



**Contrôle de surveillance DCE 2022 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 du Fiers d'Ars.



Herbier de Charge Neuve.



Herbier du Lay



Herbier de La Berche

AUBERT F.¹, SAURIAU P.-G.², GOUDAL J.², PINEAU P.²

¹ ADERA – Cellule Cohabys, 162 avenue A. Schweitzer, 33608 Pessac

² LIENSs, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle



Mars 2023

Sommaire

1. INTRODUCTION.....	1
2. MATERIEL & METHODES	6
2.1. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE.....	6
2.1.1 Positionnement GPS.....	7
2.1.2 Prélèvement et analyse des macroalgues	8
2.1.3 Prélèvement des sédiments	8
2.1.4 Prise de notes sur le terrain.....	10
2.2. PRESENTATION DES STATIONS	11
2.2.1 Plage de la Charge Neuve int HZN	11
2.2.2 Ars en Ré int HZN.....	13
2.2.3 Lay Crochon 1982 int HZN.....	15
2.2.4 La Berche int HZN.....	17
2.3. CALENDRIER DE REALISATION DES OPERATIONS A LA MER	18
2.4. PROTOCOLES D'ANALYSE DES SEDIMENTS	20
2.4.1 Analyse granulométrique	21
2.4.2 Analyse de la matière organique sédimentaire.....	24
2.5. CALCUL DE L'INDICATEUR « ANGIOSPERMES »	25
2.5.1 Composition taxinomique	25
2.5.2 Extension.....	25
2.5.3 Densité	26
3. RESULTATS.....	27
3.1. SEDIMENTS.....	27
3.1.1 Plage de la Charge Neuve int HZN	27
3.1.2 Ars en Ré int HZN.....	28
3.1.3 Lay Crochon 1982 int HZN.....	29
3.1.4 La Berche int HZN.....	30
3.2. GRILLES D'ECHANTILLONNAGE.....	31
3.2.1 Plage de la Charge Neuve int HZN	31
3.2.2 Ars en Ré int HZN.....	32
3.2.3 Lay Crochon 1982 int HZN.....	33
3.2.4 La Berche int HZN.....	34
3.3. MACROALGUES : BIOMASSE	35
3.3.1 Plage de la Charge Neuve int HZN	35
3.3.2 Ars en Ré int HZN.....	36
3.3.3 Lay Crochon 1982 int HZN.....	38
3.3.4 La Berche int HZN.....	40
3.4. TAUX DE RECOUVREMENT EN <i>ZOSTERA NOLTEI</i>	41
3.4.1 Plage de la Charge Neuve int HZN	41
3.4.2 Ars en Ré int HZN.....	43
3.4.3 Lay Crochon 1982 int HZN.....	45
3.4.4 La Berche int HZN.....	47
3.5. REDECOUVERTE ET MAINTIEN DE <i>ZOSTERA MARINA</i> SUR LES ESTRANS DU NORD DE L'ILE DE RE	48
3.6. LES OISEAUX HERBIVORES CONSOMMATEURS DE ZOSTERES	54
4. CALCUL DE L'INDICATEUR « ANGIOSPERMES ».....	57

4.1.	PERTUIS BRETON FRGC53	57
4.2.	ESTUAIRE DU LAY FRGT30.....	57
4.3.	BAIE DE BOURGNEUF FRGC48.....	58
5.	BILAN DES SAISIES DANS LA BASE QUADRIGE².....	59
6.	BIBLIOGRAPHIE.....	60
7.	ANNEXES	64
7.1.	ÉTAT GLOBAL 2012-2017 DES MASSES D’EAU DCE ENTRE LOIRE ET LAY	64
7.2.	TABLE ATTRIBUTAIRE DU GPS JUNO 5B	65
7.3.	ANALYSES GRANULOMETRIQUES	66
7.3.1	<i>Plage de la Charge Neuve int HZN</i>	66
7.3.2	<i>Le Lay Crochon 1982 int HZN</i>	67
7.3.3	<i>Ars en Ré int HZN</i>	68
7.3.4	<i>La Berche int HZN</i>	69

1. Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établit un nouveau cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle fixait comme objectif général d'atteindre aux horizons 2009, 2015, 2021 puis 2027 selon les cycles de gestion successifs du [SDAGE](#), un bon état écologique (biologique et chimique) des masses d'eaux souterraines et de surface, ces dernières incluant les eaux côtières (MEC) et de transition (MET) (<https://envlit.ifremer.fr/DCE/La-DCE-dans-les-eaux-littorales>).

Le contrôle de surveillance de l'état écologique s'effectue entre autres éléments biologiques sur les macrophytes, les macroinvertébrés et les phanérogames marines. C'est parmi celles-ci que se trouvent les herbiers intertidaux de la zostère naine *Zostera noltei* Hornemann, aujourd'hui dénommée *Nanazostera noltei* (Hornemann) Tomlinson & Posluszny (Guiry M.D. in Guiry & Guiry, 2022)¹.

Dans le district Loire-Bretagne (**Figure 1**), les masses d'eau côtière et de transition les plus méridionales retenues pour le contrôle de surveillance sont les masses d'eau côtière « Pertuis Breton » FRGC53 puis « Baie de Bourgneuf » FRGC48 et la masse d'eau de transition « Estuaire du Lay » FRGT30.

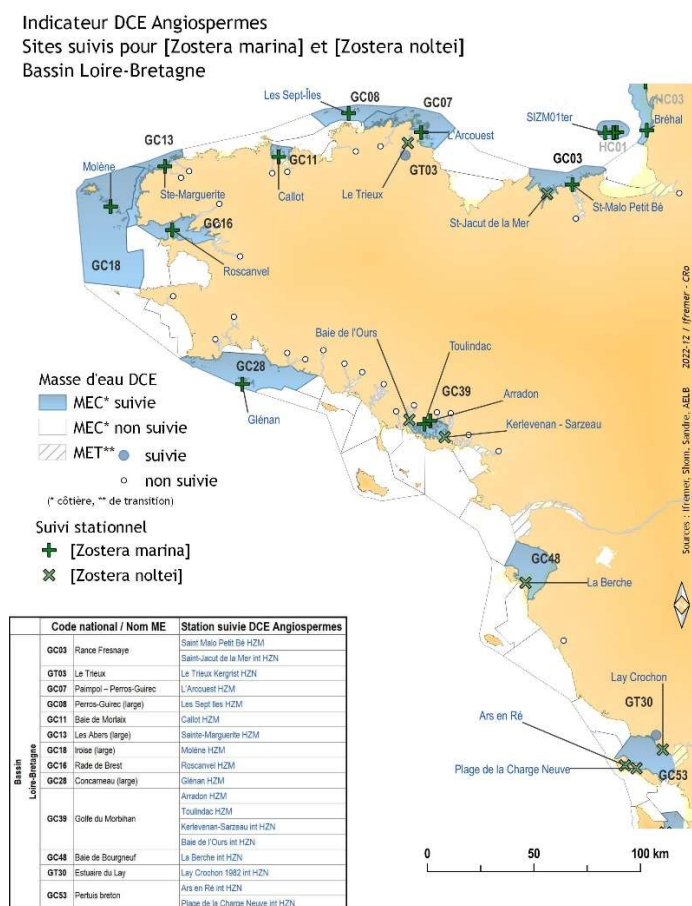


Figure 1 : Masse d'eau côtière « Pertuis Breton » FRGC53, « Baie de Bourgneuf » FRGC48 et masse d'eau de transition « Estuaire du Lay » FRGT30 dans le bassin Loire-Bretagne.

Source : Ifremer, Shom, Sandre, AELB. 2022-12 / Ifremer - CRo

¹ M.D. Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 09 December 2022. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 27 March 2023

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

Les opérations de surveillance DCE retenues en 2022 pour la masse d'eau côtière Pertuis Breton FRGC53 (**Figure 2**) étaient :

- Échantillonnage stationnel sur une grille de 30 points des herbiers de la zostère naine *Zostera noltei* en aout sur les stations en intertidal « Plage de la Charge Neuve int HZN » et « Ars en Ré int HZN » selon le protocole (Auby *et al.* 2012) révisé en 2014 (Auby *et al.* 2014) puis en 2018 (Auby *et al.* 2018) du contrôle de surveillance DCE des herbiers intertidaux.
- Échantillonnage stationnel des invertébrés benthiques de substrat meuble en subtidal sur les stations « La Flotte SM » et « Pointe d'Arcay SM » et en intertidal sur la station « Plage de la Charge neuve int HZN ».

