Ars en Ré ; CN = Charge Neuve ; R = Rivedoux ; BY = Baie d'Yves ; RLB = Ronce-les-Bains ; BA = Bonne Anse ; M = Marennes. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole..... 82

Figure 53 : Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur les données des stations échantillonnées dans le cadre de la DCE et du projet CoEHCo, des années 2011 à 2022. Les variables considérées sont le taux de recouvrement, le pourcentage de fines, la biomasse de macroalgues. 83

Figure 54 : Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur les données des stations échantillonnées dans le cadre de la DCE et du projet CoEHCo, des années 2011 à 2022. Les variables considérées sont le taux de recouvrement, la matière organique, le pourcentage de fines, la biomasse de macroalgues. Les codes représentent les activités : FC = Friches conchylicoles ; TC = Témoin conchylicole ; PAP = Pêche à Pied ; SAAM = Sans Activité Anthropique Majeure). 84

Figure 55 : Graphique en mosaïque, représentant les classes de recouvrement (médiane de chaque classe) en fonction des types d'activité. Les p-value associées au test du χ^2 d'homogénéité, et résidus associés sont présentés (barre de droite). En ligne, la hauteur des dalles est proportionnelle au nombre total de quadrats caractérisés par classe de recouvrement, toutes stations confondues. En colonne, la largeur des dalles de la mosaïque est proportionnelle au nombre de quadrats caractérisés par chacune des classes de recouvrement selon le type de pression (C : friche conchylicole, M : mouillage, PAP : pêche à pied, SP : sans pression). La couleur bleue correspond à des résidus positifs significatifs d'après le test Pearson, tandis que la couleur rose correspond à des résidus négatifs significatifs. 86

Figure 56 : Distribution des classes de recouvrement et comparaison des taux de recouvrement moyen par *Zostera noltei* en 2022. Les pourcentages de recouvrement par *Z. noltei* s'échelonnent de 0 à 1 sur l'axe des ordonnées, tandis que les strates échantillonnées (chaîne, bateau, éloignée) sont représentées en abscisse ainsi que la condition sans pression (station témoin). Les diagrammes « violon » représentent la répartition relative des différentes classes de recouvrement par strate. Les points sont répartis verticalement par classe de recouvrement puisqu'ils correspondent à la médiane de chaque classe. La largeur des diagrammes est définie par la distribution des classes i.e plus le nombre de quadrats d'une classe de recouvrement est élevé, plus le diagramme est large. La répartition des points sur l'axe horizontal permet de faciliter la lecture du graphique en empêchant le chevauchement des points : elle n'a pas vocation à être analysée en tant que telle. La moyenne des taux de recouvrement (moyenne des médianes de classes de recouvrement par quadrat) est représentée avec son écart-type pour chaque strate. 87

Figure 57 : Distribution des classes de recouvrement et comparaison des taux de recouvrement moyen par *Zostera noltei* en 2021 et 2022 pour la station de Ronce-les-Bains. Les pourcentages de recouvrement par *Z. noltei* s'échelonnent de 0 à 1 sur l'axe des ordonnées, tandis que les strates échantillonnées sont représentées en abscisse. Les strates correspondent aux strates associées à la pression liée au mouillage (chaîne, bateau, éloignée), ainsi qu'à la condition sans pression (station témoin). Les diagrammes « violon » représentent la répartition relative des différentes classes de recouvrement par strate. Les points sont répartis verticalement par classe de recouvrement puisqu'ils correspondent à la médiane de chaque classe. La largeur des diagrammes est définie par la distribution des classes i.e plus le nombre de quadrats d'une classe de recouvrement est élevé, plus le diagramme est large. La répartition des points sur l'axe horizontal permet de faciliter la lecture du graphique en empêchant le chevauchement des points : elle n'a pas vocation à être analysée en tant que telle. La moyenne des taux de recouvrement (moyenne des médianes de classes de recouvrement par quadrat) est représentée avec son écart-type pour chaque strate. Les points noirs et gris représentent - respectivement aux stations « Rivedoux » et « Ronce-les-Bains » - les médianes de classes de recouvrement pour chaque quadrat. Les valeurs statistiques sont données pour le test de Kruskal-Wallis, et pour le test post-hoc de Wilcoxon (ajustement de Bonferroni). Les étoiles correspondent au degré de significativité des comparaisons par paire (*<0,05, **<0,01, ***<0,001, ****<0,0001). 88

Figure 58 : Représentation cartographique de l'interaction entre l'herbier à *Zostera noltei* et l'activité de mouillage au niveau de la ZMEL (Zone de Mouillage et d'Equipements Légers) de Ronce-les-Bains, dans l'emprise de l'orthophotographie drone réalisée en septembre 2021 dans le cadre du projet RESOBLO. 91

Figure 59 : Représentation cartographique de l'interaction entre l'herbier à *Zostera noltei* et l'activité de mouillage au niveau de la zone de mouillage clandestine et de la zone de filières de Rivedoux, dans l'emprise de l'orthophotographie drone réalisée en septembre 2021 dans le cadre du projet RESOBLO. 91

Figure 60 : Boîte à moustache représentant la biomasse de macroalgues au niveau de quadrats.....	92
Figure 61 : Graphique en mosaïque, représentant les occurrences de macroalgues par type (B = brunes – Ochromytha ; R = rouges – Rhodophyta ; V = vertes – Chorophyta) au niveau des stations SAAM et PAP. Les p-value associées au test du χ^2 d'homogénéité, et résidus associés sont présentés (barre de droite). En ligne, la hauteur des dalles est proportionnelle au nombre total de quadrats caractérisés par la présence de macroalgues, toutes stations confondues. En colonne, la largeur des dalles de la mosaïque est proportionnelle au nombre de quadrats caractérisés par chaque occurrence de macroalgues selon le type de pression (PAP : pêche à pied, SAAM : sans pression). La couleur bleue correspond à des résidus positifs significatifs d'après le test Pearson, tandis que la couleur rose correspond à des résidus négatifs significatifs.	93
Figure 62 : Proportion des différentes classes de taux de recouvrement de zostères naines, <i>Z. noltei</i> , pour les différentes strates échantillonnées afin d'observer l'effet des friches ostréicoles. NA correspond aux quadrats pour lesquels il n'a pas été possible de calculer un taux de recouvrement (quadrat dans une flaquer ou un micro-chenal).	94
Figure 63 : Variations des taux de recouvrement de zostères naines, <i>Z. noltei</i> , calculés avec ImageJ entre les strates et à l'intérieur de chacune des strates. La répartition des points sur l'axe des abscisses, par strate, permet de faciliter la lecture du graphique en empêchant le chevauchement des points : elle n'a pas vocation à être analysée en tant que telle. Les p-value de comparaison des paires correspondent à des tests de Wilcoxon.	95
Figure 64 : Taux de recouvrement des quadrats par <i>Z. noltei</i> en fonction de la distance aux crassats les plus proches. (Les taux de recouvrement en fonction de la distance aux friches ostréicoles ont été représentés sous forme de points, avec une régression locale (courbe verte) ou LOESS (« LOcally Estimated Scatterplot Smoothing »))......	96
Figure 65 : Variations des teneurs en matière organique dans les différentes strates (intérieur / extérieur) utilisées pour étudier les friches ostréicoles ainsi que dans la grille témoin. Les p-value de comparaison des paires correspondent à des tests de Wilcoxon.....	97
Figure 66 : Proportion de quadrats caractérisés par la présence de macroalgues dans les différentes strates d'étude des friches ostréicoles. NA correspond à un quadrat pour lequel l'information n'est pas disponible.	98
Figure 67 : Classification ascendante hiérarchique (CAH), avec en entrées les moyennes des médianes des taux de recouvrement et le pourcentage de fines à chaque station Sans Activité Anthropique Majeure (SAAM et Témoin Château d'Oléron) échantillonnée.....	100
Figure 68 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Charge-Neuve	112
Figure 69 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Charge-Neuve	112
Figure 70 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Rivedoux	113
Figure 71 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Rivedoux	113
Figure 72 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Rivedoux (Sans activité anthropique majeure)	114
Figure 73 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Rivedoux (Sans activité anthropique majeure)	114
Figure 74 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Rivedoux (mouillage)	115
Figure 75 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Rivedoux (mouillage)	115
Figure 76 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Baie d'Yves.....	116
Figure 77 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Baie d'Yves.....	116
Figure 78 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Baie d'Yves.....	117
Figure 79 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Baie d'Yves.....	117
Figure 80 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Baie d'Yves (Sans activité anthropique majeure).....	118
Figure 81 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Baie d'Yves (Sans activité anthropique majeure)	118
Figure 82 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Marennes (pêche à pied)	119

Figure 83 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Marennes (pêche à pied).....	119
Figure 84 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Marennes (Pêche à pied).....	120
Figure 85 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Marennes (Pêche à pied).....	120
Figure 86 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron (friche conchylicole)	121
Figure 87 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron (friche conchylicole)	121
Figure 88 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron (Friche conchylicole)	122
Figure 89 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron (Friche conchylicole)	122
Figure 90 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron (témoin friche conchylicole)	123
Figure 91 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron (témoin friche conchylicole)	123
Figure 92 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron (Témoin conchyliculture)	124
Figure 93 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron (Témoin conchyliculture)	124
Figure 94 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron	125
Figure 95 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron	125
Figure 96 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron (Sans activité anthropique majeure).....	126
Figure 97 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron (Sans activité anthropique majeure).....	126
Figure 98 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains.....	127
Figure 99 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains	127
Figure 100 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains (Sans activité anthropique majeure).....	128
Figure 101 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains (Sans activité anthropique majeure).....	128
Figure 102 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains (mouillage) .	129
Figure 103 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains (mouillage)	129
Figure 104 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage supprimé)	130
Figure 105 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage supprimé)	130
Figure 106 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage innovant)	131
Figure 107 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage innovant)	131
Figure 108 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage classique)	132
Figure 109 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage classique)	132

Tableaux

Tableau 1 : Stations DCE situées dans le PNMEGMP et leurs dates de débuts des suivis dans le cadre de la surveillance des herbiers de <i>Z. noltei</i>	17
Tableau 2 : Stations et dates de suivi des herbiers de zostère naine échantillonnées au sein du PNMEGMP dans le cadre du projet CoEHCo.....	19
Tableau 3 : Résumé du protocole de mesure du taux de recouvrement par la zostère naine au niveau des points de suivi.....	22
Tableau 4 : Classes de recouvrement des zostères et médianes correspondantes. NB : le « 0 » est un vrai 0 % correspondant à l'absence de zostère tandis que le « 1 » correspond à un vrai 100%, soit un recouvrement total de la surface du quadrat par les zostères.	23
Tableau 5 : Résumé du protocole d'échantillonnage et analyse des macroalgues au niveau des points de suivi.....	24
Tableau 6 : Résumé du protocole d'échantillonnage des sédiments en vue d'une analyse granulométrique au niveau des points de suivi.....	25
Tableau 7 : Résumé du protocole d'échantillonnage des sédiments en vue d'une analyse de la teneur en matière organique au niveau des points de suivi.....	25
Tableau 8 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'EQR pour la métrique « composition taxinomique » (Auby <i>et al.</i> , 2018).....	29
Tableau 9 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'EQR pour la métrique « extension » (Auby <i>et al.</i> , 2018).	29
Tableau 10 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de EQR pour la métrique « abondance » (Auby <i>et al.</i> , 2018).....	30
Tableau 11: Exemple de calcul de l'EQR « abondance » dans la masse d'eau Arcachon amont (Auby <i>et al.</i> , 2018).....	31
Tableau 12 : Grille pour l'indicateur « angiospermes » (Auby <i>et al.</i> , 2018).....	31
Tableau 13 : Paramètres mesurés dans le cadre du suivi DCE (Auby <i>et al.</i> 2018) et des campagnes CoEHCo sur la zostère naine.....	44
Tableau 17 : Stations de suivi des herbiers de <i>Zostera noltei</i> au sein du PNMEGMP étudiées dans le cadre du projet CoEHCo 2021-2022	55
Tableau 15 : Différence de recouvrement entre station témoin (CoEHCo_RLB_M) et station présentant des friches conchylicoles (CoEHCo_RLB_SAAM), selon les différentes strates identifiées sur le terrain et 3 typologies de mouillage (classique, innovant, supprimé). La statistique associée à la différence observée est indiquée, ainsi que l'indice d'altération inspiré de la grille prévue par Auby <i>et al.</i> (2018).	90
Tableau 16 : Différence de recouvrement entre station témoin (CoEHCo_CO_TC) et station présentant des friches conchylicoles (CoEHCo_CO_FC). La statistique associée à la différence observée est indiquée, ainsi que l'indice d'altération inspiré de la grille prévue par Auby <i>et al.</i> (2018).	99

1 Contexte

1.1 Le projet CoEHCo

Le projet CoEHCo : Connaissance et Évaluation de l'état des Habitats benthiques Côtiers, vise à améliorer les connaissances sur les habitats benthiques côtiers (récifs d'hermelles, **herbiers de zostère naine**, prés salés et habitats sédimentaires intertidaux) et à évaluer leur état écologique dans le périmètre du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (PNMEGMP). Ce projet bénéficie d'un partenariat avec la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) qui gère ou cogère les cinq Réserves Naturelles Nationales (RNN) incluses ou contiguës au périmètre du Parc et associées au projet.

CoEHCo en bref

- ✓ **Chef de file** : Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (PNMEGMP)
- ✓ **Partenaires** : LPO gestionnaire ou co-gestionnaire des **Réserves Naturelles Nationales** de la Casse de la Belle Henriette, de la Baie de l'Aiguillon, de Lilleau des Niges, du Marais d'Yves, de Moëze Oléron
- ✓ **Budget** : 589 538.80 € dont 75% de co-financement FEAMP et 25% de contrepartie nationale.
- ✓ **Début des actions** : 2020, **fin des opérations de terrain** : 2022, clôture administrative 2023.
- ✓ **4 habitats visés** : prés salés, récifs d'hermelles, substrats meubles intertidaux, herbiers de zostère naine (avec un volet champs de macroalgues intertidaux) ;
- ✓ **54 stations suivis, 5 protocoles communs** standardisés (inter-directives et inter-AMP) déployés et testés par plusieurs opérateurs coordonnés à l'échelle du Parc

Les protocoles scientifiques relatifs à l'évaluation de l'état des habitats déployés sont, pour certains, déjà identifiés dans le cadre des programmes de surveillance DCE (Directive Cadre sur l'Eau, 2000/60/CE) ou DCSMM (Directive cadre stratégie pour le milieu marin, 2008/56/CE). Ils sont mis en œuvre sur 54 stations à l'échelle du périmètre du PNMEGMP. Les données collectées viendront alimenter les travaux nationaux de développement des indicateurs d'état de ces habitats.

1.2 Le suivi des herbiers de zostère naine (*Zostera nolte*) dans le cadre de la Directive Cadre sur l'eau et du projet CoEHCo

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000/60/CE) établit un cadre visant à une meilleure gestion des milieux aquatiques pour l'ensemble des pays membres de l'Union Européenne. Elle fixe comme objectif général l'atteinte d'un bon état écologique et chimique des masses d'eau souterraine et de surface, incluant les masses d'eaux côtières (MEC) et les masses d'eaux de transition (MET).

Pour évaluer l'état écologique d'une masse d'eau, la DCE utilise des éléments de qualité biologique : phytoplancton, macroalgues et angiospermes, faune macro-invertébrée benthique et poissons (ce dernier élément n'est considéré que dans les MET) couplés à des éléments physico-chimiques (contaminants, nutriments, salinité, oxygène ...).

Pour chaque élément de qualité, les experts déterminent :

- Les paramètres pertinents à mesurer sur les populations ou les peuplements concernés (métriques) ;
- La meilleure combinaison des résultats de ces métriques qui permettent de refléter la qualité du milieu (calcul d'indices et d'indicateurs) ;
- Les valeurs des bornes entre les différents états écologiques (très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais état) par rapport aux conditions de référence.

L'**élément de qualité « angiospermes »**, qui signifie plantes à fleurs, se base sur l'analyse des herbiers de zostères pour la Manche et l'Atlantique et les herbiers de posidonies pour la Méditerranée.

C'est dans ce contexte qu'a été initié un suivi pour la veille de l'état écologique des herbiers intertidaux de la zostère naine *Zostera noltei* sur les côtes françaises. Sur le littoral du Sud-Vendée et de Charente-Maritime, plusieurs stations de surveillance DCE ont été positionnées et échantillonnées progressivement depuis 2007. Au sein du périmètre du PNMEGMP, on compte aujourd'hui 7 stations DCE dont les suivis sont planifiés annuellement jusqu'en 2027. Celles-ci sont réparties sur les bassins DCE (*sensu* Agence de l'eau) Bretagne-Loire et Adour-Garonne dans les masses d'eau suivantes :

- « *Pertuis Breton* » - FRGC53 ;
- « *Estuaire du Lay* » - FRGT30 ;
- « *Pertuis Charentais* » - FRFC02 ;
- « *Estuaire Gironde Aval* » - FRFT09.

Dans le cadre du projet CoEHCo, POS3IDON, bureau d'études et de recherche spécialisé en environnement littoral, et son partenaire Eurêka Mer, ont été sollicités par le PNMEGMP pour réaliser **l'évaluation de l'état écologique actuel des herbiers de *Zostera noltei* en suivant, au cours de deux campagnes, 9 stations complémentaires à celles de la DCE**. Ces stations sont réparties dans les masses d'eau : « *Pertuis Breton* » FRGC53, « *Pertuis Charentais* » FRFC02 et « *La Rochelle* » FRGC54. **Certaines sont soumises à des pressions anthropiques, telles que la pêche à pied, l'activité de mouillage ou l'activité conchylicole, et d'autres sont a priori peu ou pas soumises à ces pressions**. L'étude intègre la recherche d'une typologie d'herbier, d'après leur taux de recouvrement et la granulométrie du sédiment.

La Figure 1 présente l'ensemble des 7 stations intégrées au réseau du contrôle de surveillance DCE (appelées « Stations DCE » ci-après) dans le périmètre du Parc et les 9 stations de suivi complémentaires du projet CoEHCo (appelées « Stations CoEHCo » ci-après).

Le présent document constitue le rapport final du projet CoEHCo (2021-2023). Il rend compte des résultats issus des campagnes de prélèvements réalisées en été 2021 et 2022 sur les herbiers de zostère naine des stations CoEHCo et des stations DCE du Parc.

Remarque : Les résultats des stations de suivi DCE pour les années 2021 et 2022 inclus dans le présent document ont également fait l'objet de rapports spécifiques par l'opérateur du suivi : Adera – Cohabys adossée au LIENSs (CNRS, Université de La Rochelle). Ces rapports élaborés dans le cadre du contrôle de surveillance (Aubert et al. 2022, Aubert et al. 2023) sont, ou seront prochainement, disponibles sur le site des archives institutionnelles d'Ifremer (Archimer 1).

¹ <https://archimer.ifremer.fr/search>

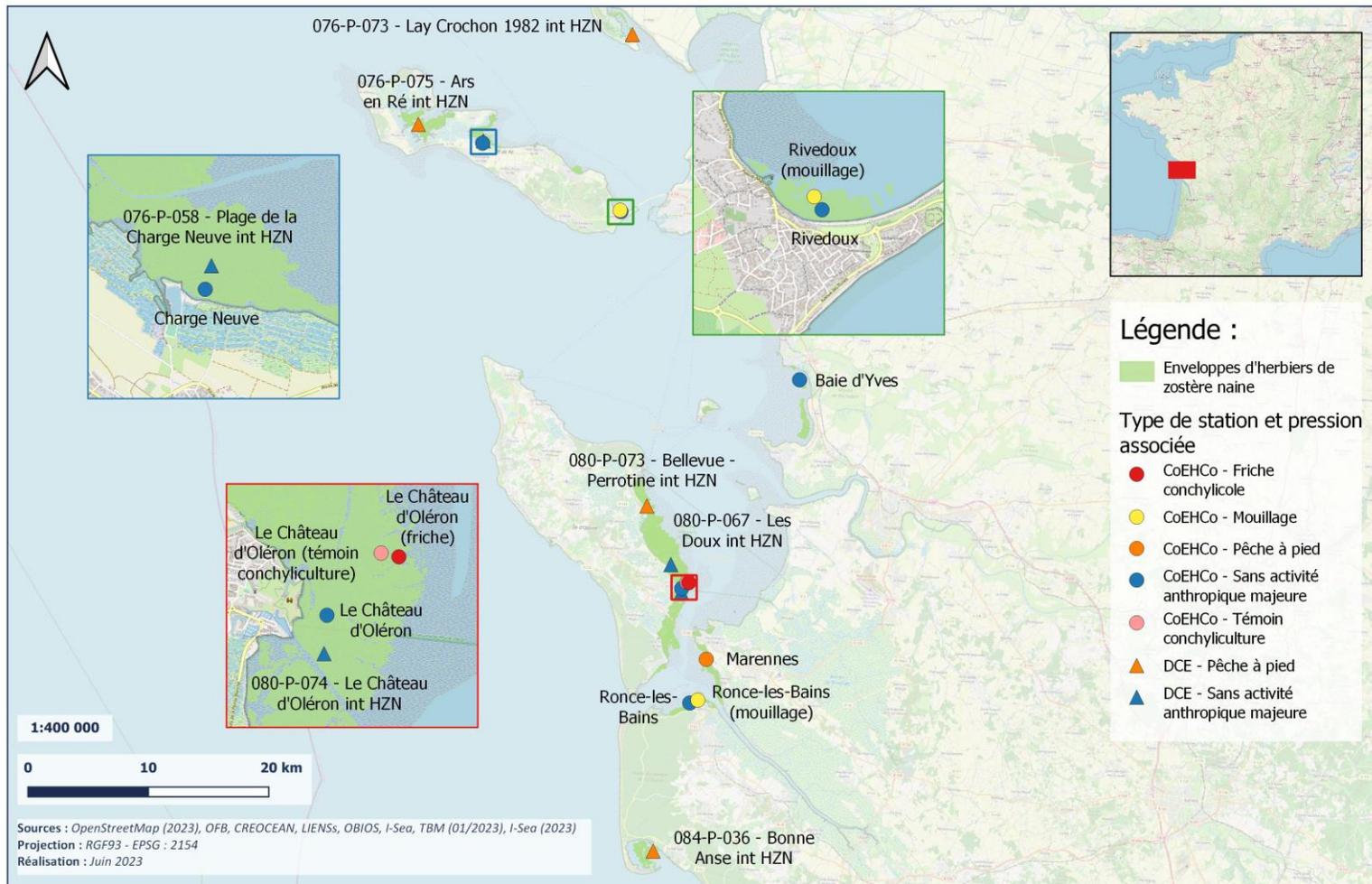
2 Objectifs

Afin d'évaluer et suivre l'état écologique des herbiers de zostère naine, dans un objectif de maintien du bon état et de la couverture de cet habitat dans le périmètre du PNMEGMP (finalité 22.3 du plan de gestion du PNMEGMP), le projet CoEHCo a cherché à déployer le protocole stationnel de suivi de la Directive Cadre sur l'Eau (Auby *et al.*, 2018), en réfléchissant aux ajustements nécessaires pour répondre à ces objectifs évaluatifs. De plus, le projet s'est intéressé à la caractérisation des herbiers soumis à des pressions anthropiques.

Deux méthodologies ont été déployées au cours des deux années de suivis (2021, 2022). D'une part, le protocole de suivi stationnel des herbiers de zostère naine de la DCE (Auby *et al.*, 2018) a été appliqué aux stations complémentaires à celle de la DCE afin d'évaluer la métrique « abondance » (basée sur l'évolution du taux de recouvrement de la zostère naine), nécessaire au calcul de l'indicateur d'état écologique. D'autre part, afin d'évaluer spécifiquement l'état des herbiers soumis à des pressions liées aux activités de mouillage et conchylicoles, deux protocoles ajustés dans le cadre du Projet CoEHCo ont été appliqués sur les stations concernées.

L'étude avait pour principaux objectifs :

- 1) De déterminer, évaluer et comparer l'état écologique des herbiers de zostère naine à l'échelle de secteurs définis dans le périmètre du Parc
- 2) D'explorer et lier la dynamique spatio-temporelle des herbiers aux variables explicatives considérées (granulométrie, matière organique, biomasses macro-algales, pressions anthropiques)
- 3) D'évaluer les effets de pressions liées aux activités de mouillage, de pêche à pied et de la présence de friches conchylicoles sur les paramètres mesurés relatifs aux herbiers de zostère naine, en comparant avec des herbiers de références (non soumis à ces pressions)
- 4) De définir une typologie d'herbier sur la base de variables suivies lors des campagnes (recouvrements, granulométrie)
- 5) De discuter de la pertinence des protocoles appliqués pour répondre aux besoins du le tableau de bord du Parc
- 6) D'évaluer et comparer les effets de mouillages classiques, innovants et supprimés sur les taux de recouvrements des herbiers de zostères naines, par la mise en œuvre d'un protocole exploratoire.



POSÉIDON
 Etudes et Recherche en Environnement Littoral



Figure 1 : Localisation des stations de suivi (DCE et CoEHCo) des herbiers intertidaux de la zostère naine sur le territoire du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis.

3 Matériel et Méthodes

3.1 Les stations de suivi DCE dans le PNMEGMP

Au sein du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis, sept stations sont concernées par des suivis stationnels des herbiers de zostère naine (*Zostera noltei*) dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (Figure 1).

Parmi ces stations DCE :

- ▶ **3 stations** sont soumises à des pressions liées aux activités de **pêche à pied (PAP)** de loisir ou professionnelle, sur les sites de, Ars en Ré, Bellevue-Perrotine, Le Château d'Oléron ;
- ▶ **2 autres stations** sont **suspectées comme soumises à la PAP** et ont été traitées comme tel (des traces de grattage déjà observées à proximité et présence de pêcheurs aux alentours, P-G Sauriau comm.pers.) : Le Lay et Bonne Anse.
- ▶ **2 stations** sont **sans activité anthropique majeure**, sur les sites de Charge Neuve et Les Doux.

Le protocole mis en œuvre est celui défini dans le cadre du contrôle de surveillance DCE des herbiers intertidaux décrit dans Auby *et al.* 2018.

Les campagnes d'échantillonnage 2021 et 2022 ont été réalisées par l'opérateur du suivi : Adera – Cellule Cohabys & LIENSs (CNRS La Rochelle Université). La méthodologie et les résultats de ces suivis sont présentés dans les rapports DCE suivants : Aubert *et al.* 2022a et b, Aubert *et al.* 2023a et b.

Dans le cadre de l'élaboration du présent rapport, les résultats de la surveillance 2021 et 2022 au niveau des sept stations DCE du parc ont été extraites de la base de données Quadrige², *via* le portail d'accès SURVAL de l'Ifremer. Ces données ont été compilées aux résultats acquis au cours des campagnes CoEHCo et intégrées à l'analyse globale des données à l'échelle du parc (section 5 « *Résultats et interprétations* »).

Le Tableau 2 résume du nord au sud les différentes stations DCE suivies dans le PNMEGMP et incluses dans les analyses du présent rapport.

Tableau 1 : Stations DCE situées dans le PNMEGMP et leurs dates de débuts des suivis dans le cadre de la surveillance des herbiers de Z. noltei.

Nom station – Type d'activité au niveau de la station	Code station	Date de début des suivis DCE
Lay Crochon 1982 int HZN - Pêche à pied (1)	076-P-073	2011
Ars en Ré int HZN - Pêche à pied (2)	076-P-075	2012
Plage de la Charge Neuve int HZN - Sans activité anthropique majeure	076-P-058	2006
Bellevue-Perrotine int HZN - Pêche à pied (3)	080-P-073	2012

Les Doux int HZN – Sans activité anthropique majeure	080-P-067	2007
Le Château d'Oléron int HZN - Pêche à pied (4)	080-P-074	2012
Bonne Anse- int HZN Pêche à pied (5)	084-P-036	2019

Remarques :

- (1) La pression de pêche n'est pas majeure mais non nulle puisque des pêcheurs à pied ont été aperçus à proximité immédiate de la station lors des suivis (ex. Aubert et al., 2021. com. pers P.-G. Sauriau)
- (2) Station localisée sur un gisement classé pour la pêche à pied professionnelle autorisée du 1/09 au 31/03 (CDPMEM 17)
- (3) Station localisée sur un gisement classé pour la pêche à pied professionnelle autorisée du 1/04 au 30/06 (CDPMEM 17)
- (4) Station localisée sur un gisement classé pour la pêche professionnelle, non autorisée actuellement (CDPEM 17). Le site est néanmoins fortement soumis à la pêche à pied de loisirs (ex. Aubert et al., 2022)
- (5) Il faut préciser que la pression de pêche à pied n'est pas nulle puisque des pêcheurs à pied ont été aperçus à proximité immédiate de la station. De plus, le risque de pêche sur herbier est fort puisque le site est connu pour la palourde (ex. Aubert et al., 2021b, com. pers P.-G. Sauriau).

3.2 Les campagnes d'échantillonnage CoEHCo dans le PNMEGMP

Au cours du projet CoEHCo, le suivi stationnel des herbiers de zostère naine a été réalisé au niveau de 10 stations CoEHCo présentées sur la Figure 1. Celles-ci sont réparties sur les côtes du PNMEGMP et sont soumises ou non à différentes pressions anthropiques :

- ▶ **2 stations** soumises au **mouillage de plaisance** sur les sites de Rivedoux (mouillage sauvage) et Ronce-les-bains (zone de mouillages groupés réglementée). La zone de Ronce-les-bains est occupée par des mouillages classiques (avec lignes de type chaîne), des mouillages innovants (installés dans le cadre du projet PLAIZPARC²), et des mouillages récemment supprimés ;
- ▶ **1 station** soumise aux activités de **pêche à pied** sur le site de Marennes ;
- ▶ **1 station** au sein de **de friches conchyloles** sur le site du Château d'Oléron ;
- ▶ **5 stations sans activité anthropique majeure**, sur les sites de Charge Neuve, Rivedoux, Baie d'Yves, le Château d'Oléron et Ronce-les-bains

Le protocole mis en œuvre au niveau des stations « sans activité anthropique majeure » et celle soumise à activité de « pêche à pied » suit la méthodologie élaborée dans le cadre de la DCE, décrite par Auby *et al.* (2018). Pour les stations en zone de "mouillage" et de "friches conchyloles", deux

² Le projet PLAIZPARC (2021-2023) vise à répondre à l'objectif de réduction de la pression des mouillages des navires de plaisance sur les herbiers de zostères, via notamment un appui au développement de mouillages innovants permettant de limiter l'impact sur les herbiers en zone intertidale. <https://plan-gestion.parc-marin-gironde-pertuis.fr/action/170>

protocoles adaptés à l'évaluation des herbiers dans ces contextes particuliers ont été développés et appliqués à l'occasion de ces campagnes.

Les campagnes d'échantillonnage ont eu lieu aux mois d'août 2021 et septembre 2022, période correspondant aux maxima de biomasse des herbiers et recommandée par le protocole d'Auby *et al.* (2018). Elles ont été réalisées sous la supervision de POS3IDON et ont mobilisé les opérateurs ou accompagnateurs des organismes suivants : POS3IDON (Pauline Bazin, Martin Ubertini, Nicolas Mérout), Eurêka Mer (Laure Robigo, Ismaël Bernard), GEMEL-Normandie (Elodie Ollivier), OFB – PNMEGMP (Adélaïde Aschenbroich, Solène Mora, Brice Beauvarlet), Réserve Naturelle Nationale de Moëze Oléron (Stéphane Guenneteau).

Des rapports de mission des deux campagnes CoEHCo (POS3IDON 2021, 2022) résument l'ensemble des opérations et les plans d'échantillonnages déployés pour chaque station.

Le Tableau 2 présente, du nord au sud, les différentes stations suivies et les protocoles déployés. Ces derniers sont décrits dans les sections 3.3 à 3.5 suivantes.

Tableau 2 : Stations et dates de suivi des herbiers de zostère naine échantillonnées au sein du PNMEGMP dans le cadre du projet CoEHCo

Nom station - Pression	Campagne d'échantillonnage	Protocole déployé
Charge Neuve – Mouillage (1)	2021	Mouillage (v1)
Rivedoux - Mouillage	2021	Mouillage (v1)
Rivedoux – Sans activité anthropique majeure	2021, 2022	DCE
Baie d'Yves – Sans activité anthropique majeure (2)	2021, 2022	DCE
Le Château d'Oléron – Friches conchyloles	2021, 2022	Friches ostréicoles
Le Château d'Oléron – Témoin conchyliculture	2021, 2022	DCE
Le Château d'Oléron – Sans activité anthropique majeure (3)	2021, 2022	DCE
Marennes – Pêche à pied (4)	2021, 2022	DCE
Ronce-les-bains – Sans activité anthropique majeure (5)	2021, 2022	DCE
Ronce-les-bains – Mouillages classiques	2021, 2022	Mouillage (v1) et (v2)
Ronce-les-bains – Mouillages innovants 6)	2022	Mouillage (v2)
Ronce-les-bains – Mouillages supprimés	2022	Mouillage (v2)

Remarques :

- (1) Cette station avait été initialement identifiée comme station « mouillage » mais *a posteriori* requalifiée en « sans activité anthropique majeure » (cf. résultats).
- (2) La station Baie d'Yves avait fait l'objet d'une campagne d'échantillonnage en 2020 par les agents du Parc et de la LPO. Les données obtenues ont été incluses dans la planche résultat de cette station (en Annexe 1) mais ne sont pas incluses aux analyses présentées dans le corps de ce rapport, qui traite des données issues des campagnes de 2021 et 2022.
- (3) Cette station est considérée comme témoin de la station château d'Oléron DCE soumise à la PAP. Les deux stations sont éloignées de 300m l'une de l'autre.
- (4) Cette station se situe dans un gisement classé pour la pêche à pied professionnelle. Elle est très fréquentée par la pêche de loisir, surtout en été (CDPMEM 17).
- (5) Cette station est située à proximité de l'ancien gisement classé de Ronce Perquis, qui est déclassé depuis fin 2022 du fait d'une qualité sanitaire médiocre. Cette zone n'est pas exploitée par les professionnels (CDPMEM 17), mais des pêcheurs de loisirs ont été observés à proximité des stations de suivi (campagnes 2021, 2022).
- (6) La station Rivedoux – Mouillage n'a pas été suivie en 2022 afin de reporter l'effort d'échantillonnage sur le site de mouillages de Ronce-les-bains dans l'optique d'étudier l'effet de mouillages innovants et supprimés sur les taux de recouvrement des herbiers.

3.3 Protocole DCE appliqué aux stations « sans activité anthropique majeure » et « pêche à pied » (Auby *et al.*, 2018)

Pour les stations CoEHCo « sans activités anthropiques majeures » et « pêche à pied », le protocole mis en œuvre est celui défini dans le cadre du réseau de surveillance de la DCE, décrit dans Auby *et al.* 2018 et repris ci-dessous.

3.3.1 Définition d'une station

Une station correspond à une grille de 30 points espacés classiquement de 20 m, formant 6 colonnes et 5 lignes (Figure 2). Chaque point correspond à *minima* à une mesure du taux de recouvrement des zostères et un relevé des macroalgues (si présentes) au sein de quadrats.

L'emplacement de la grille est choisi dans un secteur homogène et représentatif de l'herbier considéré. La forme et l'orientation de la grille de points peuvent être adaptées à la forme de l'herbier, notamment lorsque celui-ci est morcelé, de petite taille et/ou qu'il se déplace suite à des modifications morpho-bathymétriques. Toutefois, il faut conserver dans la mesure du possible un nombre de points égal à 30, en resserrant les mailles si nécessaire (jusqu'à 5 m de côté). Si un point de la grille préparée en amont se trouve positionné dans un chenal intertidal qui n'est pas propice au développement des zostères, il ne sera pas pris en compte dans la mesure du recouvrement.

Dans le cadre de la présente étude, les grilles de prélèvements ont été pré-localisées en amont de la sortie terrain pour l'ensemble des sites. Chaque point GPS a ensuite été validé ou repositionné *in situ*. Les positionnements de ces grilles sont présentés pour chaque station CoEHCo dans les planches résultats présentées en Annexe 1, ainsi que dans les rapports de mission des campagnes (POS3IDON 2021,2022).

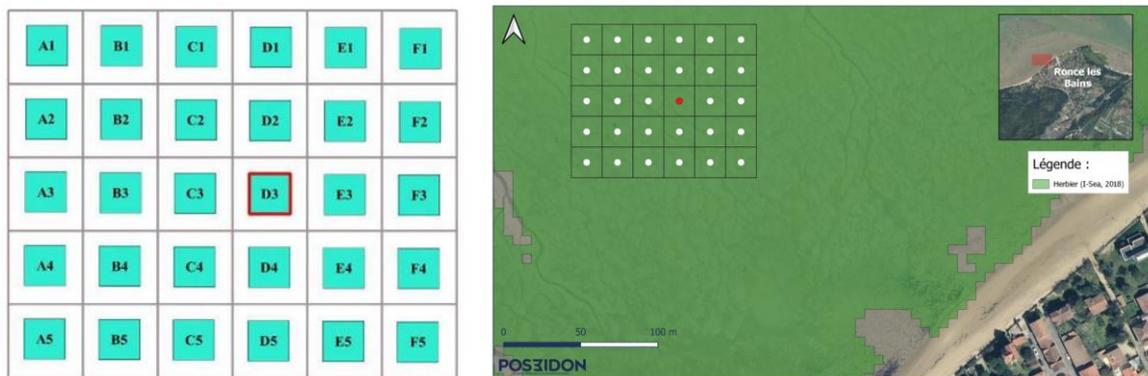


Figure 2: Grille d'échantillonnage (à gauche, Auby *et al.* 2018) et son positionnement sur un herbier de *Zostera noltei* (à droite, © POS3IDON). Le point D3 (en rouge), approximativement "central", géolocalise la station.

3.3.2 Recouvrements de la zostère naine

Le recouvrement foliaire de la zostère naine sur l'ensemble des stations étudiées a été échantillonné selon la méthodologie suivante (Tableau 3).

Tableau 3 : Résumé du protocole de mesure du taux de recouvrement par la zostère naine au niveau des points de suivi.

Méthode	Recouvrements de <i>Zostera noltei</i>	
Mode d'acquisition des données	<p>Recouvrement estimé visuellement dans chaque quadrat, selon 6 classes (0, 1-25, 26-50, 51-75, 76-99 et 100%) avec affectation d'une valeur médiane (correspondance au Tableau 4)</p> <p>La détermination de ces taux peut s'appuyer sur la fiche d'aide à l'évaluation des recouvrements élaborée par l'Ifremer (Spiteri <i>et al.</i> 2022) (voir Annexe)</p> <p>Une photographie verticale du quadrat est également effectuée, avant et après prélèvement des macroalgues (<i>ci-contre</i>, supports de prise de vue)</p>	<p>Prise de photo d'un quadrat en plein cadre, à la verticale, sur support*</p>  <p>© GEMEL Normandie</p>
Engin d'échantillonnage	Quadrats de 0,5 m de côté	
Dimension échantillon	0,25 m ²	
Nombre d'échantillons	30 (un quadrat à chaque point de la grille)	
Analyse	<p>Au laboratoire, analyse des images (clichés sans algues) avec le logiciel ImageJ** pour la validation des taux de recouvrement estimés <i>in situ</i> (Figure 3).</p> <p>Le taux de recouvrement des zostères sur une station est estimé en calculant la moyenne du recouvrement des 30 quadrats (au maximum)</p>	 <p>©Aubert 2018 / Adera-Cohabys</p>

*Des précisions sont fournies dans le rapport d'Auby *et al.*, 2018 quant au matériel utilisé et la conception des supports pour les prises de vues des quadrats. Les photos de chaque quadrat doivent être réalisées en plein cadre, et en s'assurant de l'homogénéité de la lumière (pour l'estimation des taux de recouvrement de zostères). Ainsi, la prise d'une photo doit être réalisée : à la verticale, en plein cadre, sur pied en prenant garde à ce que l'ombre soit répartie sur toute la photo (parasol ou opérateur), en évitant les secteurs avec des flaques d'eau, et associée à une étiquette permettant d'identifier le quadrat.

** Un mode d'utilisation du logiciel ImageJ pour l'estimation automatique des recouvrements de zostère est fourni en Annexe 1 dans Auby *et al.*, 2018. Pour information : le traitement des photographies par ImageJ affecte des valeurs de recouvrement absolues permettant de confirmer les classes évaluées visuellement sur le terrain.

Tableau 4 : Classes de recouvrement des zostères et médianes correspondantes. NB : le « 0 » est un vrai 0 % correspondant à l'absence de zostère tandis que le « 1 » correspond à un vrai 100%, soit un recouvrement total de la surface du quadrat par les zostères.

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



Figure 3 : Cliché d'un quadrat à la verticale en plein cadre après prélèvement des macroalgues (à gauche) et traitement avec ImageJ de la partie intérieure du quadrat (à droite). Source : Lejollivet *et al.* 2019, FRGT03-Le Trieux.

3.3.3 Prélèvements et analyses des macroalgues

Lorsqu'elles étaient présentes dans les quadrats, les **macroalgues** ont été échantillonnées selon le protocole suivant (Tableau 5).

Tableau 5 : Résumé du protocole d'échantillonnage et analyse des macroalgues au niveau des points de suivi.

Méthode	Biomasse des macroalgues
Mode d'acquisition des données	Collecte des macroalgues avec séparation des catégories vertes (Chlorophyta) - rouges (Rhodophyta) et brunes (Ochrophyta).
Engin d'échantillonnage	Ramassage manuel dans un quadrat de 0,5 m de côté
Dimension échantillon	0,25 m ²
Nombre d'échantillons	Variable : entre 0 et 90 (selon présence/absence des algues)
Conservation	Congélation (-20°C)
Analyse (Figure 4)	Biomasse sèche par catégorie d'algues (vertes, rouges, brunes) : Lavage, séchage à l'étuve au moins 48h à 60°C, puis pesée à 0,1g Résultat = Poids sec (PS)



Figure 4: Séchage à l'étuve (60°C) et pesée (à 0,1 g) des macroalgues en laboratoire. © POS3IDON

3.3.4 Prélèvements et analyses du sédiment

Les sédiments ont été échantillonnés afin de réaliser des **analyses granulométriques** et estimer les **teneurs en matière organique** au niveau de 3 et 9 points de la grille respectivement, choisis aléatoirement selon les protocoles suivants (Tableau 6 et

Tableau 7).

Tableau 6 : Résumé du protocole d'échantillonnage des sédiments en vue d'une analyse granulométrique au niveau des points de suivi.

Méthode	Granulométrie
Engin d'échantillonnage	Carottier PVC (9 cm de diamètre).
Dimension échantillon	9 cm de diamètre, -5 cm de profondeur
Nombre d'échantillons	3 échantillons prélevés au hasard dans l'emprise de la station puis regroupés et mélangés avant analyse.
Conservation	Congélation (-20°C)
Analyse*	Analyse pondérale au laboratoire (Garcia <i>et al.</i> 2014) : Séchage 48 h en étuve à 60°C – Pesée de 100 g sédiment sec à 0,01 g – Passage humide sur tamis de maille 63 µm – Séchage 48 h en étuve à 60°C – Passage à sec sur série de tamis AFNOR (de 4 mm à 63µm) – Pesée de chaque fraction à 0,01 g – Paramètres de distribution obtenus par la procédure GRADISTAT (Blott et Pye, 2001)

Tableau 7 : Résumé du protocole d'échantillonnage des sédiments en vue d'une analyse de la teneur en matière organique au niveau des points de suivi.

Méthode	Teneur en matière organique
Engin d'échantillonnage	Seringue carottier (3 cm de diamètre)
Dimension échantillon	3 cm de diamètre, -5 cm de profondeur
Nombre d'échantillons	9 échantillons prélevés au hasard dans l'emprise de la station
Conservation	Congélation (-20°C)
Analyse*	Analyse par méthode de la Perte au feu (4h-450°C) après dessiccation (détails dans Auby <i>et al.</i> 2018 et Garcia <i>et al.</i> 2014) Résultat = Poids sec (PS) et Poids sec libre de cendre (PSCL)

*Dans le cadre de la campagne CoEHCo, les analyses de granulométrie et de la matière organique des sédiments ont été réalisées par le laboratoire GEMEL Normandie.

Des photographies illustrant le matériel utilisé sur le terrain et les opérations mises en œuvre sont présentées en Figure 5.