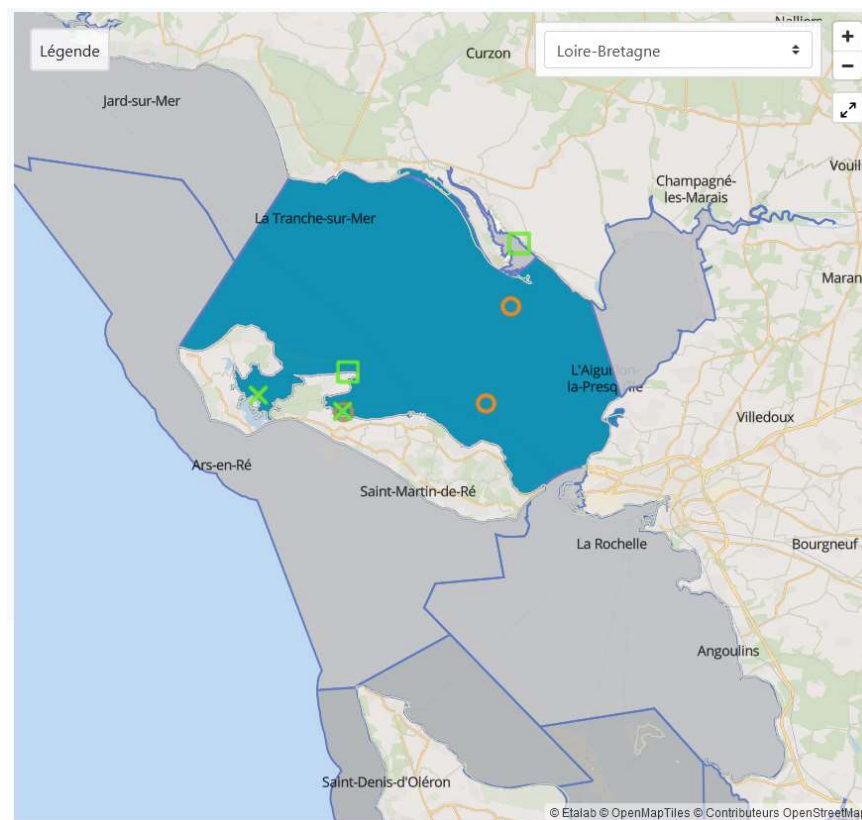


Figure 2 : Masse d'eau côtière « Pertuis Breton » FRGC53 avec localisation des stations en intertidal à herbier de *Zostera noltei* Plage de la Charge Neuve int HZN et Ars en Ré int HZN (croix verte). Source <https://atlas-dce.ifremer.fr/map/bassin/LB>.

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

Les opérations de surveillance DCE retenues en 2022 pour la masse d'eau de transition « Estuaire du Lay » FRGT30 (**Figure 3**) étaient :

- échantillonnage stationnel sur une grille de 30 points des herbiers de la zostère naine *Zostera noltei* en septembre sur la station « Lay Crochon 1982 int HZN » selon le protocole (Auby et al. 2012) révisé en 2014 (Auby et al. 2014) puis en 2018 (Auby et al. 2018) du contrôle de surveillance DCE des herbiers intertidaux.

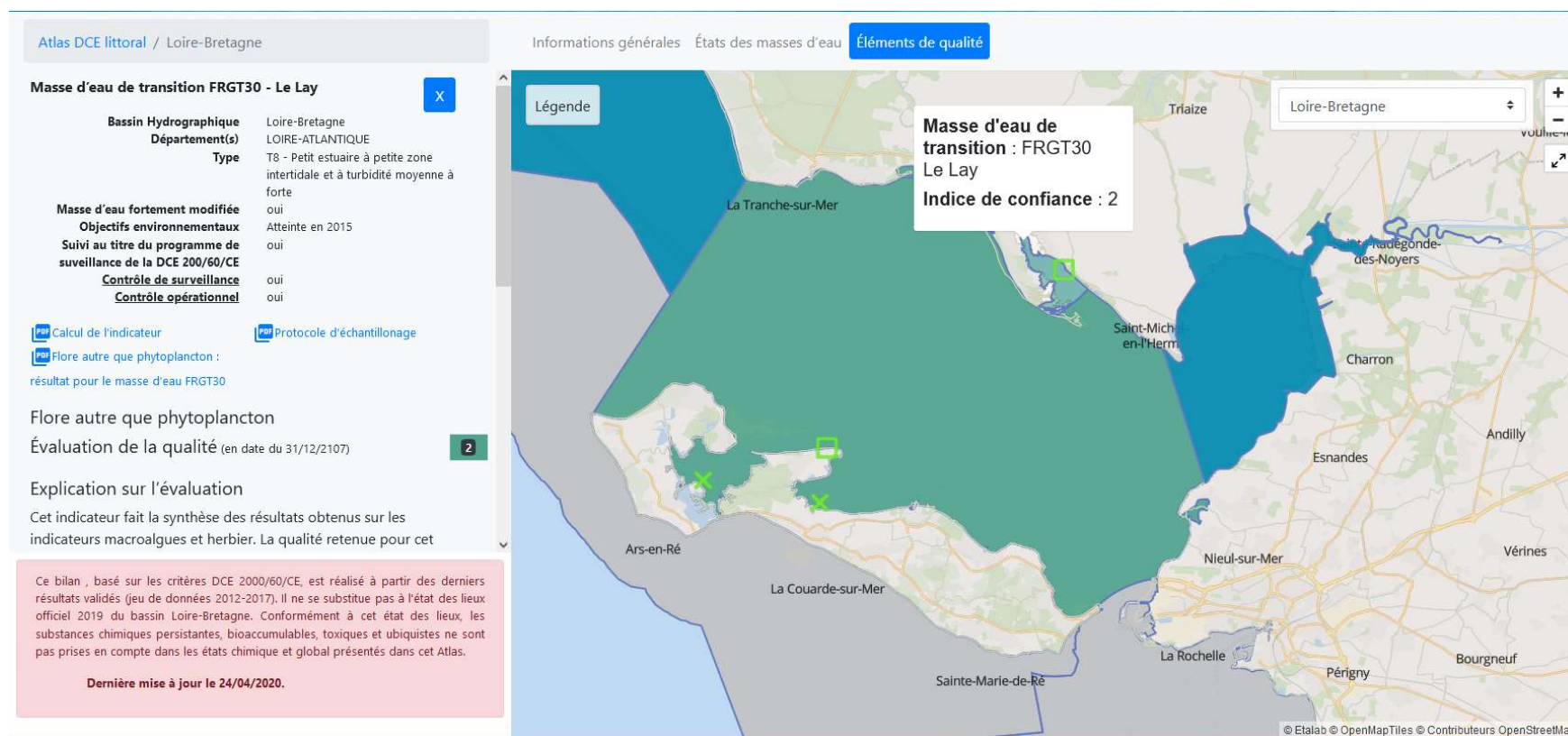


Figure 3 : Masse d'eau de transition « Estuaire du Lay » FRGT30 avec localisation de la station en intertidal à herbier de *Zostera noltei* Lay crochon 1982 int HZN (carré vert). Source <https://atlas-dce.ifremer.fr/map/bassin/LB/masse/FRGT30> .

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

L'opération de surveillance DCE retenue en 2022 pour la masse d'eau côtière « Baie de Bourgneuf » FRGC48 (**Figure 4**) était :

- échantillonnage stationnel sur une grille de 30 points des herbiers de la zostère naine *Zostera noltei* en septembre sur la station « La Berche int HZN » selon le protocole (Auby *et al.* 2012) révisé en 2014 (Auby *et al.* 2014) puis en 2018 (Auby *et al.* 2018) du contrôle de surveillance DCE des herbiers intertidaux.