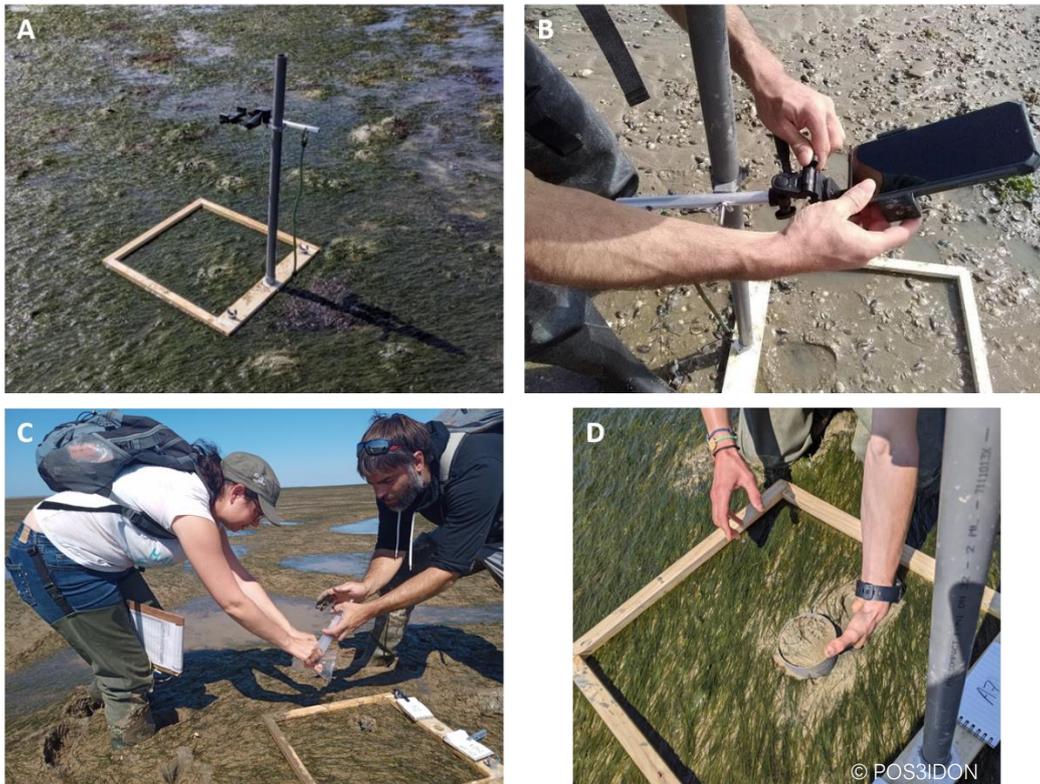


Figure 5 : Illustration du matériel utilisé et des opérations mises en œuvre sur le terrain : quadrat (A), dispositif support pour prise de clichés standardisée (B), carottier pour le prélèvement des sédiments pour l'analyse de la matière organique (C) et de la granulométrie (D) © POS3IDON

3.3.5 Acquisition des données sur le terrain (prises de notes)

Pour chaque point de mesure, les informations contextuelles (station, n° du quadrat, présence de flaques, bosses, traces, etc.) ainsi que les paramètres ou échantillons considérés (recouvrement, présence de macroalgues, granulométrie, matière organique, etc.) ont été consignés en version papier sur des fiches terrain déperlantes. Les scans de ces fiches terrains sont disponibles dans les rapports de mission (POS3IDON 2021, 2022). L'acquisition des données a été également faite informatiquement, directement sur le terrain, via l'**application QField** installée sur les smartphones étanches de terrain.

QField (<https://qfield.org/>) est une application Android développée par OPENGIS.ch sous licence GPL (GNU Public License). Basé sur QGIS, QField permet de travailler avec des données SIG directement sur le terrain, et notamment d'éditer des couches établies préalablement sur QGIS. Ces couches peuvent être intégralement créées par l'utilisateur afin de renseigner les informations nécessaires à l'étude menée (Figure 6). Ces informations peuvent être saisies par l'utilisateur, directement sur le terrain via QField sous la forme de liste déroulante de valeurs pré-remplies, de champs libres pour l'édition d'un texte, de champs photos, etc. (Figure 7). Une fois éditées sur le terrain, les couches peuvent être par la suite rapatriées dans QGIS afin d'être traitées comme des couches SIG "classiques".

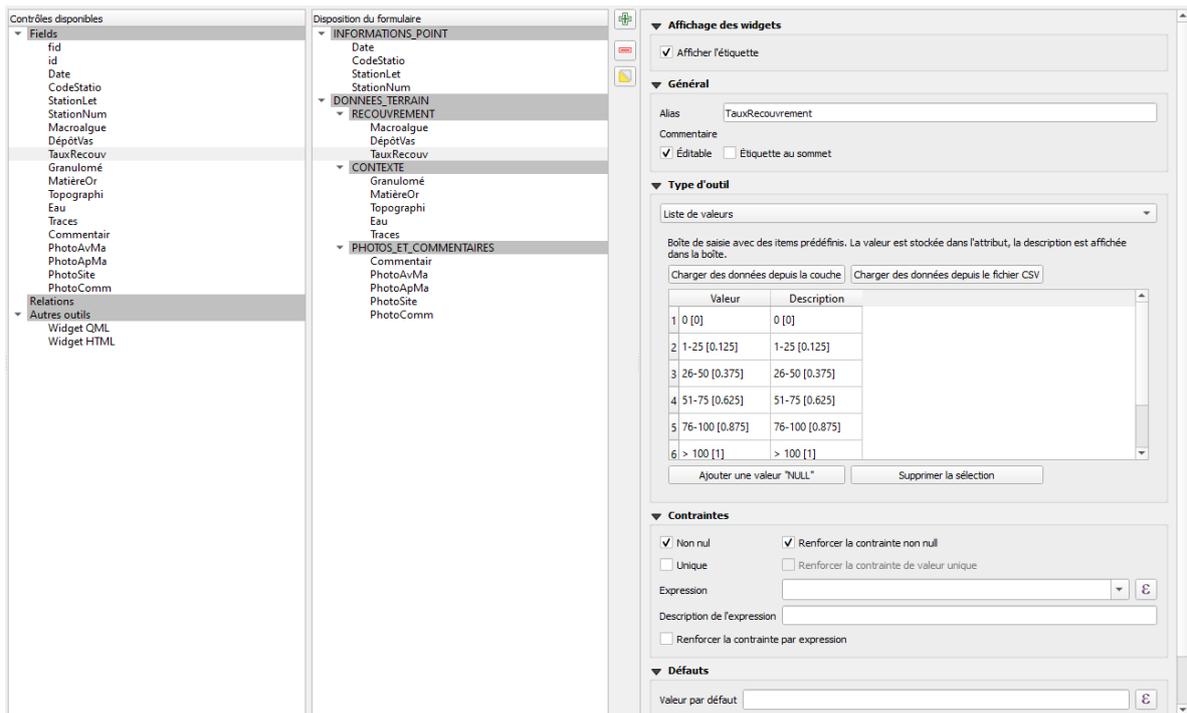


Figure 6 : Capture d'écran de la création d'une couche de saisie de données terrain via QField pour le suivi des herbiers dans le PNMEGMP.

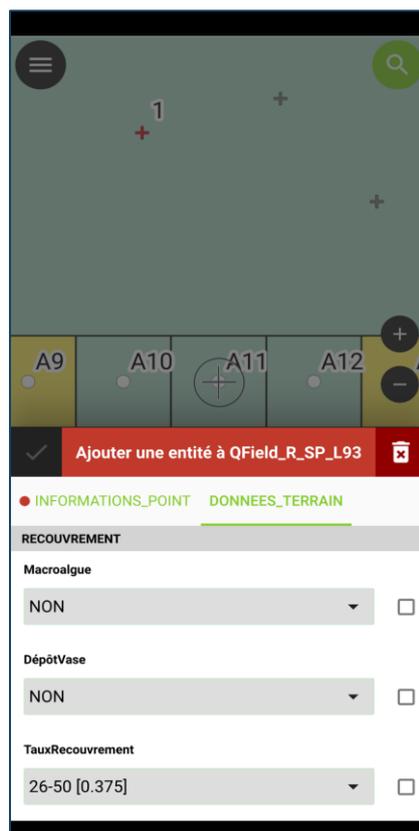


Figure 7 : Capture d'écran de l'édition d'une couche SIG via QField sur smartphone pour le suivi des herbiers en 2021 dans le PNMEGMP.

3.3.6 Bancarisation des données

Après chaque retour terrain, les fiches de renseignement stationnelles ont été vérifiées et scannées, puis les données QField extraites et archivées avant analyses ultérieures. L'ensemble des photos (des sites et des quadrats) a été renommé selon les recommandations faites dans le protocole DCE (Auby *et al.*, 2018).

Les données associées aux campagnes d'échantillonnage CoEHCo 2021 et 2022 sont en cours d'intégration dans la base de données Quadrigé², au niveau du

- Programme : « AAMP_BENTHOS_Herbiers »
- Et de la Stratégie : « PNMEGMP_Benthos_Herbiers de *Zostera noltei* - Suivis stationnels »

La saisie des métadonnées & données herbier de *Zostera noltei* dans la base de données Quadrigé² suit les consignes de saisie décrites dans Buchet *et al.*, 2020.

3.3.7 Calcul de l'indicateur "Angiospermes" (échelle des masses d'eau)

L'indicateur français « Angiospermes » participant à l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau repose sur trois métriques (Auby *et al.*, 2010) :

- 1) la composition taxinomique
- 2) l'extension spatiale de l'herbier
- 3) l'abondance

Pour chacune de ces trois métriques, le calcul d'un Ratio de Qualité Ecologique (RQE), ou Ecological Quality Ratio (EQR) en anglais, rapporte la valeur observée de la métrique à une valeur de référence. La moyenne des trois EQR donne ensuite l'état de la masse d'eau d'après l'élément de qualité « angiosperme ».

Les valeurs de référence de chacune des métriques doivent être déterminées pour chaque station, sur la base de données historiques quand elles existent, ou à dire d'experts dans le cas contraire. Ces conditions de référence correspondent *a priori* à la plus haute valeur de la métrique au cours de la période historique pendant laquelle on dispose d'informations sur ces métriques. Auby *et al.* (2018) précisent que « L'état de « référence », correspondant au meilleur état connu des herbiers pour l'une ou l'autre des métriques prises en compte, peut avoir été observé avant la mise en œuvre de la DCE ou être survenu depuis le début du suivi (2007 en général). Dans ce second cas, les anciens classements ne seront pas modifiés mais on évaluera les classements suivants en utilisant comme état de référence cette valeur de la (ou des) métrique(s) ». **NB : Dans le cadre du réseau de surveillance national DCE, l'état de référence est déterminé et validé par les experts DCE référents pour les herbiers.**

La correspondance en EQR de chaque métrique, selon les modifications de l'herbier observées ou mesurées, est présentée ci-dessous :

- **Pour la métrique « composition taxinomique »**, le calcul d'EQR est réalisé selon la grille de correspondance présentée dans le tableau suivant (Tableau 8).

Tableau 8 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'EQR pour la métrique « composition taxinomique » (Auby et al., 2018).

Perturbation	Changement de la composition taxinomique par rapport aux conditions de référence	Ratio de Qualité Ecologique (EQR)
Amélioration ou pas de modification visible	Espèces apparues ou aucune espèce disparue	1
Altérations modérées	Disparition de <i>Zostera marina</i>	0,7
Altérations majeures	Disparition de <i>Zostera noltei</i>	0,5
Altérations sévères	Perte des deux espèces	0

Cette métrique s'appuie sur l'évolution interannuelle du nombre d'espèces de zostères observées à l'échelle de la masse d'eau. Les deux espèces *Zostera noltei* et *Zostera marina* sont prises en compte. Il est nécessaire d'accéder à des données historiques sur les herbiers en se basant sur les bases de données ou en faisant des enquêtes auprès des scientifiques, pêcheurs ou ostréiculteurs si les informations ne sont pas disponibles (Auby et al., 2010).

- **Pour la métrique « extension »**, le calcul de l'EQR est réalisé selon la grille de correspondance présentée dans le Tableau 9 :

Tableau 9 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'EQR pour la métrique « extension » (Auby et al., 2018).

Perturbation	Modification de l'extension par rapport aux conditions de référence	Valeur de l'EQR extension
Amélioration ou pas de modification visible	0% de perte	1
	1% de perte	0,98
	2% de perte	0,96

	10% de perte	0,8
Faibles signes de perturbation	11% de perte	0,78
	12% de perte	0,76
	13% de perte	0,74

	17% de perte	0,66
Altérations modérées	18% de perte	0,64
	22% de perte	0,58

	30% de perte	0,5
Altérations majeures	31% de perte	0,49
	32% de perte	0,48

	50% de perte	0,3
Altérations sévères	51% de perte	0,295
	52% de perte	0,29

	100% de perte	0

Cette métrique s'appuie sur l'évolution de la (ou les) surface(s) occupée(s) par l'espèce (ou les espèces) de zostères à l'échelle des masses d'eau. Ces données sont relevées au minimum à une fréquence d'une fois tous les 6 ans, à l'occasion des campagnes de suivi surfacique dans le cadre de la DCE. Des initiatives et études locales peuvent donner accès à des données surfaciques plus fréquentes. En théorie, l'EQR est calculé par rapport à la plus grande extension connue dans une masse d'eau. Les calculs sont réalisés pour chaque espèce, puis moyennés.

- **Pour la métrique « abondance »**, le calcul de l'EQR est réalisé selon la grille de correspondance suivante (Tableau 10).

Tableau 10 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de EQR pour la métrique « abondance » (Auby et al., 2018).

Perturbation	Modification de l'abondance par rapport aux conditions de référence	Valeur de l'EQR abondance
Amélioration ou pas de modification visible	0% de perte	1
	1% de perte	0,98
	2% de perte	0,96

	10% de perte	0,8
Faibles signes de perturbation	11% de perte	0,78
	12% de perte	0,76
	13% de perte	0,74

	17% de perte	0,66
Altérations modérées	18% de perte	0,64
	22% de perte	0,58

Altérations majeures	30% de perte	0,5
	31% de perte	0,49
	32% de perte	0,48

Altérations sévères	50% de perte	0,3
	51% de perte	0,295
	52% de perte	0,29

	100% de perte	0

Cette métrique s'appuie sur l'évolution des mesures de l'abondance des zostères, qui correspondent à la densité des pieds pour *Zostera marina*, et/ou au pourcentage de recouvrement des feuilles pour *Zostera noltei*. Ces données sont relevées à une fréquence annuelle au niveau de chaque station des masses d'eau suivies par la DCE.

Les EQR sont calculés pour chaque station de la masse d'eau, puis moyennés pour *Zostera noltei* d'une part et pour *Zostera marina* d'autre part. L'EQR « abondance » final, à l'échelle de la masse d'eau, correspond à la moyenne des EQR obtenus pour les deux espèces.

Les EQR sont calculés pour chacune des stations d'une masse d'eau, puis moyennés à l'échelle de la masse d'eau. L'EQR final correspond à la moyenne des EQR obtenus pour les deux espèces (Tableau 11).

Tableau 11: Exemple de calcul de l'EQR « abondance » dans la masse d'eau Arcachon amont (Auby et al., 2018)

<i>Zostera marina</i>		<i>Zostera noltei</i>			
Station (s)	EQR ZM	Station (s)	EQR	EQR ZN	EQR masse d'eau
Courbey_sub_ZM	A	Afrique int HZN	B	E = (B+C+D) / 3	F = (A+E) / 2
		Estey Tort int HZN	C		
		Hautebelle int HZN	D		

L'indicateur « angiospermes » est ensuite calculé en moyennant les EQR obtenus pour les trois métriques calculées à l'échelle de la masse d'eau - composition taxinomique, extension et abondance (Auby et al., 2018).

$$\text{Indicateur Angiospermes} = \frac{\text{Abondance} + \text{Extension} + \text{Composition taxinomique}}{3}$$

Le statut écologique de la masse d'eau est ensuite obtenu en confrontant sa valeur aux seuils rapportés dans le Tableau 12.

Tableau 12 : Grille pour l'indicateur « angiospermes » (Auby et al., 2018).

EQR "Angiosperme" i.e. EQR final	Statut écologique
0,8-1,0	Très bon état
0,65-0,79	Bon état
0,40-0,64	Etat moyen
0,20-0,39	Etat médiocre
0,0-0,19	Mauvais état

3.4 Protocole de suivi adapté aux zones de mouillage

3.4.1 Protocole de suivi des herbiers de *Zostera noltei* soumis à une pression de ragage liée à l'activité de mouillage - Campagne CoEHCo 2021

Une adaptation du protocole DCE a été proposée lors de la campagne CoEHCo de 2021, afin de d'évaluer l'état de l'herbier à *Zostera noltei* soumis à une activité de mouillage. Plus précisément cette étude vise à évaluer l'état des herbiers soumis aux frottements de la chaine et du bateau, et aux piétinement et tassement potentiels aux abords des bateaux (accès et entretien du navire, coup de rame d'annexe, ...)

Ce protocole a été mis en œuvre au cours de la campagne 2021, sur les lieux de Rivedoux et Ronces-les-bains, au niveau de 2 stations situées en zones de mouillage et leurs stations témoins (sans activité anthropique majeure) localisées à proximité³.

La démarche et la méthodologie mise en œuvre dans le cadre de ce travail est la suivante :

<i>Protocole de suivi des herbiers de Zostera noltei soumis à une pression de ragage liée à l'activité de mouillage (projet CoEHCo)</i>	
Objectifs :	Evaluer l'état écologique de l'herbier à <i>Zostera noltei</i> soumis à une pression liée à l'activité de mouillage au niveau des sites de Rivedoux et Ronces-les-bains.
Contraintes :	Utiliser un protocole comparable avec celui de la DCE : incluant le même nombre d'échantillons (quadrats), les mêmes paramètres mesurés (taux de recouvrement, biomasses macroalgales, analyse des sédiments), les métriques de l'indicateur « Angiospermes » afin d'assurer la comparabilité des différentes stations à l'échelle du Parc.
Contexte :	<p>L'idée originelle du projet CoEHCo était d'utiliser le protocole de suivi stationnel DCE de référence (Auby <i>et al.</i>, 2018), qui peut s'adapter aux herbiers ayant une forme inadaptée à une grille DCE classique. Pour ce faire, un éclatement de la grille d'échantillonnage de 30 points en 5 sous-grilles de 6 points est prévu.</p> <p>Néanmoins, deux questions se sont affinées durant le projet :</p> <ol style="list-style-type: none">1) Quelles sont les échelles à prendre en compte pour considérer les pressions liées au mouillage ? En effet les pressions sur l'herbier semblent a priori différentes au niveau des :<ul style="list-style-type: none">• Zone raguée : la chaine frotte sur l'herbier,• Zone de dépôt : le bateau se pose sur l'herbier,• Zone éloignée : passage des annexes/bateaux.2) Est-il pertinent d'appliquer l'indicateur « Angiosperme » de la DCE pour étudier, à l'échelle locale, l'état d'un herbier soumis à une pression liée au mouillage ?

³ Initialement la station de Charge neuve avait été identifiée comme soumise à pression de mouillage, et le présent protocole y a été appliqué en répartissant les quadrats le long de lignes d'ancrage temporaires qui n'étaient en place que 24h. La re-analyse des photographies du site et la consultation des gestionnaires et usagers de la zone ont permis de conclure que ce site était à considérer comme « sans activité anthropique majeure ». Les données n'ont donc pas été utilisées pour décrire l'effet de la pression de mouillage.

L'indicateur DCE n'a pas été conçu pour évaluer l'état écologique d'un herbier soumis à une pression locale liée au mouillage. Pour rappel, cet indicateur a été élaboré pour comparer, dans le temps, des masses d'eau à l'échelle nationale, voire à l'échelle des façades littorales.

Théorie du plan d'échantillonnage (Figure 9)

Trois zones d'impact liées à l'activité de mouillage sont discriminées (Figure 8)

- Zone de ragage de la chaîne (en rouge, ci-contre)
- Zone d'impact du bateau (en vert)
- Zone éloignée (en bleu) qui est indirectement sous l'influence de l'activité de mouillage. Elle est soumise à des pressions en lien avec l'accès au bateau/mouillage (piétinement, coup de rame, manœuvre d'ancre, ...).

Ces trois zones seront comparées entre elles et à une grille témoin située hors zone impactée (Figure 9) (grille DCE définie par Auby *et al.*, 2018)

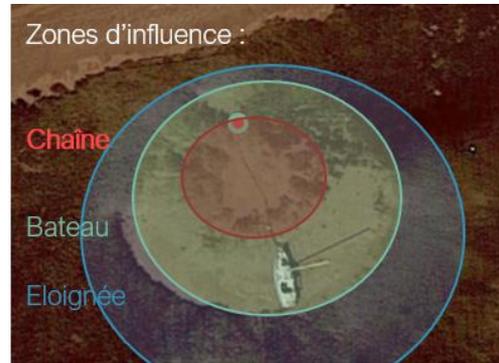


Figure 8 : Représentation d'une zone raguée au niveau d'un corps-mort

Au niveau d'une station soumise au mouillage, les 30 points du protocole DCE sont conservés et répartis sur 3 corps-morts en usage, dans les zones d'influence 1) de la chaîne, 2) du bateau et 3) éloignée. L'impact du mouillage est donc évalué par zone d'influence : on parlera par la suite de « strate ». Les strates peuvent être discriminées ou étudiées toutes en même temps. Il est ainsi possible d'estimer l'influence relative du ragage par la chaîne et/ou le bateau, et l'influence de l'accès à la zone de mouillage. La totalité des points donne une influence moyenne de la zone de mouillage, et peut être comparée à une grille classique constituant la station témoin.

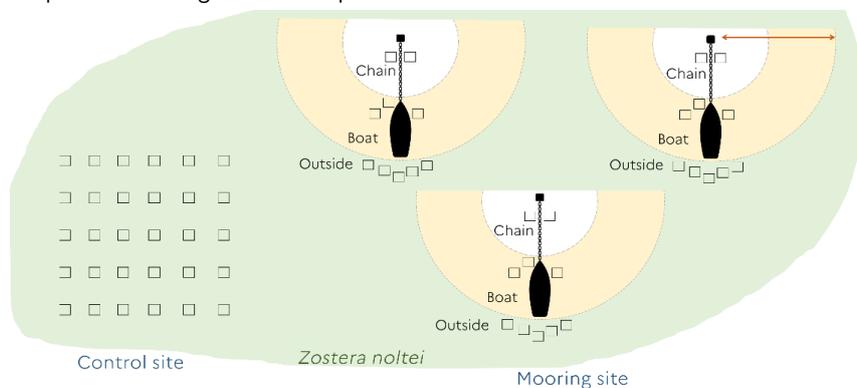


Figure 9 : Plan d'échantillonnage de suivi des herbiers de *Zostera noltei* soumis à une pression de ragage liée à l'activité de mouillage mise en place dans le cadre du projet CoEHCo (Source : Présentation ppt du comité technique tenu le 2 mai 2023).

Des échantillons de sédiment sont prélevés dans chaque strate (chaîne, bateau, éloignée) d'un seul des 3 corps-morts en usage pour l'analyse de la granulométrie (1 prélèvement par strate) et de la teneur en matière organique (3 prélèvements par strate). Le corps-mort échantillonné est choisi aléatoirement.

Intérêt du protocole pour répondre à la question posée :

La mise en œuvre du présent protocole, peut permettre d'accéder à un certain nombre d'informations :

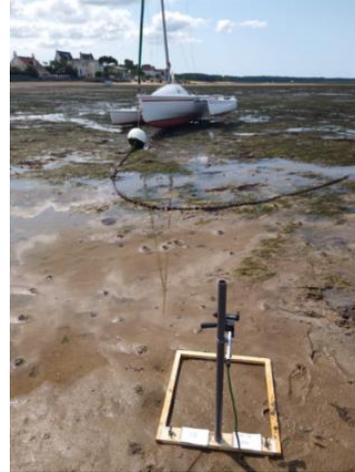
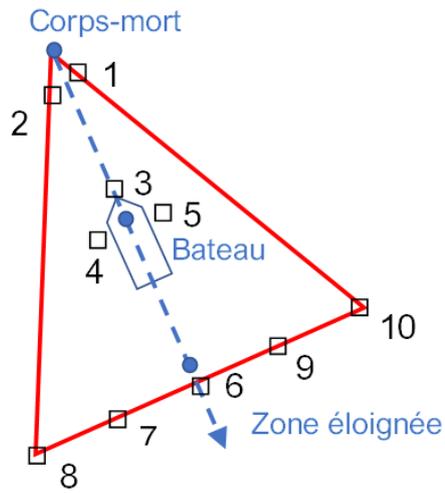
- **Caractériser l'herbier à l'échelle de la station (comme la DCE) :** Moyenne des 30 quadrats. Moyenne des 3 échantillons granulométriques (un par strate au niveau d'un corps mort en usage) et des 9 MO (3 par strate au niveau d'un corp mort en usage) ;
- **Caractériser l'influence directe/indirecte de l'activité de mouillage sur l'herbier :** Moyenne des 15 quadrats en zone d'influence directe (chaîne + bateau) / moyenne des 15 quadrats en zone d'influence indirecte (éloignée). Moyenne des 2 granulométries et 6 MO pour la zone d'influence directe, 1 granulométrie et 3 MO en zone d'influence indirecte ;
- **Caractériser l'herbier par strate*** : Moyenne des 2, 3 et 5 quadrats respectivement pour les strates chaîne, bateau et éloignée. 1 échantillon granulométrique et 3 MO par strate.
- **Vers une quantification des altérations :** les pourcentages de perte de taux de recouvrement et d'extension des herbiers peuvent être évalués sur la base des données collectées, en comparant une station impactée avec une station témoin. Afin d'estimer un niveau de perturbation de ces herbiers soumis au mouillage, ces pourcentages peuvent être traduits en EQR de façon exploratoire en se basant sur les grilles d'Auby *et al.* 2018. Néanmoins, il est rappelé que les seuils d'EQR définis dans le cadre de la DCE ont été développés dans l'optique de comparer des caractéristiques d'herbier entre une année n et une année de référence, au niveau d'une même station. Ici les comparaisons sont faites spatialement entre une station impactée et une station témoin.

**Remarque : Lorsque l'on utilise l'échantillonnage stratifié, on divise la population en groupes homogènes appelés strates qui sont mutuellement exclusifs, puis on sélectionne dans chaque strate des échantillons indépendants. La méthode d'échantillonnage peut être différente d'une strate à une autre (Ross, 2017). Le nombre de quadrats par strate a ainsi été pondéré par la taille relative de chaque strate.*

Mise en œuvre (Figure 10) :

- 1) 3 corps-morts sont choisis de façon aléatoire d'après une cartographie de la zone de mouillage. En cas de corps-mort manifestement non-utilisé, le plus proche mouillage est choisi en lieu et place du mouillage initial ;
- 2) Un prélèvement de sédiment pour l'analyse granulométrique et trois prélèvements pour l'analyse de la matière organique sont réalisés dans chaque strate d'un seul des corps-morts en usage, choisi aléatoirement.
- 3) L'opérateur se place derrière le corps-mort choisi, face à l'étrave du bateau. Les 2 premiers quadrats sont échantillonnés à proximité du corps-mort (Q1 et Q2), de part et d'autre de l'axe corps-mort/bateau.
- 4) L'opérateur se place de nouveau sur le corps-mort puis se dirige vers le bateau. 3 quadrats sont échantillonnés, 1 au niveau de l'étrave (Q3), et 2 de part et d'autre du bateau (Q4, Q5).
- 5) L'opérateur se place à l'arrière du bateau dans l'axe corps-mort/bateau et parcourt une distance approximativement égale à celle qu'il avait parcouru entre le corps mort et l'étrave du bateau. Un premier quadrat est prospecté à ses pieds (Q6), puis 2 quadrats de part et d'autre sont réalisés à 10 m (Q7 et Q9) et 20 m de distance (Q8 et Q10), sur une ligne orthogonale à l'axe corps-mort/bateau.

6) Une grille témoin est également explorée suivant le protocole d'Auby *et al.* 2018 (cf section 3.3).



□ : quadrat (recouvrement *Z.noltéi*, collecte des macroalgues).
Les numéros représentent l'ordre d'échantillonnage.

Quadrat positionné dans la strate « chaîne » d'un corps-mort étudié sur le site Rivedoux-mouillage.

Figure 10 : Illustration du plan d'échantillonnage pour le suivi stationnel des herbiers de *Zostera noltei* soumis à une pression liée à l'activité de mouillage. Exemple de positionnement des 10 quadrats à effectuer et à répartir par strate (chaîne, bateau, zone éloignée). Une station inclut l'étude de 3 corps-morts (3 x 10 points)

Références :

AUBY, Isabelle, OGER-JEANNERET, Helene, GOUILLIEUX, Benoît, GRALL, Jacques, JANSON, Anne-Laure, MAGUER, Marion, RIGOUIN, Loïc, ROLLET, Claire, SAURIAU, Pierre-Guy et TRUT, Gilles, 2018. Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). *Zostera marina - Zostera noltei*. Version 3 (<https://archimer.ifremer.fr/doc/00471/58250/>)

ROSS, S., M., Chapter 1 - Introduction to Statistics, *Introductory Statistics (Fourth Edition)*, Academic Press, 2017, Pages 1-15, ISBN 9780128043172, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804317-2.00001-1>.

3.4.2 Protocole exploratoire pour l'étude d'une zone de mouillage comportant des mouillages classiques, innovants et supprimés – Campagne CoEHCo 2022

En 2022, un autre protocole de suivi en zone de mouillages a été mis en œuvre, évoluant d'après le protocole appliqué en 2021, afin de répondre à de nouveaux objectifs du PNMEGMP en lien avec le déploiement test de mouillages innovants de moindre impact sur l'herbier (projet PLAIZPARC⁴)

Cette étude considère 3 groupes de mouillages : classiques, innovants et supprimés, situés dans la zone de mouillages et d'équipements légers (ZMEL) de Ronce-les-bains (Figure 11). Cette ZMEL est gérée selon un fonctionnement saisonnier. Les mouillages sont installés en amont de la saison, occupés et utilisés durant l'été, et retirés en octobre. Le matériel amené par tracteur sur la vasière, génère une pression de tassement sur l'herbier qui n'est pas considérée ici. En 2022, les lignes de mouillages classiques ont été positionnés au cours de la deuxième quinzaine de mars. Le 01 août, 9 mouillages ont été remplacés par des lignes de mouillages innovants et 2 ont pu être enlevés pour les besoins de l'étude.



Figure 11 : Vue générale des types de mouillages échantillonnés (de gauche à droite) : innovant, classique et supprimé, au sein de l'herbier de zostère naine présent dans l'emprise de la ZMEL de Ronce-les-Bains. © POS3IDON 2022.

La démarche et la méthodologie mises en œuvre dans le cadre de ce travail sont les suivantes :

⁴ <https://plan-gestion.parc-marin-gironde-pertuis.fr/action/170>

Protocole exploratoire : suivi de la zostère naine au niveau de la zone d'influence de mouillages classiques, innovants et supprimés (projets CoEHCo-Plaizparc)

Objectifs :

Evaluer l'état des herbiers de zostère naine au niveau des zones d'influence de mouillage classiques, de mouillages innovants et de mouillages ôtés.

Contraintes :

Utiliser un protocole comparable avec celui de la DCE, incluant les mêmes paramètres mesurés (taux de recouvrement, biomasses macroalgales, analyse des sédiments). L'effort d'échantillonnage était également contraint par le nombre et l'emplacement des mouillages innovants et supprimés, au sein de la zone de mouillage étudiée.

Contexte :

Au cours de la deuxième année du projet CoEHCo, de nouveaux questionnements ont émergé pour le PNMEGMP, en lien avec le projet PLAIZPARC (PLAIsance et Zostère dans le PARC) qui a notamment pour objectif de développer et tester des dispositifs de mouillages, dits « innovants », adaptés à la zone de balancement des marées et permettant de limiter les effets négatifs sur les herbiers de zostère naine. Dans ces dispositifs, la lourde chaîne en acier a été remplacée par une ligne en textile ultra résistante, moins abrasive.

La présente étude vise à évaluer et comparer l'état écologique de l'herbier (à travers les relevés de recouvrements) au niveau de la zone d'influence de mouillages innovants, classiques (dont les lignes sont constituées de chaîne) et au niveau de l'ancienne zone d'influence de mouillages supprimés. Cette approche devrait permettre d'évaluer et suivre la restauration de l'herbier en situation de réduction de la pression de ragage. Un travail exploratoire de qualification des altérations peut également être réalisé, en se basant sur la comparaison des taux de recouvrements et extensions d'herbiers entre une station impactée et sa station témoin. L'indice d'altération se base néanmoins, actuellement, sur des grilles de correspondances d'EQR d'Auby *et al.* 2018, élaborées dans le cadre de la DCE pour comparer les caractéristiques d'un herbier avec sa condition de référence historique.

La zone de mouillages groupés de Ronce-les-bains, déjà suivie en 2021, a été proposée comme site test. Lors de la saison 2022, plusieurs points de mouillages anciennement équipés par des lignes traditionnelles ont été remplacés par des lignes textiles, et d'autres ont été supprimés.

Théorie du plan d'échantillonnage

Trois situations sont considérées :

- 1) L'aire d'influence d'un **mouillage classique** (équipé d'une chaîne), soumise au ragage de la chaîne et du bateau
- 2) L'aire d'influence d'un **mouillage innovant** (équipé d'une ligne textile), avec réduction de la pression de ragage au niveau de la ligne
- 3) L'aire d'influence d'un **ancien mouillage classique retiré** (déséquipé), avec suppression du ragage lié à la chaîne et au bateau

Pour ces trois conditions, les zones d'influence (ou anciennes zones d'influence) des mouillages sont également discriminées : 1) zone de ragage de la chaîne/ligne, 2) zone de dépôt du bateau et 3) zone éloignée, qui est indirectement sous l'influence de l'activité de mouillage (pressions en lien avec l'accès au bateau/mouillage, manœuvres, etc.).

Les trois types de mouillages (classiques, innovants, supprimés) et leurs trois zones d'influences (strates) seront comparées entre elles et à une grille témoin (grille DCE telle que définie par Auby *et al.*, 2018) positionnée hors zone de mouillage (ici nommée Ronce-les-bains sans pression).

Le positionnement des points (quadrats) a dû évoluer par rapport au protocole « mouillage » appliqué en 2021. Celui-ci prévoyait de disposer les quadrats *in situ* le long de l'axe défini par la position du bateau par rapport au corps-mort, le jour de l'échantillonnage. Dans le cadre de la présente étude, le positionnement des quadrats a été réfléchi et anticipé selon l'emplacement de dépose majoritaire des bateaux. L'orientation de cette position par rapport au corps-mort a été estimée en fonction de l'axe des vents dominants.

Une station correspond à 27 quadrats répartis sur 3 mouillages du même type (*i.e.* classique, innovant, ou supprimé) : 9 quadrats x 3 mouillages. Au niveau de chaque mouillage, les 9 quadrats du transect sont répartis en 3 lignes de 3 quadrats dans les zones d'influence 1) de la chaîne/aussière, 2) du bateau et 3) éloignée selon l'axe des vents dominants (Figure 12).

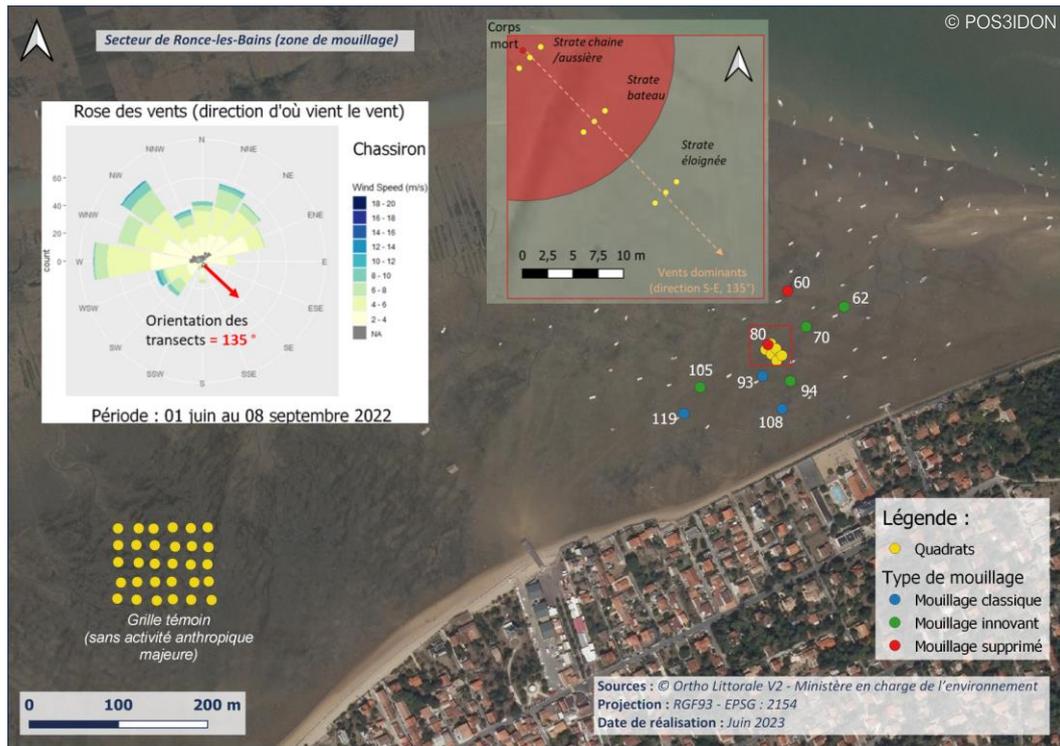


Figure 12 : Plan d'échantillonnage théorique pour le suivi de la zostère naine au niveau de la zone d'influence de mouillages classiques, innovants et supprimés

Mise en œuvre :

Analyses préparatives :

A Ronces-les-bains, l'axe de dépôt des bateaux est régi par la direction des vents. Les aires de ragage ont alors fait l'objet d'une pré-identification, à partir de l'analyse des tendances des vents dominants sur la période juin-septembre 2022 (mois d'attribution des mouillages), soit 3,5 mois. L'inventaire des vents a été fait pour la période définie, par tranche de 3 heures (demi-marée), à partir des données météo France de la station SYNOP "Chassiron" selon les 8 cardinales (https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=90&id_rubrique=32).

La rose des vents obtenue de cette analyse (cf. Figure 12) a permis de dégager un vent dominant de Nord-Ouest (315°) sur la période juin-septembre 2022. Ainsi, les bateaux se sont donc majoritairement retrouvés au Sud-Est (135°) de leur corps mort sur cette même période.

➔ Les quadrats doivent donc être placés *in situ*, selon un transect orienté dans la direction Sud-Est (135°).

Sur la base d'une prospection préalablement réalisée (juillet 2022), les différents types de mouillage ont été pré-identifiés et localisés sur la carte de la ZMEL. Dans le cadre de la campagne CoEHCo 2022, le suivi concerne : 4 mouillages innovants, 3 mouillages classiques (les mêmes qu'en 2021) et 2 mouillages supprimés.

Echantillonnage du transect orienté

- 1) L'opérateur se place à l'endroit du corps-morts choisi (ou son ancien emplacement dans le cas du mouillage supprimé) et s'oriente dans la direction des vents dominants déterminée au préalable (ici direction sud-est - 135°). Il s'agit du point de départ du transect orienté.
- 2) Une première ligne de 3 quadrats est échantillonnée à environ 1 m du corps mort, dans la **zone d'influence de la chaîne/aussière**. Pour cela l'opérateur, positionne le premier quadrat à 1 m devant lui, puis les deux autres quadrats seront placés à 1,5 m de part et d'autre sur une ligne orthogonale à l'axe corps-mort/direction des vents dominants.
- 3) L'opérateur reprend sa position au niveau du premier quadrat échantillonné, puis il se dirige vers la deuxième ligne de 3 quadrats à réaliser dans la **zone d'influence du bateau**, en maintenant sa direction dans l'axe corps-mort/direction du vent. Arrivé à une distance équivalente à la longueur de la ligne de mouillage + 2 m, l'opérateur procède à l'échantillonnage des 3 quadrats (premier quadrat central et les 2 autres de part et d'autre à une distance de 1,5m)
- 4) L'opérateur procède de la même manière pour échantillonner la troisième ligne de 3 quadrats dans la **zone d'influence éloignée**, à une distance égale à celle déjà parcourue entre la première et deuxième ligne de quadrats (longueur de la ligne de mouillage + 2m).
- 5) Les prélèvements de sédiment pour l'analyse granulométrique et des teneurs en matière organique (MO) sont réalisés sur un seul mouillage par catégorie de mouillage. Ils incluent 3 échantillons Granulométrie (prélevés dans un quadrat par strate) et 9 échantillons MO (prélevés dans tous les quadrats).

La Figure 13 résume la stratégie d'échantillonnage réalisée lors de la campagne CoEHCo 2022 :

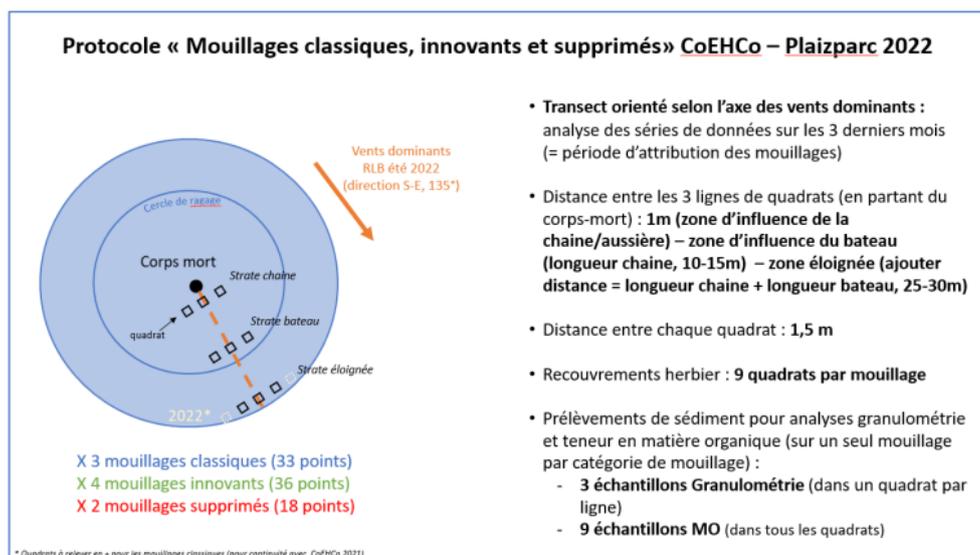


Figure 13: Résumé du plan d'échantillonnage des mouillages (classiques, innovants, supprimés) réalisé à Ronces-les-bains lors de la campagne CoEHCo 2022

3.5 Protocole de suivi adapté aux zones de friches conchylicoles – Campagnes 2021 et 2022

Une adaptation du protocole DCE a été proposée, afin d'évaluer l'effet de la présence de friches ostréicoles sur l'état des herbiers de zostère naine. La démarche et la méthodologie mise en œuvre lors des deux campagnes d'échantillonnage 2021 et 2022 est la suivante :

*Protocole de suivi d'herbier à *Zostera noltei* au niveau des friches ostréicoles dans le cadre du projet CoEHCo*

Objectifs :

Evaluer l'impact des friches ostréicoles sur l'herbier à *Zostera noltei* au niveau de sites identifiés sur le territoire du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis, PNMEGMP (Château d'Oléron). Plus précisément, il s'agit d'évaluer si la présence de friches ostréicoles impacte la densité de l'herbier aux alentours et à partir de quelle distance à la friche, ceci étant évalué sur la base de la métrique « Abondance » défini dans Auby *et al.* (2018).

Contraintes :

Utiliser un protocole inspiré de la méthodologie DCE : même nombre (ou proportionnel) d'échantillons (quadrats), mêmes paramètres mesurés (taux de recouvrement, biomasses macroalgales, analyse des sédiments), mêmes métriques que l'indicateur « Angiospermes ».

Contexte :

Initialement la question était d'évaluer l'interaction entre l'activité conchylicole et l'habitat herbier de zostères naines.

D'après l'exploration cartographique et terrain (POSEIDON - EurêkaMer, 2021) des vasières du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis, peu d'interaction spatiales sont apparues entre herbiers et parcs ostréicoles actifs. En effet, sur les côtes charentaises, les parcs ostréicoles sont généralement localisés à un niveau bathymétrique inférieur à celui des herbiers, avec même une exclusion quasi parfaite entre les zones exploitées par l'ostréiculture et l'herbier de zostère naine. Cette exclusion est similaire à ce qui est observé en baie de Bourgneuf et les vérifications bathymétriques effectuées dans les pertuis charentais sur ces zones (POSEIDON - EurêkaMer, 2021) indiquent que d'autres facteurs que la profondeur pourraient être impliqués comme la variabilité spatiale de la turbidité ou la teneur en matière organique du sédiment.

Par contre, les friches ostréicoles (anciennes tables conchylicoles abandonnées et colonisées par des bancs d'huîtres) constituent des zones où les huîtres creuses et les herbiers de zostère naine cohabitent sur un même niveau bathymétrique, en s'alternant par bandes (Figure 14).



Figure 14 : Exemple d'interaction entre une friche ostréicole et l'herbier de zostères naines au Château d'Oléron (source : orthophotographie IGN du 18/10/2020)

Théorie du plan d'échantillonnage :

L'effet des friches ostréicoles sur les herbiers est évalué au niveau de 2 strates distinctes :

- 1) une **strate "intérieure"** correspondant au sédiment sans huîtres situé à l'intérieur des friches ostréicoles (souvent d'anciennes allées) (en violet sur la Figure 15)
- 2) une **strate "extérieure"** qui correspond au sédiment à moins de 20 m d'une friche ostréicole (en jaune sur la Figure 15)

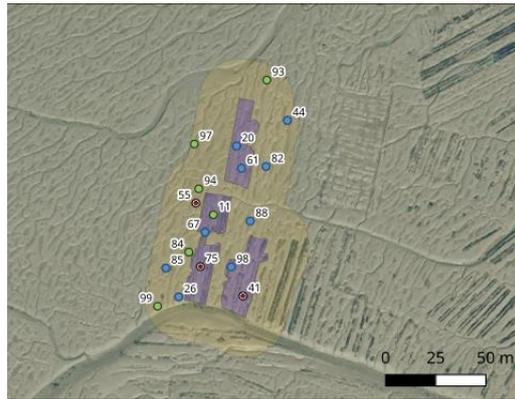


Figure 15 : Exemple d'identification des 2 strates sur une friche ostréicole à partir d'une orthophotographie IGN (en jaune : strate extérieure, en violet strate intérieure)

Les paramètres mesurés correspondent bien à ceux prévus dans le protocole DCE classique. Le positionnement des points (quadrats) est quant à lui adapté à la géométrie des friches ostréicoles.

Une station correspond à 60 quadrats (correspondant à 2 grilles DCE classiques) répartis aléatoirement, au sein et à proximité de 3 friches de même niveau bathymétrique. 20 quadrats sont positionnés dans la strate intérieure (les densités de l'herbier y sont supposées plus homogènes) et 40 quadrats dans la strate extérieure. Cette répartition doit permettre d'évaluer si l'effet de des friches ostréicoles sur les herbiers dépend de la distance. Les sédiments pour les analyses de granulométrie et la matière organique sont échantillonnés à hauteur de, respectivement, 6 (2 dans la strate intérieure et 4 dans la strate extérieure) et 18 échantillons (6 dans la strate intérieure et 12 dans la strate extérieure).