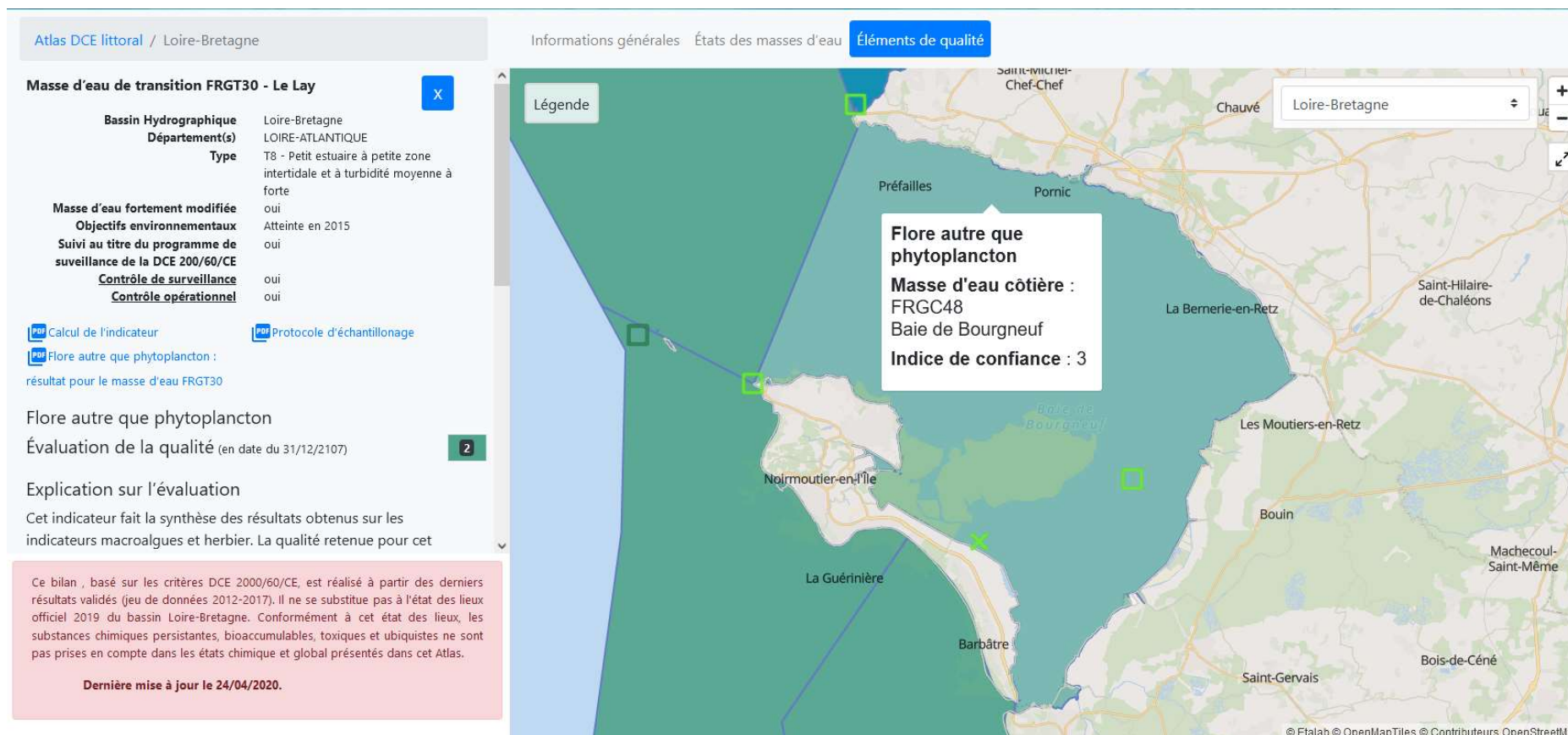


Figure 4 : Masse d'eau côtière « Baie de Bourgneuf » FRGC48 avec localisation de la station en intertidal à herbier de *Zostera noltei* La Berche int HZN (croix verte). Source <https://atlas-dce.ifremer.fr/map/bassin/LB/masse/FRGT30>.

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

L'objet du présent document est de faire état des résultats du contrôle de surveillance DCE 2022 dans les trois masses d'eau « FRGC53 - Pertuis Breton », « FRGT30 - Estuaire du Lay » et « FRGC48 – Baie de Bourgneuf » pour les échantillonnages stationnels sur l'élément de qualité herbiers intertidaux à *Zostera noltei*.

Un rappel des résultats antérieurs est fait, afin de restituer ces informations dans le cours de la dynamique temporelle propre à chaque station d'herbier.




2. Matériel & méthodes

2.1. Stratégie d'échantillonnage

L'élément de qualité herbier à *Zostera noltei* est échantillonné dans le cadre du contrôle de surveillance DCE selon le nouveau protocole Auby *et al.* 2018 selon une grille de 30 points (**Tableau 1**).

La grille est orientée A1-F1 face à la mer pour toutes trois stations (*vide infra*).

Tableau 1 : Protocole taux de recouvrement de l'herbier à *Zostera noltei*. Source Auby *et al.* (2012, 2014 et 2018).

Méthode																															
Engin d'échantillonnage :	-Quadrat de 0,5 m de côté																														
Dimension échantillon :	-0,25 m²																														
	-30 échantillons positionnés selon une grille de 6 lignes par 5 colonnes centrée en D3 sur les coordonnées géographiques de la station.																														
Nombre d'échantillon :	<div><div><div>A</div><div>B</div><div>C</div><div>D</div><div>E</div><div>F</div></div><div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div><div>5</div></div><div><table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></div></div>																														
																															
Analyse :	<div><div>-Taux de recouvrement estimé visuellement et quantifié selon 6 classes 0, 1-25, 26-50, 51-75, 76-99 et 100.</div><div><div>-Prise d'un cliché avec algues si présentes ;</div><div>-Prise d'un second cliché une fois les algues prélevées pour analyse ultérieure avec le logiciel Image J pour contrôle des taux de recouvrement selon les 6 classes de recouvrement.</div></div><table><tr><td>Classe de taux de recouvrement (%)</td><td>0</td><td>1-25</td><td>26-50</td><td>51-75</td><td>76-99</td><td>100</td></tr><tr><td>Valeur</td><td>0</td><td>0,125</td><td>0,375</td><td>0,625</td><td>0,875</td><td>1</td></tr></table><div>-Les photos AVANT et APRES enlèvement des macroalgues sont stockées dans Quadrigé</div></div>	Classe de taux de recouvrement (%)	0	1-25	26-50	51-75	76-99	100	Valeur	0	0,125	0,375	0,625	0,875	1																
Classe de taux de recouvrement (%)	0	1-25	26-50	51-75	76-99	100																									
Valeur	0	0,125	0,375	0,625	0,875	1																									

2.1.1 Positionnement GPS

La méthodologie utilisée depuis 2011 sur le terrain met en œuvre (**Figure 5**) :

- Un terminal GPS Trimble Juno 5b utilisé pour un positionnement métrique (< 3 m) ;
- Un trajet sur la grille de point de façon à ne pas parcourir les surfaces d'herbier où seront déposés les quadrats ;
- Une prise de photo sur chaque quadrat à la verticale avec trépied et avec un éclairage contrôlé. Pour chaque photo, un pare-soleil est utilisé ;
- Des prélèvements ponctuels pour granulométrie (3) et matière organique (9) ;
- Une prise de notes sur le GPS.



A



B



C



D

Figure 5 : GPS Trimble Juno 5b (source : Google image) (A), illustrations du positionnement par GPS Trimble Juno 5B et de la prise photo d'un quadrat avec utilisation d'un pare-soleil et trépied (B), illustration des prélèvements de matière organique par carottage et mise en pilulier (C et D).

Crédit photos : Aubert F. / Cohabys, Guenneteau S. / LPO, Sauriau P.-G. / CNRS

2.1.2 Prélèvement et analyse des macroalgues

Si présentes, les macroalgues sont échantillonnées dans chacun des 30 quadrats (**Figure 6**) en séparant algues vertes, algues rouges et algues brunes (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Protocole macroalgues. Source Auby *et al.* (2012, 2014 et 2018).

Méthode	
Engin d'échantillonnage	Quadrat de 0,5 m de côté
Dimension échantillon	0,25 m ²
Nombre d'échantillon	Variable entre 0 et 90 selon la présence/absence d'algues vertes, rouges et/ou brunes
Analyse	Séparation par groupe (algues vertes, rouges et brunes) Biomasse sèche (48 h à 60°C) Biomasse sèche sans cendre (biomasse sèche - cendres, après 4 h à 450°C)

2.1.3 Prélèvement des sédiments

Les sédiments sont échantillonnés (**Figure 6**) afin d'effectuer des analyses granulométriques (**Tableau 3**) et des estimations des teneurs en matière organique (**Tableau 4**).

Tableau 3 : Protocole granulométrie. Source Auby *et al.* (2012, 2014 et 2018).

Méthode	
Engin d'échantillonnage	Carottier PVC – 9 cm de diamètre
Dimension échantillon	9 cm diamètre -5 cm de profondeur
Nombre d'échantillon	3 échantillons pris au hasard sur l'emprise de la station
Analyse	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 méthode numérique selon procédure GRADISTAT (Blott & Pye 2001) ou G2Sd pour R (Fournier <i>et al.</i> , 2014)

Tableau 4 : Protocole matière organique. Source Auby *et al.* (2012, 2014 et 2018).

Méthode	
Engin d'échantillonnage	Seringue carottier de 3 cm de diamètre
Dimension échantillon	3 cm diamètre -5 cm de profondeur
Nombre d'échantillon	9 échantillons au hasard sur l'emprise de la station
Analyse	Perte au feu (4h – 450°C)

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

La position géographique du lieu de prélèvements des sédiments est tirée aléatoirement grâce à un tirage aléatoire sans remise parmi les 30 points A1 à F5. Ceci est effectué lors de la journée de préparation de la campagne à la mer afin d'affecter 3 puis 9 positions géographiques sur la grille pour respectivement effectuer les prélèvements granulométriques et de matière organique.

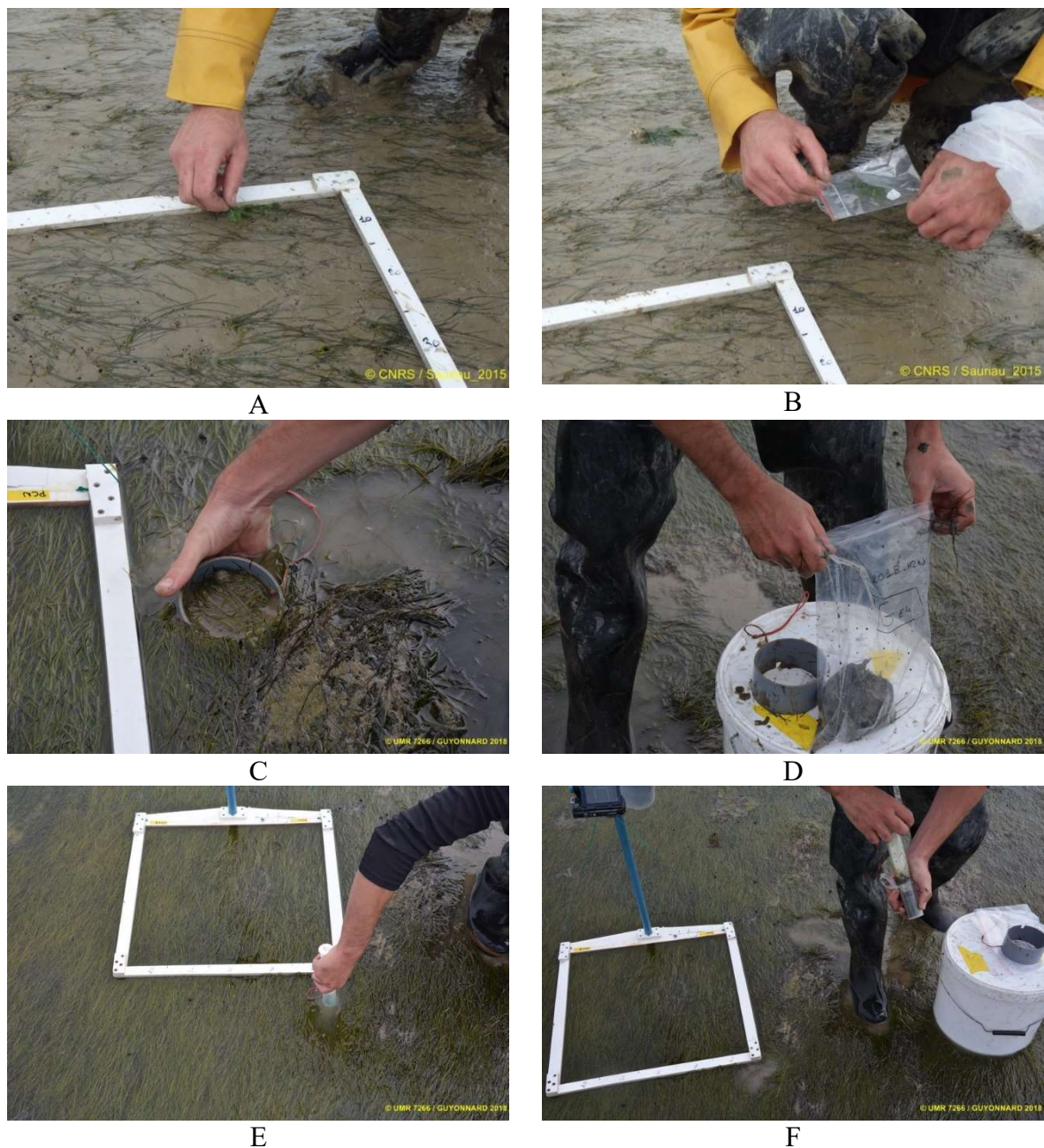


Figure 6 : Visualisation des prélèvements de macroalgues (A, B), granulométriques (C, D) et de sédiments pour l'analyse de la matière organique (E, F) illustrant le protocole commun à toutes les stations à herbier *Zostera noltei*.

Crédit photos : Guyonnard S. / LRU, Sauriau P.-G. / CNRS

2.1.4 Prise de notes sur le terrain

La prise de note est basée sur l'utilisation du GPS Trimble Juno 5b et d'une table attributaire. Celle-ci permet une saisie standardisée des informations terrain directement sur l'écran tactile du GPS à l'aide d'un stylet. La table attributaire contient une série de champs avec menus déroulants à choix obligatoire, sauf le champ commentaire final non obligatoire. Une valeur par défaut est définie pour tous les champs.

Il est cependant nécessaire de disposer à côté du GPS d'une feuille de terrain placée sur un support rigide (**Figure 7**). Cette feuille contient le plan de position de la grille de points, les points prévus pour les prélèvements granulométriques (3) et de matière organique (9). Elle permet de compléter la saisie sur le GPS. Sont notés l'ordre de réalisation des points, les points déjà réalisés afin de faciliter le trajet sur la grille et toute information additionnelle pour la station (météo, horaire, présence et nombre de pêcheurs à pied, changement dans la topographie, etc...). La table attributaire contient les champs suivants :

- StationLettre** Menu, champ obligatoire A, B, C, D, E ou F ;
- StationNuméro** Menu, champ obligatoire 1, 2, 3, 4 ou 5 ;
- Macroalgue** Menu, champ obligatoire NON (par défaut), V, R, B, VR, VB, RB, ou VRB ;
- Dépôt_Vase** Menu, champ obligatoire NON (valeur par défaut), OUI ;
- Taux_Recouvrement** Menu, champ obligatoire pour *Zostera noltei* 0 [0], 1-25 [0.125], 26-50 [0.375], 51-75 [0.625], 76-100 [0.875], >100 [1] ;
- Granulométrie** Menu, champ obligatoire, NON (valeur par défaut) G1, G2 ou G3 ;
- Matière_Organique** Menu, champ obligatoire NON (valeur par défaut) MO1, MO2, MO3, MO4, MO5, MO6, MO7, MO8 ou MO9 ;
- Topographie** Menu, champ obligatoire Bosse, Creux, Plat (valeur par défaut) ;
- Eau** Menu, champ obligatoire Sec (valeur par défaut), Flaque ;
- Traces** Menu, champ obligatoire Bernache, Goéland, Mulet, Pied, Grattage, Non (par défaut)
- Autre_Commentaire** Non (par défaut), 100 caractères possibles.