Ces points situés dans des friches conchylicoles sont comparés avec une grille DCE classique positionnée à bathymétrie similaire et à environ 125 m des friches étudiées. Cette grille constitue la zone témoin pour comparer les recouvrements d'herbiers.

Pour chaque quadrat positionné dans la strate extérieure, c'est-à-dire en dehors de la friche mais dans sa zone d'influence potentielle, la distance du quadrat au crassât le plus proche est mesurée. Cette distance servira à interpréter le recouvrement de l'herbier en fonction de la distance aux huîtres et à détecter la distance à partir de laquelle l'effet de la présence des huîtres sur l'herbier disparaît.

Intérêt du protocole pour répondre à la question posée :

La mise en œuvre du présent protocole, peut permettre d'accéder à un certain nombre d'informations :

- **Caractériser l'herbier à l'échelle de la station (comme la DCE) :** Moyenne des recouvrements des 2 strates, pondérée par les ratios des surfaces des strates. Moyenne des granulométries des 2 pools (i.e. mélanges) d'échantillons pondérée par les ratios des surfaces des strates ;
- **Caractériser l'herbier par strate* :** Moyenne des 20 et 40 quadrats respectivement pour les strates intérieure et extérieure. 1 pool (i.e. mélange) d'échantillons granulométrique par strate. Moyenne des 6 et 12 matières organiques respectivement pour les strates intérieure et extérieure ;
- **Caractériser l'herbier en fonction de la distance à la friche ostréicole :** Relation entre la densité

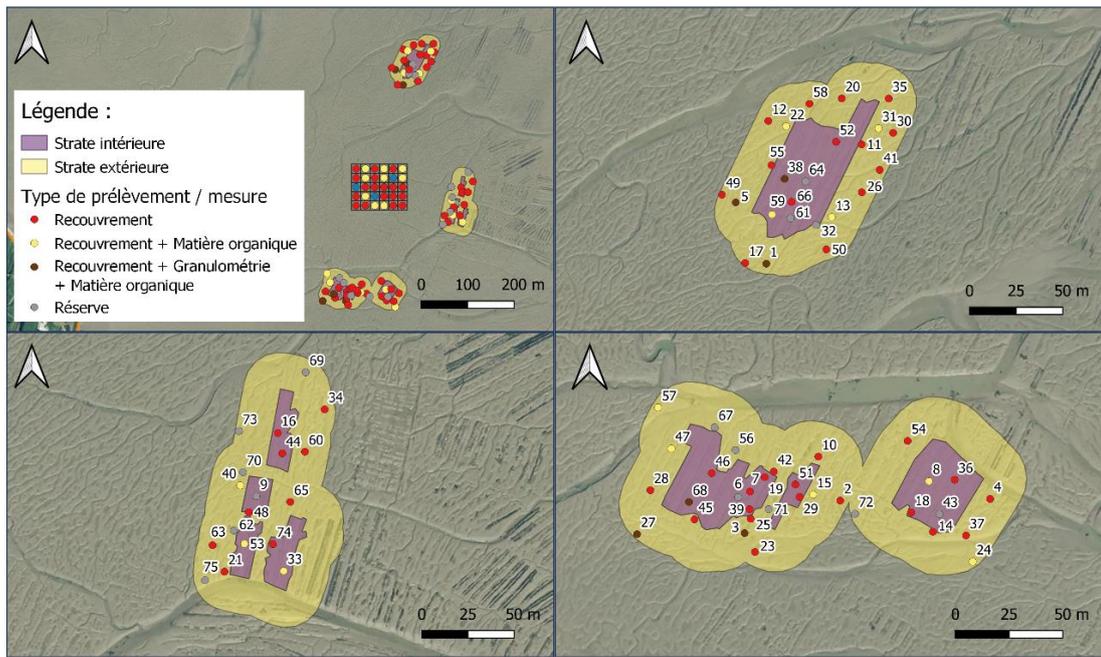
de l'herbier et la distance à la friche ostréicole pour la strate extérieure

- **Vers une quantification des altérations** : les pourcentages de perte de taux de recouvrement ou de surface des herbiers peuvent être évalués sur la base des données collectées, en comparant une station impactée avec une station témoin. Afin d'estimer un niveau d'altération potentielle des herbiers présents dans les zones de friches ostréicoles, ces pourcentages peuvent être traduits de façon exploratoire en EQR correspondant à des niveaux d'altération définis dans Auby *et al.* 2018. Il est néanmoins rappelé que les seuils de cet indice ont été élaborés dans le cadre de la DCE pour comparer les caractéristiques d'un herbier avec sa condition de référence historique.

Mise en œuvre (Figure 16) :

Avant la phase d'échantillonnage, les zones de friches ostréicoles adaptées à l'évaluation de leur impact des sur l'herbier à *Zostera noltei* sont identifiées à l'aide d'un repérage terrain. Par la suite, les enveloppes des strates (intérieures et extérieures) sont découpées et les points d'échantillonnage ont été tirés aléatoirement à l'aide d'un logiciel de SIG (QGIS) (Figure 16). Ce même logiciel de SIG a également permis de placer la grille DCE témoin à une bathymétrie similaire à celle des zones de friches ostréicoles (dans notre cas, seule une différence de 20 cm entre les points témoins les plus bas et les points friches les plus bas a été déterminée).

Au cours de l'échantillonnage terrain, un quadrat est positionné au sol au niveau de chaque point précédemment géoréférencé afin d'en prendre une photographie et de relever le taux de recouvrement par l'herbier. Suivant le point d'échantillonnage considéré, des carottes de sédiment peuvent également être prélevées pour les analyses granulométrique et de matière organique. En outre, si le point d'échantillonnage considéré est placé dans la strate extérieure de la friche ostréicole, la distance au crassât le plus proche est également mesurée. Par ailleurs, le positionnement aléatoire des points implique de bien suivre la progression de l'échantillonnage, pour éviter d'oublier ou d'échantillonner plusieurs fois le même point, par exemple en cochant les points effectués sur une carte papier.



Sources : BD Ortho © IGN (2018), OFB / PNM EGMP (2021), SPOT © I-Sea (2018)
Projection : RGF93 - EPSG:2154

Contrat n°2020-MAPA34, OFB / PNM EGMP, POS3IDON, 2021
Date de réalisation : 16 novembre 2021

POS3IDON
Centre de Recherche sur les Ostréicoles



Figure 16 : Plan de position des friches ostréicoles étudiées et détail des mesures (recouvrement / granulométrie / matière organique) à effectuer pour l'opération de terrain

Commentaires :

Il s'agit d'une première version du protocole qui devra être améliorée au fur et à mesure des différentes mises en œuvre, notamment dans le choix et l'équilibre des strates. Les variables explicatives acquises sur le terrain sont également amenées à évoluer, au regard de leurs performances pour expliquer les variations du taux de recouvrement.

Références :

AUBY, Isabelle, OGER-JEANNERET, Helene, GOULLIEUX, Benoît, GRALL, Jacques, JANSON, Anne-Laure, MAGUER, Marion, RIGOUIN, Loic, ROLLET, Claire, SAURIAU, Pierre-Guy et TRUT, Gilles, 2018. Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). *Zostera marina* - *Zostera noltei*. Version 3 (<https://archimer.ifremer.fr/doc/00471/58250>)

ROSS, S., M., Chapter 1 - Introduction to Statistics, *Introductory Statistics (Fourth Edition)*, Academic Press, 2017, Pages 1-15, ISBN 9780128043172, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804317-2.00001-1>.

3.6 Résumé des paramètres mesurés

Les paramètres mesurés sur le terrain et les prélèvements effectués pour le suivi des herbiers de zostère naine respectent la méthodologie DCE, quel que soit le protocole mis en place, et sont résumés dans le Tableau 13.

Les paramètres concernant les zostères permettent notamment le calcul de métriques intégrées dans l'indicateur de l'élément de qualité « angiospermes » (Auby *et al.*, 2010; Auby *et al.*, 2014, 2018). Ce dernier est utilisé dans le cadre de la DCE en association avec d'autres indicateurs (basé sur l'analyse chimique de l'eau, de la macrofaune, des macroalgues, etc...) pour évaluer l'état écologique des masses d'eau.

Tableau 13 : Paramètres mesurés dans le cadre du suivi DCE (Auby *et al.* 2018) et des campagnes CoEHCo sur la zostère naine

	Fraction	Paramètres	Mode d'acquisition
Paramètre principal	Zostères	<ul style="list-style-type: none"> · Taux de recouvrement de <i>Zostera noltei</i> · Présence/absence de <i>Zostera marina</i> sur la station 	<ul style="list-style-type: none"> · Estimation visuelle et clichés des quadrats (analyse par ImageJ) · Observation dans l'emprise de la station
Paramètres supplémentaires	Sédiments	<ul style="list-style-type: none"> · Granulométrie · Teneur en matière organique (MO) 	<ul style="list-style-type: none"> · Carotte de sédiment (Analyse pondérale) · Carotte de sédiment (Perte au feu)
	Macroalgues	<ul style="list-style-type: none"> · Biomasse sèche par catégorie (Brunes, Vertes, Rouges) 	<ul style="list-style-type: none"> · Prélèvement dans le quadrat (Biomasse sèche)

Le protocole développé pour l'évaluation de l'état des herbiers au niveau des zones de friches ostréicoles, prévoyait également le paramètre « **distance du quadrat au crassât le plus proche** » qui est acquis avec un mètre dérouleur. Ce paramètre permet d'évaluer la distance d'influence des huîtres sur les recouvrements d'herbiers au niveau des quadrats localisés à l'extérieur de la friche.

Le protocole développé pour le suivi de l'état des herbiers au niveau des zones de mouillage, prévoyait également le relevé de données complémentaires sur chacun des corps-morts échantillonnés : type et taille de bateau occupant le mouillage, caractéristiques du mouillage (chaîne, dispositif innovant, amarres...), longueur de la ligne.

3.7 Traitement des données

L'ensemble des données acquises au niveau des stations CoEHCo et DCE présentes dans le périmètre du Parc, en 2021 et 2022, a été compilé sous forme d'un tableau avec les stations en lignes et les variables (taux de recouvrement, biomasse des macroalgues, granulométrie, matières organique) en colonnes. Les traitements statistiques ont été réalisés sous R.

Suite aux observations de terrain, la station Charge-Neuve n'a pas pu être considérée comme une station soumise à l'activité de mouillage (ce qui avait été prévu initialement) car aucune forme de ramage ni bateau au mouillage n'était visible. Conformément aux observations de terrain, cette station a été considérée comme une station « sans activité anthropique majeure ».

L'analyse des taux de recouvrement est pratiquée à partir des recouvrements estimés sur chacun des quadrats échantillonnés. Les taux de recouvrement (en %) sont classés au sein de 6 catégories (0, 0-25, 25-50, 50-75, 75-100, 100).

En complément de l'évaluation de l'état écologique des herbiers (à l'échelle station et secteur), plusieurs analyses exploratoires et inférentielles ont été réalisées afin de répondre aux questions suivantes :

- ▶ Les herbiers soumis à pression sont-ils caractérisés par un taux de recouvrement plus faible que les herbiers non-soumis à pression ?
- ▶ Pour une pression donnée, existe-t-il une différence de taux de recouvrement entre la station sous pression et son équivalent témoin sans pression ?
- ▶ La distribution des classes de recouvrement est-elle homogène entre les différentes conditions testées (pressions conchylicoles, mouillage, pêche à pied et sans pression) ?
- ▶ Existe-t-il une différence significative entre les taux de recouvrement de l'herbier soumis à pression liée au mouillage selon la strate considérée (Chaîne, Bateau, Eloignée) ?
Concernant cette question, le nombre de données trop faible ne permet pas de réaliser de test statistique.
- ▶ Existe-t-il une différence significative d'état de l'herbier soumis à pression liée aux friches conchylicoles selon la strate considérée (intérieur, extérieur) ?

A partir des mesures de taux de recouvrement de la zostère naine, plusieurs paramètres sont calculés:

- Le **pourcentage de quadrats végétalisés sur la station** = nombre de quadrats dont le recouvrement est non nul x 100 / 30 ;
- Le **recouvrement moyen sur l'ensemble de la station** = moyenne des médianes de classes des 30 quadrats.

Pour l'analyse de la pression associée aux friches conchylicoles, le recouvrement des quadrats basé sur l'estimation ImageJ a été utilisé plutôt que la médiane du taux de recouvrement estimé. En effet, le taux de recouvrement estimé via ImageJ présente l'avantage d'être une variable quantitative continue, ce qui facilite le traitement des données en comparaison d'une variable catégorielle ordinaire. Ce traitement n'a néanmoins pas été utilisé pour les autres traitements qui intégraient les stations DCE, et dont les recouvrements ImageJ sont inscrits dans un champs commentaire plus difficile à extraire et pouvant être source de variations inter-opérateurs.

Comme les données analysées correspondent à la moyenne des classes de recouvrement par station, l'hypothèse de la normalité ou de l'homogénéité du jeu de donnée ne peut pas être vérifiées. Ainsi, un test non-paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé pour évaluer les différences possibles de taux de recouvrement entre stations ou groupes de station. Un test *post-hoc* de Wilcoxon (test non-paramétrique de comparaison de moyennes de deux échantillons indépendants de taille différente) avec correction de Bonferroni (correction du seuil de significativité lors de comparaisons multiples). La distribution des classes de recouvrement au sein des différentes pressions a été évaluées à l'aide d'un test du Chi² d'homogénéité. Un graphique en mosaïque a été utilisé ; sa lecture est facilitée par un encart dédié. Concernant les pressions liées aux mouillages et aux friches conchylicoles, les mêmes analyses ont été effectuées, cette fois en comparant pour une même localisation les différentes strates et la grille témoin. Un test de Wilcoxon apparié a été utilisé pour vérifier l'effet de l'année sur la variabilité des taux de recouvrement au sein des stations DCE et CoEHC.

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) sur données centrées-réduites a été réalisée sur les données de taux de recouvrement, biomasse macroalgale et % de fines. Cette ACP permet une double lecture et termes de stations mais également de pression.

Les différences de biomasse de macroalgues entre les stations soumises à la « pêche à pied » et les stations « sans activité anthropique majeure » ont été testées grâce à un test de Student. La différence de distribution des groupes de macroalgues au sein des stations soumises ou non à pression a également été évaluées à l'aide d'un test du Chi² d'homogénéité.

Pour les strates considérées au niveau des zones de mouillage et des friches conchylicoles, les densités de distribution de chaque classe de recouvrement ont été illustrées par des diagrammes violons. Ces diagrammes permettent en effet une meilleure représentation de la variabilité au sein des strates que les boxplots classiques en cas de distributions multimodales. Les moyennes et écarts-types des taux de recouvrement par strate ont été calculées pour l'ensemble des quadrats. Les taux de recouvrement en fonction de la distance aux friches ostréicoles ont été représentées sous forme de points, avec une régression locale, ou LOESS (« LOcally Estimated Scatterplot Smoothing »).

Enfin, une classification ascendante hiérarchique a été utilisée afin d'identifier les types d'herbiers, se différenciant à l'échelle du Parc (parmi ceux qui ne sont pas soumis à des activités anthropiques majeures), en se basant sur les taux de recouvrement moyens et la médiane granulométrique par station.

3.8 Calcul d'un indicateur « Angiospermes modifié » (échelle de secteurs d'herbiers)

Rappel sur l'indicateur « Angiospermes » (d'après Auby et al. 2018)

L'indicateur « Angiospermes » établi dans le cadre de la DCE est un indicateur participant à l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau d'après les métriques suivantes relevées sur les herbiers (voir la section 3.3.7) :

- *L'EQR « abondance » : une métrique quantitative stationnelle, relative à l'évolution du taux de recouvrement des zostères (échelle de la station).*
- *L'EQR « extension » : une métrique quantitative surfacique, relative à l'évolution de la surface de l'herbier (échelle de la masse d'eau).*
- *L'EQR « composition taxinomique » : une métrique qualitative stationnelle, relative à l'évolution du nombre d'espèces de zostères présentes (échelle de la masse d'eau).*

Cet indicateur a donc été élaboré pour comparer, dans le temps, des masses d'eau à l'échelle nationale, voire à l'échelle des façades littorales. Celui-ci n'est pas adapté pour qualifier l'état écologique d'un herbier localisé.

Afin d'évaluer au sein du PNMEGMP un **état écologique des herbiers à l'échelle de secteurs d'herbiers**, un **indicateur « Angiospermes modifié »** est proposé dans le cadre du projet CoEHCo. Il se base sur les métriques suivantes :

- La métrique « abondance » (échelle de la station) : *i.e.* la même métrique que l'indicateur DCE « Angiosperme », relative au taux de recouvrement des zostères au niveau d'une stations de suivie
- La métrique « extension modifiée » (évaluée à l'échelle du secteur d'herbier) : relative à la surface de secteurs définis d'herbiers.
- La métrique « composition taxinomique » (échelle du secteur d'herbier) : relative au nombre d'espèces de zostères présentes à l'échelle des secteurs définis d'herbiers

La correspondance de chaque métrique en EQR (ratio de qualité écologique) est établie partir de l'évolution de la métrique entre l'année « n » (amélioration ou dégradation) et la dernière valeur de référence observée au cours des années précédentes, en suivant les grilles de Auby *et al.* (2018).

La méthodologie des calculs, est précisée ci-dessous.

Définition des secteurs d'herbier

19 secteurs d'herbiers ont été définis à l'échelle du PNMEGMP sur la base des connaissances locales (morpho-sédimentaires, écologie, usages), suite à la concertation de gestionnaires des aires marines protégées concernées et à la validation auprès des experts (comité technique CoEHCo, 2 mai 2023). Les emprises des secteurs ont été délimitées au regard de l'évolution historique des herbiers évaluées dans le cadre du projet CartoEHCo (Curti et Beguet, 2021). Les Figure 17, Figure 18 et Figure 19 en pages suivantes illustrent la sectorisation des herbiers à l'échelle du PNMEGMP. Il est à noter que les travaux futurs considèreront deux secteurs en baie d'Yves (baie d'Yves et Baie de Fouras) selon les dernières recommandations (P.G. Sauriau et S. Dalloyau ; comité technique CoEHCo, 2 mai 2023).

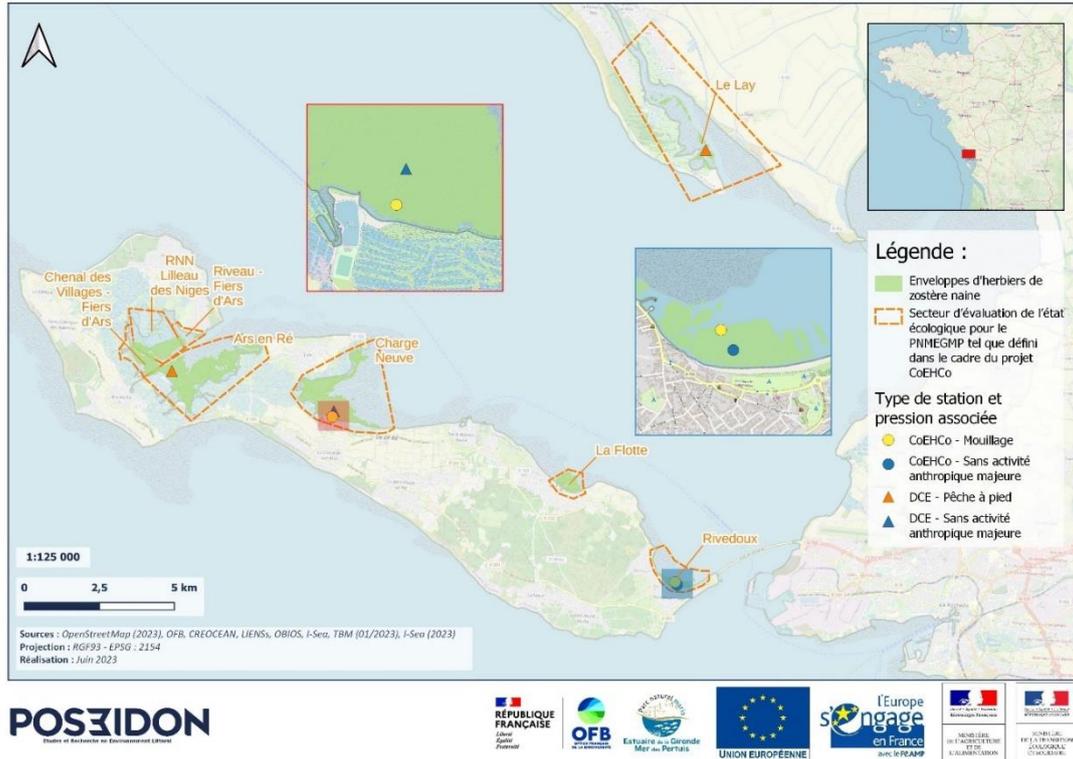


Figure 17 : Secteurs d'évaluation de l'état écologique des herbiers à zostère naine pour le PNMEGMP tel que défini dans le cadre du projet CoEHCo (zone « Pertuis Breton »)

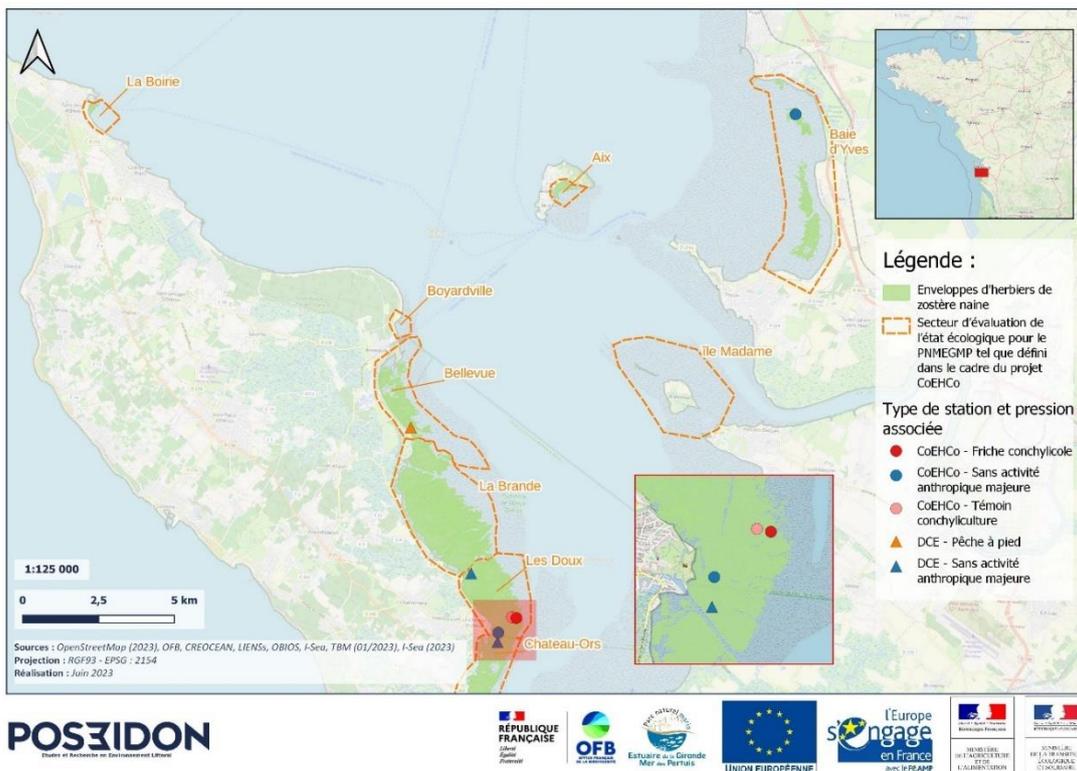


Figure 18 : Secteurs d'évaluation de l'état écologique des herbiers à zostère naine pour le PNMEGMP tel que défini dans le cadre du projet CoEHCo (zone « Pertuis d'Antioche »)

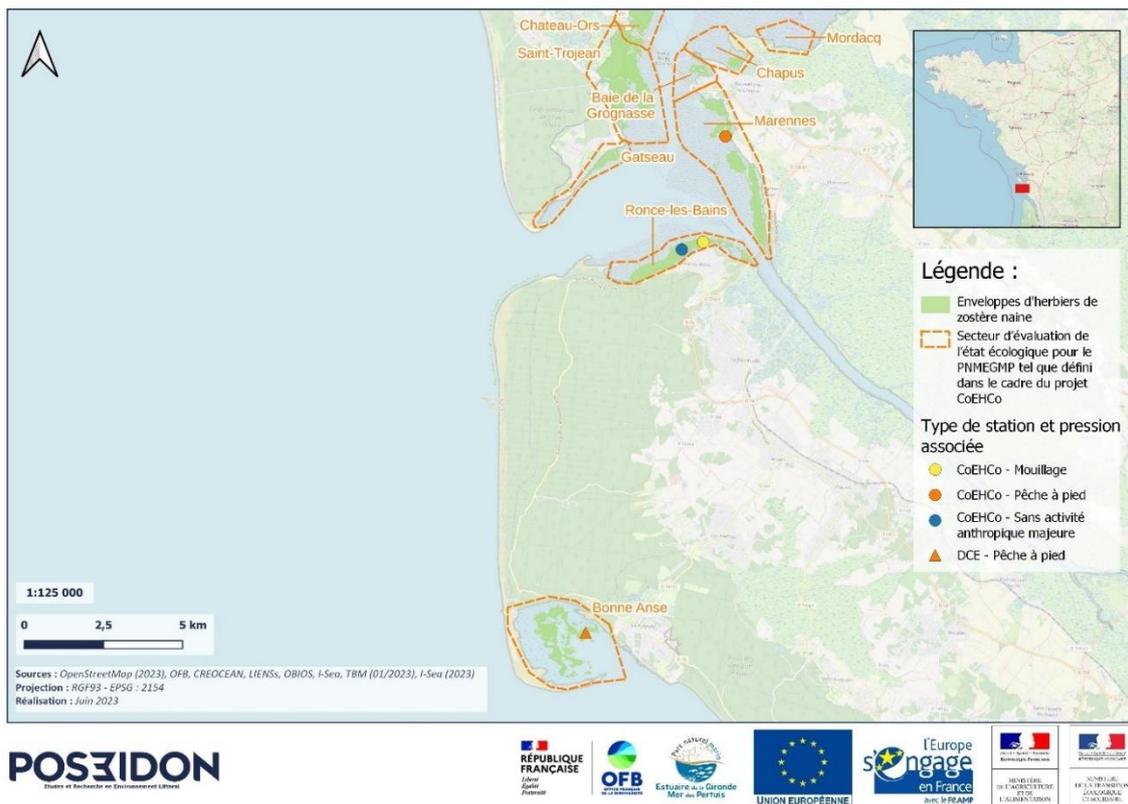


Figure 19 : Secteurs d'évaluation de l'état écologique des herbiers à zostère naine pour le PNMEGMP tel que défini dans le cadre du projet CoEHCo (zone « Pertuis de Maumusson »)

Métrique « extension modifiée » (échelle : secteurs d'herbiers)

Cette métrique est basée sur l'évolution des surfaces occupées par les herbiers de zostère naine à l'échelle des secteurs définis. Ces surfaces ont été calculées d'après un historique des données surfaciques évaluées sur la période 1989-2020 (I-Sea, 2023). La dernière donnée surfacique date de 2020.

Le calcul de l'EQR de l'année n , à l'échelle d'un secteur d'herbiers, est estimé d'après la variation entre la superficie de référence ($Superficie_{référence}$) et la superficie de l'année n ($Superficie_n$) et grâce à la formule suivante :

$$Perte (\%) = \frac{(Superficie_{référence} - Superficie_n) \times 100}{Superficie_{référence}}$$

Dans un second temps, la perte calculée est convertie en EQR grâce à la grille de correspondance de Auby *et al.* 2018 présentée dans le Tableau 9 p29.

Métrique « abondance » (échelle : station)

Cette métrique s'appuie sur l'évolution des pourcentages de recouvrements des zostères naines relevés dans les quadrats lors des campagnes terrain du projet CoEHCo.

Pour calculer l'EQR « abondance » lors d'une année n à l'échelle d'une station, on estime dans un premier temps la perte de recouvrement en année n ($Recouvrement_n$) par rapport au recouvrement le plus important observé dans les années précédentes ($Recouvrement_{référence}$) grâce à la formule suivante :

$$Perte (\%) = \frac{(Recouvrement_{référence} - Recouvrement_n) \times 100}{Recouvrement_{référence}}$$

Dans un second temps, la perte calculée est convertie en EQR grâce à la grille de correspondance de Auby *et al.* 2018, présentée dans le Tableau 10 p30.

Métrique « composition taxinomique » (échelle : secteurs d'herbiers)

Cette métrique s'appuie sur l'évolution interannuelle du nombre d'espèces de zostères observé à l'échelle des secteurs d'herbiers. Les deux espèces *Zostera noltei* et *Zostera marina* sont prises en compte.

Le calcul d'EQR est réalisé selon la grille de correspondance issue de Auby *et al.* 2018 et présentée au Tableau 8 p29.

La valeur considérée dans le présent travail est de 1 pour le calcul de l'EQR composition taxinomique à l'échelle des secteurs. Ces valeurs sont en accord avec celles utilisées pour les évaluations réalisées dans le cadre des rapportages des bassins Loire-Bretagne et Adour Garonne, et basées sur le fichier de données transféré par I.Auby.

Quelques précisions peuvent être apportées sur la présence des espèces de *Zostera noltei* et *Zostera marina* dans le périmètre du Parc. Sur les secteurs du Lay (masse d'eau Pertuis Breton), Bonne Anse (masse d'eau Gironde Aval), et les secteurs de Oléron-Marennes-Rivedoux (masse d'eau Pertuis Charentais), la zostère marine n'a a priori jamais été recensée (Auby *et al.*, 2010, Aubert et Sauriau, 2018 ; Aubert *et al.*, 2020). Concernant la masse d'eau Pertuis Charentais, une des hypothèses cohérentes avec les travaux de Beauchamps (1923) serait que *Z. marina* aurait en fait disparu de cette masse d'eau (com pers P.-G Sauriau, 2022). En revanche, pour les herbiers de l'île de Ré (masse d'eau Pertuis Breton) l'espèce de *Z.marina* n'aurait jamais disparu depuis 1920 et est présente sous forme de populations relictuelles (com.pers PG Sauriau, 2022 et Aubert *et al.*, 2018 ; 2020; 2021).

L'indicateur « Angiospermes modifié » (échelle secteurs)

L'indicateur « angiospermes modifié » a finalement été calculé au en moyennant les EQR obtenus pour les trois métriques (composition taxinomique, extension et abondance).

Indicateur Angiospermes modifié (échelle station) =

$$\frac{EQR \text{ abondance} + EQR \text{ extension modifiée} + EQR \text{ composition taxinomique}}{3}$$

Cet indicateur est calculé pour les stations où le protocole stationnel d'Auby strict a été mise en œuvre (soit les stations SAAMP et PAP). Cet indicateur renseigné par station est valable pour chacun des secteurs d'évaluation (Figures 20-24) où la station est positionnée. Exception faite du secteur « les Doux » qui est composé de trois stations, pour lequel les trois EQR abondance ont donc été moyennés pour obtenir l'indicateur angiosperme modifié à l'échelle du secteur.

Le **statut écologique de l'herbier à l'échelle de la station** est ensuite obtenu en confrontant sa valeur aux seuils de l'indicateur de Auby *et al.* 2018 rapportés dans le Tableau 12 p31.

Le présent rapport propose d'appliquer une démarche évaluative des herbiers de zostère naine qui est exploratoire et élaborée dans le cadre du projet CoEHCo. Les états écologiques définis ici selon un indicateur « modifié » devraient, en complément d'autres données, être soumis à l'avis d'un comité d'expert pour conclure à une évaluation finale pour le tableau de bord du Parc.

4 Description des stations

La localisation des stations DCE et CoEHCo dans le périmètre des secteurs d'évaluation et du PNMEGMP est présentée du Nord au Sud et par masses d'eau sur les cartes ci-dessous (Figure 20 à Figure 24).

Le Tableau 14 résume les principales caractéristiques des différentes stations suivies (station, masse d'eau, type de suivi, type de pression...). Les stations sont ensuite détaillées dans les sections suivantes.



Figure 20 : Station de suivi de la zostère naine (DCE) dans au sein de la masse d'eau FRGT30 Estuaire du Lay.



Figure 21 : Stations de suivi de la zostère naine (DCE et CoEHC) au sein de la masse d'eau FRGC53 Pertuis Bretons.



Figure 22 : Stations de suivi de la zostère naine (DCE et CoEHC) au sein de la masse d'eau FRGC54 La Rochelle.



Figure 23 : Stations de suivi de la zostère naine (DCE et CoEHC) au sein de la masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais.



Figure 24 : Stations de suivi de la zostère naine (DCE et CoEHC) au sein de la masse d'eau FRFT09 Estuaire de la Gironde.

Tableau 14 : Stations de suivi des herbiers de *Zostera noltei* au sein du PNMEGMP étudiées dans le cadre du projet CoEHCo 2021-2022

Masse d'eau	Secteur d'évaluation (figures 20-24)	Nom station	Code station (projet CoEHCo)	Pression	Type de suivi
Estuaire du Lay FRGT30 (MET)	Le Lay	Lay Crochon 1982 int HZN -	DCE_LC_PAP	Pêche à pied	DCE (depuis 2011)
Pertuis breton FRGC53 (MEC)	Ars en Ré	Ars en Ré int HZN	DCE_AE_PAP	Pêche à pied	DCE (depuis 2012)
	Charge Neuve	Plage de la Charge Neuve int HZN	DCE_CN_SAAM	Sans activité anthropique majeure*	DCE (depuis 2006)
	Rivedoux	Rivedoux	CoEHCo_R_SAMM	Sans activité anthropique majeure	CoEHCo
	-	Rivedoux -	CoEHCo_R_M	Mouillage (classique) ;	CoEHCo
La Rochelle FRGC54 (MEC)	Baie d'Yves	Baie d'Yves	CoEHCo_BY_SAMM	Sans activité anthropique majeure	CoEHCo
Pertuis charentais FRFC02 (MEC)	Bellevue	Bellevue-Perrotine int HZN	DCE_BP_PAP	Pêche à pied	DCE (depuis 2012)
	Les Doux	Les Doux int HZN	DCE_LD_SAAM	Sans activité anthropique majeure	DCE (depuis 2007)
	-	Le Château d'Oléron	CoEHCo_CO_FC	Friches ostréicoles	CoEHCo
	Les Doux	Le Château d'Oléron -	CoEHCo_CO_TC	Témoin friches ostréicoles	CoEHCo
	Les Doux	Le Château d'Oléron	CoEHCo_CO_SAMM	Sans activité anthropique majeure	CoEHCo
	Château-Ors	Le Château d'Oléron int HZN	DCE_CO_PAP	Pêche à pied	DCE (depuis 2012)
	Marennes	Marennes	CoEHCo_M_PAP	Pêche à pied	CoEHCo

	Ronces-les-Bains	Ronce-les-bains	CoEHCo_RLB_SAMM	Sans activité anthropique majeure	CoEHCo
	-	Ronce-les-bains	CoEHCo_RLB_M	Mouillages (classiques ; innovants, supprimés)	CoEHCo
Estuaire Gironde Aval FRFT09 (MET)	Bonne-Anse	Bonne Anse- int HZN	DCE_BA_PAP	Pêche à pied	DCE (depuis 2019)

* Pour rappel cette station avait été initialement identifiée comme station « mouillage » mais a posteriori qualifiée en « sans activité anthropique majeure ».

Remarque : Certaines précisions concernant les qualificatifs des stations et les activités anthropiques qui y sont observées sont présentées en sections 3.1 et 3.2 (p17-18). Les stations ajoutées dans le cadre du projet CoEHCo sont décrites ci-après.

4.1 Lay Crochon 1982 (Pêche à pied)

Pression : station suspectée comme soumise à la pêche à pied.

Type de station : Station DCE

Masse d'eau : FRGT30 Estuaire du Lay

La station Lay Crochon est située dans l'estuaire du Lay, au sein d'un herbier réparti en tâche le long du chenal, plus précisément sur un crochon⁵ datant de 1982 en médiolittoral moyen (Sauriau *et al.*, 2017). Les activités de pêche à pied existantes sur l'estuaire du Lay se limitent principalement à la bordure du chenal mais tendent à augmenter sur le secteur.

Cette station est échantillonnée dans le cadre de la surveillance DCE depuis 2011 (Sauriau *et al.* 2011, 2013, 2014, 2015, 2017 ; Aubert *et al.* 2018, 2019, 2020, 2021 - voir références en section 6.1).



Figure 25 : Vues générales sur la station DCE « Lay Crochon 1982 int HZN » à herbier de *Zostera noltei* dans la masse d'eau de transition « FRGT30 ». (© P.G. Sauriau 2016 et © Sauriau 2019 ; extraits de Aubert *et al.* 2019, 2020)

4.2 Ars en Ré (Pêche à pied)

Pression : station impactée par la pêche à pied

Type de station : Station DCE

Masse d'eau : FRGC53 Pertuis breton

Cette station se situe en médiolittoral moyen et est impactée par la pêche à pied, comme déjà observé en 2012 (Sauriau *et al.* 2013) et 2013 (Sauriau *et al.* 2014) mais dans une moindre mesure depuis 2014 (Sauriau *et al.* 2015). La station se situe en effet dans un gisement classé pour la pêche à pied professionnelle, au sein d'une zone autorisée uniquement du 01/09 au 31/03. Entre 4 et 7 pêcheurs professionnels pratiquent ce secteur. La pêche de loisir s'y exerce toute l'année, avec une intensité importante en été (CDPMEM 17⁶).

⁵ La dynamique de la flèche sableuse de la pointe d'Arcay génère un système de crochons successifs dont la chronologie est étudiée et connue depuis plusieurs siècles (Allard 2008).

⁶ CDPMEM 17 : Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Elevages de Charente-Maritime

Elle est positionnée en dehors de l'influence directe des chenaux d'écoulement des marais littoraux, en dehors des zones d'influence de houle et en dehors de l'influence directe des parcs ostréicoles. Aucun mouillage de plaisance se situe à proximité. Elle est incluse au réseau Natura 2000 en tant que Site d'Intérêt Communautaire (SIC) et Zone Spéciale de Conservation (ZSC) « Ile de Ré – Fier d'Ars » (INPN – MNHN).

Cette station est échantillonnée dans le cadre de la surveillance DCE depuis 2012. (Sauriau *et al.* 2013, 2014, 2015, 2017 ; Aubert *et al.* 2018, 2019, 2020, 2021 - voir références en section 6.1).



Figure 26 : Vues générales sur la station DCE « Ars en Ré int HZN » à herbier de *Zostera noltei* dans la masse d'eau côtière « FRGC53 » (© Cohabys/Aubert, extraits de Aubert *et al.* 2019, 2020).

4.3 Plage de la Charge Neuve (sans pression)

Pression : station sans activité anthropique majeure

Type de station : Station DCE

Masse d'eau : FRGC53 Pertuis breton

Cette station se situe en dehors de l'influence directe des chenaux d'écoulement des marais littoraux, en dehors des zones d'influence de houle et en dehors de l'influence directe des parcs ostréicoles. Aucun mouillage de plaisance se situe à proximité et la pêche à pied n'a pas d'impact sur ce site. Elle se situe en médiolittoral moyen et est incluse dans un site du réseau Natura 2000 en tant que SIC et ZSC « Ile de Ré – Fier d'Ars » (INPN – MNHN).

Cette station est échantillonnée dans le cadre de la surveillance DCE depuis 2006 (Sauriau *et al.* 2007, 2009, 2011, 2013, 2014, 2015, 2017 ; Aubert *et al.* 2018, 2019, 2020, 2021 - voir références en section 6.1).



Figure 27 : Vues générales sur la station DCE « Plage de la Charge Neuve int HZN » à herbier de *Zostera noltei* dans la masse d'eau côtière « FRGC53 ». (© Sauriau PG /CNRS, extraits de Sauriau et al. 2013, 2017).

4.4 Charge Neuve (qualifiée à posteriori en « sans pression »)

Pression : station mouillage requalifiée « sans activité anthropique majeure » suite aux observations de terrain

Type de station : Station CoEHCo (2021)

Masse d'eau : FRGC53 Pertuis breton

La station « Charge-Neuve mouillage » a été initialement proposée comme un site soumis à pression liée au mouillage de plaisance, en bordure de la plage de la Charge Neuve (île de Ré). Elle avait vocation à être comparée avec une station de référence (sans pression anthropique) échantillonnée dans le cadre de la surveillance DCE : « Plage de la Charge Neuve int HZN » (voir section 4.3 précédente).

Contrairement à ce qui était attendu, la zone semble très peu utilisée pour le mouillage de bateaux. En effet, différentes bouées délimitent une zone de baignade (bouées cylindriques jaunes) et un chenal d'accès à la plage, mais seuls 3 bateaux étaient présents lors de la campagne 2021, vraisemblablement non autorisés et amarrés temporairement (l'un sur une bouée de chenal, l'autre sur un corps mort et le dernier sur ancre)

Sur ce secteur l'herbier semble très dense et est probablement exempt de pression lié à la présence de mouillage ou de la pêche à pied. De ce fait, la station a été requalifiée comme « sans activité anthropique majeure » dans le cadre de l'analyse des résultats.

Cette station a été échantillonnée dans le cadre du projet CoEHCo, lors de la campagne 2021 uniquement (Figure 28).



Figure 28 : Vue générale de l'herbier à zostère naine échantillonné sur le site de « Charge Neuve Mouillage » requalifié de « Charge Neuve sans pression anthropique majeure », lors de la campagne CoEHCo 2021. Seuls 3 bateaux sont présents, sur un herbier dense. © Euréka mer.

4.5 Rivedoux (Mouillage)

Pression : station soumise à pression liée au mouillage de plaisance

Type de station : Station CoEHCo (2021)

Masse d'eau : FRGC53 Pertuis breton

Cette station est localisée au niveau d'un herbier au sein duquel les traces de ragage liées à la présence de mouillages sauvages sont visibles. Elle se situe en bordure de la plage Nord de Rivedoux-plage (île de Ré), à la droite du port. Cette station a vocation à être comparée avec une station de référence (sans pression anthropique) également échantillonnée dans le cadre du projet CoEHCo : « Rivedoux sans pression » (voir section 4.6).

Cette station a été échantillonnée dans le cadre du projet CoEHCo, lors de la campagne 2021 uniquement (Figure 29).



Figure 29 : Vue générale des zones d'herbier à zostère naine échantillonnées dans l'aire d'influence de corps-morts (monocoque moteur, voilier) sur le site de « Rivedoux Mouillage », lors de la campagne CoEHCo 2021. © POS3IDON

4.6 Rivedoux (sans pression)

Pression : station sans activité anthropique majeure

Type de station : Station CoEHCo (2021, 2022)

Masse d'eau : FRGC53 Pertuis breton

La station « Rivedoux sans pression » (Figure 31) a été proposée comme site de référence de la station « Rivedoux mouillage ». Elle est située à proximité de celle-ci, en bordure de la plage Nord de Rivedoux-plage (île de Ré). Le positionnement de la grille a dû être adapté à la configuration du site afin d'éviter la zone de plage en amont et la zone de mouillage en aval (tout en conservant une bathymétrie comparable aux autres sites d'étude), en respectant les préconisations d'Auby *et al.* 2018.

L'aire d'étude semble sous l'influence de la zone de mouillage qui est à proximité immédiate (traces de charriage d'annexes, mouillages à proximité, ancien corps mort) (Figure 30A). La zone est fréquentée par les touristes et pêcheurs à pied de loisir (traces de pieds récentes et anciennes, traces de grattage...) (Figure 30B). La partie la plus à l'est de la grille est située en bordure d'une zone morcelée de l'herbier. Globalement, l'herbier reste couvert d'un film d'eau même à marée basse (observables sur les prises de vues en Figure 31).



Figure 31 : Vues générales de la station CoEHCo « Rivedoux sans pression ». (A) Partie Ouest de la station où l'herbier est relativement dense, (B) Limite Est de la station où l'herbier est parfois moins dense. © POS3ISON 2021

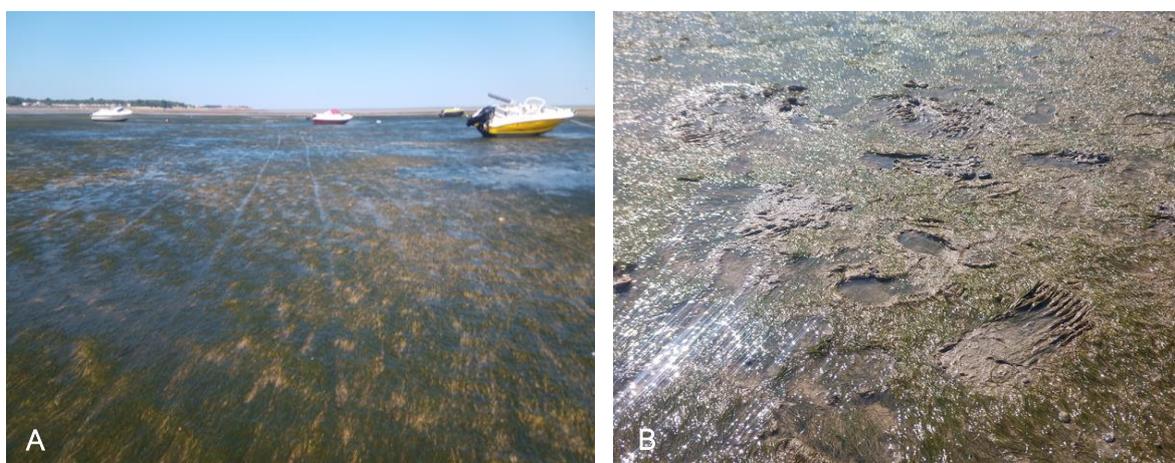


Figure 30 : Diverses traces observées sur l'herbier dans l'emprise de la station : déplacement d'annexes de bateaux (A), grattage et empreintes de pas (B) © POS3IDON 2021

4.7 Baie d'Yves (sans pression)

Pression : station sans activité anthropique majeure

Type de station : Station CoEHCo (2020, 2021, 2022)

Masse d'eau : FRGC54 La Rochelle

La station « Baie d'Yves », non soumise à pression anthropique, est située en bordure de la Réserve Naturelle Nationale du Marais d'Yves gérée par la LPO (Figure 32). La zone est relativement envasée (sables fins collants) et peu fréquentée. L'herbier semble peu dense sur le secteur. Celui-ci reste globalement immergé compte tenu de la présence de nombreuses flaques persistantes à marée basse. La baie est soumise à un fort hydrodynamisme car exposée à la houle d'ouest.