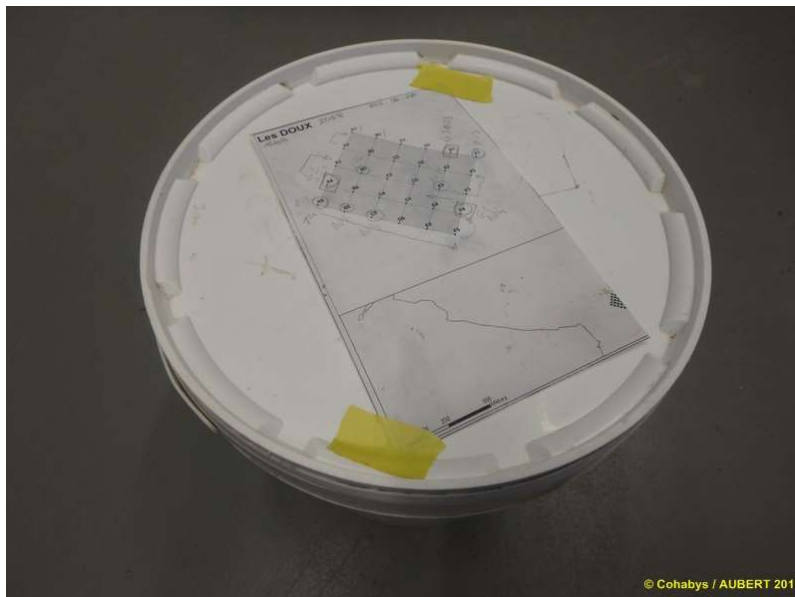


Figure 7 : Prise de notes associant table attributaire du GPS et feuille terrain sur support rigide. Crédit photos : Aubert F. / Cohabys.

2.2. Présentation des stations

2.2.1 Plage de la Charge Neuve int HZN

La station « Plage de la Charge Neuve int HZN » a été positionnée lors de la prospection 2006 hors de l'influence directe de chenaux d'écoulement des marais littoraux, hors des zones d'influence des houles du large, hors de l'influence directe des parcs ostréicoles sur un site médiolittoral facile d'accès pédestre (**Tableau 5**). Ce site n'est pas impacté par les bouées de mouillage pour la plaisance qui se situent en bordure de plage ni impacté par la pêche à pied (**Figure 8**). Le médiolittoral supérieur ainsi que les laisses de mer sont le réceptacle de débris d'herbier très abondants à la saison de l'échantillonnage.

Tableau 5 : Caractéristiques des suivis sur la station échantillonnée.

Station	Plage de la Charge Neuve int HZN
Regroupement	Non
Moyens à la mer	Accès pédestre à deux personnes minimum
Paramètres	<p>Multiples : métrique « densité des herbiers à <i>Zostera noltei</i> » par mesure du taux de recouvrement et 3 métriques supplémentaires (granulométrie, matière organique, biomasse des macroalgues vertes, rouges et brunes et nombre-localisation des oiseaux herbivores consommateurs d'herbier</p>
Fréquence	<p>Août-Septembre</p> <p>Initialement tous les 3 ans du plan de gestion et depuis 2011 tous les ans du plan de gestion</p>
Opérateur : - prélèvement - tri et détermination - mesure granulométrie - mesure taux de matières organiques	<p>Adera – Cellule Cohabys adossée au LIENSs (CNRS, Université de La Rochelle) et antérieurement CREMA L'Houmeau (CNRS-Ifremer) puis CRELA (CNRS-Ifremer-Université de La Rochelle) et LIENSs (CNRS, Université de La Rochelle)</p>
Début prélèvements	2006 (prospection), 2007 (surveillance)

La grille de 30 points est prospectée *pedibus jambi* à partir de l'accès sur le littoral. La bordure A1-C1 de la grille présente un ancien chenal enfoui sous la vase et demande une marche lente et attentive alors que la bordure A1-A3 présente un chenal actif (**Figure 8**).

La station se situe en médiolittoral moyen et présente depuis 2009 (Sauriau *et al.* 2009), un herbier dense à très dense. La situation est la même en 2022 (**Figure 8**).

La station « Plage de la Charge Neuve int HZN » est incluse dans un site du réseau Natura 2000 (<https://www.natura2000.fr/>), en tant que SIC/pSIC Ile de Ré - Fier d'Ars (<https://www.natura2000.fr/site-natura/ile-re-fier-ars>).

Cet herbier a été suivi cette année avec l'aide de Jessica Goudal, Ingénieur d'étude à La Rochelle Université, passionnée d'ornithologie, grâce à qui 4 espèces d'oiseaux présentes sur l'herbier ou à sa périphérie ont pu être déterminées avec certitudes.

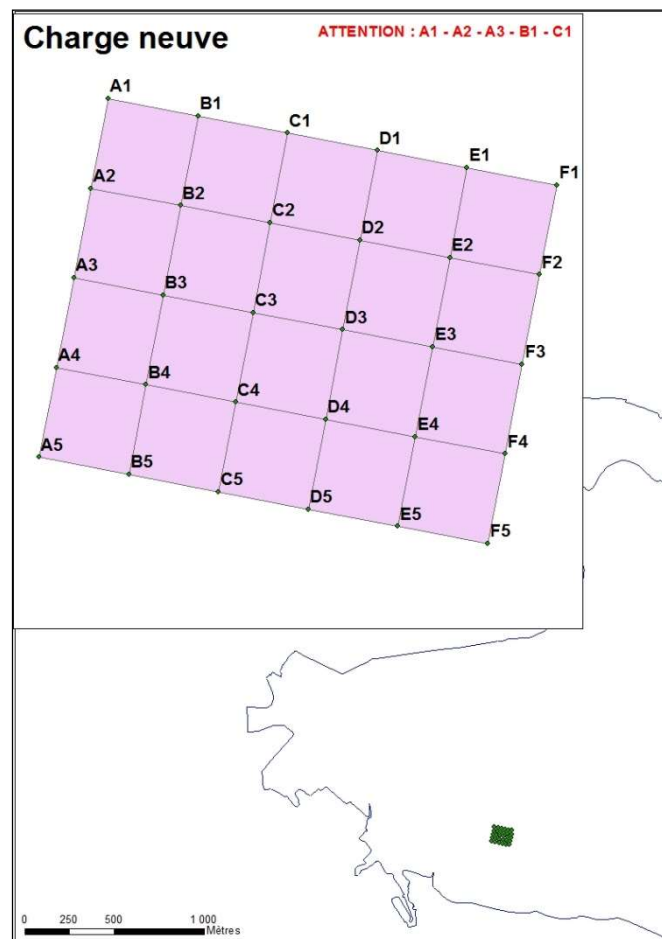


Figure 8 : Vue générale (A) et vues de détail d'un quadrat (B) et de la grille de points (C) sur la station « « Plage de la Charge Neuve int HZN » à herbier de *Zostera noltei* sur la masse d'eau côtière « FRGC53 » - Pertuis breton. Réalisation carte sous ArcMap 10.2 (C. Curti). Crédit photos : Aubert F. / Cohabys.

2.2.2 Ars en Ré int HZN

Le choix d'une station dans le Fier d'Ars s'est appuyé sur une prospection réalisée le 25/07/2012 (**Tableau 6**). Elle a été positionnée en dehors de l'influence directe de chenaux d'écoulement de marais littoraux, en dehors de l'influence directe de parcs ostréicoles sur un site facile d'accès pédestre et non impacté par des bouées de mouillage (**Figure 9**). La station « Ars en Ré » se situe en médiolittoral moyen et est en revanche très largement impactée par la pêche à pied de loisir 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).

Tableau 6 : Caractéristiques des suivis sur la station échantillonnée.

Station	Ars en Ré int HZN
Regroupement	Non
Moyens à la mer	Accès pédestre
Paramètres	Multiples : métrique « densité des herbiers à <i>Zostera noltei</i> » par mesure du taux de recouvrement et 3 métriques supplémentaires (granulométrie, matière organique, biomasse des macroalgues vertes, rouges et brunes et nombre-localisation des oiseaux herbivores consommateurs d'herbier
Fréquence	Août-Septembre, tous les ans du plan de gestion
Opérateur : - prélèvement - tri et détermination - mesure granulométrique	Adera – Cellule Cohabys adossée au LIENSs (CNRS, Université de La Rochelle) et antérieurement CREMA L'Houmeau (CNRS-Ifremer) puis CRELA (CNRS-Ifremer-Université de La Rochelle) et LIENSs (CNRS, Université de La Rochelle)
Début prélèvements	2012 (prospection), 2012 (surveillance)

La grille de points (**Figure 9**) est prospectée *pedibus jambi* à partir d'un accès sur le littoral avec escalier en pierre. Le site ne présente pas de difficultés pour la marche à pied.

La station « Ars en Ré » est incluse dans un site du réseau Natura 2000 (<https://www.natura2000.fr/>), en tant que SIC/pSIC Ile de Ré - Fier d'Ars (<https://www.natura2000.fr/site-natura/ile-re-fier-ars>).

Cet herbier a été suivi cette année avec l'aide de Jessica Goudal, Ingénieur d'étude à La Rochelle Université, passionnée d'ornithologie, grâce à qui 18 espèces d'oiseaux présentes sur l'herbier ou à sa périphérie ont pu être déterminées avec certitudes, comme un Pluvier argenté (mâle adulte en plumage nuptial) par exemple. La Barge à queue noire est l'espèce majoritaire sur le site, avec un passage en vol Nord-Ouest vers Sud-Est d'environ 300-400 individus sur toute la durée des prélèvements.

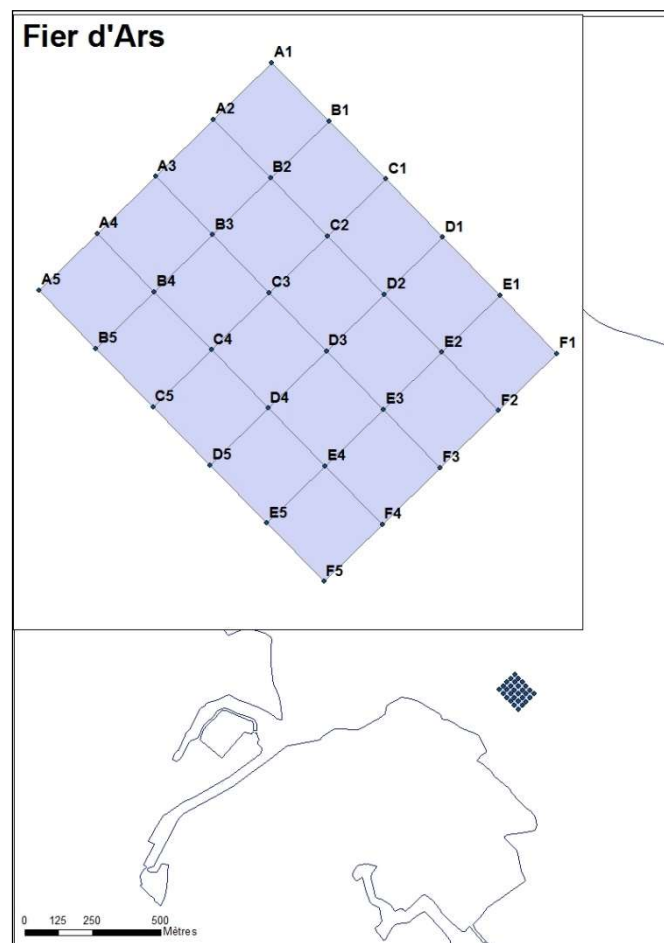
Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*



A



B



C

Figure 9 : Vue générale (A) et vues de détail d'un quadrat (B) et de la grille de points (C) sur la station « Ars en ré » à herbier de *Zostera noltei* sur la masse d'eau côtière « FRGC53 » - Pertuis breton. Réalisation carte sous ArcMap 10.2 (C. Curti). Crédit photos : Aubert F. / Cohabys.

2.2.3 Lay Crochon 1982 int HZN

La station « Lay crochon 1982 int HZN » dans l'estuaire du Lay a été positionnée suite à une prospection terrain en 2010 pour estimer l'extension de l'herbier (**Tableau 7**). L'herbier couvrait une superficie d'environ 17,6 ha (Auby *et al.* 2010a) avec une répartition en plusieurs tâches le long du chenal. 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). La station pour le suivi du contrôle de la surveillance DCE a été positionnée sur le crochon daté de 1982 (**Figure 10**) avec un suivi de surveillance annuel depuis 2011 (Sauriau *et al.* 2011).

Tableau 7 : Caractéristiques des suivis sur la station échantillonnée.

Station	Lay crochon 1982 int HZN
Regroupement	Non
Moyens à la mer	Accès pédestre à deux personnes via embarcation avec pilote(s) qui reste(nt) à bord en soutien logistique.
Paramètres	Multiples : métrique « densité des herbiers à <i>Zostera noltei</i> » par mesure du taux de recouvrement et 3 métriques supplémentaires (granulométrie, matière organique, biomasse des macroalgues vertes, rouges et brunes et nombre-localisation des oiseaux herbivores consommateurs d'herbier
Fréquence	Août-Septembre, tous les ans du plan de gestion
Opérateur : - prélèvement - tri et détermination - mesure granulométrique - mesure taux de matières organiques	Adera – Cellule Cohabys adossée au LIENSs (CNRS, Université de La Rochelle) et antérieurement CREMA L'Houmeau (CNRS-Ifremer) puis CRELA (CNRS-Ifremer-Université de La Rochelle) et LIENSs (CNRS, Université de La Rochelle) Pilote Ifremer L'Houmeau (2011-2012-2013) Pilotes LIENSs CNRS (2014-actuel)
Début prélèvements	2011 (prospection) et 2011(surveillance)

La station se situe en médiolittoral moyen (**Figure 10**). Elle est prospectée *pedibus jambi* à partir d'un accès bateau à partir soit du port du Pavé dans l'anse de l'Aiguillon (2011, 2012), soit du port de Chef de Baie (2013) soit désormais de la cale de la petite jetée des Caves dans l'estuaire du Lay (2014 à 2022), ce qui est beaucoup plus pratique avec un transport du navire Vasouillard (**Figure 12**) sur remorque depuis 2014. Cela a nécessité la mobilisation de deux pilotes (2014 lors de la première utilisation de la cale et repérage des lieux de navigation) puis d'un seul pilote par la suite.