Figure 32 : Vues générales présentant l'herbier de zostère naine sur la station CoEHCo « Baie d'Yves sans pression», échantillonné dans le cadre du projet CoEHCo (© A.ASCHENBROICH/OFB ; © POS3IDON 2021)

4.8 Bellevue-Perrotine (Pêche à pied)

Pression : station soumise à la pêche à pied professionnelle

Type de station : Station DCE

Masse d'eau : FRFC02 Pertuis charentais

Cette station est située en médiolittoral moyen dans la réserve naturelle de Moëze-Oléron, en dehors de l'influence directe de chenaux d'écoulement des marais littoraux et des parcs ostréicoles et/ou mytilicoles (Aubert *et al.*, 2018). Aucun mouillage de plaisance ne se situe à proximité. Ce site est caractérisé par une fraction sableuse du substrat relativement importante liée à un hydrodynamisme fort.

La station se situe dans un gisement classé pour la pêche à pied professionnelle, ouvert 3 mois par an d'avril à juin. Entre 1 et 5 pêcheurs professionnels travailleraient dans ce secteur (CDPMEM 17).

Cette station est échantillonnée dans le cadre de la surveillance DCE depuis 2012 (Sauriau *et al.* 2012, 2015, 2017 ; Sauriau et Aubert 2013, 2016 ; Aubert *et al.* 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 - voir références en section 6.1).



Figure 33 : Vues générales sur la station DCE « Bellevue Perrotine int HZN» à herbier de *Zostera noltei* dans la masse d'eau côtière « FRFC02». (© LIENSs/Duvard, © Cohabys/Aubert, extraits de Sauriau et al. 2015 et de Aubert et al. 2022).

4.9 Les Doux (sans pression)

Pression : station sans activité anthropique majeure

Type de station : Station DCE

Masse d'eau : FRFC02 Pertuis charentais

Cette station se situe dans la réserve naturelle de Moëze-Oléron, au niveau de l'étage médiolittoral moyen (Aubert *et al.* 2018). Le site est protégé de la houle venant du Nord-Ouest par un tombolo (langue de sable).

Cette station est échantillonnée dans le cadre de la surveillance DCE depuis 2007 (Sauriau 2008 ; Sauriau *et al.* 2008, 2009, 2012, 2015, 2017 ; Sauriau et Aubert 2013, 2016 Aubert *et al.* 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 - voir références en section 6.1).



Figure 34 : Vues générales sur la station DCE « Les Doux int HZN» à herbier de *Zostera noltei* dans la masse d'eau côtière « FRFC02». (© LIENSs/Duvard, © Cohabys/Aubert, extraits de Sauriau et al. 2015 et de Aubert et al. 2022).

4.10 Le Château d'Oléron (Friches ostréicoles)

Pression : station en zone de friches ostréicoles (anciennes concessions)

Type de station : Station CoEHCo (2021, 2022)

Masse d'eau : FRFC02 Pertuis charentais

Le secteur du Château d'Oléron (île d'Oléron) a été sélectionné pour la présence d'anciennes concessions ostréicoles, appelées friches ostréicoles, en interaction spatiale avec l'herbier de zostère naine. Ce site a donc été choisi afin d'étudier l'impact potentiel de ces friches sur l'herbier de zostère naine à travers la mesure de recouvrement de l'herbier.

La station « Le Château d'Oléron – Friches ostréicoles », est située en bas de la zone médiolittorale au niveau des friches ostréicoles, en zone de platier vaseux parsemé de coursières (Figure 35). L'herbier, assez dense hors du périmètre interne des friches (strate externe, Figure 36A), présente une surface plutôt étendue et de répartition homogène. Les sédiments deviennent plus sableux et presque à nu au sein des friches (strate interne, Figure 36B).

La station est située au sein de la RNN Moëze-Oléron et est très peu fréquentée.



Figure 35 : Vue générale d'une friche ostréicole longée par une coursière, sur le site du Château d'Oléron © Adélaïde Aschenbroich/OFB 2021



Figure 36 : Pose d'un quadrat et acquisition des données de terrain à la station CoEHCo « Château d'Oléron – Fiches ostréicoles ». (A) dans la « strate extérieure » (zone autour de la friche) d'une friche ostréicole (© Euréka Mer 2021), et (B) dans la « strate intérieure » (© Adélaïde Aschenbroich/OFB 2021).

4.11 Le Château d'Oléron (Témoin friches ostréicoles)

Pression : station sans activité anthropique majeure

Type de station : Station CoEHCo (2021, 2022)

Masse d'eau : FRFC02 Pertuis charentais

La station « Le Château d'Oléron – Témoin friches ostréicoles » est une station témoin positionnée sur l'herbier au même niveau bathymétrique que les friches ostréicoles, en bas de la zone médiolittorale, mais hors de leur influence. La station est située en zone de platier vaseux parsemé de coursières. L'herbier est assez dense et étendu dans le secteur. Des zones de creux formant des flaques immergées alternent avec des zones de bosses sur le platier (Figure 37).

La station est située au sein de la RNN Moëze-Oléron et très peu fréquentée. Certains points de la station sont très envasés et difficiles d'accès.



Figure 37 : Prise de vue générale de la station CoEHCo « Le Château d'Oléron – Témoin friches ostréicoles » située au bas du médiolittoral © POS3IDON 2022

4.12 Le Château d'Oléron (pêche à pied)

Pression : station soumise à la pêche à pied de loisir (toute l'année, surtout la coque, *Cerastoderma edule*, et la palourde japonaise, *Ruditapes philippinarum*)

Type de station : Station DCE

Masse d'eau : FRFC02 Pertuis charentais

Cette station se situe en bordure du chenal d'accès au port du Château d'Oléron mais en dehors de l'influence directe des parcs ostréicoles. Aucun mouillage de plaisance se trouve à proximité. Elle se situe en médiolittoral moyen et est fréquentée par les pêcheurs à pied (Aubert *et al.*, 2018).

L'herbier du site est impacté par la pêche à pied de loisir tout au long de l'année et plus fortement sur l'été (Aubert *et al.*, 2022). La station est incluse au sein du gisement classé depuis fin 2022 -Les Lests Mérignan 17.54 - mais sur lequel l'activité professionnelle n'est pas autorisée à ce jour (CDPMEM 17).

Cette station est échantillonnée dans le cadre de la surveillance DCE depuis 2012 (Sauriau *et al.* 2012, 2015, 2017 ; Sauriau et Aubert 2013, 2016 ; Aubert *et al.* 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 - voir références en section 6.1).



Figure 38 : Vues générales sur la station DCE « Le Château d'Oléron int HZN » à herbier de *Zostera noltei* dans la masse d'eau côtière « FRFC02 ». (© Sauriau PG / CNRS © Cohabys/Aubert, extraits de Aubert et al. 2018, 2022).

4.13 Le Château d'Oléron (sans pression)

Pression : station sans activité anthropique majeure

Type de station : Station CoEHCo (2021, 2022)

Masse d'eau : FRFC02 Pertuis charentais

La station « Château d'Oléron sans pression » a été proposée comme site de référence pour la station DCE soumise à pression de pêche à pied « Le Château d'Oléron int HZN » (cf section 4.12 précédente). Elle a été positionnée en médiolittoral moyen, à même niveau bathymétrique que la station de suivi DCE.

Le site se trouve en partie haute de la vasière et de l'herbier. Cette zone de platier est très vaseuse et à topographie variable : bosses, chenaux et creux à flaques (Figure 39). L'herbier présente sur le secteur des recouvrements faibles à moyens mais selon une répartition homogène. La station est située au sein de la RNN Moëze-Oléron. Cette zone n'est pas située pas dans un gisement classé pour la pêche à pied professionnelle, et non autorisée à la pêche professionnelle des bivalves fousseurs (CDPMEM 17).



Figure 39 : Vues générales de la station CoEHCo « Château d'Oléron sans activité anthropique majeure » située en médiolittoral moyen © POS3IDON

4.14 Marennes (Pêche à pied)

Pression : station soumise à la pêche à pied de loisir et professionnelle

Type de station : Station CoEHCo (2021, 2022)

Masse d'eau : FRFC02 Pertuis charentais

La station « Marennes - pêche à pied », est située en bordure du plan d'eau de Marennes au niveau de la pointe de Bonnemort (commune de Bourcefranc-le-Chapus), dans un secteur régulièrement fréquenté par les pêcheurs à pied. Entre 1 et 3 pêcheurs professionnels travailleraient dans ce secteur qui est par ailleurs très fréquenté par la pêche de loisir, surtout en été (CDPMEM 17).

La zone fait l'objet de suivis dans le cadre du réseau de comptage national LITTOREA (suivis de fréquentation) et dans le cadre des observations par le PNMEGMP (suivis de fréquentation et des pratiques de pêches).

Au niveau de la station, l'herbier est d'apparence morcelée et à recouvrements plutôt faibles (Figure 40). La pression de pêche à pied semble plus marquée dans la zone de l'estran plus en aval de la station (davantage de pêcheurs y ont été observés lors des campagnes d'échantillonnage, voir rapports de missions CoEHCo, POS3IDON 2021, 2022). Des traces de pieds et parfois de grattage (outils de pêche à pied) ont été relevées sur certains quadrats dans l'emprise de la station.



Figure 40 : Prises de vues générales de la station CoEHCo « Marennes pêche à pied ». © Eurêka Mer 2022

4.15 Ronce-les-bains (sans pression)

Pression : station sans activité anthropique majeure

Type de station : Station CoEHCo (2021, 2022)

Masse d'eau : FRFC02 Pertuis charentais

La station « Ronce-les-bains sans activité anthropique majeure » a été proposée comme site de référence de la station « Ronce-les-bains mouillage » présentée ci-après (section 4.16). Les deux stations sont situées le long de la plage de Ronce-les-bains (à l'est de la plage de la Cèpe).

L'herbier est d'apparence assez dense au niveau du site échantillonné, de type plutôt sableux (Figure 41). Il reste globalement immergé (en flaques) à marée basse.

Des dépôts de vase étaient visibles sur les feuilles de zostère naine dans certains quadrats ainsi que quelques traces de pieds et de grattage. Bien que non autorisé à la pêche à pied (CDPMEM 17), plusieurs pêcheurs à pied fréquentant le secteur (à proximité de la station) ont été relevés lors des deux campagnes de prélèvement CoEHCo. Quelques rares bateaux au mouillage étaient également présents à proximité.



Figure 41 : Prise de vue générale de la station CoEHCo « Ronce-les-bains sans pression ». © POS3IDON 2022

4.16 Ronce-les bains (Mouillage)

Pression : station soumise à pression liée au mouillage de plaisance

Type de station : Station CoEHCo (2021, 2022)

Masse d'eau : FRFC02 Pertuis charentais

La station « Ronce-les-bains mouillage » est positionnée au sein d'une zone de mouillages groupés réglementée (dite zone de mouillage et d'équipements légers ou ZMEL, Figure 42). Elle est située le long de la plage de Ronce-les-Bains, à environ 500 mètres à l'Est de la station de référence « Ronce-les-bains sans activité anthropique majeure » (section 4.15).

L'herbier de la zone est soumis à diverses pressions liées à l'activité de mouillage : le ragage par les dispositifs de mouillage (chaîne, aussières), le dépôt des bateaux à marée basse, mais aussi le déplacement des véhicules d'entretien (tracteurs, remorques) et de mise à l'eau/retrait des bateaux, ainsi que le piétinement lié à la fréquentation de la zone par les plaisanciers et autres promeneurs. Il est à noter que très nombreuses traces de roues quadrillent la zone de mouillage et sont d'ailleurs observables sur orthophotographies. D'autre part, l'herbier est également impacté par les activités de pêche à pied de loisir (traces de pas et d'outils de grattage des pêcheurs).

Dans le cadre du projet PLAIZPARC⁷ (PLAissance et Zostère dans le PARC), des dispositifs de mouillages dits « innovants » ont été élaborés afin de limiter les effets négatifs sur les herbiers de

⁷ <https://plan-gestion.parc-marin-gironde-pertuis.fr/action/170>

zostère naine. Dans ces dispositifs, la chaîne responsable du ragage des fonds a été remplacée par une ligne en textile moins abrasive. Lors de la saison d'ouverture 2022 de la ZMEL de Ronce-les-bains, plusieurs points de mouillages anciennement équipés par des lignes traditionnelles ont été remplacés par des lignes textiles, et d'autres ont été supprimés (Figure 43).



Figure 42 : Vue générale de la station CoEHCo « Ronce-les-bains Mouillage » © POS3IDON 2022



Figure 43 : Vue générale des zones d'herbier à zostère naine échantillonnées dans l'aire d'influence de mouillages classiques (à gauche) et innovant (à droite) sur la station CoEHCo de « Ronce-les-bains Mouillage ». © POS3IDON 2022

4.17 Bonne Anse (Pêche à pied)

Pression : station possiblement soumise à la pêche à pied, car à proximité immédiate d'une zone de pêche active de la palourde

Type de station : Station DCE

Masse d'eau : FRFT09 Estuaire Gironde Aval

Cette station est située à l'embouchure de l'estuaire de la Gironde au sein d'un herbier protégé par la formation en « crochet » de Bonne Anse⁸. Cette zone se situe à proximité mais pas au sein du gisement classé pour la pêche professionnelle, et est non autorisée à la pêche professionnelle des bivalves fouisseurs (CDPMEM 17).

Cette station est échantillonnée dans le cadre de la surveillance DCE depuis 2019 (Aubert et Sauriau 2018 ; Aubert *et al.* 2020, 2021, 2022 - voir références en section 6.1).



Figure 44 : Vues générales sur la station DCE « Bonne Anse int HZN » à herbier de *Zostera noltei* dans la masse d'eau de transition « FRFT09 ». (© Cohabys/Aubert, extraits de Aubert *et al.* 2022).

⁸ Formation liée à la dérive littorale, un courant entraînant dans son sillage les produits de l'érosion qu'il a causé plus au nord, engendrant des transports de sable et sédiments vers le sud

5 Résultats & Interprétation

En Annexe : Planches résultats par station et par année (2021, 2022)

5.1 État écologique des herbiers

Objectif : Évaluer l'état écologique des herbiers à l'échelle des secteurs leur variabilité inter-stations, à l'échelle des masses d'eau DCE et à l'échelle du Parc, sur la base de l'indicateur DCE Angiospermes « modifié ».

5.1.1 Indicateur Angiospermes modifié en 2021 et 2022

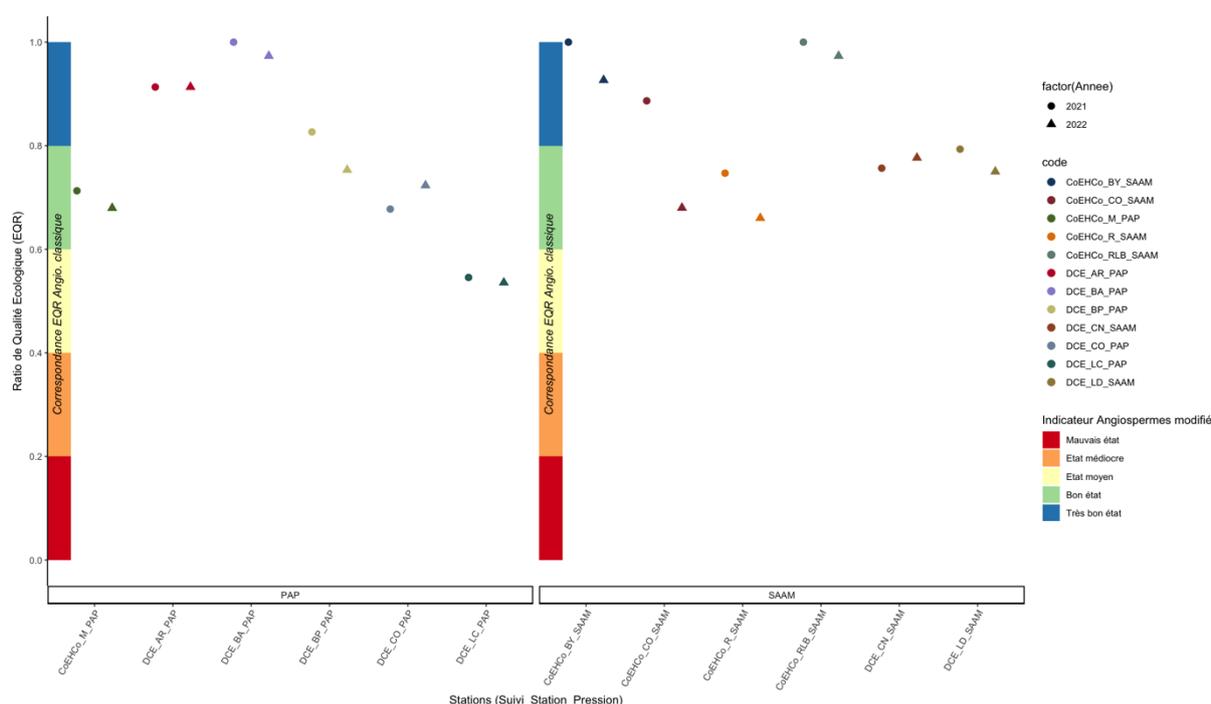


Figure 45: État écologique des herbiers à l'échelle des stations, calculé sur la base de l'indicateur Angiospermes « modifié », pour les stations DCE et CoEHCo dans l'enceinte du PNM EGMP, pour les années 2021 et 2022. Les pressions auxquelles sont soumises les différentes stations sont indiquées : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole. Liste des stations : AR = Ars en Ré, BA = Bonne Anse, BP = Bellevue-Perrotine, BY = Baie d'Yves, CN = Charge Neuve ; CO = Château d'Oléron ; LC = Lay-Crochon, M = Marennes, R = Rivedoux, RLB = Ronce-les-Bains. Recommandation : Le présent rapport propose d'appliquer la démarche exploratoire évaluative des herbiers de zostère naine élaborée dans le cadre du projet CoEHCo. Les états écologiques définis ici devraient, en complément d'autres données, être soumis à l'avis d'un comité d'experts pour conclure à une évaluation finale pour le tableau de bord du Parc.

L'indicateur « Angiospermes modifié » à l'échelle des stations « sans activité anthropique majeure » et « pêche à pied » (Figure 45), présente des valeurs presque toutes classées en « bon » et « très bon » état écologique pour les années 2021 et 2022, à l'exception de la station DCE « Lay Crochon » (DCE_LC_PAP) classé en état « moyen » sur les deux années. Ces valeurs calculées par station sont applicables à l'échelle des secteurs, sauf pour le secteur « Les Doux » où les résultats des deux stations (DCE_LD_SAAM, CoEHCo_CO_SAAM) doivent être moyennés pour obtenir cette échelle

d'évaluation. L'EQR angiosperme modifié pour ce secteur est de 0,83 pour 2021 et 0,7 pour 2022, qualifiant l'herbier du secteur en état « très bon » et « bon » sur ces deux années respectives.

5.1.2 Évolution de l'indicateur « Angiospermes modifié » de 2011 à 2022

La Figure 46 présente l'évolution sur la période 2011-2022 de l'indicateur « Angiospermes modifié » et des EQR « Abondance » et « extension modifiée », à l'échelle des différents secteurs regroupés par zones géographiques. Les stations « Mouillage » ont été retirées de l'analyse, elles font l'objet d'une évaluation propre (cf. section 5.3.2).

Sur cette figure, les valeurs de l'indicateur angiosperme modifié ont été traduites en « état écologique » d'après les seuils définis dans Auby *et al.* 2018 (Tableau 8), néanmoins les « états » ainsi définis ne constituent pas à ce stade un résultat définitif pour le tableau de bord du Parc.

5.1.2.1 Estuaire du Lay et Ile de Ré :

- ▶ **Station Lay-Crochon « pêche à pied »** : L'indicateur Angiospermes modifié est relativement élevé et montre des variations liées à celles de la métrique « Abondance » jusqu'en 2019. Aubert *et al.* (2014, 2021) suggèrent que les variations de taux de recouvrement au niveau de cette station sont liées aux dynamiques sédimentaire (ensablement, envasement) alternantes. L'année 2020 est caractérisée par une chute de l'EQR « Extension modifiée » qui est responsable de la diminution de l'indicateur modifié classé en état « moyen ».
- ▶ **Station Ars en Ré « pêche à pied »** : L'indicateur Angiospermes modifié est relativement élevé mais variable, avec des chutes notables en 2014 et 2018, en lien semble-t-il avec la décroissance de l'EQR « extension ».
- ▶ **Station Charge Neuve « sans activité anthropique majeure »** : L'indicateur Angiospermes modifié oscille entre un état « très bon » et « bon » sur la période considérée (2011-2022). L'EQR « Extension modifiée » décroît fortement en 2018 expliquant la diminution de l'indicateur.
- ▶ **Station Rivedoux, « sans activité anthropique majeure »** : L'indicateur Angiospermes modifié est relativement élevé et qualifié de « bon » sur la période considérée (2011-2022). L'EQR « Extension modifiée » est très faible sur ces deux années.

5.1.2.2 Ile d'Oléron :

- ▶ **Station Les Doux « sans activité anthropique majeure »** : L'indicateur Angiospermes modifié oscille entre un état « très bon » et « bon » sur la période considérée (2011-2022). Une décroissance est en cours depuis 2018 en lien avec l'abondance ainsi que l'extension qui a régressé depuis 2020.
- ▶ **Station Château d'Oléron, pression « Pêche à Pied » (DCE)** : L'indicateur Angiospermes modifié oscille entre un état « très bon » et « moyen » sur la période considérée (2011-2022).

Une tendance générale à la décroissance est visible en lien avec l'EQR « Abondance » qui diminue graduellement. En 2018 particulièrement, la dégradation de l'indicateur en 2018 est due à la l'état « mauvais » de l'EQR « Abondance » mais également à la diminution de l'EQR « Extension » en 2018.

- ▶ **Station Bellevue-Perrotine « pêche à pied »** : L'indicateur Angiospermes modifié oscille entre un état « très bon » et « moyen » sur la période considérée (2011-2022). L'EQR « Abondance » est caractérisée par une variabilité élevée sur cette période, qui impacte relativement peu l'indicateur.
- ▶ **Station Château d'Oléron, « témoin friches ostréicoles »** : L'indicateur Angiospermes modifié oscille entre un état « très bon » et sur la période considérée (2021-2022), relativement peu impacté par la diminution de l'EQR « Abondance » qui passe de 1 à 0,4.
- ▶ **Station Château d'Oléron, pression « Friche conchylicole »** : L'indicateur Angiospermes modifié oscille entre un état « très bon » et « bon » sur la période considérée (2021-2022). L'EQR « Abondance » passe de 1 à un peu moins de 0,5.
- ▶ **Station Château d'Oléron, « sans activité anthropique majeure »** : L'indicateur Angiospermes modifié oscille entre un état « très bon » et « bon » sur la période considérée (2021-2022), relativement peu impacté par la diminution de l'EQR « Abondance » qui passe de 1 à 0,4.

5.1.2.3 Baie d'Yves, Marennes, Ronce-les-Bains et Bonne Anse :

- ▶ **Station Baie d'Yves « sans activité anthropique majeure »** : L'indicateur Angiospermes modifié est qualifié de « très bon » et « bon » sur la période considérée (2021-2022), avec une diminution sensible de l'abondance en 2022.
- ▶ **Station Marennes, pression « pêche à pied »** : L'indicateur Angiospermes modifié est classé en état « bon » sur la période considérée mais décroît (2021-2022). En lien avec l'EQR « Abondance ». L'EQR « Extension » est particulièrement faible en 2021-2022.
- ▶ **Station Ronce-les-Bains, « sans activité anthropique majeure »** : L'indicateur Angiospermes modifié est classé en état « très bon » sur la période considérée (2021-2022) mais décroît en lien avec l'EQR « abondance » en 2022.
- ▶ **Station Bonne Anse, pression « pêche à pied »** : L'indicateur Angiospermes modifié est classé en état « très bon » sur la période considérée (2021-2022).

5.2 Dynamique spatio-temporelle des herbiers en lien avec les variables explicatives

Objectif : Lier la dynamique spatio-temporelle des herbiers aux variables explicatives considérées (granulométrie, matière organique, biomasses macro-algues, pressions anthropiques).

Remarque : Le protocole visant à évaluer la pression de mouillage ayant évolué en 2022, ainsi que les stations échantillonnées, les stations concernées ont été retirées des analyses statistiques suivantes.

5.2.1 Dynamique spatio-temporelle du taux de recouvrement

La dynamique des herbiers a été analysée au travers des taux de recouvrement des feuilles de zostère naine. Ces derniers sont présentés sur la figure suivante (Figure 47) :

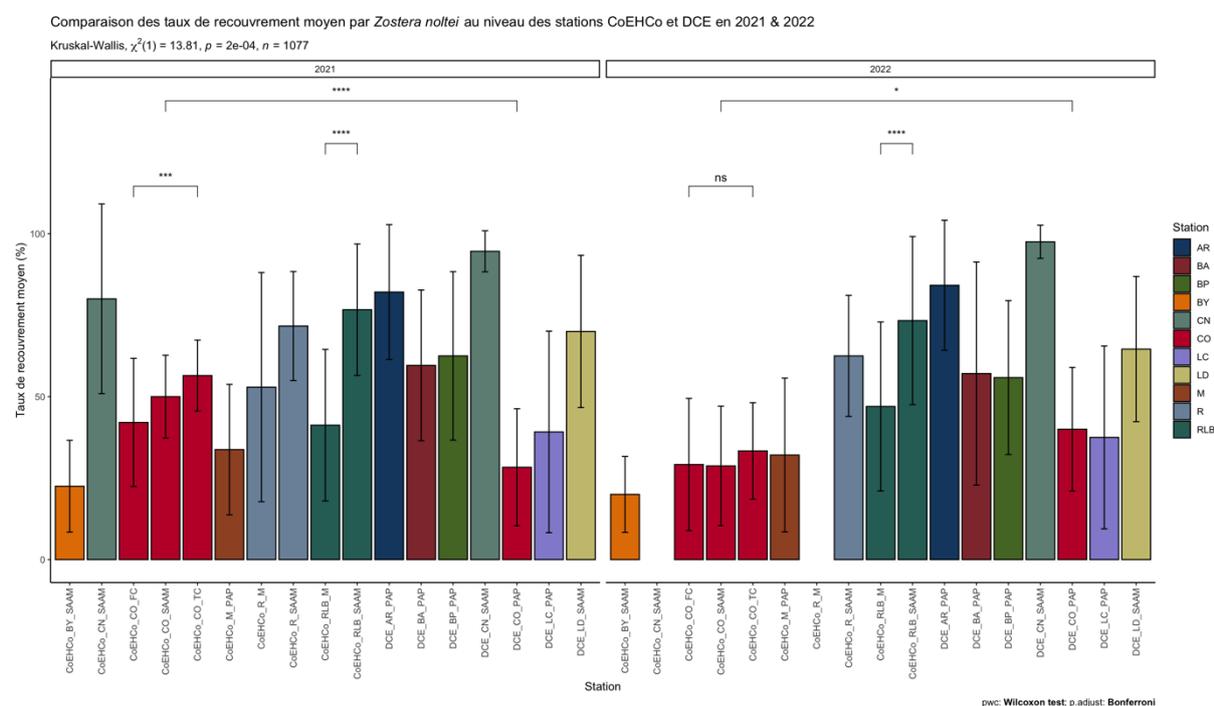


Figure 47 : Histogramme représentant les taux de recouvrement moyens de l'herbier de zostère naine par station (calculés à partir de la moyenne des médianes de classe de chaque quadrat), +/- écart type. Liste des stations : AR = Ars en Ré, BA = Bonne Anse, BP = Bellevue-Perrotine, BY = Baie d'Yves, CN = Charge Neuve ; CO = Château d'Oléron ; LC = Lay-Crochon, M = Marennes, R = Rivedoux, RLB = Ronce-les-Bains. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole.

A l'échelle du PNMEGMP, une différence significative des taux de recouvrement est observée entre les années 2021 et 2022 (Test de Wilcoxon apparié, p-value <0,001, taille d'effet $r = 0.196$, $n=450$) lorsque l'on considère l'ensemble des stations échantillonnées aux 2 années (CoEHCo et DCE, stations CoEHCo_CN_M et CoEHCo_R_M retirées car non répétées). Cette situation est due aux stations échantillonnées à Château d'Oléron, dont les taux de recouvrement diminuent nettement 2022. Lorsque les stations échantillonnées à Château d'Oléron sont retirées de l'analyse, la différence

entre les années n'est plus significative (Test de Wilcoxon apparié, p-value = 0,113, taille d'effet r = 0.090, n=300).

Une différence significative apparaissait en 2021 entre les stations friches conchylicoles et témoin conchylicole, cette dernière présentant un taux de recouvrement moyen supérieure (Figure 47: CoEHCo_CO_FC et CoEHCo_CO_TC). Si cette tendance reste vraie en 2022, la différence n'est plus significative. En 2021, une différence significative apparaissait également pour la station DCE-Château d'Oléron (soumise à la pêche à pied), caractérisée par un taux de recouvrement moyen inférieure à celui de la station Château d'Oléron sans pression anthropique majeure (Figure 47: DCE-CO-PAP et CoEHCo-CO-SAAM). Une différence significative existe également en 2022, mais inversée, avec un taux de recouvrement de recouvrement supérieur à Château d'Oléron pêche à pied. Enfin, concernant la pression mouillage, la station témoin de Ronces-les-Bains (sans activité anthropique majeure) est caractérisée en 2021 et 2022 par un taux de recouvrement moyen supérieur aux stations soumises à l'activité mouillage(Figure 47: CoEHCo-RLB-M et CoEHCo-RLB-SAAM).

5.2.2 Granulométrie

Les profils granulométriques des différentes stations apparaissent sur la figure suivante (Figure 48) :

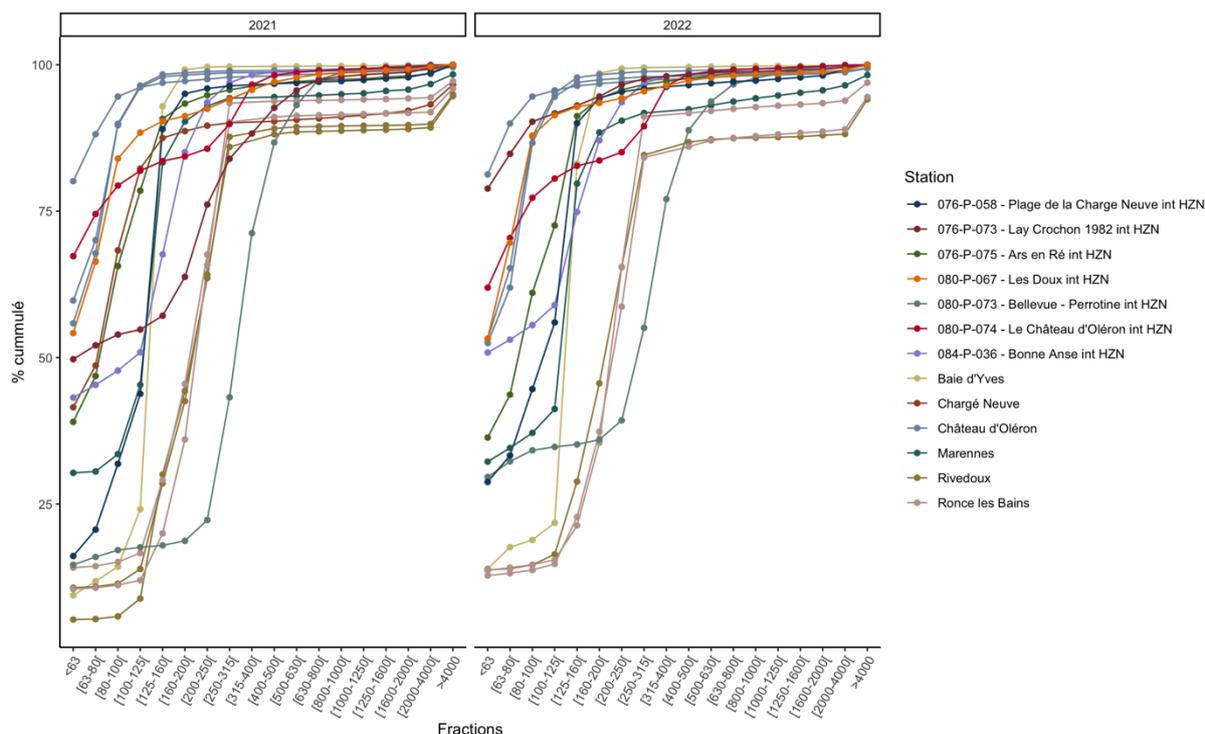


Figure 48: Pourcentage cumulé des différentes fractions granulométriques (μm) pour l'ensemble des stations échantillonnées (DCE, CoEHCo).

Les **profils granulométriques** des stations CoEHCo et DCE présentent des caractéristiques proches entre 2021 et 2022, à l'exception de la station Lay-Crochon. Cette station estuarienne est caractérisée par une teneur en fine d'environ 40% en 2021, et des sables moyens pour environ 50%. En 2022, le pourcentage de particules fines passe à 75%, suivi de sables très fins à fins.

Les stations de Château d'Oléron présentent les plus grosses proportions de fines (fraction <63 µm), suivies de sables très fins. Les stations de Bonne Anse et Charge Neuve présentent des profils intermédiaires, avec moins de fines (<63µm) et des sables très fins (63-125µm) à fins (125-250µm). Les stations de Ronce-les Bains et Rivedoux présentent des profils avec peu de fines, une absence de sable très fins et une forte proportion de sables fins. La station Bellevue-Perrotine présente un profil avec environ 30% de fines, suivie par une teneur élevée en sables moyens. Enfin, la station Baie d'Yves est caractérisée en quasi-totalité par des sables très fins.

Cette hétérogénéité peut être également analysée au travers d'un histogramme cumulé des fractions granulométriques pour les différentes stations (Figure 49).

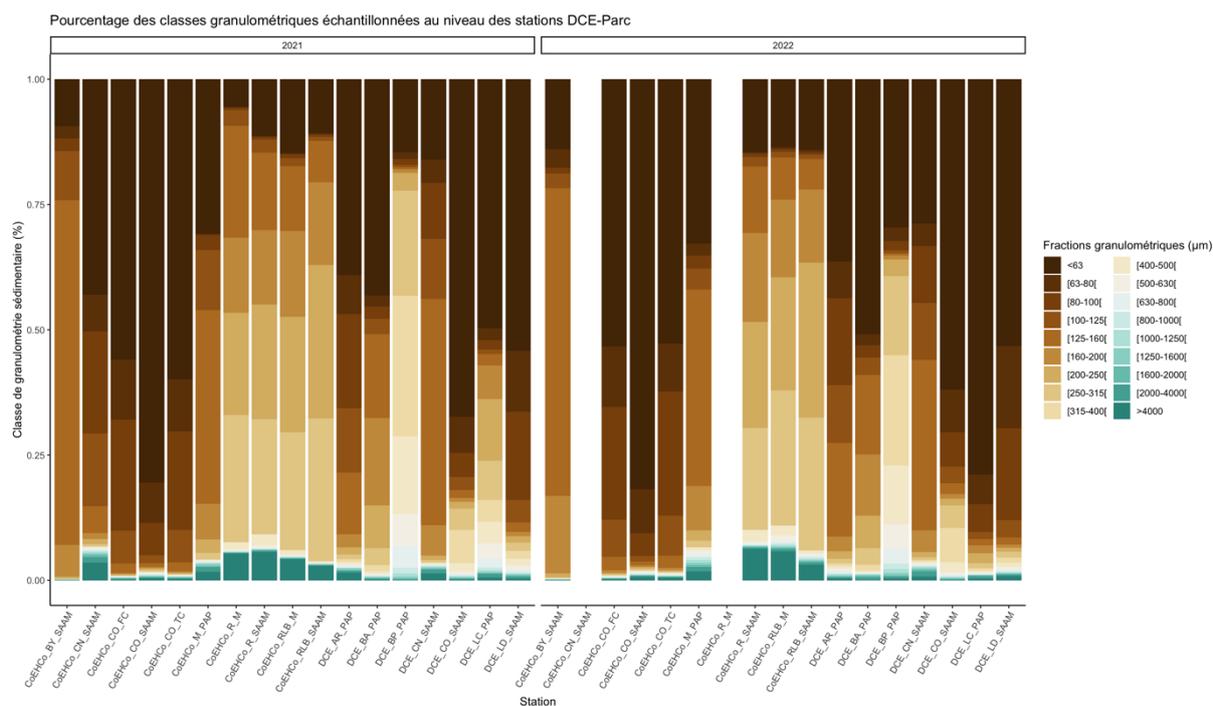


Figure 49 : Pourcentage relatif des différentes fractions granulométriques observées en 2021 et 2022 sur les stations échantillonnées dans le cadre du projet CoEHCo et de la DCE. Liste des stations : AR = Ars en Ré, BA = Bonne Anse, BP = Bellevue-Perrotine, BY = Baie d'Yves, CN = Charge Neuve ; CO = Château d'Oléron ; LC = Lay-Crochon, M = Marennes, R = Rivedoux, RLB = Ronce-les-Bains. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole.

La teneur en matière organique (MO) apporte également des informations intéressantes quant à la caractérisation du sédiment des différentes stations (Figure 50). La station estuarienne « Lay Crochon » est caractérisée par la plus forte teneur en MO, à l'inverse les stations « Baie d'Yves » et « Ronce-les-Bains » sont caractérisées par les plus faibles teneurs en MO.

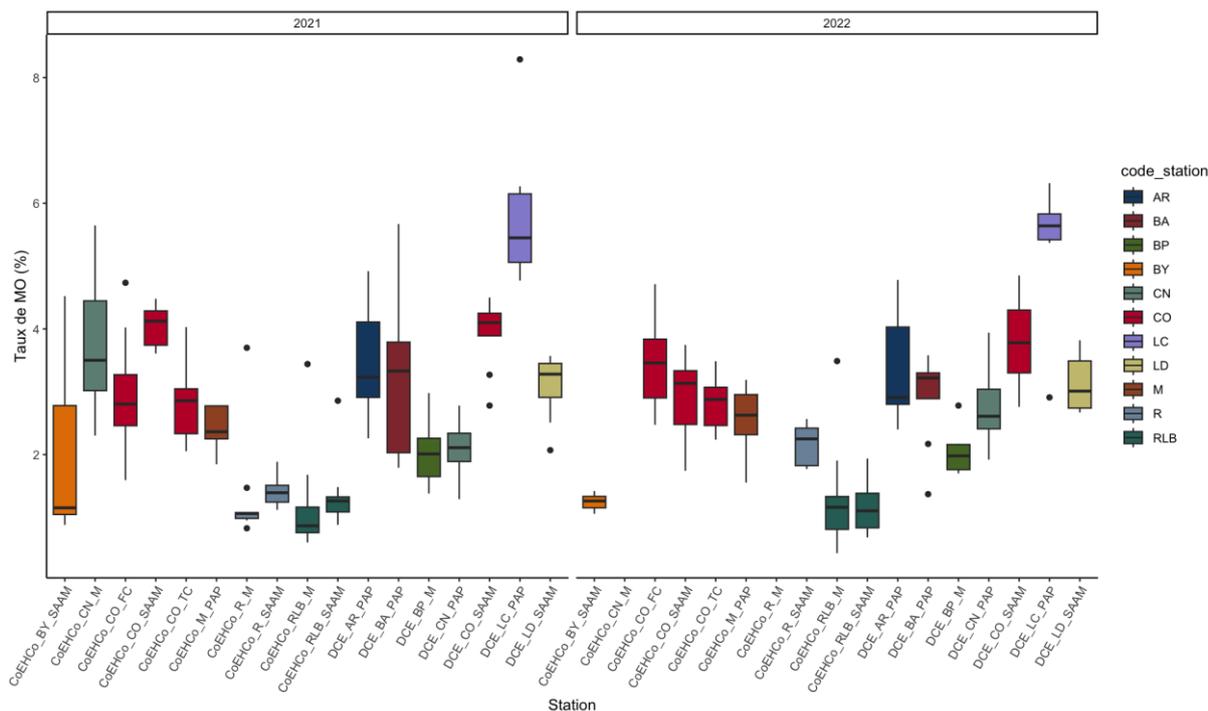


Figure 50 : Boîtes à moustache relatives aux pourcentages de matière organique (MO) au niveau des stations DCE et CoEHCo (les boîtes à moustache présentent un rectangle allant du premier quartile au troisième quartile et coupé par la médiane. Les segments aux extrémités mènent jusqu'aux valeurs extrêmes, avec certains points considérés comme aberrants qui sont représentés individuellement). Liste des stations : AR = Ars en Ré, BA = Bonne Anse, BP = Bellevue-Perrotine, BY = Baie d'Yves, CN = Charge Neuve ; CO = Château d'Oléron ; LC = Lay-Crochon, M = Marennes, R = Rivedoux, RLB = Ronce-les-Bains. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole.

5.2.3 Macroalgues

La **biomasse de macroalgues** est représentée pour les stations CoEHCo et DCE en 2021 et 2022, séparée par type (algues vertes/rouges/brunes), sur la Figure 51. La biomasse des algues brunes est très faible pour les 2 années. Les algues rouges sont les plus représentées. En 2021, c'est la station Ronce-les-Bains mouillage qui est caractérisée par la biomasse la plus élevée (8 g.m⁻²), suivie par Bonne Anse. En 2022, la station Bonne Anse est caractérisée par une biomasse en algues rouges bien plus élevée que les autres stations (40g.m⁻²).

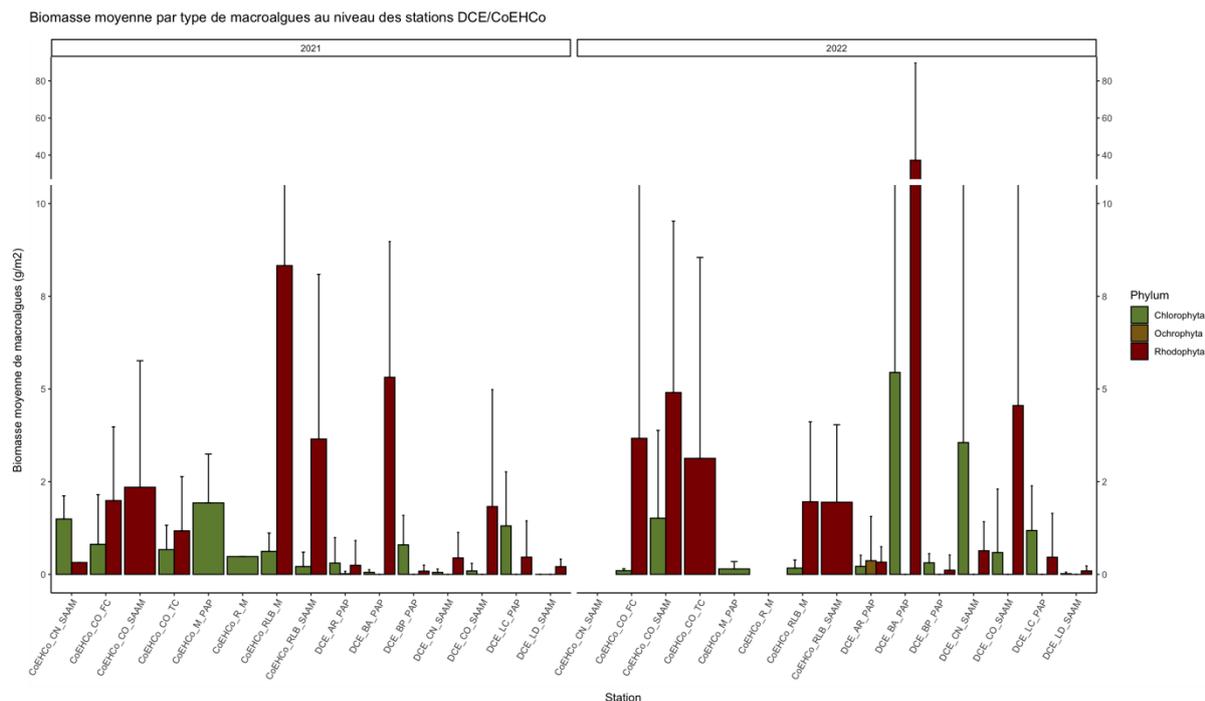


Figure 51 : Biomasse moyenne par type de macroalgues au niveau des stations DCE et CoEHC. Les couleurs caractérisent les phylums de macroalgues (Chlorophytes = vert, Ochrophytes = brun, Rhodophytes = rouges). Liste des stations : LC = Lay-Crochon ; AR = Ars en Ré ; CN = Charge Neuve ; CO = Château d'Oléron ; R = Rivedoux ; BY = Baie d'Yves ; RLB = Ronce-les-Bains ; BA = Bonne Anse ; M = Marennes. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoins/Friche conchylicole.