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

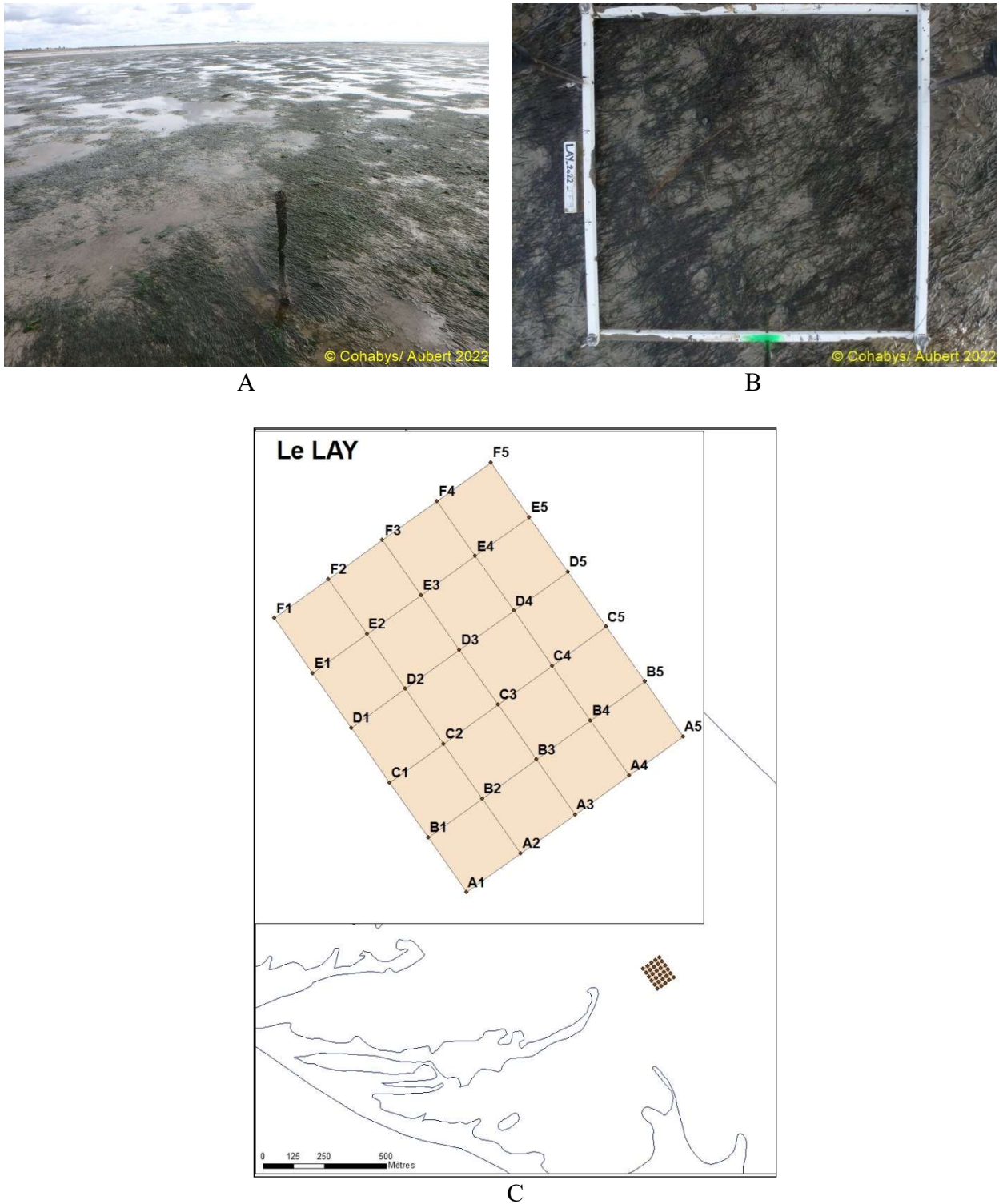


Figure 10 : Vue générale (A) et vues de détail d'un quadrat (B) et de la grille de points (C) sur la station « Lay Crochon 1982 » à herbier de *Zostera noltei* sur la masse d'eau côtière « FRGT30 ». Réalisation carte sous ArcMap 10.2 (C. Curti). Crédit photos : Aubert F. / Cohabys.

2.2.4 La Berche int HZN

La station « La Berche int HZN » a été positionnée en dehors de l'influence directe de chenaux d'écoulement de marais littoraux, en dehors de l'influence directe de parcs ostréicoles sur un site difficile d'accès pedestre et non impacté par des bouées de mouillage (**Figure 11**). La station « La Berche int HZN » se situe en médiolittoral moyen et est en revanche très peu impactée par la pêche à pied de loisir.

Tableau 8: Caractéristiques des suivis sur la station échantillonnée.

Station	La Berche int HZN
Regroupement	Non
Moyens à la mer	Accès pedestre à deux personnes
Paramètres	Multiples : métrique « densité des herbiers à <i>Zostera noltei</i> » par mesure du taux de recouvrement et 3 métriques supplémentaires (granulométrie, matière organique, biomasse des macroalgues vertes, rouges et brunes et nombre-localisation des oiseaux herbivores consommateurs d'herbier
Fréquence	Août-Septembre, tous les ans du plan de gestion
Opérateur :	
- prélèvement	Adera – Cellule Cohabys adossée au LIENSs (CNRS, Université de La Rochelle) et antérieurement Ifremer
- tri et détermination	
- mesure granulométrique	
Début prélèvements	2006 (surveillance)

La grille de points est prospectée *pedibus jambi* à partir d'un accès sur le littoral en descendant un empierrement. Le site présente une certaine difficulté pour la marche à pied et demande une marche lente et attentive. L'accès via un chenal a été testé cette année, ce dernier se trouve au nord de la grille, l'emprunter ajoute beaucoup de marche, il n'a donc pas été emprunté au retour de la grille.



A



B

Figure 11: Vue générale (A) et vues de détail d'un quadrat (B) sur la station « La Berche int HZN » à herbier de *Zostera noltei* sur la masse d'eau côtière « FRGC48 » - Baie de Bourgneuf ». Crédit photos : Aubert F. / Cohabys.

2.3. Calendrier de réalisation des opérations à la mer

Les opérations pour les suivis stationnels se sont déroulées sur un total de 4 jours (**Tableau 9**).

- En domaine intertidal de la masse d'eau côtière « FRGC53 – Pertuis Breton », le travail à la mer a mobilisé 4 personnes jour-mer sur les 2 jours en août 2022 ;
- En domaine intertidal de la masse d'eau côtière « FRGC48 – Baie de Bourgneuf », le travail à la mer a mobilisé 2 personnes jour-mer sur la journée de septembre 2022 ;
- En domaine intertidal de la masse d'eau de transition « FRGT30 - Estuaire du Lay », le travail à la mer a mobilisé 3 personnes jour-mer en septembre 2022, y compris le pilote de l'embarcation VASOUIILLARD (**Figure 12**) Philippe Pineau de l'Université de la Rochelle, resté en attente dans le chenal afin d'assurer la sécurité et le transport de l'équipe en charge de prospecter l'estran.

Ces chiffres ne comprennent ni le temps nécessaire à la préparation des opérations à la mer (1 jour) ni le temps de dépouillement des informations collectées pour les suivis.

Tableau 9 : Calendrier des opérations à la mer sur les sites échantillonnés.

Nom point (toponymie)	Code masse d'eau	Type de suivi	Type de station	Dates	Nombre personnes jour-mer	Opérateurs
Plage Charge Neuve int HZN	FRGC53	Intertidal Meuble Flore <i>Zostera noltei</i>	Grille	29/08/2022	2	Adera-Cellule Cohabys
Ars en Ré int HZN	FRGC53	Intertidal Meuble Flore <i>Zostera noltei</i>	Grille	30/08/2022	2	Adera-Cellule Cohabys LIENSs
La Berche int HZN	FRGC48	Intertidal Meuble Flore <i>Zostera noltei</i>	Grille	24/09/2022	2	Adera-Cellule Cohabys
Lay crochon 1982 int HZN	FRGT30	Intertidal Meuble Flore <i>Zostera noltei</i>	Grille	29/09/2022	3	Adera-Cellule Cohabys LIENSs
Total	-	-	-	4 jours	9 per. jour	-



Figure 12 : Navire VASOUEILLARD sur sa remorque sur la cale de la petite jetée des Caves dans l'estuaire du Lay.
Crédit photos : Sauriau P.-G. / CNRS

2.4. Protocoles d'analyse des sédiments

Le principe général de l'analyse granulométrique à visée biosédimentaire (Chassé & Glémarec 1976) est d'obtenir une estimation du type sédimentaire à partir des 3 principales fractions de sédiments que sont les pélites ($< 63 \mu\text{m}$), les sables ($63 \mu\text{m} < X < 2 \text{ mm}$) et les graviers ($> 2 \text{ mm}$) selon les coupures communément admises (**Figure 13**).

[illegible]

Figure 13 : Echelle granulométrique AFNOR, unité Φ et classifications communes utilisées (Cojan & Renard 1999).

2.4.1 Analyse granulométrique

Pour l'analyse, les 3 prélèvements de chaque station sont regroupés en un seul échantillon qui est vidé dans un bol identifié et taré pour être séché à l'étuve à 80-100 °C pendant 72 h. La masse de sédiment est pesée préalablement au séchage (sédiment humide) puis après séchage (sédiment sec) afin d'en estimer la quantité de sels. Un sous-échantillon de 100 g (200 g pour les sables) est remouillé dans un défloculant (métaphosphate de sodium à 40 g/l), et malaxé avec une spatule voire éventuellement passé aux ultrasons 20 mn pour désagréger les amas les plus petits. Le lendemain l'échantillon est tamisé à l'eau sur maille de 63 µm jusqu'à obtenir un filtrat clair, le but étant d'éliminer les pélites. Le refus de tamis est récupéré et mis à l'étuve à 100 °C pendant 72 h.

L'échantillon est ensuite passé sur une colonne de tamis normalisés Retsch (**Figure 14**). La colonne contient 17 tamis (4000 µm, 2000 µm, 1600 µm, 1250 µm, 1000 µm, 800 µm, 630 µm, 500 µm, 400 µm, 315 µm, 250 µm, 200 µm, 160 µm, 125 µm, 100 µm, 80 µm, 63 µm), répartis en deux passages successifs (4000 à 1600 et 1250 à 63 µm). Chaque tamis est pesé vide au préalable puis avec sa fraction de sédiment après tamisage avec une balance Sartorius FB12CCE-S afin de déterminer le type et la quantité de sédiments dans chaque échantillon. Une précision à 0,01 g est utilisée pour les pesées. La tamiseuse est mise en marche 15 minutes à 2000 vibrations par secondes avec un mouvement vertical de 1,5 mm réglé visuellement à partir de la barrette graduée présente sur le socle noir à la base de la colonne de tamis.