Une autre information intéressante est le **pourcentage d'occurrence des différents types d'algues** au niveau des quadrats (Figure 52). Sur l'ensemble des stations, les algues brunes ne sont représentées qu'au niveau de la station DCE Ars en Ré pour les années 2021 et 2022. Le % d'occurrence des différents types d'algues permet de constater que, bien que les algues rouges dominent en termes de biomasse, les algues vertes dominent en termes d'occurrence donc sont observées plus fréquemment. On n'observe pas de relation triviale entre la présence d'algues rouges et d'algues vertes.

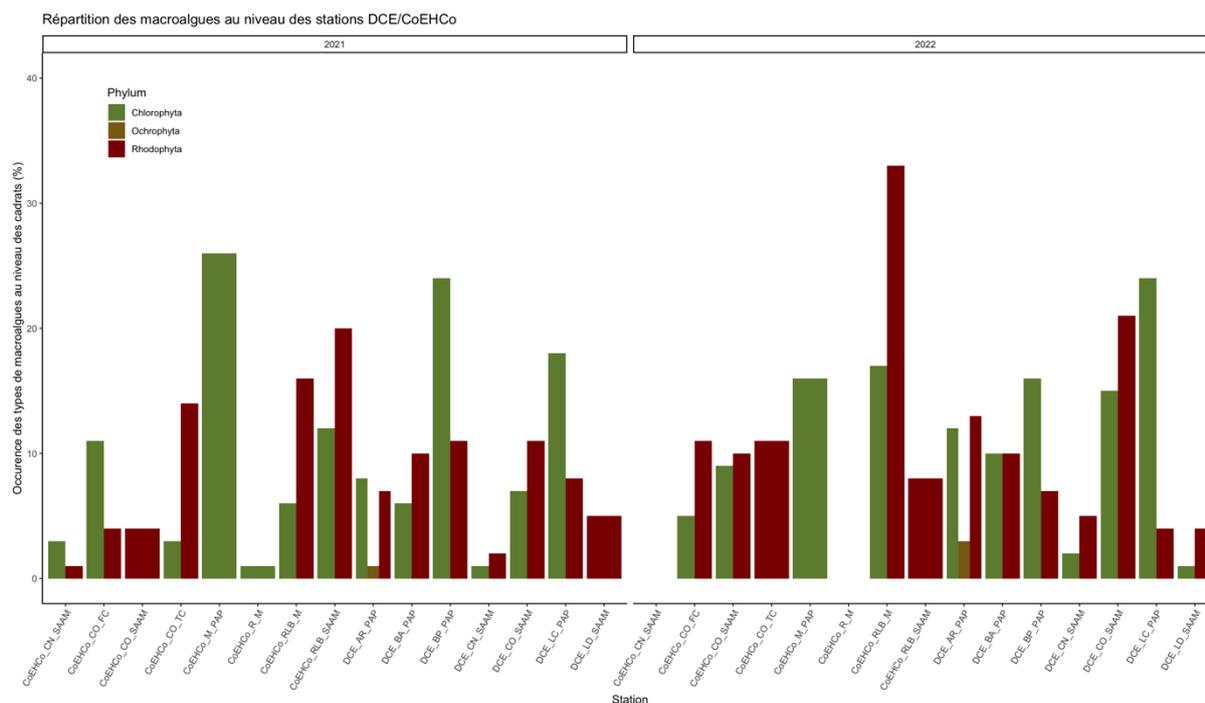


Figure 52 : Pourcentage de couverture macroalgale au niveau des stations. Les couleurs caractérisent les phylums de macroalgues présents (Rhodophytes = en rouge, Chlorophytes = en vert, Ochrophytes = en marron). Liste des stations : AR = Ars en Ré, BA = Bonne Anse, BP = Bellevue-Perrotine, BY = Baie d'Yves, CN = Charge Neuve ; CO = Château d'Oléron ; LC = Lay-Crochon, M = Marennes, R = Rivedoux, RLB = Ronce-les-Bains. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole.

5.2.4 Variables explicatives

Afin de lier la dynamique spatio-temporelle des herbiers aux variables explicatives considérées, une approche exploratoire a été privilégiée. Au regard du type de données (catégorielles, quantitatives, temporelles) et du caractère non-balancé des effectifs de station par pression ou des réplicats de mesure selon la variable choisie, l'analyse exploratoire multidimensionnelle en fouille de données est apparue comme étant le meilleur compromis. Une matrice de données a été construite pour réaliser une Analyse en Composantes Principales (ACP). Cette dernière contient les variables suivantes :

- ▶ Année
- ▶ Suivi/Station/Pression
- ▶ Taux de recouvrement
- ▶ Pourcentage de fines (fraction du sédiment <63 micromètres). *NB : La matière organique n'a pas été considérée dans l'analyse car elle est corrélée au pourcentage de fines ($R=0,67$, $p=3,5.10^9$).*
- ▶ Biomasse macroalgale

L'ACP a été réalisée sur l'ensemble des stations CoEHC0 et DCE entre 2011 et 2022 (Figure 53).

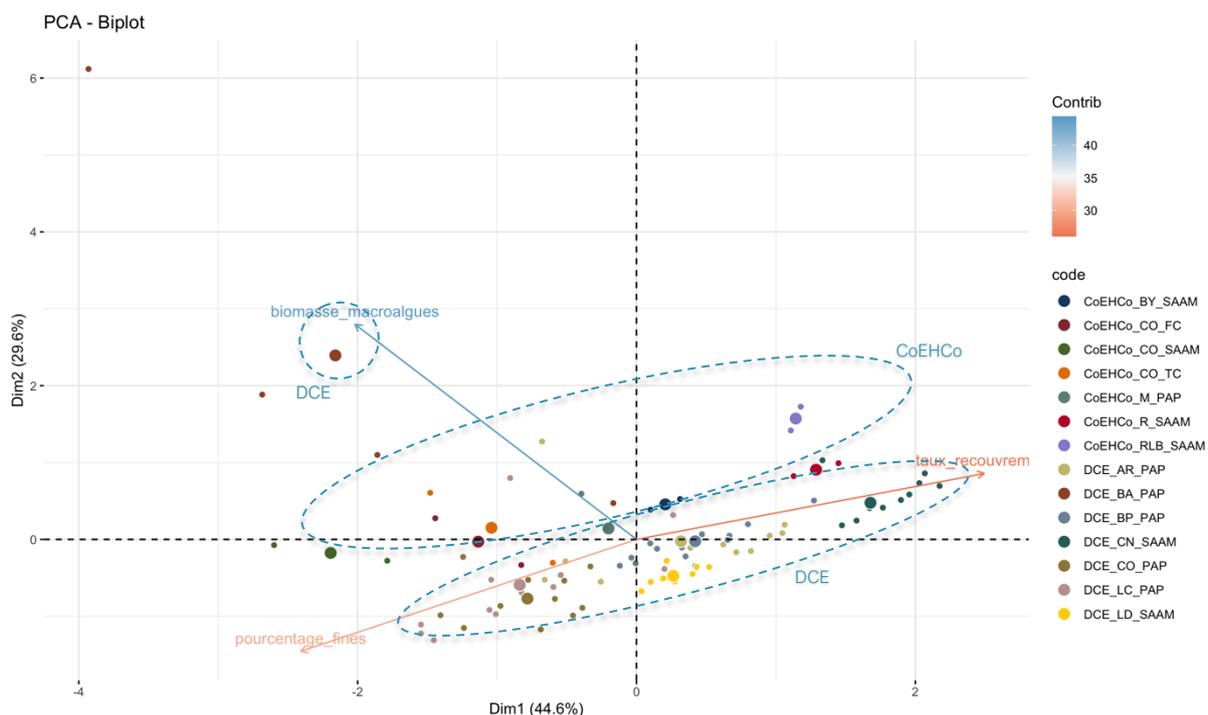


Figure 53 : Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur les données des stations échantillonnées dans le cadre de la DCE et du projet CoEHCo, des années 2011 à 2022. Les variables considérées sont le taux de recouvrement, le pourcentage de fines, la biomasse de macroalgues. Liste des stations : AR = Ars en Ré, BA = Bonne Anse, BP = Bellevue-Perrotine, BY = Baie d'Yves, CN = Charge Neuve ; CO = Château d'Oléron ; LC = Lay-Crochon, M = Marennes, R = Rivedoux, RLB = Ronce-les-Bains. Liste des pressions : SAAM = Sans activité anthropique majeure ; PAP = Pêche à pied ; FC/TC = Témoin/Friche conchylicole.

Les deux premiers axes expliquent 74,2% de la variabilité du jeu de données, ce qui est satisfaisant pour ce type d'analyse. L'axe 1 explique 44,6% de la variabilité, et est clairement lié au pourcentage de fines (fraction <63 micromètres) ainsi qu'au taux de recouvrement, qui sont anti-corrélés. Ainsi, le taux de recouvrement est inversement corrélé au pourcentage de fines, et les stations se répartissent en fonction de cet axe.

L'axe 2, expliquant 29,6% de la variabilité, est lié à la biomasse macro-algale. A noter pour la biomasse macroalgale que la station Bonne Anse est caractérisée par des valeurs largement supérieures aux autres stations pour les deux années.

On observe une séparation entre les stations échantillonnées dans le cadre de CoEHCo et de la DCE. Les stations DCE sont toutes caractérisées – à l'exception de la station Bonne Anse – par une biomasse macroalgale inférieure aux stations CoEHCo. Ce résultat pourrait résulter d'un biais inter-opérateurs. Les macroalgues prélevées au niveau des stations CoEHCo sont exclusivement celles considérées « attachées » aux sédiments et non « en dépôt ». Il pourrait être intéressant d'effectuer un test d'inter-calibration entre les opérateurs CoEHCo et DCE.

La même ACP peut être visualisée sous l'angle des pressions auxquelles sont soumises les stations (à l'exception de la pression mouillage dont les résultats sont traités par ailleurs, Figure 54). Les stations

sans activité anthropique majeure sont distribuées en fonction des variables taux de recouvrement et pourcentage de fines. Les stations soumises à une pression de pêche à pied se distribuent également le long de cet axe, mais quelques stations se distribuent selon la variable biomasse algale. Les stations « friches conchylicoles » et « témoin conchylicole » se distinguent en fonction de la biomasse macroalgale également.

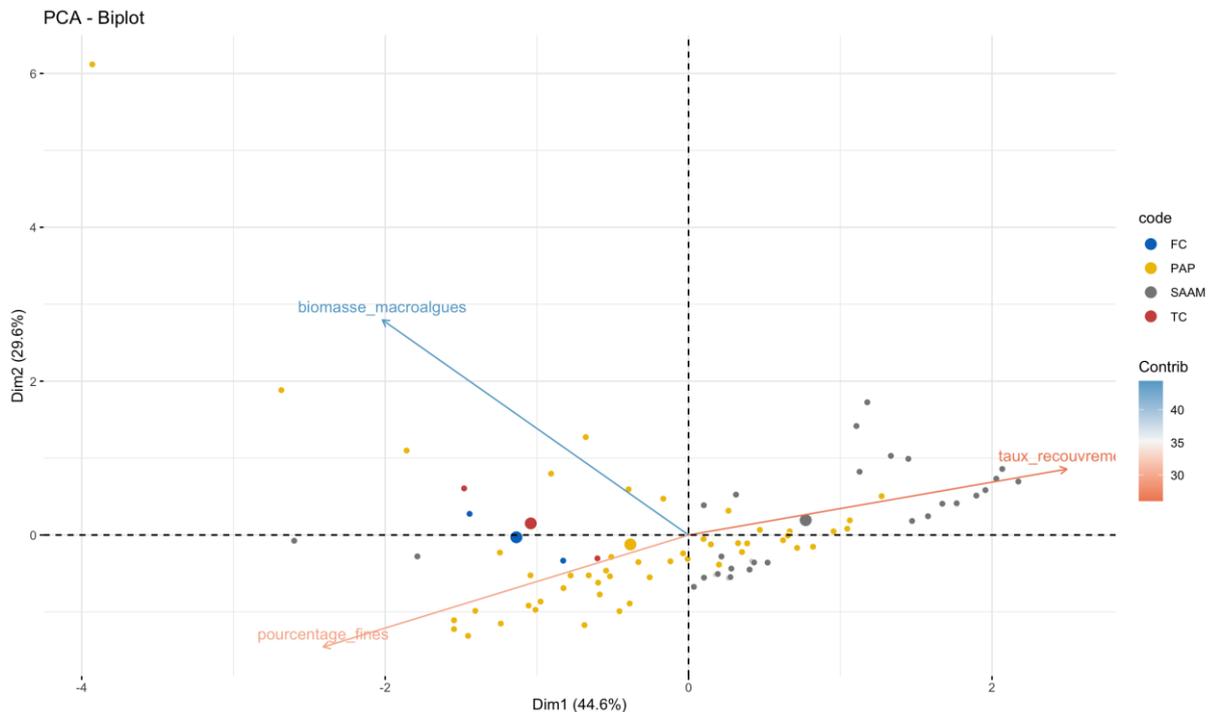


Figure 54 : Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur les données des stations échantillonnées dans le cadre de la DCE et du projet CoEHCo, des années 2011 à 2022. Les variables considérées sont le taux de recouvrement, la matière organique, le pourcentage de fines, la biomasse de macroalgues. Les codes représentent les activités : FC = Friches conchylicoles ; TC = Témoin conchylicole ; PAP = Pêche à Pied ; SAAM = Sans Activité Anthropique Majeure).

Les points apparaissant en plus gros, correspondant au barycentre des nuages de points associés aux différentes conditions, se répartissent principalement le long de la première dimension (axe des abscisse) de l'ACP, et dans une moindre mesure de la deuxième dimension (axe des ordonnées). Les stations « SAAM », dont le point barycentre est le plus à droite sur l'ACP, sont caractérisées par les plus hauts taux de recouvrement, suivies par les stations « PAP » et enfin les stations « FC » et « TC », dont le point barycentre est le plus à gauche sur l'ACP. Cette analyse exploratoire suggère donc un gradient des taux de recouvrement des herbiers SAAM > PAP > FC/TC. A noter que ces dernières stations sont caractérisées par un niveau bathymétrique plus faible qui n'est pas pris en compte ici. Ce gradient est inversé en ce qui concerne le pourcentage de fines (FC/TC > PAP > SAAM), et on retrouve ce gradient dans une moindre mesure pour la biomasse macroalgale.

Remarque : Les stations CoEHCo Château d'Oléron (CoEHCo_CO_SAAM, CoEHCo_CO_TC, CoEHCo_CO_FC) sont les seules voyant leur taux de recouvrement diminuer significativement, sans que la biomasse algale, le pourcentage de fines ou encore une pression quelconque puissent expliquer ce phénomène. Lors des échantillonnages, la texture du sédiment était néanmoins différente, avec un sédiment beaucoup plus praticable. Il est donc probable que les variations du taux de recouvrement

soient imputables à des variations météorologiques (soleil, vent, etc.), dans la mesure où on n'observe pas de variations granulométriques interannuelles.

5.3 Comparaison des résultats selon les pressions exercées

5.3.1 Analyse des herbiers à *Zostera noltei* soumis à différents contextes anthropiques

Une première approche consiste à comparer les taux de recouvrement des herbiers soumis à différentes pressions. Pour ce faire, un test du χ^2 d'homogénéité a été réalisé sur l'ensemble des stations regroupées par pression, afin de répondre à la question suivante : la proportion relative des différentes classes de recouvrement observées est-elle homogène entre les groupes de stations ? (Figure 55; stations groupées par type de pression).

Les résultats montrent que de façon générale, existe une différence significative dans la distribution des taux de recouvrement observés entre les stations soumises ou non à une pression ($\chi^2 = 65,471$, $df = 15$, $p\text{-value} < 0,001$), avec une plus forte proportion des taux de recouvrement supérieur au niveau des stations sans pressions (figure 54).

Spécifiquement, les stations soumises à pression liée au « Mouillage » sont caractérisées par une surreprésentation de la classe de recouvrement « 0 » en 2021, à l'inverse des stations « sans activité anthropique majeure » pour lesquelles cette classe n'est jamais observée. Ce constat peut clairement être lié aux conséquences du ragage qui, par le frottement de la chaîne, peut littéralement décaper l'herbier localement. La classe de recouvrement « 0-0,25 » est surreprésentée au niveau des stations « Pêche à pied ». La classe « 0,25-0,5 » est surreprésentée au niveau de la station « Fiches », et sous-représentée pour la pression « Mouillage ». Enfin, la classe de recouvrement « 0,75-1 » est sous-représentée pour les pressions « Fiches » et « Pêche à pied », tandis qu'elle est surreprésentée pour les stations « sans activité anthropique majeure ».

En 2022, la classe de recouvrement « 0 » est surreprésentée pour les stations soumises à la pêche à pied. La classe de recouvrement « 0-0,25 » est surreprésentée au niveau de la pression « Friche conchylicole ». La classe de recouvrement « 0,75-1 » est sous-représentée pour les stations « Friche conchylicole ». Enfin, pour la classe de recouvrement « 1 », on observe une sous-représentation au niveau des pressions « Friche conchylicole » et « Mouillage », ainsi qu'une surreprésentation au niveau des stations « Sans activité anthropique majeure ».

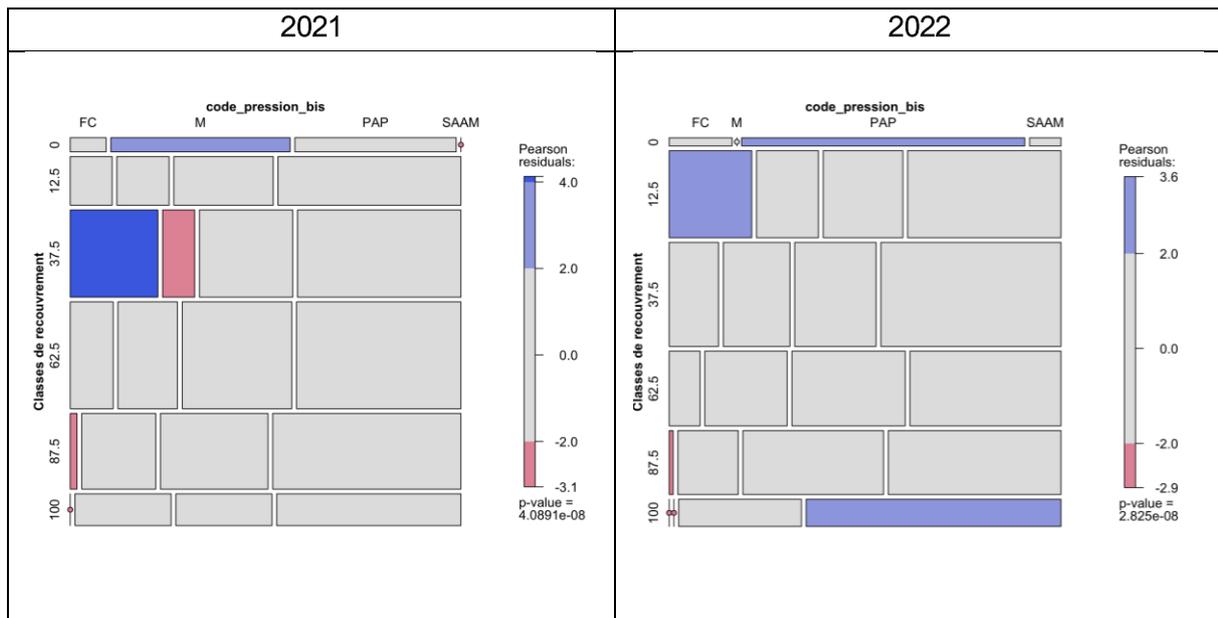


Figure 55 : Graphique en mosaïque, représentant les classes de recouvrement (médiane de chaque classe) en fonction des types d'activité. Les p-value associées au test du χ^2 d'homogénéité, et résidus associés sont présentés (barre de droite). En ligne, la hauteur des dalles est proportionnelle au nombre total de quadrats caractérisés par classe de recouvrement, toutes stations confondues. En colonne, la largeur des dalles de la mosaïque est proportionnelle au nombre de quadrats caractérisés par chacune des classes de recouvrement selon le type de pression (FC : friche conchylicole, M : mouillage, PAP : pêche à pied, SAAM : sans activité anthropique majeure). La couleur bleue correspond à des résidus positifs significatifs d'après le test Pearson, tandis que la couleur rose correspond à des résidus négatifs significatifs.

Explication du diagramme en mosaïque

Un diagramme en mosaïque à deux dimensions est une visualisation d'un tableau de contingence. Le graphique symbolise les effectifs d'un tableau de contingence, par une mosaïque dont la surface des dalles est proportionnelle aux effectifs des cellules du tableau. La largeur des dalles est proportionnelle au nombre d'observations pour chaque catégorie de la variable « Pression » (FC : friches conchylicoles, M : mouillage, PAP : pêche à pied ou SAAM : sans pression - lecture horizontale). La hauteur des dalles est proportionnelle au nombre d'observations dans chaque classe de la variable « classe de taux de recouvrement », (0, 0,125, 0,375 à 1 - lecture verticale). Chaque carreau est coloré pour montrer l'écart par rapport à la fréquence attendue (résiduelle) d'un test du Chi². Les hypothèses du Chi² sont ici les suivantes : Hypothèse nulle (H₀) = les différences observées entre toutes les strates sont le fait du hasard, Hypothèse alternative (H₁) = les différences observées entre toutes les strates ne sont pas le fait du hasard.

Le diagramme en mosaïque peut être utilisé pour découvrir l'association entre deux variables. Les tuiles rouges indiquent des résidus négatifs significatifs, où la fréquence est inférieure à celle attendue sous l'hypothèse nulle (qui seraient obtenue s'il n'y avait aucun lien entre les deux modalités « Pression » et « Taux de recouvrement », c'est-à-dire si l'attribution de chaque modalité se faisait de façon indépendante). Les tuiles bleues indiquent des résidus positifs significatifs, où la fréquence est supérieure à celle attendue sous l'hypothèse nulle. L'intensité de la couleur représente l'amplitude du résidu.

Ex : Au niveau de la classe de recouvrement « 0 », pour la pression liée au « Mouillage » en 2021, on observe une fréquence supérieure à celle attendue sous l'hypothèse nulle, tandis que la fréquence observée pour la condition « Sans Activité Anthropique Majeure » est inférieure à celle attendue. La classe de recouvrement « 0 » est donc significativement plus représentée en zone de mouillage qu'au sein des zones sans activité anthropique majeure en 2021.

5.3.2 Analyse des herbiers soumis à l'activité de mouillage, sur la base du protocole adapté appliqué dans le cadre de CoEHCo

La pression associée aux mouillages en 2021 a été analysée dans le rapport intermédiaire CoEHCo (Ubertini *et al.*, 2022). En 2022, le protocole a été modifié et visait à évaluer au sein d'un site (Ronces-les-Bains) l'état écologique de l'herbier soumis à une « activité de mouillage » selon différentes modalités : mouillage classique (3 mouillages) ; mouillage innovant (4 mouillages) ; mouillage supprimé (2 mouillages)

L'analyse de cette pression a été réalisée selon les 3 strates d'effet identifiées en 2021, à savoir : zone de ragage associée à la chaîne ; zone de ragage associée à la coque du bateau ; zone d'influence éloignée du mouillage. Les résultats sont les suivants (Figure 56) :

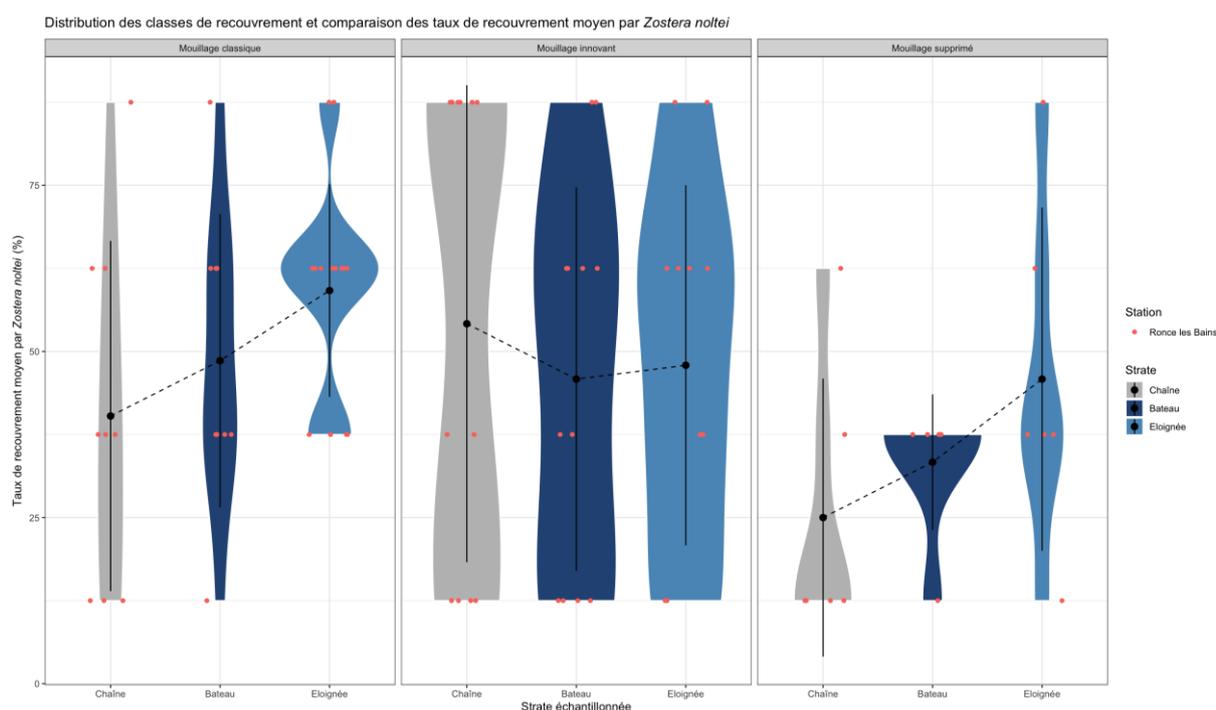


Figure 56 : Distribution des classes de recouvrement et comparaison des taux de recouvrement moyen par *Zostera noltei* en 2022. Les pourcentages de recouvrement par *Z. noltei* s'échelonnent de 0 à 1 sur l'axe des ordonnées, tandis que les strates échantillonnées (chaîne, bateau, éloignée) sont représentées en abscisse ainsi que la condition sans pression (station témoin). Les diagrammes « violon » représentent la répartition relative des différentes classes de recouvrement par strate. Les points sont répartis verticalement par classe de recouvrement puisqu'ils correspondent à la médiane de chaque classe. La largeur des diagrammes est définie par la distribution des classes i.e plus le nombre de quadrats d'une classe de recouvrement est élevé, plus le diagramme est large. La répartition des points sur l'axe horizontal permet de faciliter la lecture du graphique en empêchant le chevauchement des points : elle n'a pas vocation à être analysée en tant que telle. La moyenne des taux de recouvrement (moyenne des médianes de classes de recouvrement par quadrat) est représentée avec son écart-type pour chaque strate.

On observe pour les mouillages classiques et supprimés un schéma similaire à celui observé en 2021 avec un taux de recouvrement qui augmente selon l'ordre de strates chaîne < bateau < zone éloignée. Les mouillages innovants ne permettent pas d'observer cette graduation. Il est important de préciser que, outre un nombre de réplicats différent, les modalités « mouillage innovant » et « mouillage supprimé » correspondent respectivement à des mouillages remplacés et supprimés deux mois avant la mise en œuvre du protocole sur le terrain. En conséquence, les variations de taux de recouvrement sur ces stations ne peuvent être attribuées exclusivement aux modalités visées (enlèvement ou

remplacement du type de mouillage). La campagne de 2022 pourrait être considérée comme un état zéro pour ces 2 modalités.

Seul l'analyse de l'impact du mouillage classique sur les différentes strates identifiées est donc approfondi ci-après, de manière analogue à l'analyse de 2021.

Pour évaluer l'effet des mouillages sur les herbiers de zostère naine, un protocole spécifique a été appliqué (cf. section 3.4). Le graphique ci-après (Figure 57), présente la distribution des classes de recouvrement au niveau des strates : Chaîne, Bateau, Eloignée de la station « mouillage » en 2021 et 2022 (Ronce-les-Bains) et au niveau de la station « Sans Activité Anthropique Majeure (SAAM) » du site de Ronce-les-Bains (RLB), qui fait office de témoin.

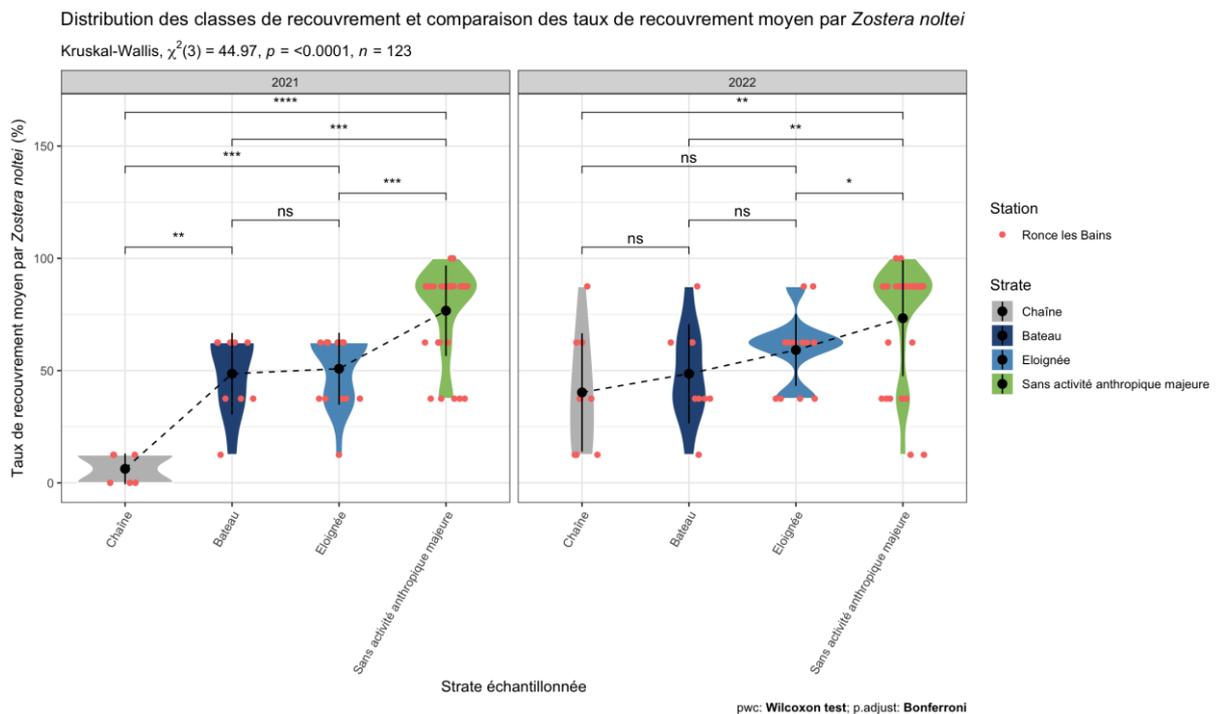


Figure 57 : Distribution des classes de recouvrement et comparaison des taux de recouvrement moyen par *Zostera noltei* en 2021 et 2022 pour la station de Ronce-les-Bains. Les pourcentages de recouvrement par *Z. noltei* s'échelonnent de 0 à 1 sur l'axe des ordonnées, tandis que les strates échantillonnées sont représentées en abscisse. Les strates correspondent aux strates associées à la pression liée au mouillage (chaîne, bateau, éloignée), ainsi qu'à la condition sans pression (station témoin). Les diagrammes « violon » représentent la répartition relative des différentes classes de recouvrement par strate. Les points sont répartis verticalement par classe de recouvrement puisqu'ils correspondent à la médiane de chaque classe. La largeur des diagrammes est définie par la distribution des classes i.e plus le nombre de quadrats d'une classe de recouvrement est élevé, plus le diagramme est large. La répartition des points sur l'axe horizontal permet de faciliter la lecture du graphique en empêchant le chevauchement des points : elle n'a pas vocation à être analysée en tant que telle. La moyenne des taux de recouvrement (moyenne des médianes de classes de recouvrement par quadrat) est représentée avec son écart-type pour chaque strate. Les points noirs et gris représentent - respectivement aux stations « Rivedoux » et « Ronce-les-Bains » - les médianes de classes de recouvrement pour chaque quadrat. Les valeurs statistiques sont données pour le test de Kruskal-Wallis, et pour le test post-hoc de Wilcoxon (ajustement de Bonferroni). Les étoiles correspondent au degré de significativité des comparaisons par paire (* $<0,05$, ** $<0,01$, *** $<0,001$, **** $<0,0001$).

L'analyse du graphique se décompose ainsi :

- **Moyenne des taux de recouvrement** : Les taux de recouvrement moyens ont été obtenus en moyennant les médianes de classes par strate (chaîne, bateau, éloignée) et/ou condition (pression/sans pression). On observe une gradation des taux de recouvrement présentés de gauche à droite (« Chaîne », « Bateau », « Eloignée », « Sans activité anthropique majeure »). Le facteur « strates » a un effet significatif sur le taux de recouvrement ($\chi^2=44,97$, ddl. =3, $p<0,0001$, $n=123$). En 2021, les taux de recouvrement au niveau de la strate « Chaîne » sont significativement inférieurs aux taux de recouvrement au niveau des autres strates. Le taux de recouvrement de la strate « Bateau » est significativement différent de celui des strates « Chaîne » et « Sans activité anthropique majeure », mais pas avec la strate « Eloignée ». Il existe une différence significative entre les taux de recouvrement des strates « Eloignée » et « Sans activité anthropique majeure ». En 2022, on observe un schéma similaire bien que les différences observées entre strates ne soient pas significatives. Néanmoins, pour les deux années, on observe une différence entre les strates identifiées et la zone témoin sans pression anthropique majeure, confirmant l'impact des mouillages classiques sur le taux de recouvrement de l'herbier à *Z. noltei*.
- **Distribution des classes de recouvrement** : Le diagramme en violon permet d'apprécier la gradation de la distribution des taux de recouvrement de *Z. noltei*, de la strate « Chaîne » à la strate « Eloignée ». En 2021, la strate « Chaîne » présente des taux de recouvrement nuls à faibles, et bien inférieurs à ceux des zones non raguées, traduisant un impact notable du frottement de la chaîne. La strate « Bateau » présente des classes de recouvrement comprises entre 0-25 et 50-75%. Les caractéristiques du bateau (dimensions, type de coque, etc.) sont susceptibles d'impacter de façon hétérogène l'herbier, la coque se déposant et/ou frottant de façon potentiellement hétérogène. La strate éloignée présente quant à elle une diversité de classes de recouvrement plus restreinte, avec la classe 50-75% étant la plus représentée. La différence significative observée avec la station témoin traduit une influence indirecte du mouillage, probablement en lien avec l'accès à la zone à marée basse pour l'entretien du navire (piétinement, dépôt de matériel) et/ou l'accès par annexe au corps-mort (moteur, coups de rame, etc.). La distribution des recouvrements pour les stations sans pression met en exergue cette influence éloignée, puisque la classe de recouvrement majoritaire est la classe 75-100% en l'absence de pression anthropique majeure. En 2022, on observe un schéma similaire à 2021.

5.3.3 Travail exploratoire sur la qualification d'altérations d'herbiers en lien avec les métriques « Abondance » et « Extension »

Les pourcentages de perte des taux de recouvrement et d'extension des herbiers de Rivedoux et de Ronce-les Bains ont été évalués sur la base des données collectées ici et dans le cadre du projet RESOBLO (Guyonnard *et al.*, 2023). Ces % ont été traduits en EQR de façon exploratoire afin d'estimer un niveau de perturbation des herbiers soumis au mouillage. Néanmoins, il est rappelé que les EQR définis dans Auby *et al.*, 2018 ont été développés dans l'optique de comparer des caractéristiques d'herbier entre une année n et une année de référence, au niveau d'une même station. Ici les comparaisons sont faites entre une station impactée et une station témoin :

Tableau 15 : Différence de recouvrement entre station témoin (CoEHCo_RLB_M) et station présentant des friches conchylicoles (CoEHCo_RLB_SAAM), selon les différentes strates identifiées sur le terrain et 3 typologies de mouillage (classique, innovant, supprimé). La statistique associée à la différence observée est indiquée, ainsi que l'indice d'altération inspiré de la grille prévue par Auby et al. (2018).

Ronce-les-bains	Condition N°1		Condition N°2		Différence de recouvrement (%) entre la condition N°1 et N°2	Test des rangs signés de Wilcoxon		Indice d'altération, inspiré d'Auby et al. (2018) (Témoin vs Pression)
	Type de station ou strate	Recouvrement (%)	Type de station ou strate	Recouvrement (%)		p_value	Significativité	
Classique	Témoin	73,3 (n=30)	Chaîne	40,3 (n=9)	-33	0,042	*	Altération majeure
	Témoin	73,3 (n=30)	Bateau	48,6 (n=9)	-24,7	0,016	*	Altération modérée
	Témoin	73,3 (n=30)	Eloignée	59,2 (n=15)	-14,1	0,048	*	Faible altération
Innovant	Témoin	73,3 (n=30)	Chaîne	54,2 (n=12)	-19,1	ns		
	Témoin	73,3 (n=30)	Bateau	45,8 (n=12)	-27,5	0,021	*	Altération modérée
	Témoin	73,3 (n=30)	Eloignée	47,9 (n=12)	-25,4	0,024	*	
Supprimé	Témoin	73,3 (n=30)	Chaîne	25 (n=6)	-48,3	0,004	*	Altération majeure
	Témoin	73,3 (n=30)	Bateau	33,3 (n=6)	-40	0,011	**	Altération modérée
	Témoin	73,3 (n=30)	Eloignée	45,8 (n=6)	-27,5	ns		

En 2022, à Ronce-les-Bains, seules la strate chaîne pour le mouillage innovant et la strate éloignée pour le mouillage supprimé ne présentent pas de différence significative avec la station témoin, si l'on applique les seuils de Auby *et al.*, 2018. Les autres strates au sein des différents types de mouillage testés sont qualifiées par des **altérations allant de faibles (vert) à majeures (orange)**. Les résultats de 2021 sont présentés dans Ubertini *et al.* (2022) et traitaient uniquement des mouillages classiques. L'herbier présentait alors des signes d'altération majeurs par rapport à l'herbier de référence.

Concernant la métrique « Extension », une approche originale a été développée afin de mieux appréhender la réduction potentielle et relative de superficie de l'herbier soumis à une activité de mouillage. Pour ce faire, l'estimation du pourcentage de perte en termes de surface d'herbiers au niveau des zones de mouillage de Rivedoux et Ronce-les-Bains a été réalisée sur la base des données du programme RESOBLO⁹ (Guyonnard, 2023). Les fichiers SIG localisant les mouillages sur ces zones, mis à jour après confrontation avec les orthophotographies des zones de mouillage capturées en septembre 2021 sur chacun des sites, ont permis de comptabiliser le nombre de mouillages par secteur. Par la suite, l'emprise totale des mouillages a été estimée en appliquant des valeurs de rayon moyen de ragage potentiel, estimé dans Guyonnard (2023).

Ces rayons sont de 18,5 m par mouillage pour la ZMEL de Ronce-les-Bains, 20 m pour la zone de mouillage clandestine de Rivedoux et 5,25 m pour les filières de Rivedoux. Ces surfaces de ragage donnent des tendances moyennes de surface potentiellement ragée par secteur. Néanmoins, elles ont été estimées dans l'objectif d'effectuer une sélection et quantification à l'échelle du Parc (Guyonnard, 2023), et non pour avoir une mesure exhaustive et précise par secteur.

Dans le cas d'une superposition entre deux zones de ragage, la surface commune aux deux zones n'a été comptée qu'une seule fois.

Enfin, à partir de l'emprise des zones de mouillage et des enveloppes d'herbiers établies par I-Sea (2023), le pourcentage de la surface de l'herbier situé dans l'emprise de l'orthophotographie drone soumis au mouillage a été estimé. Les cartographies de l'interaction entre l'herbier de zostère naine et l'activité de mouillage sur les secteurs de Ronce-les-Bains et de Rivedoux sont présentées en Figure 58 et Figure 59, respectivement.

⁹ Le projet RESOBLO 2020-2023 (RESeau d'OBservatoires des usages de LOisirs dans les parcs naturels marins) vise à améliorer les connaissances sur les usages de loisirs à l'échelle de quatre parcs naturels marins.

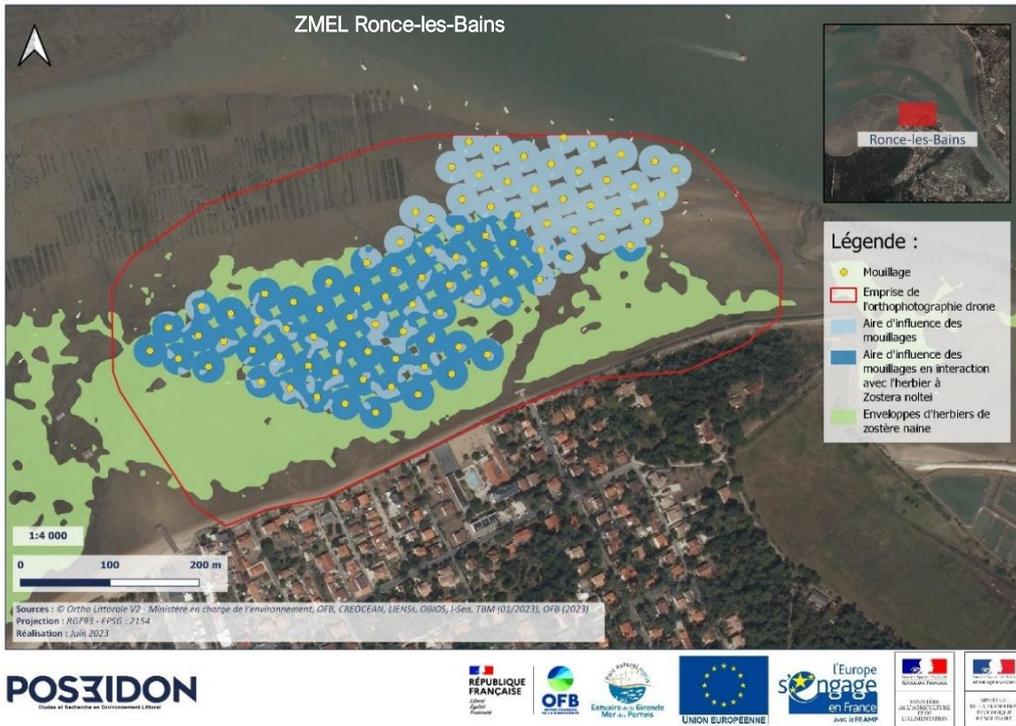


Figure 58 : Représentation cartographique de l'interaction entre l'herbier à *Zostera noltei* et l'activité de mouillage au niveau de la ZMEL (Zone de Mouillage et d'Equipements Légers) de Ronce-les-Bains, dans l'emprise de l'orthophotographie drone réalisée en septembre 2021 dans le cadre du projet RESOBLO.

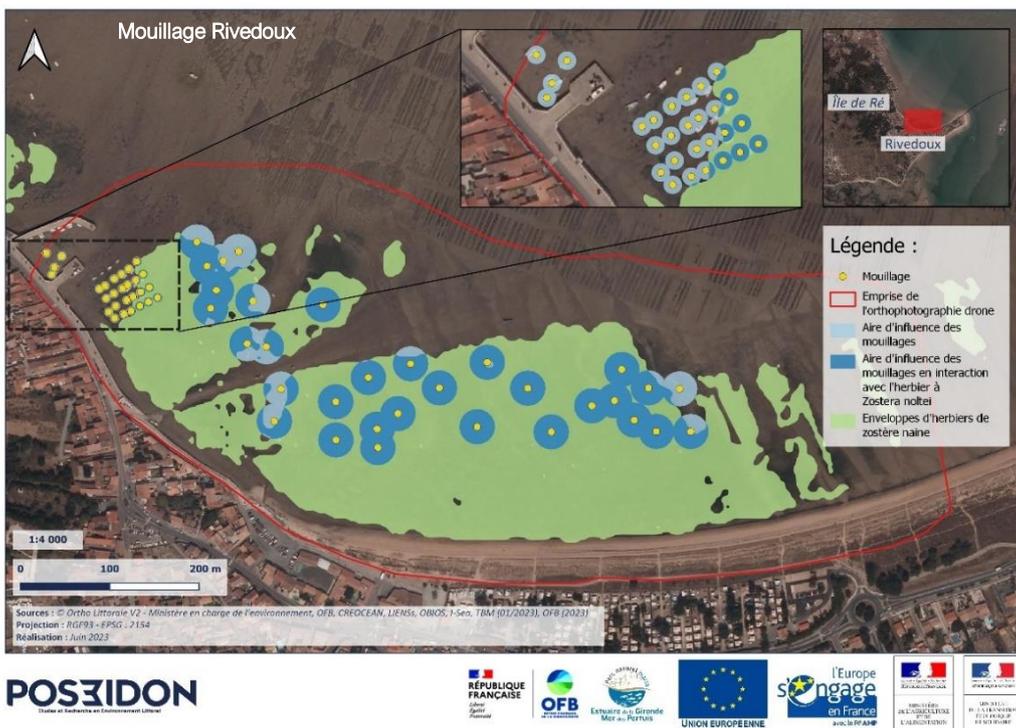


Figure 59 : Représentation cartographique de l'interaction entre l'herbier à *Zostera noltei* et l'activité de mouillage au niveau de la zone de mouillage clandestine et de la zone de filières de Rivedoux, dans l'emprise de l'orthophotographie drone réalisée en septembre 2021 dans le cadre du projet RESOBLO.

- Au niveau de la ZMEL de Ronce-les-Bains, c'est **45,97 %** de l'herbier à *Zostera noltei* présent dans l'emprise de l'orthophotographie drone qui est potentiellement soumis à une pression liée au mouillage.
- Au niveau de la zone de mouillages de Rivedoux, ce serait **20,59 %** de l'herbier.

5.3.4 Analyse des herbiers soumis à la pêche à pied

► Macroalgues

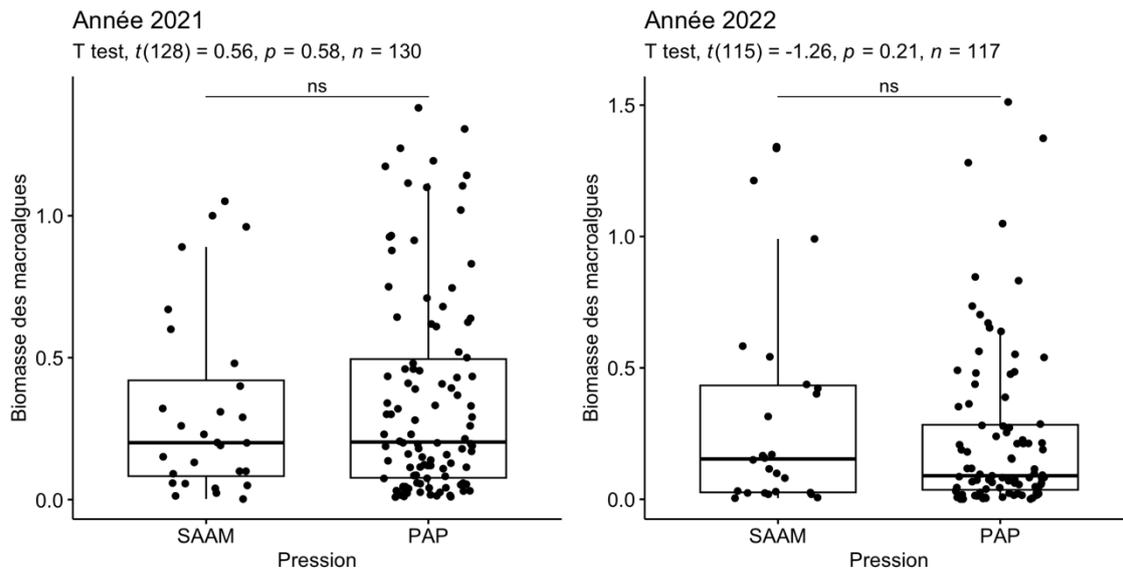


Figure 60 : Boîte à moustache représentant la biomasse de macroalgues au niveau de quadrats.

Dans la Figure 60, les points extrêmes (« outliers ») ont été retirés de l'analyse. La différence en termes de biomasse de macroalgues entre les stations SAAM et PAP n'est pas significative. Lorsque l'on s'intéresse aux occurrences des différents types d'algues (Figure 61, page suivante), on observe que les algues rouges sont surreprésentées au niveau des stations SAAM tandis que les algues vertes y sont sous-représentées.

► Taux de recouvrement

Le graphique en mosaïque dédié aux taux de recouvrement (revoir Figure 55) montre que les distributions de classes de recouvrement ne sont pas significativement différentes pour les stations soumises à une activité de pêche à pied par rapport aux autres stations, sauf pour la classe de recouvrement 0, en 2022, qui apparaît comme significativement plus représentée. Cela signifie qu'en 2022, c'est au niveau des stations soumises à la pêche à pied que l'on a le plus observé de quadrats dont les taux de recouvrement d'herbier étaient zéro.

L'effet de la pression liée à l'activité de pêche à pied peut être analysée pour le site Château d'Oléron spécifiquement, pour lequel on observe entre la station soumise à la pêche à pied (DCE_CO_PAP) et celle sans pression (CoEHCo_CO_SAAM) - positionnées à quelques centaines de mètres l'une de l'autre - une différence significative en 2021 ainsi qu'en 2022, mais dans des sens opposés. En effet,

l'année 2021 est caractérisée par un taux de recouvrement moyen supérieur dans la grille sans activité anthropique majeure, tandis qu'en 2022 c'est la grille soumise à la pêche à pied qui est caractérisée par un taux de recouvrement moyen supérieur. L'ACP permet de mieux apprécier la tendance associée à la pêche à pied sans négliger l'effet station, avec des taux de recouvrement supérieurs pour les stations sans activité anthropique majeure comparées aux stations soumises à la pêche à pied. Néanmoins, seul un protocole strict permettrait de discriminer l'effet potentiel de la pression de pêche à pied au sein de chaque station, avec des grilles témoin et sous pression au sein du même herbier, sur le modèle de Château d'Oléron (Figure 47).

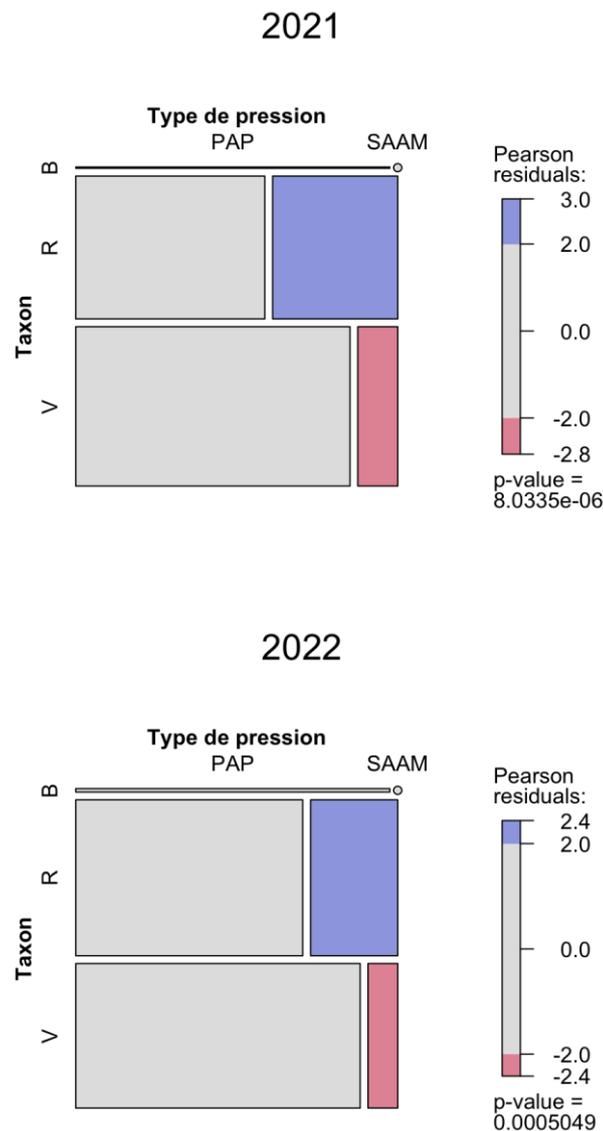


Figure 61 : Graphique en mosaïque, représentant les occurrences de macroalgues par type (B = brunes – Ochrophyta ; R = rouges – Rhodophyta ; V = vertes – Chlorophyta) au niveau des stations SAAM et PAP. Les p-value associées au test du χ^2 d'homogénéité, et résidus associés sont présentés (barre de droite). En ligne, la hauteur des dalles est proportionnelle au nombre total de quadrats caractérisés par la présence de macroalgues, toutes stations confondues. En colonne, la largeur des dalles de la mosaïque est proportionnelle au nombre de quadrats caractérisés par chaque occurrence de macroalgues selon le type de pression (PAP : pêche à pied, SAAM : sans pression). La couleur bleue

correspond à des résidus positifs significatifs d'après le test Pearson, tandis que la couleur rose correspond à des résidus négatifs significatifs.

5.3.5 Analyse des herbiers en zone de « Friches ostréicoles »

Pour évaluer l'effet de la présence des friches ostréicoles sur les herbiers de zostères naines, un protocole spécifique a été appliqué (cf. section 3.5).

Ce protocole implique notamment l'intégration de strates spécifiques (intérieure / extérieure) aux friches et la possibilité de comparer les résultats obtenus à une station témoin de type « DCE classique », positionnée à même bathymétrie. En plus du taux de recouvrement, la présence d'algue, la matière organique, la granulométrie et la distance au crassât sont également mesurées sur le terrain (la distance au crassât concerne uniquement les points de suivi localisés dans la strate extérieure aux friches ostréicoles).

La Figure 62 présente les **classes de recouvrement d'herbier de zostères naines** au niveau des 2 strates considérées pour l'étude des friches ostréicoles ainsi que celles obtenues sur la grille témoin. En complément, pour une analyse plus fine, la Figure 63 présente les **taux de recouvrements bruts estimés par ImageJ** par strate.

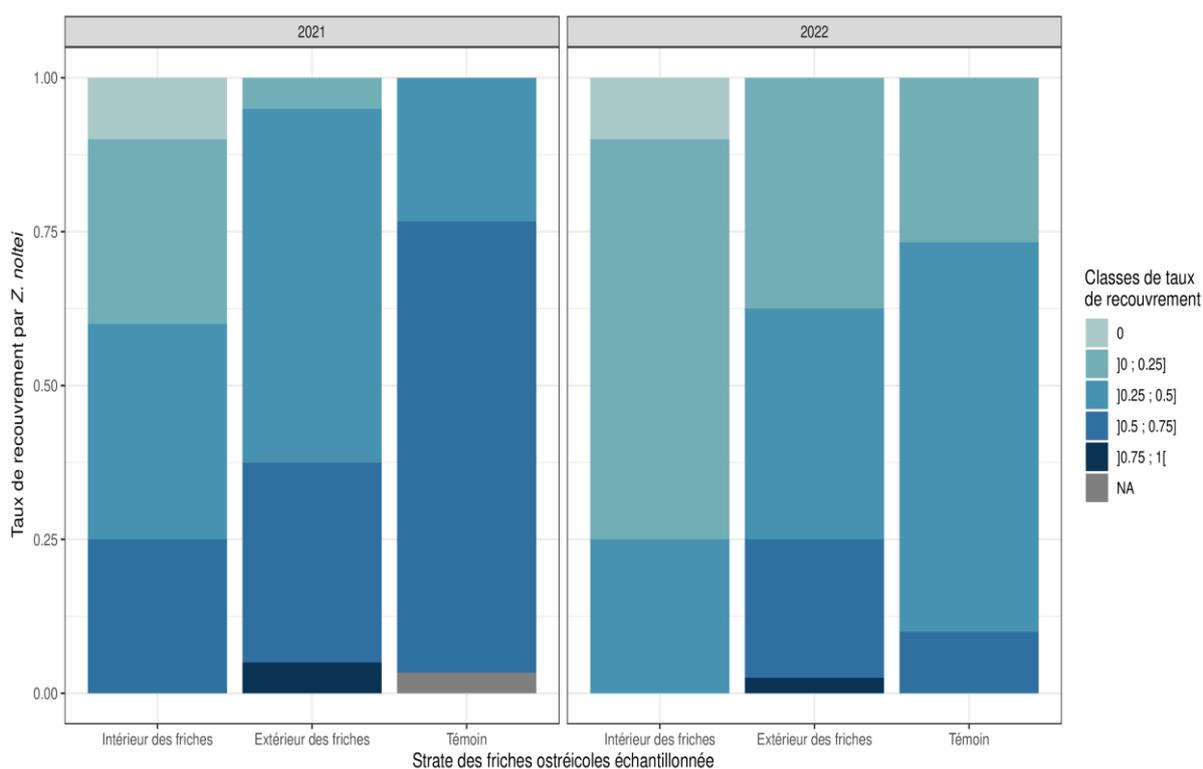


Figure 62 : Proportion des différentes classes de taux de recouvrement de zostères naines, *Z. noltii*, pour les différentes strates échantillonnées afin d'observer l'effet des friches ostréicoles. NA correspond aux quadrats pour lesquels il n'a pas été possible de calculer un taux de recouvrement (quadrat dans une flaque ou un micro-chenal).

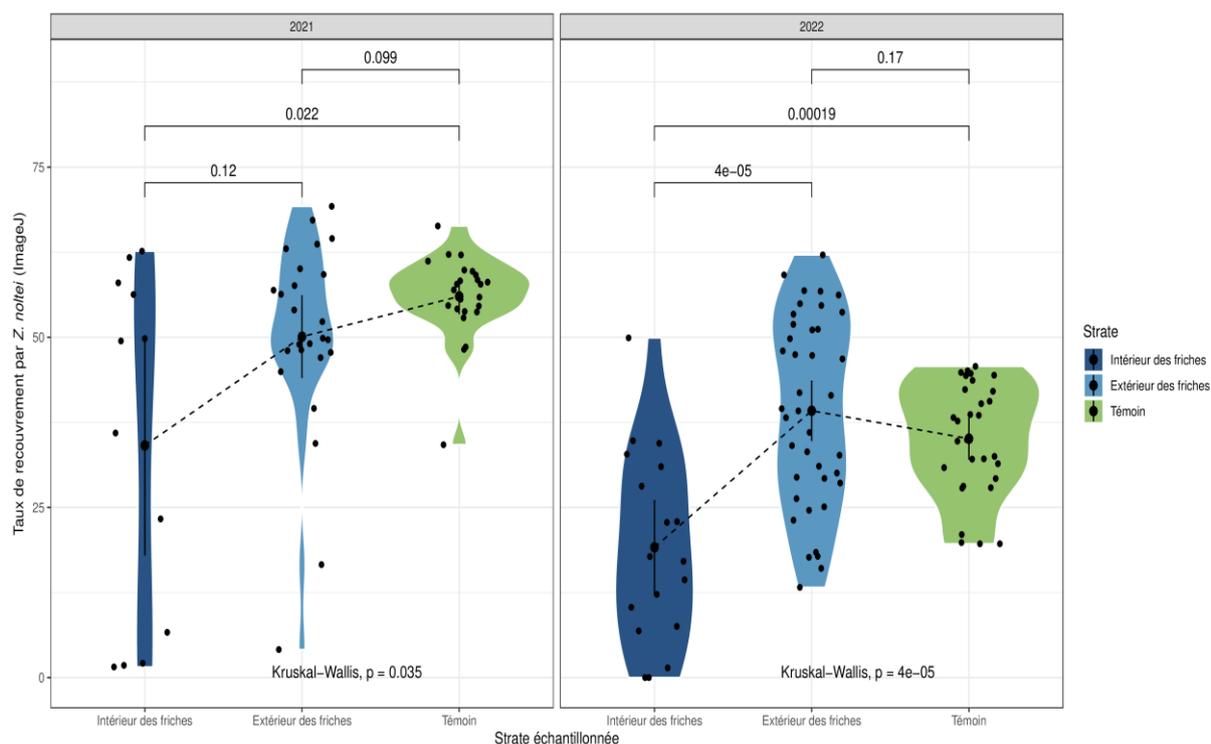


Figure 63 : Variations des taux de recouvrement de zostères naines, *Z. noltei*, calculés avec ImageJ entre les strates et à l'intérieur de chacune des strates. La répartition des points sur l'axe des abscisses, par strate, permet de faciliter la lecture du graphique en empêchant le chevauchement des points : elle n'a pas vocation à être analysée en tant que telle. Les p-value de comparaison des paires correspondent à des tests de Wilcoxon.

Pour les deux années, deux résultats se dessinent à travers ces graphiques : le taux de recouvrement moyen à l'intérieur des friches est statistiquement plus faible que pour la station témoin et les taux de recouvrements sont plus variables à proximité des friches ostréicoles qu'au sein de la station témoin de l'herbier. Ces deux résultats se retrouvent chaque année. Pour l'année 2021, le taux de recouvrement moyen est de 0,56 au niveau de la station témoin, 0,50 pour l'extérieur des friches et 0,34 pour l'intérieur des friches. La différence des taux de recouvrements entre la strate témoin et la strate intérieur des friches est significative (test de Wilcoxon, $p = 0,022$, $n_1=12$, $n_2=24$). Pour l'année 2022, les taux de recouvrement sont globalement plus faibles mais le même schéma est retrouvé : la strate « intérieur » des friches présente des taux de recouvrement significativement plus faibles que la strate témoin (test de Wilcoxon, $p=0,00019$, $n_1=18$, $n_2=30$). Pour cette année, la différence est également significative entre les strates « intérieur » et « extérieur » des friches ostréicoles (test de Wilcoxon, $p < 10^{-4}$, $n_1=18$, $n_2=40$).

Dans le détail, en 2021, la forte variabilité des taux de recouvrement au sein de la strate « extérieur » se traduit par des valeurs de taux de recouvrement comprises entre 5 et 70 %. Certaines valeurs sont supérieures à celle observées sur la zone témoin et deux sont nettement inférieures. Une très forte variabilité est également retrouvée pour la strate « intérieur » (taux de recouvrements entre ~ 0 et ~ 60%) avec une plus forte proportion de quadrats présentant de faibles taux de recouvrement, par comparaison à la station témoin et à la strate « extérieur ». La différence en termes de recouvrement moyen entre le témoin et les zones de friche repose donc sur quelques quadrats avec des taux de recouvrement très faibles qui sont plutôt rares dans les strates. Pour l'année 2022, on retrouve une

dispersion des valeurs de taux de recouvrement plus forte pour les strates des friches ostréicoles (entre 0 et 50 % pour la strate « intérieur », entre 12 et 62 % pour la strate extérieure et entre 20 et 45 % pour la strate témoin), sans que l'extérieur des friches ne se différencie en moyenne de la station témoin.

Une forte variabilité associée à un taux de recouvrement moyen réduit dans les strates « intérieur » et « extérieur » est inhabituelle (généralement la variabilité augmente avec la moyenne). Cela témoigne d'une grande hétérogénéité de l'effet spatial de la présence des friches ostréicoles sur le taux de recouvrement, effet qui a été constaté 2 années de suite.

Afin d'expliquer la variabilité de taux de recouvrement à l'extérieur des friches, le lien entre taux de recouvrement et distance au crassât le plus proche a été exploré. En représentant les taux de recouvrements en fonction de la distance du quadrat au crassât (Figure 64), pour les 2 années un effet à courte distance des crassâts apparaît sur le taux de couverture. En 2021, année avec une forte couverture, les faibles recouvrements observés à l'extérieur des friches sont tous positionnés à moins de 6 m des crassâts. En 2022, avec un taux de recouvrement moindre, l'effet global est plus linéaire mais avec une forte variabilité. Dans les 2 cas, la distance d'effet des crassâts apparaît limitée, ce qui concorde avec l'absence de différence de taux de recouvrement moyen entre la strate extérieur des friches et le témoin.

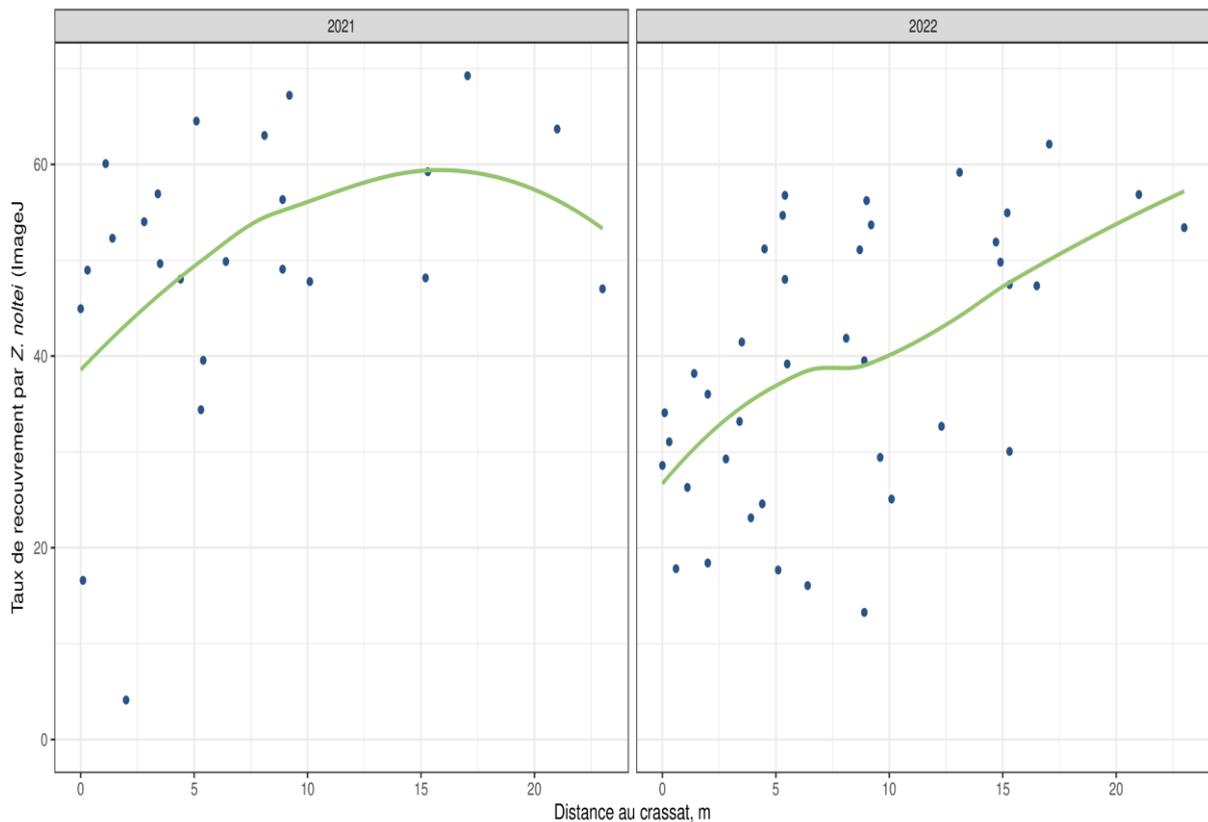


Figure 64 : Taux de recouvrement des quadrats par *Z. noltei* en fonction de la distance aux crassâts les plus proches. (Les taux de recouvrement en fonction de la distance aux friches ostréicoles ont été représentées sous forme de points, avec une régression locale (courbe verte) ou LOESS (« LOcally Estimated Scatterplot Smoothing »)).

Les **teneurs en matière organique** (Figure 65) sont relativement similaires, en 2021, entre les zones de friches ostréicoles (strate « intérieur » comme « extérieur ») et la grille témoin. Elles sont comprises le plus souvent entre 2 et 4 % pour une teneur moyenne de 2,9% sur la zone témoin, de 3,0 % à l'extérieur des friches et de 2,5 % à l'intérieur des friches. Aucune différence significative entre les strates n'apparaît en 2021 sur ce paramètre du fait du plus faible effort d'échantillonnage pour la matière organique et de la forte dispersion des valeurs (test de Kruskal-Wallis, $p=0,38$, $n_1=6$, $n_2=12$, $n_3=9$). Là encore, seuls certains quadrats à l'intérieur des friches ostréicoles, c'est à dire dans les anciennes allées des parcs ostréicoles, affichent des valeurs plus faibles qu'ailleurs, inférieures à 2 %. En 2022, pour améliorer la puissance de ces analyses, le nombre de taux de matière organique par strate a été équilibré à 9 par strate. L'analyse des différences pour cette année fournit des résultats différents, avec des teneurs en matière organique plus élevées dans les zones de friches ostréicoles que dans la zone témoin (test de Wilcoxon, $p=0,02$ entre extérieur des friches et témoin et $p=0,045$ entre intérieur des friches et témoin). Ces résultats contrastés d'une année sur l'autre sont donc à prendre avec précaution et pourraient résulter de variations des conditions environnementales lors de l'échantillonnage.

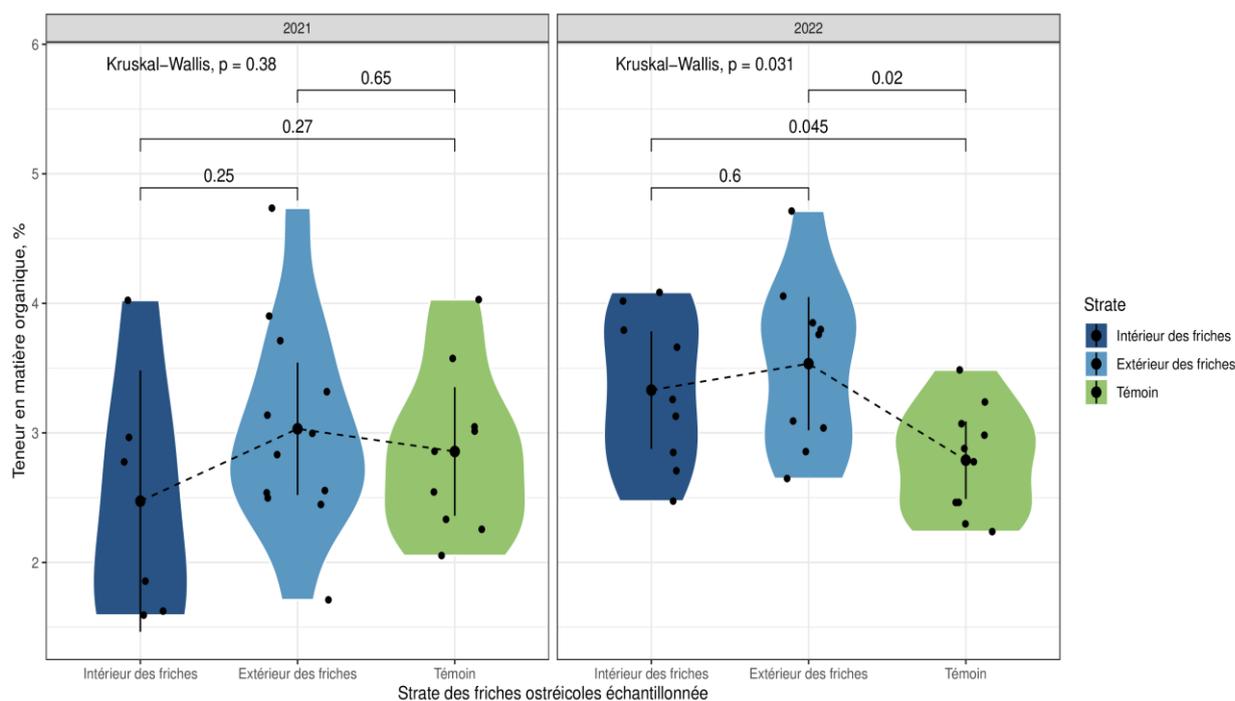


Figure 65 : Variations des teneurs en matière organique dans les différentes strates (intérieur / extérieur) utilisées pour étudier les friches ostréicoles ainsi que dans la grille témoin. Les p-value de comparaison des paires correspondent à des tests de Wilcoxon.

Du point de vue des **recouvrements en algues** (Figure 66), en 2021, les algues rouges sont présentes dans 46 % des quadrats de la grille témoin alors qu'elles sont quasi-absentes (7,5 % des quadrats) de l'extérieur des friches et complètement absentes de l'intérieur des friches. Cette différence est significative sur les biomasses d'algues rouges par quadrat entre les strates des friches et la station témoin (Friche Intérieures Vs Témoin : $p = 0,00048$, Friche extérieures Vs Témoin : $p = 0,0012$, test de Wilcoxon). Les proportions de quadrats présentant des algues vertes sont quant à elles similaires dans toutes les strates, autour de 20 %. L'année 2022 vient confirmer les grandes tendances de ces résultats avec une clarification : le témoin présente uniquement des algues rouges et brunes, toujours

en association à hauteur de 37 % des quadrats tandis que l'intérieur des friches ostréicoles présente uniquement des algues vertes, à hauteur de 7 %. La strate de l'extérieur des friches présente les caractéristiques combinées des zones internes et du témoin, à l'exception des algues brunes, très peu présentes.

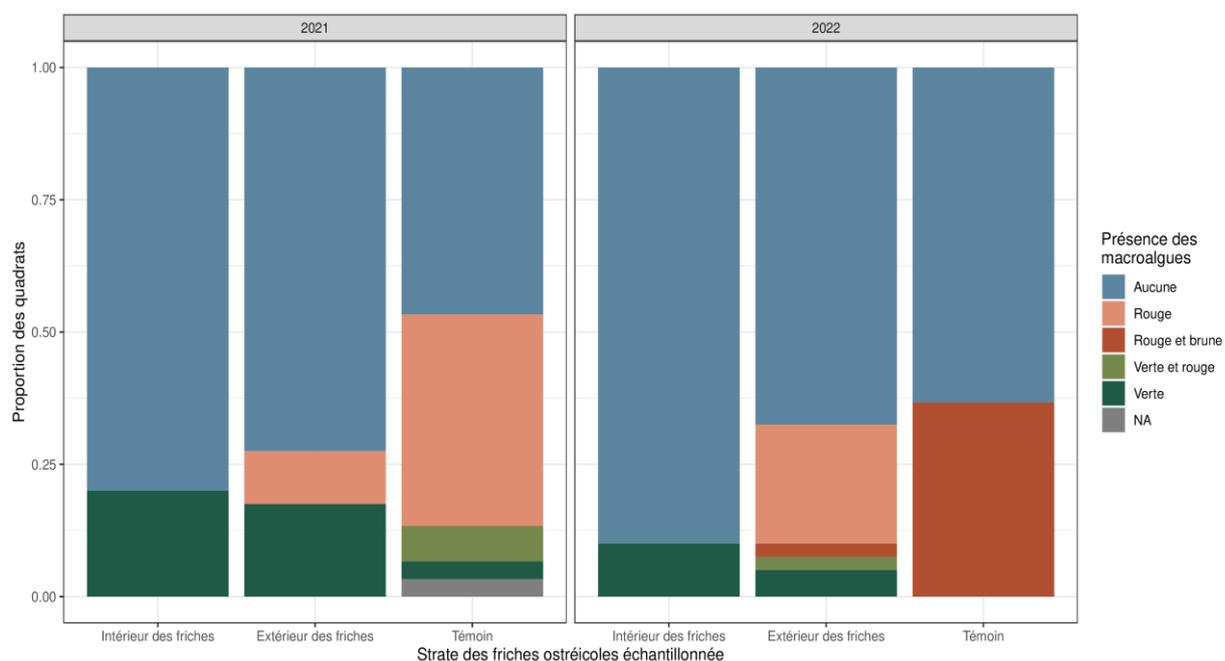


Figure 66 : Proportion de quadrats caractérisés par la présence de macroalgues dans les différentes strates d'étude des friches ostréicoles. NA correspond à un quadrat pour lequel l'information n'est pas disponible.

En conclusion, ces 2 années de suivi spécifique de la pression des friches ostréicoles montrent qu'un effet des friches ostréicoles sur le taux de recouvrement des zostères existe. Il est cependant limité à la zone interne aux friches, c'est-à-dire les anciennes allées des parc ostréicoles, et est associé à une variabilité plus forte du taux de recouvrement dans ces zones. Les zones externes des friches ostréicoles se présentent comme des zones de transition, avec un effet limité à moins de 10 m, et sans différence significative en termes de taux de recouvrement par rapport aux zones témoin. Là aussi, une plus forte variabilité des taux de recouvrement est constatée. Ainsi, si l'effet des friches ostréicoles sur la métrique « taux de recouvrement » est réel, leur zone d'influence est limitée.

5.3.6 Travail exploratoire sur la qualification d'altérations d'herbiers en lien avec les métriques « Abondance »

Les friches ostréicoles et les zones d'herbier semblant s'alterner spatialement, il est possible que ces friches induisent une diminution des surfaces d'herbiers. Néanmoins, des images de hautes résolutions sont nécessaires pour mieux appréhender ce possible phénomène. La métrique « extension » pourrait faire l'objet d'une perspective de travail. Concernant la métrique « Abondance », l'altération basée sur les seuils d'Auby *et al.* (2018) donne les résultats suivants (Tableau 16) :

Tableau 16 : Différence de recouvrement entre station témoin (CoEHCo_CO_TC) et station présentant des friches conchyliques (CoEHCo_CO_FC). La statistique associée à la différence observée est indiquée, ainsi que l'indice d'altération inspiré de la grille prévue par Auby et al. (2018). En bleu : pas de signe d'altération visible, en vert : faibles signes de perturbation.

Station	Condition N°1		Condition N°2		Différence de recouvrement (%) entre la condition N°1 et N°2	Test des rangs signés de Wilcoxon		Indice d'altération, inspiré d'Auby et al. (2018) (Témoin vs Pression)
	Type de station ou strate	Recouvrement (%)	Type de station ou strate	Recouvrement (%)		p_value	Significativité	
Château d'Oléron	Témoin	28,8 (n = 30)	Friche	30,5 (n=90)	1,7	0		
Château d'Oléron	Témoin	28,8 (n = 30)	Friche intérieure	17,5 (n = 20)	-11,3	0,001	***	
Château d'Oléron	Témoin	28,8 (n = 30)	Friche extérieure	35 (n = 40)	6,2	ns		

L'herbier présent au niveau des friches ostréicoles au Château d'Oléron ne présente pas de signe d'altération visible si l'on considère la station friche dans sa globalité, par rapport à l'herbier de référence (témoin) situé au même niveau bathymétrique. En revanche, de **faibles signes de perturbation** sont mises en évidence si l'on compare la strate interne des friches par rapport à l'herbier témoin.

5.4 Établissement d'une typologie d'herbier

Afin de vérifier si les herbiers à l'échelle du Parc peuvent être groupés selon une typologie d'herbiers, la similarité des stations en termes de taux de recouvrement et de granulométrie (proportion de particules fines) a été évaluée *via* une classification ascendante hiérarchique (CAH) présentée en Figure 67 pour les stations non soumises à activité anthropique majeure. Les stations identifiées comme soumises à des pressions liées à des activités anthropiques ont été mises de côté, car elles sont susceptibles de d'altérer le taux de recouvrement selon l'intensité (pêche à pied), la distance (mouillage et friches conchyliques).

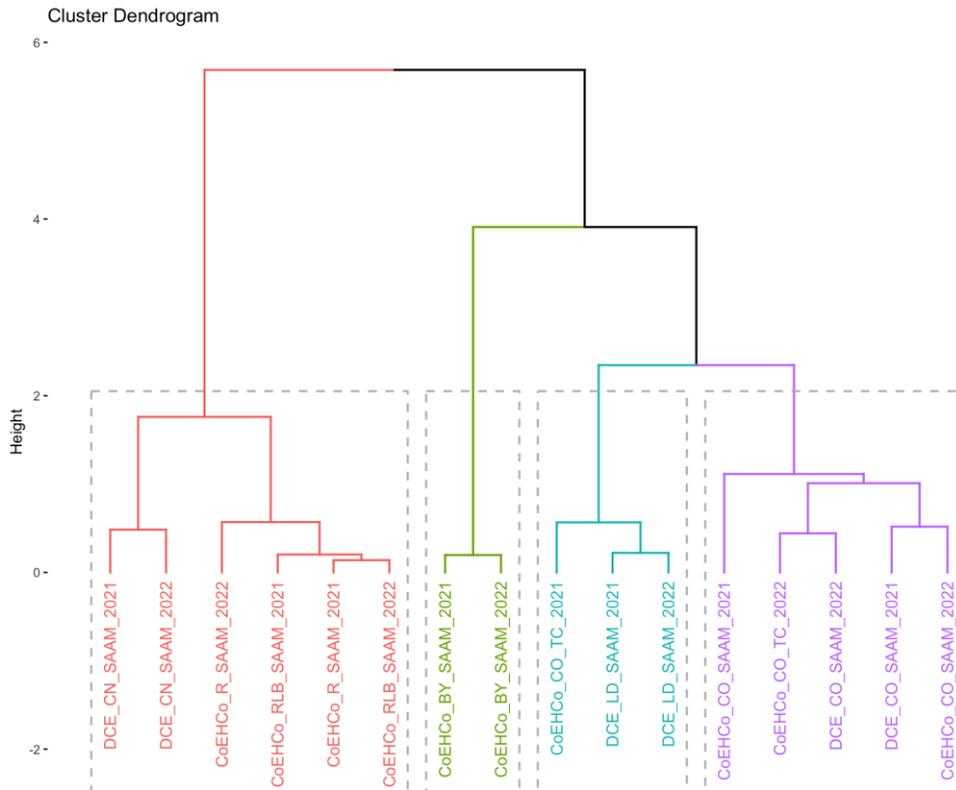


Figure 67 : Classification ascendante hiérarchique (CAH), avec en entrées les moyennes des médianes des taux de recouvrement et le pourcentage de fines à chaque station Sans Activité Anthropique Majeure (SAAM et Témoin Château d'Oléron) échantillonnée.

La CAH sépare les stations en deux grands groupes : d'un côté, on retrouve la stations DCE Charge Neuve et les stations CoEHCo Rivedoux et Ronce-les-Bains, caractérisées par des sables envasés et un taux de recouvrement élevé, et de l'autre le reste des stations. Cette deuxième branche se divise ensuite en deux, isolant la station CoEHCo Baie d'Yves. Cette station est caractérisée par un taux de recouvrement moyen, et une granulométrie particulière majoritairement constituée par la fraction 125-160 μm . La séparation suivante isole la station DCE Les Doux et la station CoEHCo Témoin conchylicole 2021 des dernières stations. Ce groupe est caractérisé par des vases sableuses et des taux de recouvrement moyens. Le dernier groupe est constitué par les stations CoEHCo et DCE Château d'Oléron (à l'exception de la station CoEHCo Témoin conchylicole 2021). Ce dernier groupe est caractérisé par des vases quasiment pures, et des taux de recouvrement relativement faibles. La station CoeHCo Témoin conchylicole voit son recouvrement diminuer fortement entre 2021 et 2012, ce qui explique le changement de groupe. A l'exception de cette station, l'année ne semble pas engendrer de différence notable au niveau des stations.

On retrouve donc l'organisation suivante :

- ▶ Forts taux de recouvrement (70-90%), sables peu envasés : stations « Charge Neuve », « Rivedoux » et « Ronce-les-Bains ».
- ▶ Faibles taux de recouvrements (20-30%), sables très fins envasés : la station « Baie d'Yves »
- ▶ Taux de recouvrement moyens-bons (30-70%), vases : stations « Château d'Oléron - FC/SAAM/TC » et « Les Doux ».

5.5 Discussion des méthodologies employées (protocoles, nombre et choix des sites, choix des catégories d'herbiers et références, ...) au regard des objectifs visés par le Parc – propositions d'adaptations

***Objectif :** Confirmer l'utilisation des protocoles appliqués pour le tableau de bord du Parc et préciser leur adaptation le cas échéant.*

5.5.1 Protocoles et pertinence des protocoles

Dans le cadre du projet CoEHCo, la méthodologie DCE a été utilisée pour évaluer les métriques « densité » des herbiers de zostère naine, impliqué dans l'évaluation de l'état écologique des herbiers soumis ou non à différentes pressions anthropiques. Cette méthodologie a été adaptée en fonction des besoins.

- ▶ **Protocole DCE – indicateur « Angiospermes classique » :** Le protocole de suivi stationnel DCE classique a été déployé sur les stations « sans activité anthropique majeure » et « pêche à pied » (consulter la section 3.3). L'indicateur Angiospermes prévu par le protocole DCE est basé sur 3 métriques et est calculé à l'échelle d'une masse d'eau. La mise en œuvre des suivis dans le cadre du présent projet nous amène aux considérations suivantes :
 - Dans le cas de la pression de pêche à pied par exemple, l'impact potentiel est localisé à une échelle beaucoup plus réduite que celle d'une masse d'eau. De plus, l'impact de la pêche à pied sur l'emprise spatiale d'un herbier à l'échelle des masses d'eau est difficile à appréhender. Dès lors, les métriques « Extension » et « Composition taxonomique », non stationnelles, sont peu adaptées à l'évaluation de la pression pêche à pied.
 - Néanmoins les taux de recouvrement, utilisés pour le calcul de la métrique « Abondance », à l'échelle stationnelle semblent répondre aux pressions liées à la pêche à pied.

Ainsi, le protocole d'échantillonnage DCE est approprié pour l'acquisition des taux de recouvrement et l'évaluation d'altération potentielle des herbiers en lien avec la pêche à pied sur la base de cette métrique. Pour autant, l'échelle de travail « masse d'eau » et les métriques non stationnelles ne permettent pas d'évaluer l'état des herbiers en réponse à des pressions liés à la pêche à pied.

- ▶ **Protocole DCE – indicateur « Angiospermes modifié » :** Un indicateur Angiospermes modifié a été utilisé dans cette étude. Il a été appliqué aux résultats des stations sans activité anthropique majeure, pêche à pied et friches conchyliques (consulter la section 3.8). Pour rappel, l'indicateur Angiospermes modifié considère une métrique « Extension modifiée » évaluée par secteur d'herbier prédéfini. Cette échelle de travail apparaît intéressante pour répondre aux besoins évaluatifs du Parc. Cette échelle de travail ne permet pas de capturer l'effet de toutes les pressions anthropiques potentiellement impactées pour les herbiers. La pêche à pied impacte

potentiellement les taux de recouvrement mais ne sera pas perçue sur les métriques extension et compositions taxinomique, quelle que soit l'échelle considérée. Les pressions liées à la présence des friche ostréicoles et de mouillages affectent les taux de recouvrement au regard des résultats présentés dans ce rapport. En fractionnant l'herbier, les friches conchylicoles et les mouillages pourraient altérer la métrique extension a priori. Les travaux futurs devraient intégrer une la finesse d'analyse surfacique à haute résolution pour appréhender cette fragmentation.

Le taux de recouvrement, utilisé pour le calcul de la métrique « Abondance » est une variable importante à suivre car intégratrice de plusieurs pressions éventuelles. L'utilisation de l'indicateur Angiosperme « modifié » est à privilégier dans le cadre de la gestion du Parc par rapport à l'indicateur classique. A noter que cet indicateur modifié a vocation, comme l'indicateur classique, à être regardé avec un certain recul temporel. Les stations CoEHCo n'ont été échantillonnées que deux années consécutives.

Remarque : Il faut distinguer la capacité de l'indicateur à évaluer les effets associés à un impact et la capacité de l'indicateur à suivre un milieu impacté. Dans le cadre de l'évaluation d'un impact, on va classiquement poser des hypothèses et les vérifier à l'aide d'un plan d'échantillonnage sur mesure. Dans le cadre du suivi de l'état écologique des herbiers de zostère naine au sein du PNMEGMP, les protocoles DCE « classiques » et « modifiés » pourraient être utilisés. Néanmoins, dans le cas d'une pression de pêche à pied sur l'herbier, il est probable qu'une seule des 3 métriques soit affectée, ce qui entraîne des variations de l'indicateur ténues. De plus, l'indicateur pourrait être modifié par les deux autres métriques, entraînant des conclusions potentiellement fallacieuses quant à l'évolution de l'impact de la pêche à pied.

- **Protocole « mouillage » - compatible DCE :** Afin d'évaluer la pression de mouillage, 2 protocoles ont été mis en place en 2021 et 2022 (revoir section 3.4). Ces protocoles étaient contraints par une nécessité d'être compatibles avec le protocole DCE en termes de variables échantillonnées notamment. La première année a permis de mieux comprendre et évaluer l'impact d'un mouillage classique sur le taux de recouvrement de l'herbier, en fonction de strates définies *a priori*. La deuxième année, le protocole a été modifié avec une portée exploratoire pour évaluer également l'impact de l'enlèvement d'un mouillage ainsi que l'impact d'un mouillage innovant. Dans l'optique d'un suivi, on s'intéresse à l'évolution de l'état écologique de l'herbier soumis à la pression de mouillage. Dans le cadre de l'enlèvement de mouillages et/ou de mise en place de mouillages innovants, la restauration de l'herbier au niveau des zones raguées (en termes de taux de recouvrement) paraît intéressante à suivre. Les protocoles mis en place peuvent répondre au besoin de suivi du Parc, mais seulement en ce qui concerne le taux de recouvrement. L'approche visant à estimer l'altération d'un herbier soumis à une activité de mouillage par rapport à une grille témoin est intéressante, mais nécessite d'être affinée et confortée, notamment concernant les seuils qui ont été directement transposés d'Auby et al. (2018).

Remarque : La manutention ponctuelle associée à l'enlèvement de corps-morts ou récurrente associée à la pose/dépose de mouillages innovants apparaît comme importante à prendre en compte pour évaluer l'état de l'herbier soumis à pression de mouillage. En effet, lors de la campagne 2022, de nombreuses travées de tracteurs ont été observées sur le site d Ronce-les-Bains, et le bénéfice net

du remplacement de mouillages classiques par des mouillages innovants nécessitant une pose/dépose saisonnière reste à démontrer.

- ▶ **Protocole « friches conchylicoles » - compatible DCE** : Afin d'évaluer la pression des friches conchylicoles sur l'état écologique des herbiers, un protocole adapté a été mise en œuvre en 2021 et 2022 sur le site du Château d'Oléron (revoir section 3.5). Ce protocole était contraint par une nécessité d'être compatible avec le protocole DCE en termes de variables échantillonnées notamment. Les deux années de suivi ont permis de mieux comprendre et évaluer l'impact. Dans l'optique d'un suivi, on s'intéresse à l'évolution de de l'état écologique de l'herbier soumis à la pression des friches conchylicoles. Dans le cadre de l'enlèvement potentiel des friches, la restauration de l'herbier au niveau des anciennes tables (en termes de taux de recouvrement) paraît intéressante à suivre. Le protocole DCE classique et/ou modifié pourrait convenir en ce qui concerne la mesure du taux de recouvrement (en cas d'enlèvement des structures, le protocole devient obsolète). L'approche visant à estimer l'altération d'un herbier au niveau de friches conchylicoles par rapport à une grille témoin est intéressante, mais nécessite d'être affinée et confortée, notamment concernant les seuils qui ont été directement transposés d'Auby *et al.* (2018).

Remarque : Les résultats du protocole friches conchylicoles mettent en évidence un effet à l'intérieur des friches sur le taux de recouvrement en herbier. Toutefois, les fonctions écologiques de ces friches ostréicoles doivent également être appréciées bien que différentes de celles des herbiers. En effet Pouvreau (2023) met en avant les intérêts écologiques des récifs d'huîtres localement. La structuration spatiale en 3 dimensions et le substrat dur qu'ils constituent offrent une hétérogénéité d'habitat qui soutient une forte diversité. Jourde (2020) évoque ce rôle concentrateur de biodiversité des récifs d'huîtres de la baie de l'Aiguillon, et met en avant, pour ce site, la prépondérance des espèces introduites au niveau de ces récifs. Les récifs d'huîtres (et de mollusques en général) présentent d'autres fonctions à mentionner comme l'attractivité pour certaines espèces de poissons (Coen *et al.*, 1999), l'amortissement de la houle et la stabilisation des vasières (Salvador de Paiva *et al.* 2018).

- ▶ **Protocole DCE appliqué à des zones soumises à une activité de pêche à pied** : Afin d'évaluer l'effet de la pêche à pied sur l'état écologique de l'herbier, le protocole d'échantillonnage DCE a été utilisé, et l'indicateur Angiospermes « modifiés » peuvent être utilisés.

La présente étude suggère le lien entre diminution des taux de recouvrement des herbiers et les activités de pêche à pied. Néanmoins, l'impact de la pêche à pied sur l'état écologique de l'herbier dépend probablement de l'intensité de la pêche à pied, qui diffère d'un site à l'autre. L'indicateur d'état pourrait donc être couplé à un indicateur de pression de pêche à pied (données du réseau Littoréa). En effet, parmi les stations considérées dans cette présente étude, les stations comme Baie d'Yves (ajouté dans le cadre CoEHCo), les Doux ou Charge Neuve (DCE) ne sont pas soumises à la pêche à pied ainsi le risque d'impacts sur l'herbier pourrait y être considéré comme nul. En revanche, les stations Ars en Ré et Château d'Oléron (DCE) ainsi que Marennes (CoEHCo) y sont particulièrement soumises (voir sections 3.1 et 3.2, et rapports DCE cités), le risque

d'impacts pourrait y être considéré comme fort. Les stations Lay Crochon et Bonne Anse (DCE) n'en sont pas exempts, sans comptage tangible à ce stade (voir rapports DCE associés). Les données présentées ici ne permettent pas de mettre en avant un gradient d'effet en lien avec ces trois conditions (pêche à pied avérée, non nulle, absente). De futurs travaux devraient préciser cette question.

5.5.2 Nombre et choix des sites

Le nombre et l'emplacement des sites ont été choisis *a priori*. L'approche initiale du projet visait à 1) à compléter le réseau de station d'évaluation existant, et 2) évaluer l'effet de différentes activités sur l'état écologique de l'herbier, avec un nombre de stations équivalent pour chaque modalité de la variable pression. Il s'est avéré en cours de projet que les pressions pré-identifiées ont été modulées *a posteriori* (exemple de Charge Neuve qui s'est avérée ne pas être soumise à pression de mouillage), changeant ainsi le design expérimental et les statistiques afférentes.

Néanmoins, l'augmentation du nombre de secteur évalué par rapport à ceux pris en compte dans la présente étude apparaît comme pertinent, pour un maillage plus sectorisé du Parc, en lien avec l'évolution de la métrique « Extension modifiée » telle que prévue dans l'indicateur Angiospermes modifié.

Il est à noter que les travaux futurs considèreront deux secteurs en baie d'Yves (baie d'Yves et Baie de Fouras) selon les dernières recommandations données (P.G. Sauriau et S. Dalloyau ; Compte rendu du technique CoEHCo, 20 mai 2023).

5.5.3 Typologies d'herbiers

Sur la base des variables considérées (recouvrement et granulométrie), nos résultats aboutissent à une typologie d'herbier suivant le schéma ci-après :

- ▶ Forts taux de recouvrement (70-90%), sables peu envasés : stations « Charge Neuve », « Rivedoux » et « Ronce-les-Bains.
- ▶ Faibles taux de recouvrements (20-30%), sables très fins envasés : la station « Baie d'Yves »
- ▶ Taux de recouvrement moyens-bons (30-70%), vases : stations « Château d'Oléron - FC/SAAM/TC » et « Les Doux ».

5.5.4 Propositions d'adaptation

Le Parc projette de compléter le réseau d'évaluation des herbiers de zostère naine en ajoutant des stations de suivis à l'horizon 2024 au sein desquels le protocole stationnel DCE (Auby et al., 2018) sera mis en œuvre, et l'indicateur angiosperme modifié sera a priori appliqué (Compte rendu du comité technique, tenu le 2 mai 2023).

Concernant l'étude de l'effet de certaines activités sur l'état écologique des herbiers, plusieurs recommandations peuvent être faites. Afin de pouvoir faire le lien direct entre l'état écologique de l'herbier et la pression, il est préconisé de localiser une grille témoin et une grille sur une zone soumise à pression, au sein du même site (comme réalisé au niveau des friches conchylicoles et la station témoin, ou encore entre les stations PAP et SAAM au château d'Oléron).

Les données de taux de recouvrement absolus, acquises via image J, pourraient être utilisées dans les analyses. Pour ce faire, leur extraction sur Q² pourrait être simplifiée en dédiant un champ à cette variable, qui est, à présent bancarisée dans le champ « commentaire ». Cette variable quantitative et non catégorielle pourrait alimenter des tests statistiques paramétriques, plus puissants, pour répondre aux questions appelées par le projet CoEHCo.

5.5.5 Conclusions sur l'utilisation des protocoles pour le tableau de bord du Parc

Un ajustement du protocole DCE (Auby *et al.*, 2018) a été appliqué dans le cadre du présent travail puisque l'échelle d'évaluation est le « secteur » et non la « masse d'eau ». Pour ce faire, les conditions de références des métriques « extension » et « taxonomie », ont été déterminées à l'échelle des secteurs définis par le Parc. Les résultats d'indicateur présentés ici permettront à termes, et au regard d'autres résultats, de renseigner le tableau de bord du Parc.

Un tableau de bord vise évaluer l'atteinte des objectifs définis dans le plan de gestion du Parc, à éclairer le conseil de la gestion du Parc et ainsi orienter les actions de gestion à mener. Le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis inscrit dans ses finalités : « le bon état écologique et la couverture des herbiers de zostère sont maintenus (finalité 22.2) ». Des indicateurs fiables et simplifiant un ensemble d'informations complexes, à partir de données collectées sur le terrain, doivent donc être appliqués pour évaluer l'attente de cet objectif.

L'indicateur Angiospermes modifié permet d'évaluer l'état écologique des herbiers à l'échelle de secteurs, et semble à ce titre être pertinent. Le choix de conserver l'approche et les métriques DCE assure l'inter-opérabilité des résultats et des interprétations entre les différentes échelles de travail et cadre évaluatifs. L'indicateur Angiospermes modifié doit être suivi dans le temps afin d'avoir une vision d'ensemble de la dynamique de l'herbier et de son état.

Nous préconisons, pour de prochaines études sur l'état écologique d'herbiers soumis à des pressions d'origine anthropiques, de doubler la grille DCE, afin d'avoir une grille sur la zone impactée et une grille dans une zone témoin à proximité. Il est conseillé de prêter particulièrement attention aux taux de recouvrement, et à l'EQR associé, qui répondent à plusieurs types de pression localisées.

Concernant l'évaluation des herbiers soumis à différent type de mouillage (classique, innovant), il serait pertinent de pérenniser le protocole présenté ici jusqu'à restauration de l'herbier afin de quantifier ce processus de restauration. Néanmoins, d'autres approches peuvent être conseillées, sur la base d'analyses d'images aérienne afin de quantifier la diminution de la fragmentation de l'herbier (patches de ragage) en lien avec le changement du type de mouillage.



6 Références bibliographiques

6.1 Rapports DCE (Contrôle de surveillance)

Masse d'eau Estuaire du Lay FRGT30 (MET)

Sauriau, P.-G., Aubert, F., Grizon, J., 2011. Surveillance flore 2011 herbier de *Zostera noltii* masse d'eau côtière FRGC53 Pertuis breton, masse d'eau de transition FRGT30 Estuaire du Lay.

Sauriau, P., Aubert, F., Cajeri, P., Curti, C., Grizon, J., 2013. Contrôle de surveillance 2012 DCE

herbier de *Zostera (Zosterella) noltei* - masse d'eau côtière FRGC53 Pertuis breton masse d'eau de transition FRGT30 Estuaire du Lay.

- Sauriau, P.G., Aubert, F., Grison, J., 2014. Contrôle de surveillance **2013** de la masse d'eau côtière FRGC53 et de la masse d'eau de transition FRGT30 Partie 3 : herbier de *Zostera (Zosterella) noltei*.
- Sauriau, P.G., Aubert, F., Duvar, A., Pineau, P., Lachaussee, N., 2015. Contrôle de surveillance DCE **2014** de la masse d'eau côtière FRGC53 Pertuis Breton et de la masse d'eau de transition FRGT30 Estuaire du Lay. Rapport final : partie 2 : suivis stationnels et surfaciques des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei*.
- Sauriau, P.G., Aubert, F., Pineau, P., 2017. Contrôle de surveillance **2016** DCE de la masse d'eau côtière « Pertuis Breton – FRGC53 » et de la masse d'eau de transition « Estuaire du Lay - FRGT30 » pour les suivis stationnels des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei*: rapport final.
- Aubert, F., Sauriau, P.-G., Pineau, P., 2018. Contrôle de surveillance **2017** DCE de la masse d'eau côtière «FRGC53 - Pertuis Breton» et de la masse d'eau de transition «FRGT30 - Estuaire du Lay» pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : rapport final.
- Aubert, F., Sauriau, P.-G., Dubillot, E., Guyonnard, V., Lachaussee, N., 2019. Contrôle de surveillance **2018** DCE de la masse d'eau côtière «FRGC53 - Pertuis Breton» et de la masse d'eau de transition «FRGT30 - Estuaire du Lay» pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : rapport final.
- Aubert, F., Sauriau, P.-G., Pineau, P., 2020. Contrôle de surveillance DCE **2019** des masses d'eau côtière « FRGC53 - Pertuis Breton » et « FRGC48 - Baie de Bourgneuf » et de la masse d'eau de transition « FRGT30 - Estuaire du Lay » pour les herbiers de *Zostera noltei* Hornemann : rapport final. Herbier.
- Aubert, F., Sauriau, P.-G., Pineau, P., Gervot, N., 2021. Contrôle de surveillance **2020** DCE de la masse d'eau côtière «FRGC53 - Pertuis Breton» et de la masse d'eau de transition «FRGT30 - Estuaire du Lay» pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : rapport final.

Masse d'eau Pertuis breton FRGC53 (MEC)

- Sauriau, P.G., 2007. Contrôle de surveillance DCE **2007** - Suivi de la flore benthique. Masse d'eau côtière FRGC53, Pertuis breton (Vitalité herbier de *Zostera noltii*).
- Sauriau, P.G., Ehlinger, S., Sauriau, F., Sauriau, M., 2009. Contrôle de surveillance DCE **2009** - Suivi de la flore benthique. Masse d'eau côtière FRGC53, Pertuis breton (Echantillonnage herbier de *Zostera (Zosterella) noltii*) 1–34.
- Sauriau, P.-G., Aubert, F., Grison, J., 2011. Surveillance flore **2011** herbier de *Zostera noltii* masse d'eau côtière FRGC53 Pertuis breton, masse d'eau de transition FRGT30 Estuaire du Lay.
- Sauriau, P., Aubert, F., Cajeri, P., Curti, C., Grison, J., 2013. Contrôle de surveillance **2012** DCE herbier de *Zostera (Zosterella) noltei* - masse d'eau côtière FRGC53 Pertuis breton masse d'eau de transition FRGT30 Estuaire du Lay.
- Sauriau, P.G., Aubert, F., Grison, J., 2014. Contrôle de surveillance **2013** de la masse d'eau côtière FRGC53 et de la masse d'eau de transition FRGT30 Partie 3 : herbier de *Zostera (Zosterella) noltei*.
- Sauriau, P.G., Aubert, F., Duvar, A., Pineau, P., Lachaussee, N., 2015. Contrôle de surveillance DCE **2014** de la masse d'eau côtière FRGC53 Pertuis Breton et de la masse d'eau de transition FRGT30 Estuaire du Lay. Rapport final : partie 2 : suivis stationnels et surfaciques des herbiers

de *Zostera (Zosterella) noltei*.

- Sauriau, P.G., Aubert, F., Pineau, P., 2017. Contrôle de surveillance **2016** DCE de la masse d'eau côtière « Pertuis Breton – FRGC53 » et de la masse d'eau de transition « Estuaire du Lay - FRGT30 » pour les suivis stationnels des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei*: rapport final.
- Aubert, F., Sauriau, P.-G., Pineau, P., 2018. Contrôle de surveillance **2017** DCE de la masse d'eau côtière «FRGC53 - Pertuis Breton» et de la masse d'eau de transition «FRGT30 - Estuaire du Lay» pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : rapport final.
- Aubert, F., Sauriau, P.-G., Dubillot, E., Guyonnard, V., Lachaussee, N., 2019. Contrôle de surveillance **2018** DCE de la masse d'eau côtière «FRGC53 - Pertuis Breton» et de la masse d'eau de transition «FRGT30 - Estuaire du Lay» pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : rapport final.
- Aubert, F., Sauriau, P.-G., Pineau, P., 2020. Contrôle de surveillance DCE **2019** des masses d'eau côtière « FRGC53 - Pertuis Breton » et « FRGC48 - Baie de Bourgneuf » et de la masse d'eau de transition « FRGT30 - Estuaire du Lay » pour les herbiers de *Zostera noltei* Hornemann : rapport final. Herbier.
- Aubert, F., Sauriau, P.-G., Pineau, P., Gervot, N., 2021. Contrôle de surveillance **2020** DCE de la masse d'eau côtière «FRGC53 - Pertuis Breton» et de la masse d'eau de transition «FRGT30 - Estuaire du Lay» pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : rapport final.

Masse d'eau Pertuis charentais FRFC02 (MEC)

- Sauriau, P.G., 2008. Surveillance **2007** faune et flore benthique DCE « vitalité herbier de *Zostera noltii* » masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais - Prospection 2008.
- Sauriau, P.G., Ehlinger, S., Sauriau, F., 2008. Surveillance **2008** faune et flore benthique DCE « vitalité herbier de *Zostera noltii* » masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais.
- Sauriau, P.G., Aubert, F., Breret, M., Ehlinger, S., Sauriau, F., Sauriau, M., 2009. Surveillance **2009** - Flore masses d'eau côtière DCE, FRFC01 Nord-Est Oléron : macroalgues, FRFC02 Pertuis charentais : herbier de *Zostera noltii*. Partie 2 : herbier de *Zostera noltii*.
- Sauriau, P.G., Aubert, F., Cajeri, P., Curti, C., Latry, L., Leguay, D., 2012. Contrôle de surveillance **2012** DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 : herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei*.
- Sauriau, P.G., Aubert, F., 2013. Contrôle de surveillance **2013** DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 : Partie 1 : herbier de *Zostera (Zosterella) noltei*.
- Sauriau, P.G., Aubert, F., Duvard, A., 2015. Contrôle de surveillance DCE **2014** de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02. Rapport final. Partie 1 : suivis stationnels des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann.
- Sauriau, P.G., Aubert, F., 2016. Contrôle de surveillance **2015** DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02. Partie 2 : herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei*.
- Sauriau, P.G., Aubert, F., Guenneteau, S., 2017. Contrôle de surveillance **2016** DCE de la masse d'eau côtière « Pertuis Charentais - FRFC02 » pour les suivis stationnels des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei*: rapport final 1–78.
- Aubert, F., Guenneteau, S., Sauriau, P.-G., 2018. Contrôle de surveillance **2017** DCE de la masse

d'eau côtière « FRFC02 - Pertuis charentais » pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : Rapport final.

Aubert, F., Sauriau, P.-G., Guenneteau, S., 2019. Contrôle de surveillance DCE **2018** de la masse d'eau côtière « FRFC02 - Pertuis charentais » pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : Rapport final. Rapp. CNRS Cohabys- Ifremer - Agence l'Eau Adour Garonne, La Rochelle 1–56.

Aubert, F., Sauriau, P., Guenneteau, S., 2020. Contrôle de surveillance DCE **2019** de la masse d'eau côtière « FRFC02 - Pertuis charentais » et de la masse d'eau de transition « FRFT09 - Estuaire de la Gironde » pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : Rapport final.

Aubert, F., Sauriau, P.-G., Guenneteau, S., 2021. Contrôle de surveillance DCE **2020** de la masse d'eau côtière « FRFC02 - Pertuis charentais » et de la masse d'eau de transition « FRFT09 - Estuaire de la Gironde » pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann: Rapport Final.

Aubert, F., Jourde, J., Guenneteau, S., 2022. Contrôle de surveillance DCE **2021** des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann de la masse d'eau côtière « FRFC02 - Pertuis charentais » et de la masse d'eau de transition « FRFT09 - Estuaire de la Gironde »: Rapport final. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00799/91075/96731.pdf>

Aubert, F., Sauriau, P.-G., Goudal, J., Guenneteau, S., 2023. Contrôle de surveillance **2022** DCE de la masse d'eau côtière «FRFC02 - Pertuis charentais» et de la masse d'eau de transition «FRFT09 - Estuaire de la Gironde» pour les herbiers de *Zostera noltei* Hornemann : rapport final. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00835/94715/102208.pdf>

Masse d'eau Estuaire Gironde Aval FRFT09 (MET)

Aubert, F., Sauriau, P.-G., 2018. Prospection du secteur Bonne Anse dans la masse d'eau FRFT09 « Estuaire gironde aval » pour la mise en place d'une nouvelle station de suivi DCE herbier à *Zostera noltei*.

Aubert, F., Sauriau, P., Guenneteau, S., 2020. Contrôle de surveillance DCE **2019** de la masse d'eau côtière « FRFC02 - Pertuis charentais » et de la masse d'eau de transition « FRFT09 - Estuaire de la Gironde » pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : Rapport final.

Aubert, F., Sauriau, P.-G., Guenneteau, S., 2021. Contrôle de surveillance DCE **2020** de la masse d'eau côtière « FRFC02 - Pertuis charentais » et de la masse d'eau de transition « FRFT09 - Estuaire de la Gironde » pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann: Rapport Final.

Aubert, F., Jourde, J., Guenneteau, S., 2022. Contrôle de surveillance DCE **2021** des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann de la masse d'eau côtière « FRFC02 - Pertuis charentais » et de la masse d'eau de transition « FRFT09 - Estuaire de la Gironde »: Rapport final. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00799/91075/96731.pdf>

Aubert, F., Sauriau, P.-G., Goudal, J., Guenneteau, S., 2023. Contrôle de surveillance **2022** DCE de la masse d'eau côtière «FRFC02 - Pertuis charentais» et de la masse d'eau de transition «FRFT09 - Estuaire de la Gironde» pour les herbiers de *Zostera noltei* Hornemann : rapport final. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00835/94715/102208.pdf>

6.2 Autres références bibliographiques

- 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.
- Auby, Isabelle, 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.
- Auby, I, Oger-Jeanneret, H., Sauriau, P.-G., Hily, C., Barillé, L., 2010. Angiospermes des côtes françaises Manche-Atlantique. Propositions pour un indicateur DCE et premières estimations de la qualité. Annexe 2 : Fiches contenant les données sur les herbiers des différentes masses d'eau suivies dans le cadre de la DCE.
- Auby, I., Sauriau, P.-G.G., Oger-Jeanneret, H.H., Hily, C., Dalloyau, S.S., Rollet, C., Trut, G., Fortune, M., Plus, M., Rigouin, L., 2014. Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) *Zostera marina - Zostera noltei*. Version 2.
- Blott, Simon J. et Pye, Kenneth, 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2001. Vol. 26, n° 11, pp. 1237-1248. DOI [10.1002/esp.261](https://doi.org/10.1002/esp.261).
- Buchet, R., Gauthier, E., Rigouin, L., Deleys, N., Pothier, A., 2020. Consignes de saisie Quadriges Herbiers à *Zostera noltei*.
- Coen, L. D. ; Luckenbach, M. W. ; Breitburg, Denise L. (1999). *Fish Habitat: Essential Fish Habitat and Rehabilitation (438-454) American Fisheries Society*.
- Curti, C., Beguet, B., 2021, Cartographie des habitats littoraux du Parc Naturel Marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (CartoHECo) - Volet 1 – Rapport final – Cartographie 2020 : herbiers de zostère naine, champs de macroalgues intertidaux et prés salés Contrat de Recherche & Développement, OFB / i-Sea, 82 p
- Garcia, Aurelie, Desroy, Nicolas, Le Mao, Patrick et Miossec, Laurence, 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 SQUAREF 2014. [en ligne]. 1 janvier 2014. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00269/38067/>
- Guyonnard, V., 2023, Rapport de diagnostic pour le projet RESOBLO du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis, In prep. Office français de la biodiversité, Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. Programme RESOBLO.
- Jourde, J., 2018, Réalisation d'analyses granulométriques des sédiments, de mesures de la matière organique dans les sédiments et élaboration et mise en œuvre d'un protocole d'inventaire faunistique de la faune benthique préalable à des expérimentations d'enlèvement de gisements sauvages d'huîtres japonaises dans la Réserve Naturelle de la Baie de l'Aiguillon (17-85) (<https://life.reserve-baie-aiguillon.fr/download/1046187/?tmstv=1687694449>).
- I-Sea (2023). Estimation des surfaces d'herbiers de *Zostera noltei* au sein du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis pour l'évaluation de la métrique « extension » (sensu DCE) à l'échelle des secteurs de travail du projet CoEHCo. Tableau de données. Projet CartoEHCo, 1p.
- Lejolivet A., Foveau A., Le Mao P., Rollet C. (2019). Suivi stationnel des herbiers à *Zostera noltei* dans la masse d'eau de transition FRGC03- Rance Fresnaye (Saint-Jacut-de-la-mer). Bilan 2012-2016 Ifremer/ODE/LITTORAL/LERBN-19-003, 29 pages + annexes
- OFB, 2021. *CoEHCo – Compte rendu du Comité Technique « Suivi des herbiers de zostère naine »*, 22 novembre 2021[en ligne]. Disponible à l'adresse : https://plan-gestion.parc-marin-gironde-pertuis.fr/drupal/sites/default/files/2022-03/Comite_technique_herbiers_ZN_CoEHCo_2021_1.pdf

- PNMEGMP/LPO 2023. Comité technique du projet CoEHCo relatif au suivi des herbiers de la zostère naine. Compte rendu. Rochefort, le 2 mai 2023. <https://plan-gestion.parc-marin-gironde-pertuis.fr/action/131>
- POS3IDON, 2021. Rapport de mission sur la mise en place de nouvelles stations de suivi stationnel des herbiers de zostère naine au sein du PNMEGMP, Projet CoEHCo, Campagne 2021
- POS3IDON, 2022. Rapport de mission sur la mise en place de nouvelles stations de suivi stationnel des herbiers de zostères naines au sein du PNMEGMP, Projet CoEHCo, Campagne 2022.
- POS3IDON – Eurêka Mer 2022. Synthèse des connaissances sur les herbiers de *Zostera noltei* depuis la mise en place des suivis DCE (2007), à l'échelle du parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis. Projet CoEHCo
- Ross, S., M., Chapter 1 - Introduction to Statistics, Introductory Statistics (Fourth Edition), Academic Press, 2017, Pages 1-15, ISBN 9780128043172, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804317-2.00001-1>.
- João N. Salvador de Paiva, Brenda Walles, Tom Ysebaert, Tjeerd J. Bouma, 2018, Understanding the conditionality of ecosystem services: The effect of tidal flat morphology and oyster reef characteristics on sediment stabilization by oyster reefs, Ecological Engineering, Volume 112, Pages 89-95, ISSN 0925-8574, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.020>.
- Ubertini M., Bazin P., Merou N., Bernard I. (2022) Projet CoEHCo – Rapport intermédiaire Mise en place de nouvelles stations de suivi stationnel des herbiers de zostère naine au sein du PNMEGMP, Résultats de la Campagne 2021.

7 Annexes

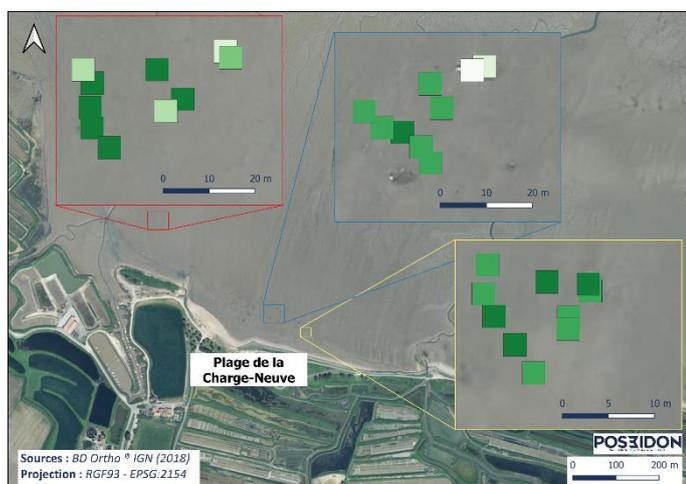
En pages suivantes sont présentées les résultats des paramètres de suivi relatifs aux herbiers de zostère naine, pour chaque station échantillonnée lors des campagnes CoEHCo de 2021 et 2022 (ainsi que 2020 pour la station Baie d'Yves).

Du nord au sud du PNMEGMP :

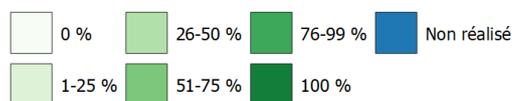
- ▶ Charge-Neuve (mouillage)
- ▶ Rivedoux (sans activité anthropique majeure)
- ▶ Rivedoux (mouillage)
- ▶ Baie d'Yves (sans activité anthropique majeure)
- ▶ Marennes (pêche à pied)
- ▶ Château d'Oléron (friches ostréicoles)
- ▶ Château d'Oléron (Témoin friches ostréicoles)
- ▶ Château d'Oléron (sans activité anthropique majeure)
- ▶ Ronce-les-bains (sans activité anthropique majeure)
- ▶ Ronce-les-bains (mouillage)

Charge-Neuve - 2021

Zostère naine – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

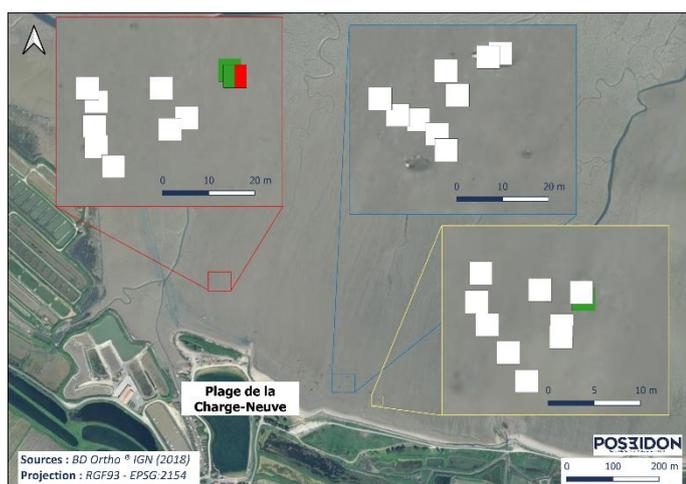


	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	80	29,10	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	82,76	25,31	29

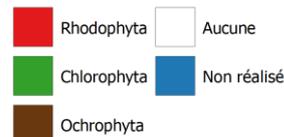
Pourcentage de quadrats végétalisés : 96,67 %
E-C : Ecart-type

Figure 68 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Charge-Neuve

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	E-C	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	1,12	1,49	0,63	3	3
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	0,08	0,32	-	1	1

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

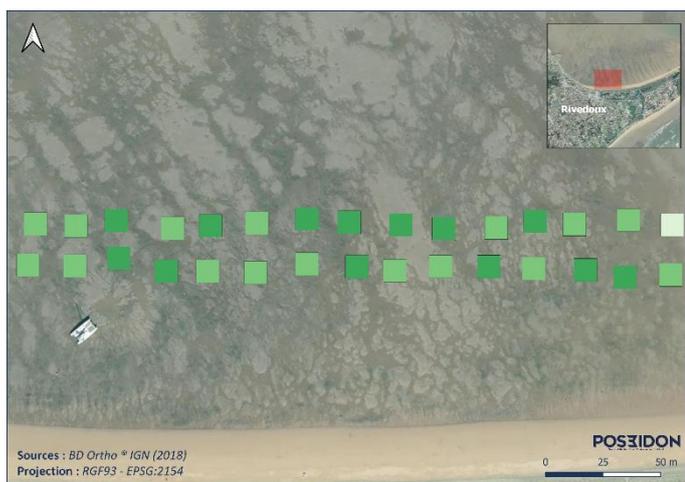
Figure 69 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Charge-Neuve

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

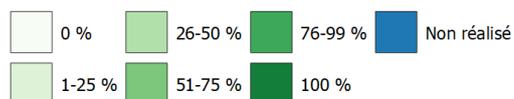
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	45,37	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	48,14	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	6,50	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	101,76	5,94	3
Taux de matière organique (%)	-	3,71	1,10	9

Rivedoux (sans activité anthropique majeure) - 2021

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

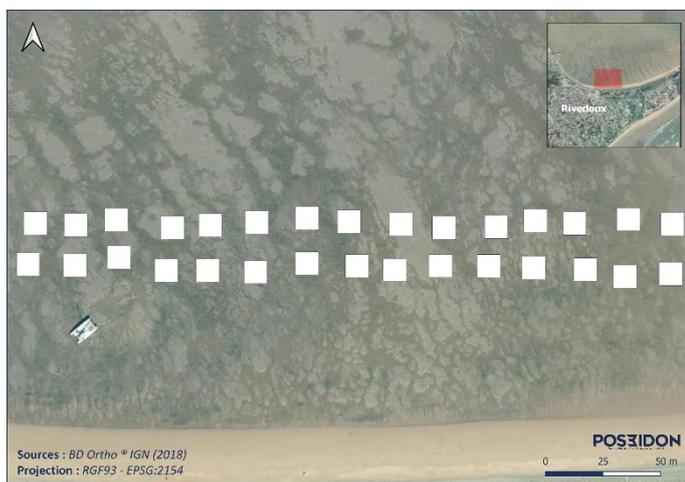


	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	71,67	16,72	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	71,67	16,72	30

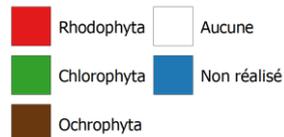
Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %
E-C : Ecart-type

Figure 70 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Rivedoux

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ²)	E-C	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0	-	-	0	0
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	0	-	-	0	0

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

Figure 71 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Rivedoux

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

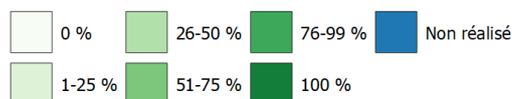
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	10,72	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	88,32	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,95	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	228,16	0	1
Taux de matière organique (%)	-	1,42	0,25	9

Rivedoux (sans activité anthropique majeure) - 2022

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :



	Moyenne	SD	N
Taux de recouvrement (%)	62,5	18,57	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	62,5	18,57	30

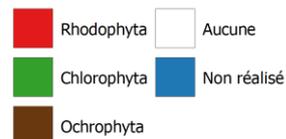
Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %
SD : Déviation standard

Figure 72 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Rivedoux (Sans activité anthropique majeure)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ²)	SD	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0	0	-	0	0
Ochrophyta	0	0	-	0	0
Rhodophyta	0	0	-	0	0

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

Figure 73 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Rivedoux (Sans activité anthropique majeure)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

	Somme	Moyenne	SD	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	13,84	-	-	1
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	84,17	-	-	1
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	1,99	-	-	1
Médiane granulométrique (µm)	-	226,917	-	1
Taux de matière organique (%)	-	2,16	0,31	9

Rivedoux (mouillage) - 2021

Zostères naines – Taux de recouvrement

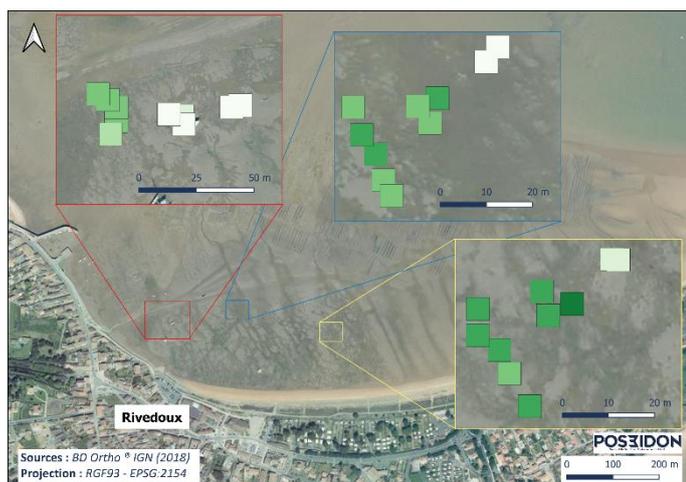
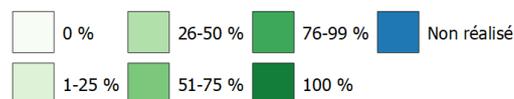


Figure 74 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Rivedoux (mouillage)

Classes de taux de recouvrement :



	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	52,92	35,15	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	66,15	25,40	24

Pourcentage de quadrats végétalisés : 80 %
E-C : Ecart-type

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches

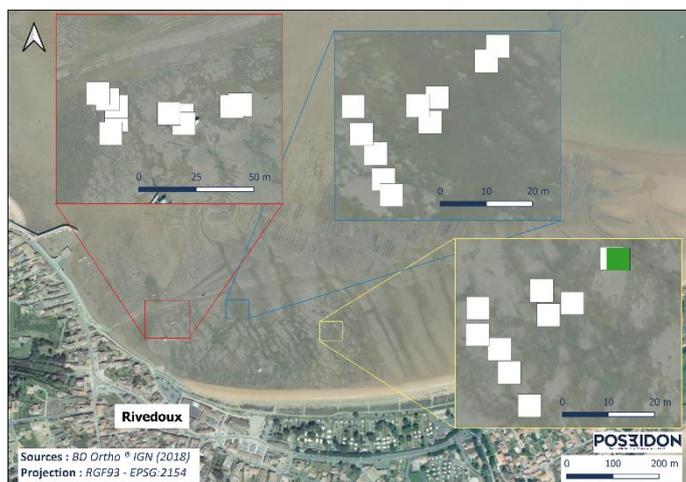
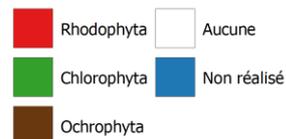


Figure 75 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Rivedoux (mouillage)

Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	E-C	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0,12	0,48	-	1	1
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	0	-	-	0	0

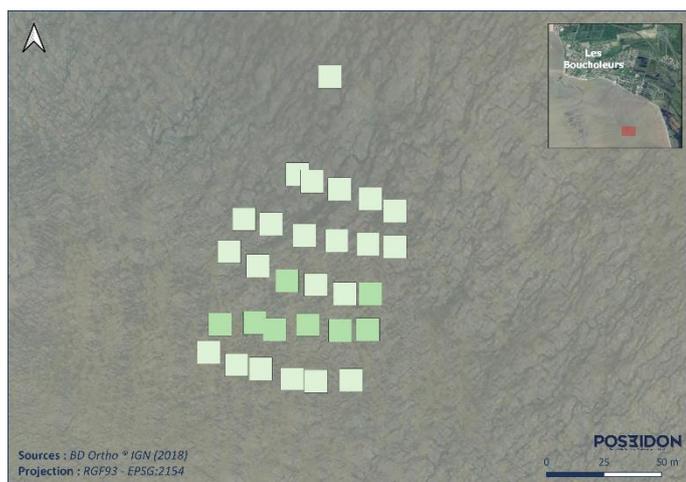
Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

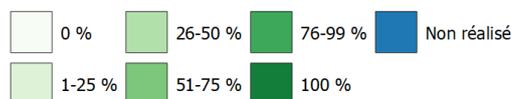
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	5,85	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	93,91	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,23	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	218,00	9,92	3
Taux de matière organique (%)	-	1,35	0,90	9

Baie d'Yves (sans activité anthropique majeure) - 2020

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

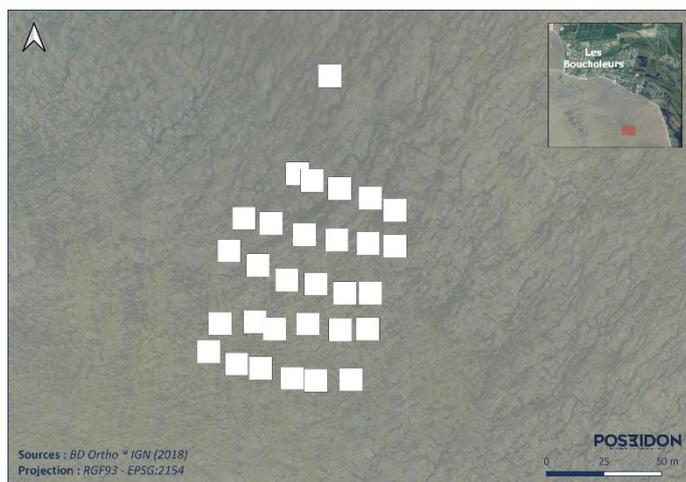


	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	19,17	11,24	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	19,17	11,24	30

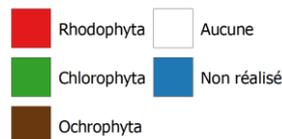
Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %
E-C : Ecart-type

Figure 76 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Baie d'Yves

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	E-C	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0	-	-	0	0
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	0	-	-	0	0

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

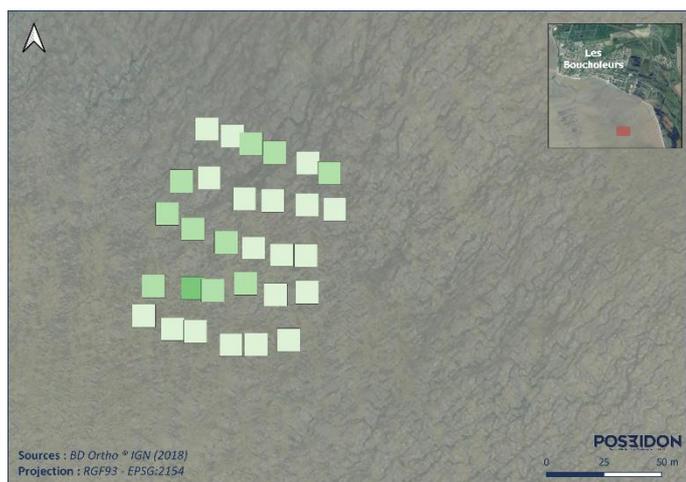
Figure 77 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Baie d'Yves

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

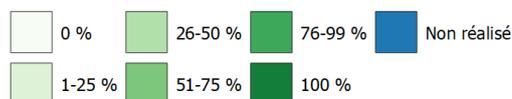
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	2,298	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	97,698	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,005	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	139,14	0	1
Taux de matière organique (%)	-	0,9	0,23	9

Baie d'Yves (sans activité anthropique majeure) - 2021

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

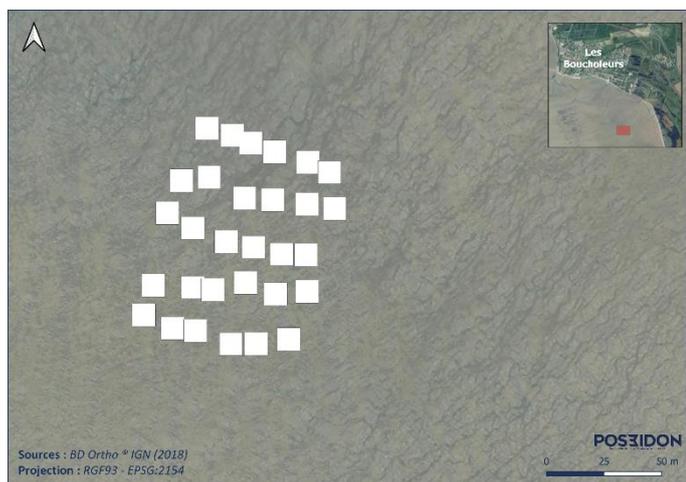


	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	22,5	14,08	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	22,5	14,08	30

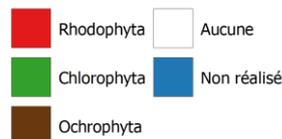
Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %
E-C : Ecart-type

Figure 78 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Baie d'Yves

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ²)	E-C	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0	-	-	0	0
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	0	-	-	0	0

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

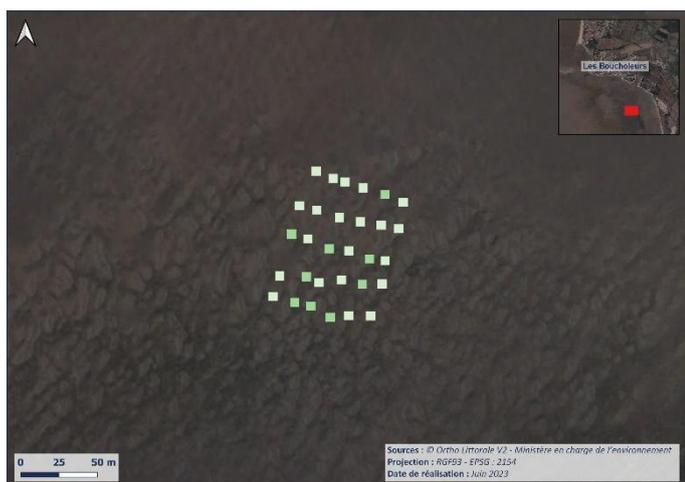
Figure 79 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Baie d'Yves

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

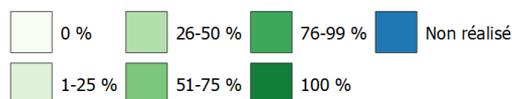
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	9,40	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	90,51	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,09	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	139,19	0	1
Taux de matière organique (%)	-	1,98	1,47	9

Baie d'Yves (sans activité anthropique majeure) - 2022

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

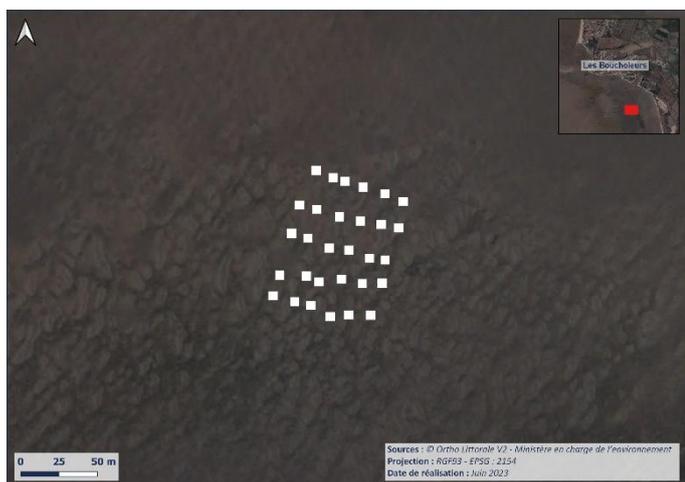


	Moyenne	SD	N
Taux de recouvrement (%)	20	11,65	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	20	11,65	30

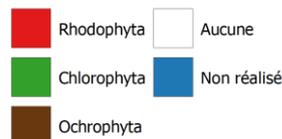
Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %
SD : Déviation standard

Figure 80 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Baie d'Yves (Sans activité anthropique majeure)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ²)	SD	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0	0	-	0	0
Ochrophyta	0	0	-	0	0
Rhodophyta	0	0	-	0	0

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

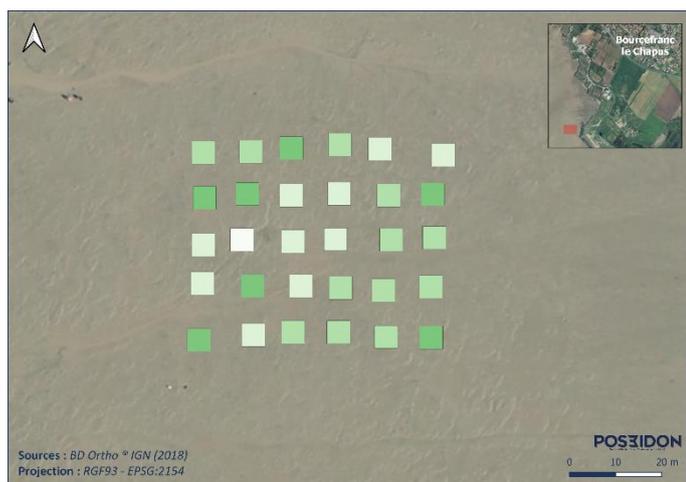
Figure 81 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Baie d'Yves (Sans activité anthropique majeure)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

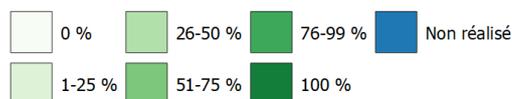
	Somme	Moyenne	SD	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	15,23	-	-	1
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	84,72	-	-	1
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,04	-	-	1
Médiane granulométrique (µm)	-	143,597	-	1
Taux de matière organique (%)	-	1,25	0,12	9

Marennes (pêche à pied) - 2021

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

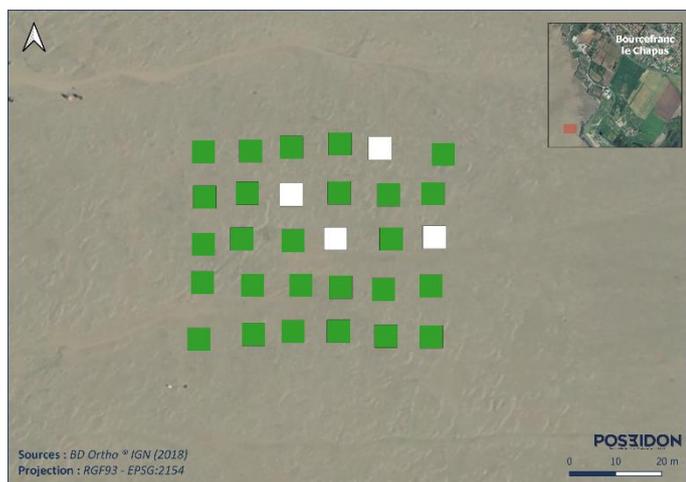


	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	33,75	20,01	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	34,91	19,30	29

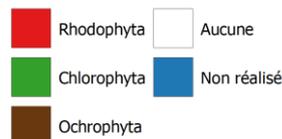
Pourcentage de quadrats végétalisés : 96,67 %
E-C : Ecart-type

Figure 82 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Marennes (pêche à pied)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	E-C	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	12,53	1,93	1,32	26	26
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	0	-	-	0	0

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

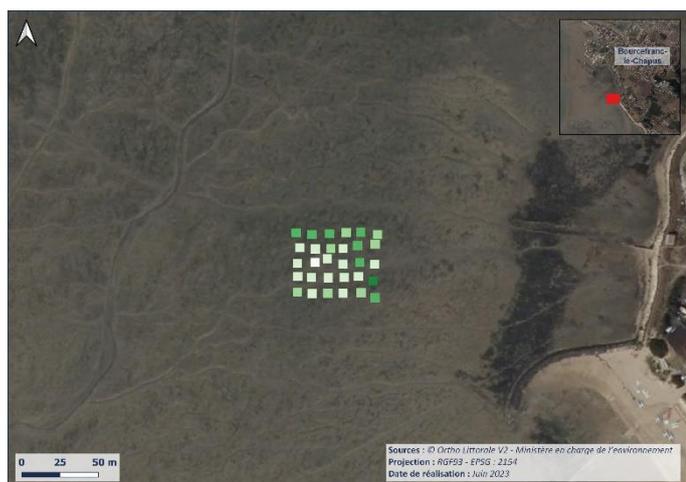
Figure 83 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Marennes (pêche à pied)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

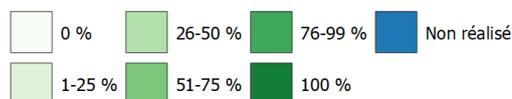
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	30,32	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	65,78	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	3,90	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	141,04	0	1
Taux de matière organique (%)	-	2,44	0,33	9

Marennes (Pêche à pied) - 2022

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :



	Moyenne	SD	N
Taux de recouvrement (%)	32,08	23,60	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	33,19	23,21	29

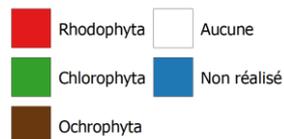
Pourcentage de quadrats végétalisés : 96,67 %
SD : Déviation standard

Figure 84 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Marennes (Pêche à pied)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	SD	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0,584	0,045	0,052	16	13
Ochrophyta	0	0	-	0	0
Rhodophyta	0	0	-	0	0

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

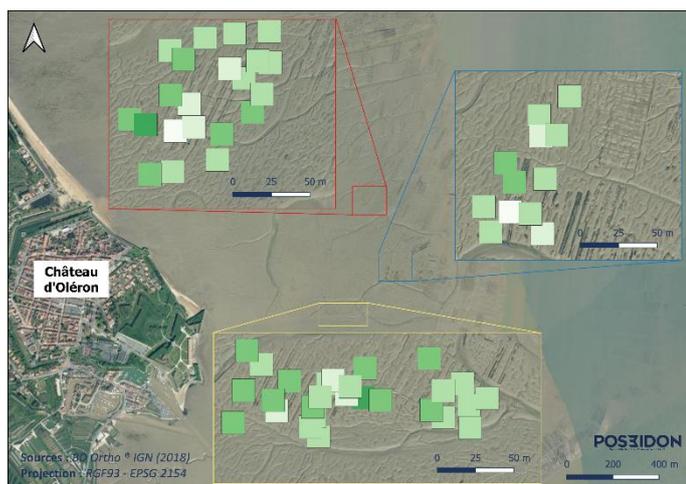
Figure 85 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Marennes (Pêche à pied)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

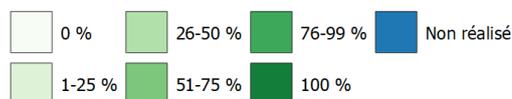
	Somme	Moyenne	SD	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	32,60	-	-	1
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	64,17	-	-	1
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	3,22	-	-	1
Médiane granulométrique (µm)	-	146,386	-	1
Taux de matière organique (%)	-	2,54	0,53	9

Château d'Oléron (friche conchylicole) - 2021

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

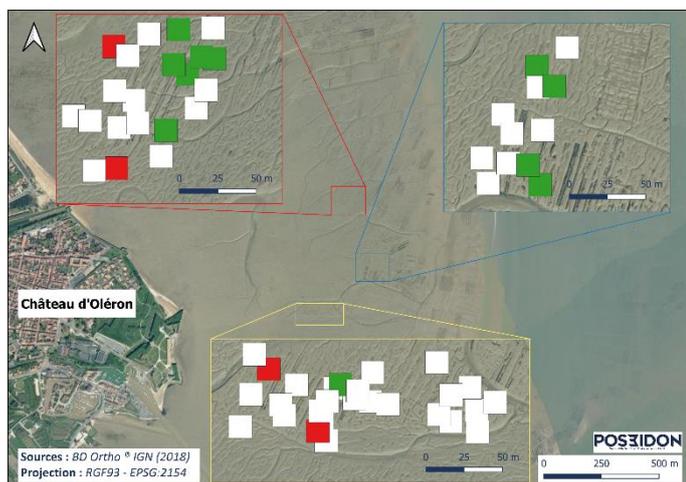


	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	42,08	19,66	60
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	43,53	18,32	58

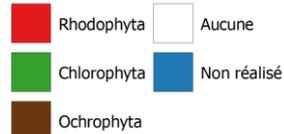
Pourcentage de quadrats végétalisés : 96,67 %
E-C : Ecart-type

Figure 86 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron (friche conchylicole)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	E-C	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	2,23	0,81	1,34	11	11
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	1,99	1,99	1,99	4	4

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

Figure 87 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron (friche conchylicole)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

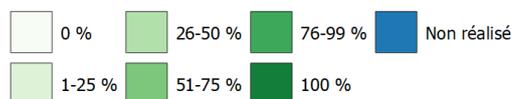
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	57,12	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	42,46	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,42	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	87,01	0,17	2
Taux de matière organique (%)	-	2,85	0,87	18

Château d'Oléron (Friche conchylicole) - 2022

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

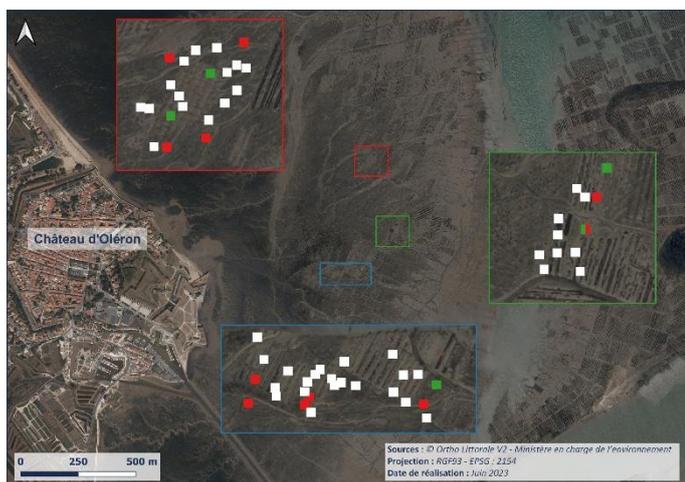


	Moyenne	SD	N
Taux de recouvrement (%)	29,17	20,28	60
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	30,17	19,87	58

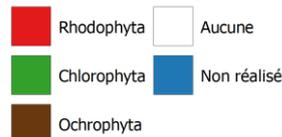
Pourcentage de quadrats végétalisés : 96,67 %
SD : Déviation standard

Figure 88 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron (Friche conchylicole)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	SD	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0,123	0,025	0,013	5	5
Ochrophyta	0	0	-	0	0
Rhodophyta	10,090	0,917	1,786	11	11

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

Figure 89 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron (Friche conchylicole)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

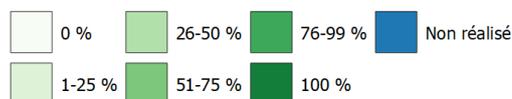
	Somme	Moyenne	SD	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	-	54,56	8,95	2
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	-	45,15	9,12	2
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	-	0,29	0,16	2
Médiane granulométrique (µm)	-	88,262	0,583	2
Taux de matière organique (%)	-	3,43	0,62	18

Château d'Oléron (témoin friche conchylicole) – 2021

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :



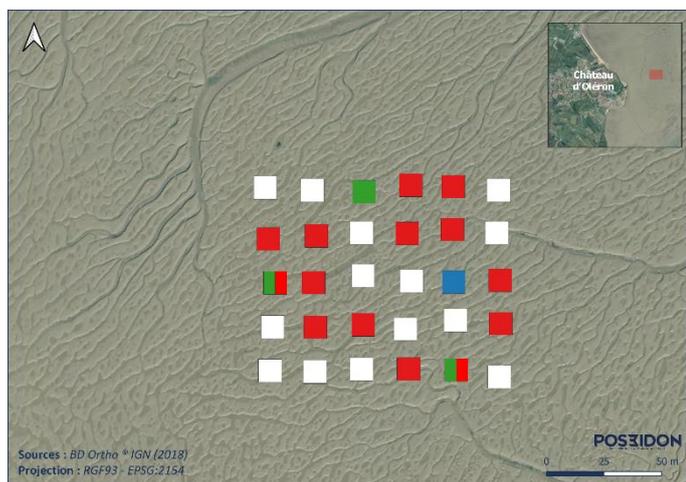
	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	56,47	10,89	29
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	56,47	10,89	29

Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %

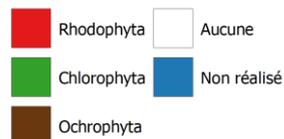
E-C : Ecart-type

Figure 90 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron (témoin friche conchylicole)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ²)	E-C	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0,5	1	0,45	3	2
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	4,11	1,17	1,46	14	14

Chlorophyta : algues vertes

Rhodophyta : algues rouges

Ochrophyta : algues brunes

Figure 91 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron (témoin friche conchylicole)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

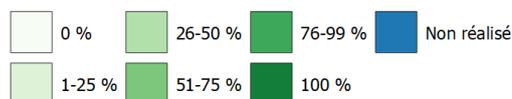
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	59,75	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	39,66	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,59	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	88,24	0	1
Taux de matière organique (%)	-	2,86	0,65	9

Château d'Oléron (Témoin conchyliculture) - 2022

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

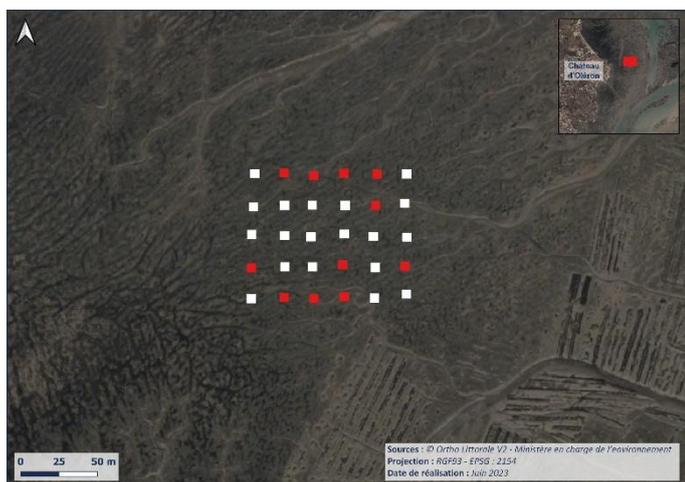


	Moyenne	SD	N
Taux de recouvrement (%)	33,33	14,80	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	33,33	14,80	30

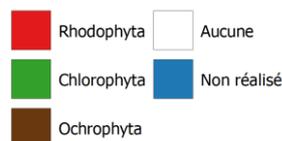
Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %
SD : Déviation standard

Figure 92 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron (Témoin conchyliculture)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	SD	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0	0	-	0	0
Ochrophyta	0	0	-	0	0
Rhodophyta	8,605	0,782	1,355	11	11

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

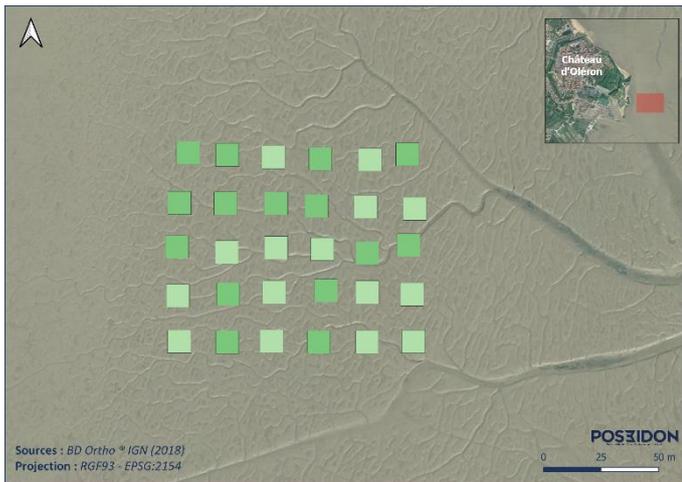
Figure 93 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron (Témoin conchyliculture)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

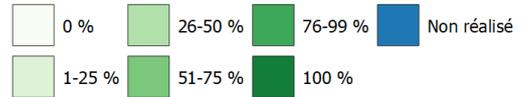
	Somme	Moyenne	SD	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	53,90	-	-	1
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	45,15	-	-	1
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,95	-	-	1
Médiane granulométrique (µm)	-	89,766	-	1
Taux de matière organique (%)	-	2,83	0,43	9

Château d'Oléron (sans activité anthropique majeure) – 2021

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

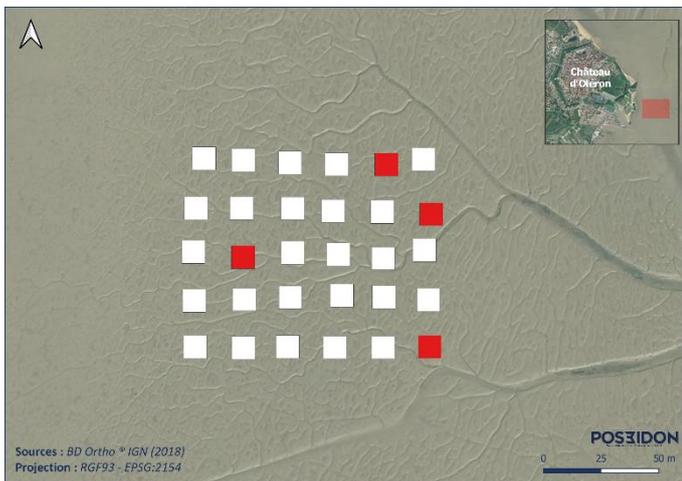


	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	50	12,71	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	50	12,71	30

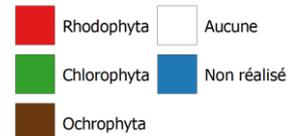
Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %
E-C : Ecart-type

Figure 94 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	E-C	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0	-	-	0	0
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	2,35	2,35	3,41	4	4

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

Figure 95 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

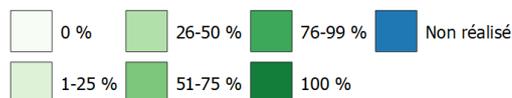
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	80,12	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	19,20	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,68	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	81,31	0	1
Taux de matière organique (%)	-	4,03	0,32	9

Château d'Oléron (sans activité anthropique majeure) - 2022

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :



	Moyenne	SD	N
Taux de recouvrement (%)	28,75	18,32	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	29,74	17,81	29

Pourcentage de quadrats végétalisés : 96,67 %

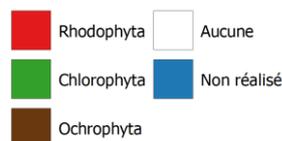
SD : Déviation standard

Figure 96 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Château d'Oléron (Sans activité anthropique majeure)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	SD	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	3,411	0,426	0,614	9	8
Ochrophyta	0	0	-	0	0
Rhodophyta	12,259	1,226	1,156	10	10

Chlorophyta : algues vertes

Rhodophyta : algues rouges

Ochrophyta : algues brunes

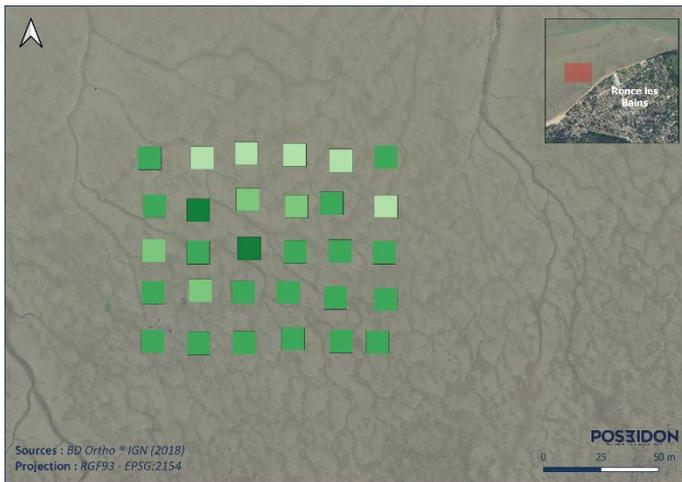
Figure 97 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Château d'Oléron (Sans activité anthropique majeure)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

	Somme	Moyenne	SD	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	81,54	-	-	1
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	17,35	-	-	1
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	1,11	-	-	1
Médiane granulométrique (µm)	-	79,857	-	1
Taux de matière organique (%)	-	2,88	0,72	9

Ronce-les-Bains (sans activité anthropique majeure) – 2021

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :



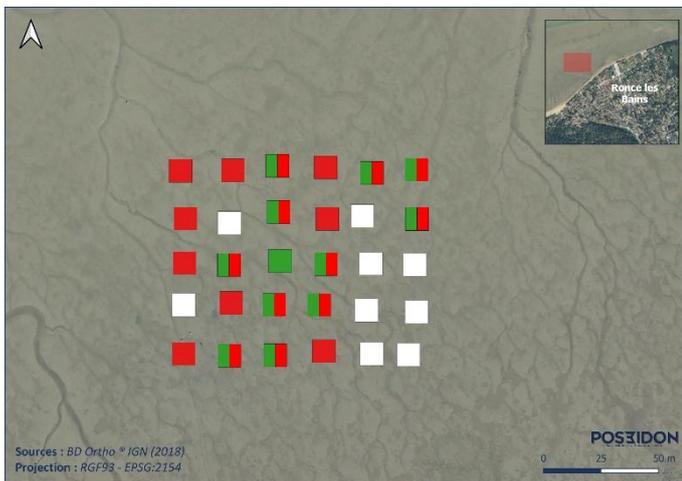
	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	76,67	20,16	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	76,67	20,16	30

Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %

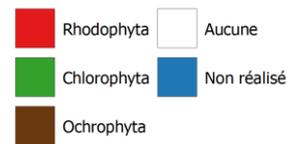
E-C : Ecart-type

Figure 98 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	E-C	N _{échantillon}	N _{pesées}
Chlorophyta	0,63	0,63	0,45	12	4
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	18,25	4,06	4,50	20	18

Chlorophyta : algues vertes

Rhodophyta : algues rouges

Ochrophyta : algues brunes

Figure 99 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

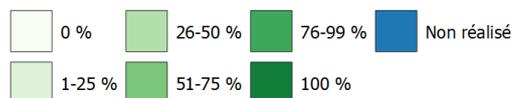
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	10,48	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	88,95	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,57	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	229,95	0	1
Taux de matière organique (%)	-	1,37	0,59	9

Ronce-les-Bains (sans activité anthropique majeure) - 2022

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :



	Moyenne	SD	N
Taux de recouvrement (%)	73,33	25,79	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	73,33	25,79	30

Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %

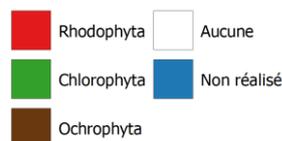
SD : Déviation standard

Figure 100 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains (Sans activité anthropique majeure)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	SD	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0	0	-	0	0
Ochrophyta	0	0	-	0	0
Rhodophyta	3,892	0,487	0,522	8	8

Chlorophyta : algues vertes

Rhodophyta : algues rouges

Ochrophyta : algues brunes

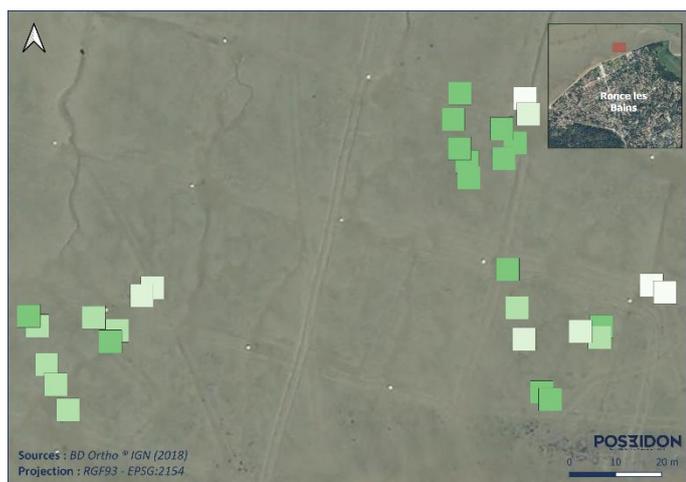
Figure 101 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains (Sans activité anthropique majeure)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

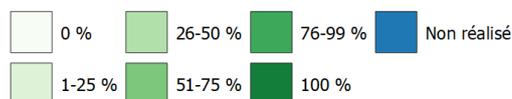
	Somme	Moyenne	SD	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	13,83	-	-	1
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	84,71	-	-	1
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	1,46	-	-	1
Médiane granulométrique (µm)	-	234,282	-	1
Taux de matière organique (%)	-	1,16	0,38	9

Ronce-les-Bains (mouillage) – 2021

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :

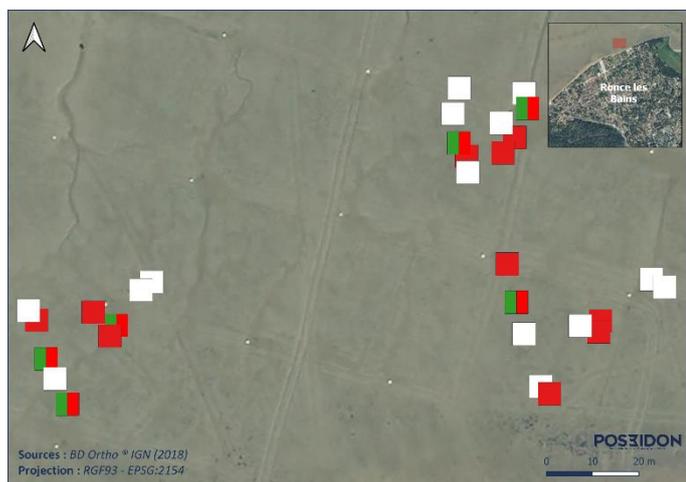


	Moyenne	E-C	N
Taux de recouvrement (%)	41,25	23,25	30
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	45,83	19,61	27

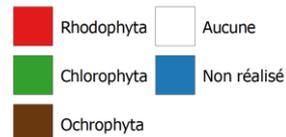
Pourcentage de quadrats végétalisés : 90 %
E-C : Ecart-type

Figure 102 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains (mouillage)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	E-C	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0,93	0,74	0,44	6	5
Ochrophyta	0	-	-	0	0
Rhodophyta	33,31	8,33	15,63	16	16

Chlorophyta : algues vertes
Rhodophyta : algues rouges
Ochrophyta : algues brunes

Figure 103 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains (mouillage)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

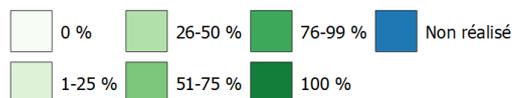
	Somme	Moyenne	E-C	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	13,60	-	-	-
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	85,22	-	-	-
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	1,18	-	-	-
Médiane granulométrique (µm)	-	226,71	9,56	3
Taux de matière organique (%)	-	1,22	0,90	9

Ronce-les-Bains (Mouillage supprimé) - 2022

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :



	Moyenne	SD	N
Taux de recouvrement (%)	34,72	20,81	18
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	34,72	20,81	18

Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %

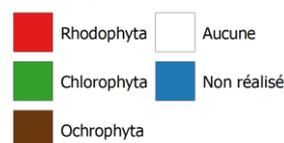
SD : Déviation standard

Figure 104 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage supprimé)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	SD	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0,009	0,009	-	2	1
Ochrophyta	0	0	-	0	0
Rhodophyta	2,229	0,318	0,390	7	7

Chlorophyta : algues vertes

Rhodophyta : algues rouges

Ochrophyta : algues brunes

Figure 105 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage supprimé)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

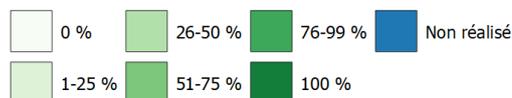
	Somme	Moyenne	SD	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	10,06	-	-	1
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	89,10	-	-	1
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,84	-	-	1
Médiane granulométrique (µm)	-	250,348	-	1
Taux de matière organique (%)	-	1,57	0,80	9

Ronce-les-Bains (Mouillage innovant) - 2022

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :



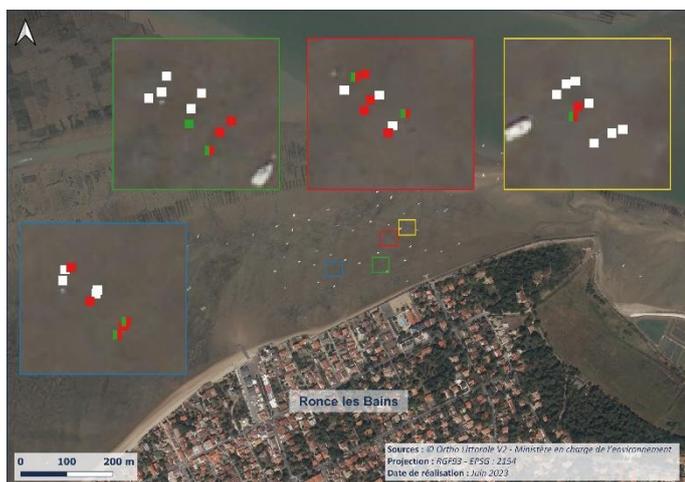
	Moyenne	SD	N
Taux de recouvrement (%)	49,31	30,17	36
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	49,31	30,17	36

Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %

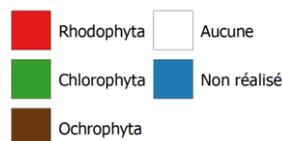
SD : Déviation standard

Figure 106 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage innovant)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	SD	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0,349	0,050	-	7	7
Ochrophyta	0	0	-	0	0
Rhodophyta	10,529	0,658	0,650	16	16

Chlorophyta : algues vertes

Rhodophyta : algues rouges

Ochrophyta : algues brunes

Figure 107 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage innovant)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

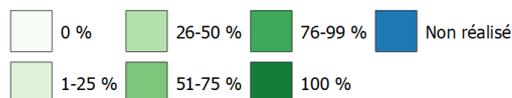
	Somme	Moyenne	SD	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	13,27	-	-	1
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	85,89	-	-	1
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,84	-	-	1
Médiane granulométrique (µm)	-	250,825	-	1
Taux de matière organique (%)	-	0,94	0,24	9

Ronce-les-Bains (Mouillage classique) - 2022

Zostères naines – Taux de recouvrement



Classes de taux de recouvrement :



	Moyenne	SD	N
Taux de recouvrement (%)	51,14	21,73	33
Taux de recouvrement sur les quadrats végétalisés (%)	51,14	21,73	33

Pourcentage de quadrats végétalisés : 100 %

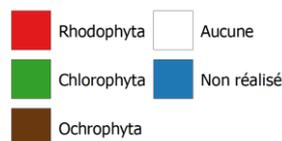
SD : Déviation standard

Figure 108 : Taux de recouvrement des zostères naines sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage classique)

Macroalgues – Présence/absence et biomasses sèches



Macroalgues :



	Somme (g)	Moyenne (g.m ⁻²)	SD	Néchantillon	Npesées
Chlorophyta	0,363	0,052	0,076	8	7
Ochrophyta	0	0	-	0	0
Rhodophyta	3,391	0,339	0,363	10	10

Chlorophyta : algues vertes

Rhodophyta : algues rouges

Ochrophyta : algues brunes

Figure 109 : Présence et absence de macroalgues sur la station de Ronce-les-Bains (Mouillage classique)

Sédiment – Granulométrie et teneur en matière organique

	Somme	Moyenne	SD	N
Taux de fines (< 63 µm) (%)	15,42	-	-	1
Taux de sables (63 µm - 2 mm) (%)	84,10	-	-	1
Taux de graviers (> 2 mm) (%)	0,47	-	-	1
Médiane granulométrique (µm)	-	230,537	-	1
Taux de matière organique (%)	-	0,99	0,34	9

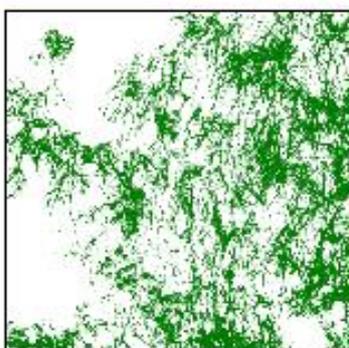
Aide à l'évaluation des recouvrements de

Zostera noltei

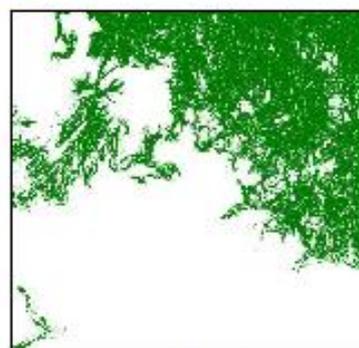
Valeurs en % de recouvrement et médiane de la classe associée



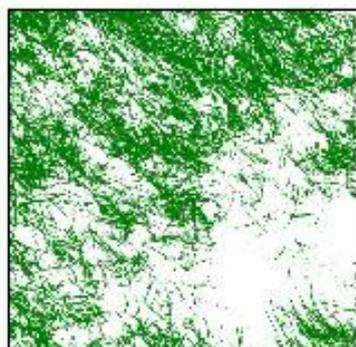
26-51%
0,375



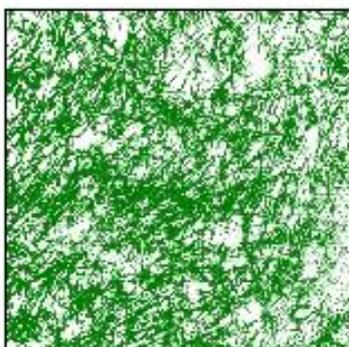
27%



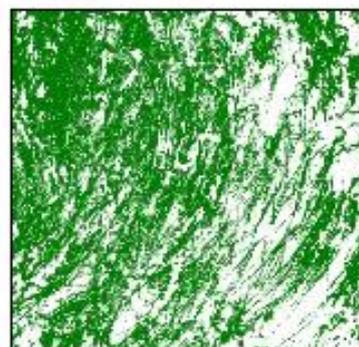
32%



41%

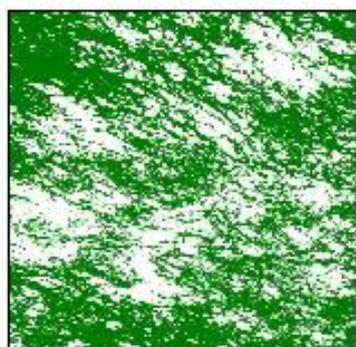


50%

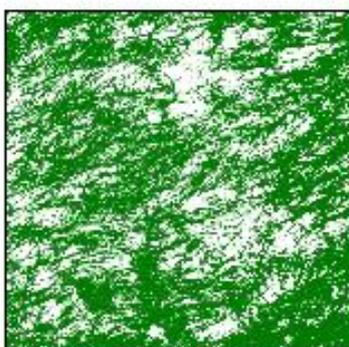


50%

51-75%
0,625



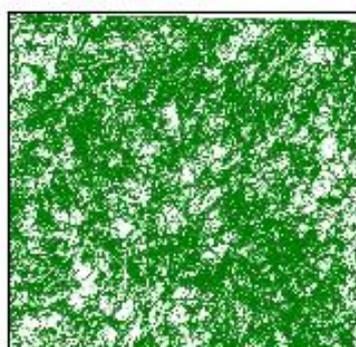
53%



54%



60%



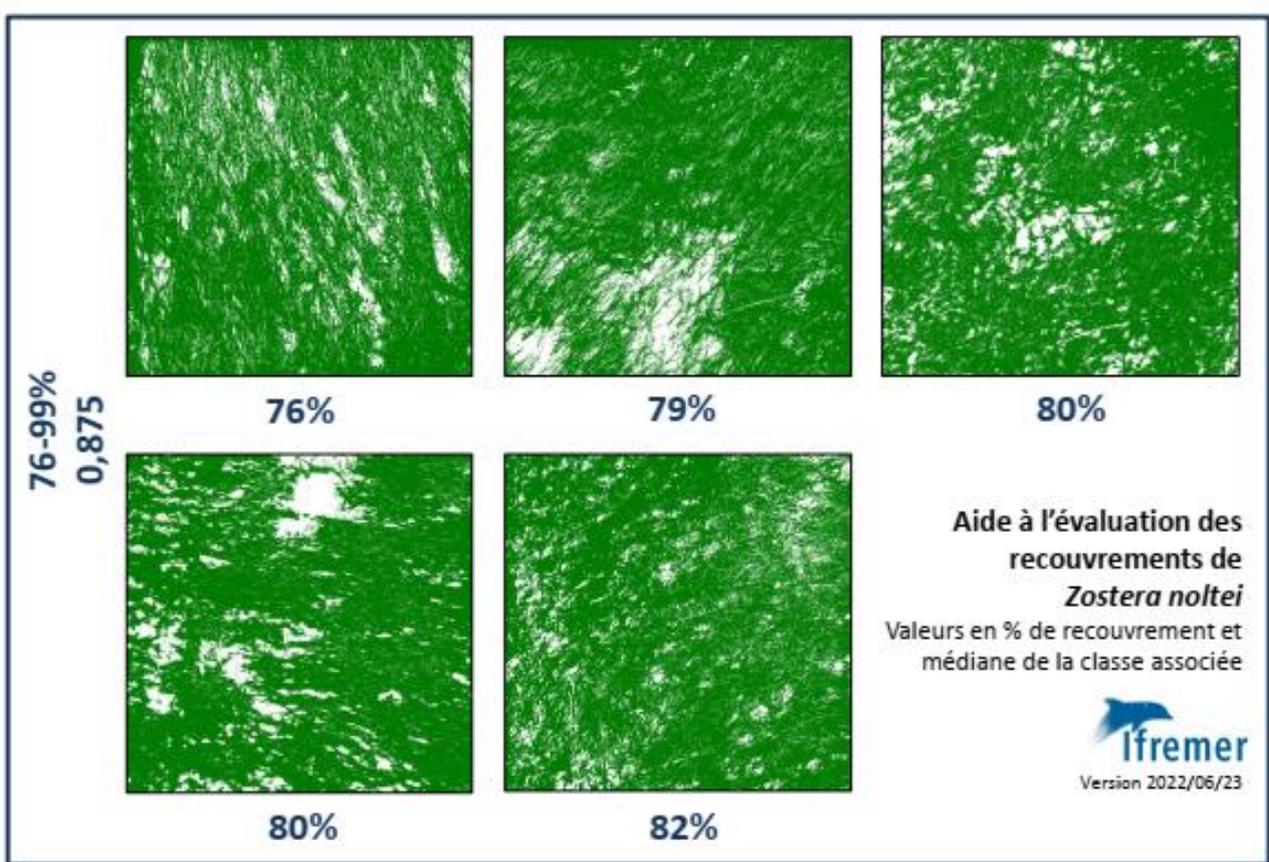
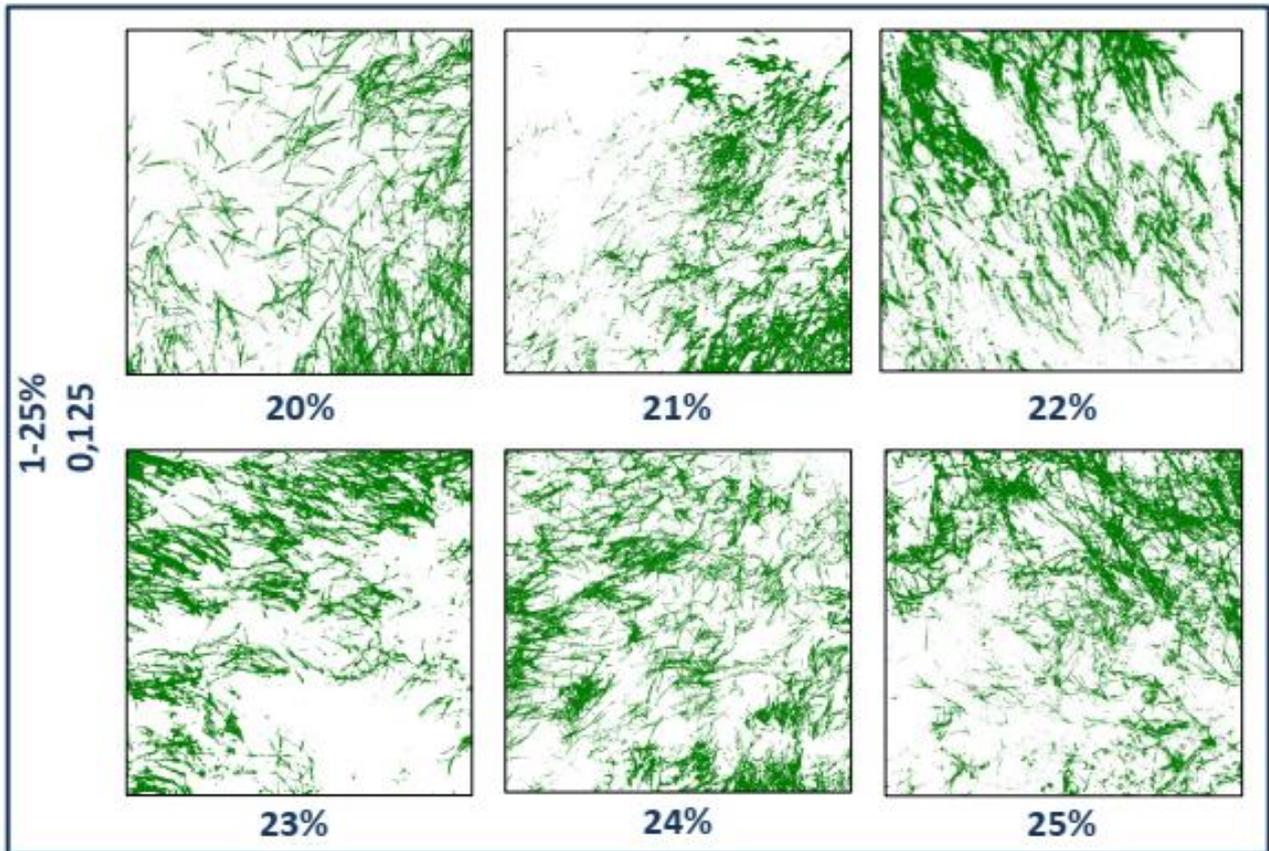
63%



73%



73%





Estimations des surfaces de herbier de *Zostera noltii* (en hectare) au sein du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis pour l'évaluation de la métrique "extension" (sensu DCE) à l'échelle des secteurs de travail du projet CoEH Co

Années		1989	1997	2000		2006	2010/2011	2014		2018		2020											
Taux de recouvrement		0-100 %	0-100 %	0-100 %		0-100 %	0-100 %	0-100 %		0-100 %		0-25 %				25-75 %				75-100 %			
Secteurs	Indice de confiance	-	-	confiant	peu confiant	-	-	confiant	peu confiant	confiant	peu confiant	très confiant	confiant	densité à vérifier	enveloppé et densité à vérifier	très confiant	confiant	densité à vérifier	enveloppé et densité à vérifier	très confiant	confiant	densité à vérifier	enveloppé et densité à vérifier
		1	Le Lay	-	-	2,391	-	-	16,209	-	-	39,211	0,319	-	0,003	-	-	-	13,771	-	-	-	2,441
2	RNN Lilleau des Nigès	40,495	45,433	49,295	-	63,103	-	54,067	-	35,254	-	-	0,320	-	-	2,674	12,104	-	-	2,947	30,492	-	-
3	Arsen Ré	131,798	135,449	169,807	4,890	214,019	-	181,594	14,704	160,562	4,385	-	2,444	-	0,000	-	11,962	-	1,269	-	171,750	-	3,533
4	Charge Neuve	152,078	228,585	192,806	-	288,519	-	243,429	-	147,422	10,011	-	0,018	-	-	-	12,966	-	0,265	57,361	94,086	-	-
5	La Flotte	-	-	2,084	-	-	7,151	16,198	8,716	26,148	-	-	-	-	-	-	1,855	2,661	-	-	14,379	7,006	-
6	Rivedoux	14,864	25,343	13,305	-	35,215	-	19,273	-	15,975	-	-	0,034	-	-	-	3,924	-	1,049	-	10,049	-	0,176
7	Baie d'Yves	-	-	59,036	0,196	-	-	-	-	65,208	0,111	8,123	17,349	-	-	4,860	14,352	-	0,074	1,090	43,077	-	-
8	Aix	-	-	2,194	-	-	-	-	-	12,391	-	-	5,364	-	-	-	3,161	-	-	-	3,692	-	-
9	Bellevue	119,341	29,588	22,084	1,216	107,036	-	132,142	1,493	54,650	3,303	-	54,011	-	0,888	-	31,590	0,510	2,672	-	3,161	-	0,256
10	La Brande	441,092	378,074	493,341	0,038	574,864	-	569,138	22,633	589,260	-	0,346	36,830	-	-	0,049	116,735	-	-	317,658	97,828	-	-
11	Les Doux	141,799	107,245	186,290	-	220,821	-	244,980	4,015	305,729	-	-	27,629	-	-	8,806	77,674	-	-	19,808	120,678	-	-
12	Château-Ors	121,342	95,486	136,851	-	133,409	-	163,277	3,809	129,958	-	-	45,247	-	-	-	51,884	-	-	-	47,548	-	-
13	Saint-Trojan	137,708	91,566	130,440	2,902	92,991	-	154,531	-	100,558	57,343	-	13,173	-	20,772	-	44,167	-	18,111	-	63,487	-	15,509
14	Gatseau	15,615	7,422	6,150	-	11,305	-	20,984	6,087	19,212	-	-	2,570	-	-	-	4,706	-	-	-	10,388	-	-
15	Chapus	26,396	13,137	18,963	-	24,517	-	36,443	9,593	10,278	-	-	1,950	-	-	-	3,124	-	-	-	4,234	-	-
16	Baie de la Grognaise	21,065	1,665	3,283	-	12,634	-	5,667	10,536	-	7,545	-	-	-	3,334	-	-	-	1,344	-	-	-	2,301
17	Maennes	194,552	67,569	140,585	-	189,524	-	151,318	74,048	110,840	-	-	16,272	0,032	8,423	-	4,004	1,424	32,921	-	23,887	-	0,023
18	Ronce-les-Bains	7,471	4,575	-	1,514	3,754	-	48,215	3,023	51,905	1,716	-	1,497	0,061	0,351	-	9,567	1,133	0,198	-	48,084	15,197	4,932
19	Bonne Anse	-	-	3,340	168,838	-	-	-	-	26,617	208,924	0,756	6,317	-	14,349	3,638	31,007	-	25,220	-	-	-	-
20	Riveau -Fiers d'Arz	0,046	0,019	0,529	-	4,598	-	1,194	-	2,074	0,302	-	0,082	-	0,003	-	2,533	-	0,364	-	0,166	-	0,546
21	Chenal des Villages -Fiers d'Arz	21,531	24,640	33,416	-	40,310	-	26,989	-	16,008	-	-	0,104	-	-	-	9,151	-	-	1,763	20,625	-	-
22	Boyardville	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,120	-	-	-	-	-	-
23	La Boirie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,134	-	-	-	2,011	-	-
24	Île Madame	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,051	-	-	-	-	-	-	0,138	-	-	-	-	-
25	Mortiacq	-	-	-	-	-	-	10,140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total (t.A.)		1587,194	1255,795	1845,787		2016,619	23,360	2238,238		2213,266		2123,595											

- : Pas de données

Certaines surfaces de herbiers sont qualifiées avec une densité et/ou surface à confirmer : <https://data.ofb.fr/catabque/Donnees-geographiques-OFB/api/reports/c08bc37a-7b8f-4881-a903-3bc194994ea0?language=all>

Les surfaces extraites correspondent à une analyse périmétrique par le projet CartoHECO https://plan-gestion-parc-marin-gironde-pertuis.fr/npa/sites/default/files/2022-12/Rapport_CartoHECO-PNMEGM-P&202021.pdf

Citation du document : Isea (2023). Estimations des surfaces de herbier de *Zostera noltii* au sein du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis pour l'évaluation de la métrique "extension" (sensu DCE) à l'échelle des secteurs de travail du projet CoEH Co. Tableau de données. Projet CartoEH Co, 1p.