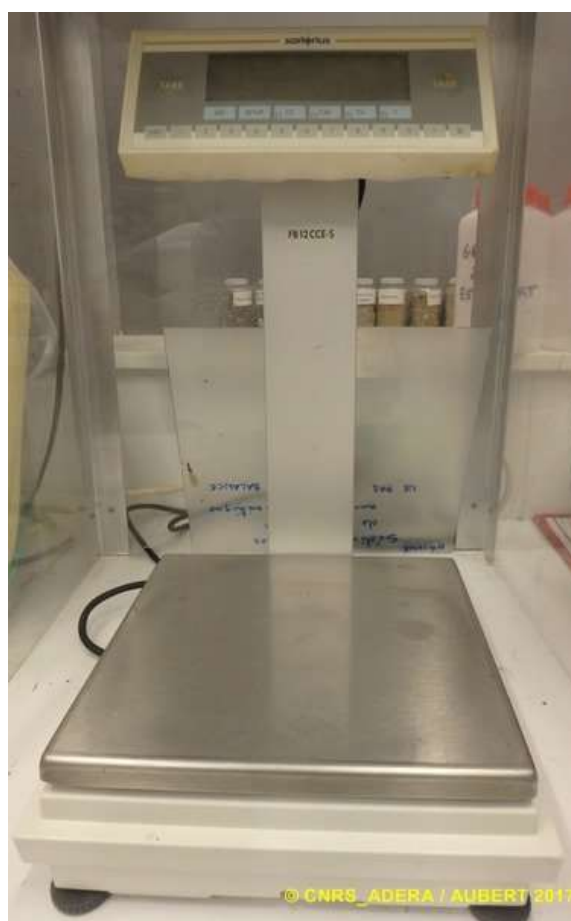


Figure 14 : Colonne de tamis normalisés AFNOR sur tamiseuse Retsch (A) et balance Sartorius à 0,01 g. (B). Crédit photos : Aubert F. / Cohabys.

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

Les tamis sont ultérieurement débarrassés de leurs impuretés grâce à un appareil de nettoyage aux ultrasons Elma (Bioblock Scientific) (**Figure 15**). Cette méthode est considérée aujourd'hui comme la méthode la plus efficace dans les procédés de nettoyage de précision sans influence néfaste sur le maillage des tamis.



A



B

Figure 15 : Bain à ultrasons (A) avec détails du porte tamis et de la collerette en mousse (B) pour maintenir un bol à sédiment. Crédit photos : Sauriau P.-G. / CNRS.

Les résultats des différentes pesées sont ensuite analysées par la macro-procédure GRADISTAT (Blott & Pye 2001), permettant d'obtenir des paramètres de forme et le type de sédiment. Le type de sédiment est alors interprété vis-à-vis de la classification de Chassé & Glémarec (1976) reprise par Hily (1976) dans les Pertuis Charentais (**Figure 16**).

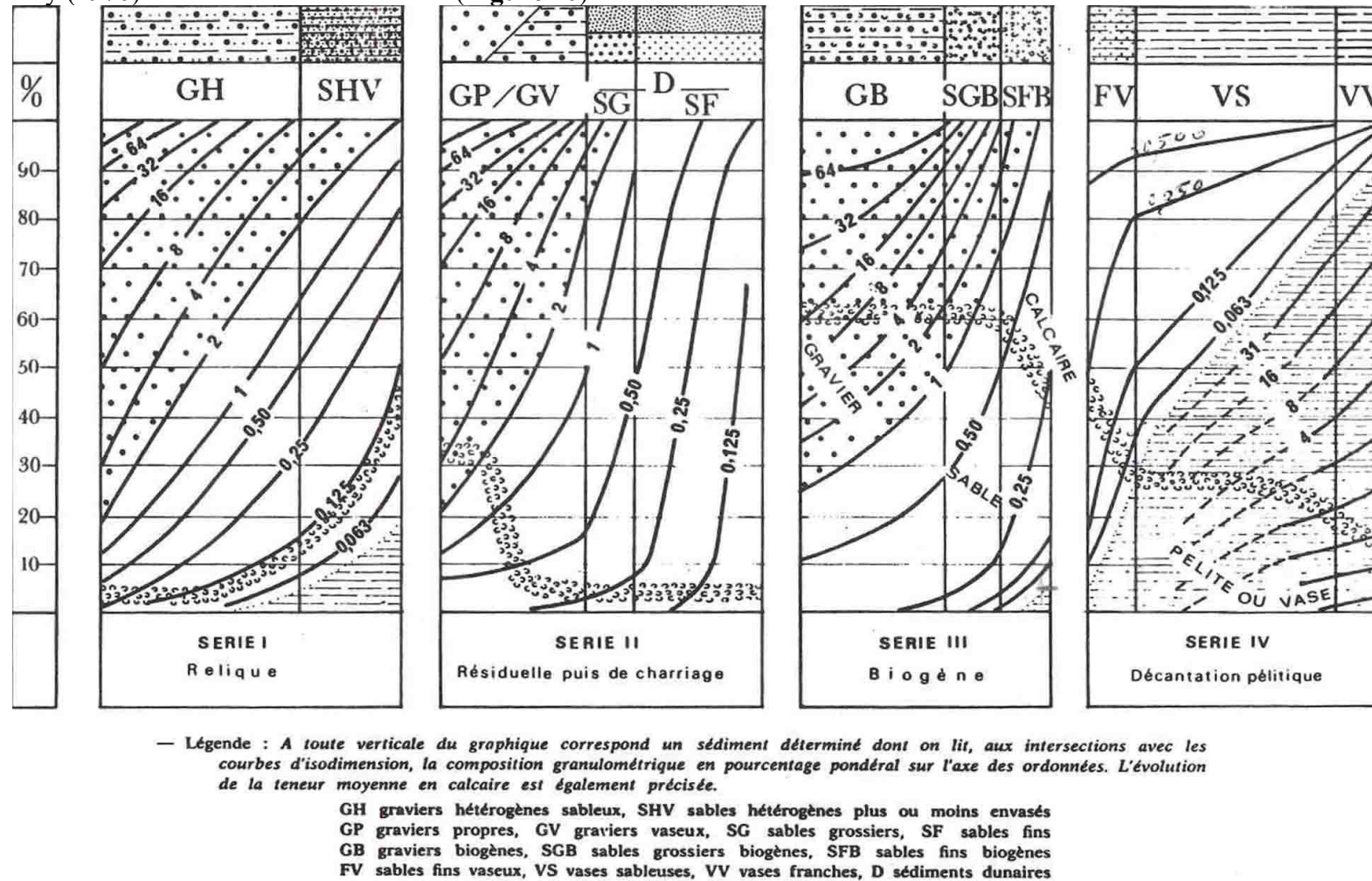


Figure 16 : Types biosédimentaires utilisés dans les pertuis Charentais (Chassé & Glémarec 1976).

2.4.2 Analyse de la matière organique sédimentaire

L'analyse de la teneur en matière organique suit le principe de la perte au feu à 450 °C. Chaque sédiment est référencé par son numéro de station puis mis à l'étuve à 100 °C 72 h afin d'obtenir un échantillon totalement sec. Les masses des coupelles numérotées sont mesurées ainsi que la masse des coupelles + le sédiment sec (environ 1g) par pesée sur une balance Mettler AE 240 avec une précision à 0,0001 g. Les échantillons sont ensuite placés dans un four à moufles 450 °C pendant 5 h permettant une crémation effective sur 4h compte tenue de la montée lente en température du four. Des cendres minérales sont ainsi obtenues et sont également pesées sur la même balance après refroidissement dans un dessiccateur à température ambiante.

La formule suivante permet de déterminer la teneur en matières organiques :

$$\% \text{ matières organiques} = \frac{\text{Matière sèche (g)} - \text{Matière minérale (g)}}{\text{Matière sèche (g)}}$$

La perte au feu est une méthode simple et peu coûteuse mais elle n'est pas très précise vis-à-vis d'une mesure de carbone ou d'azote organique particulaire. Elle peut aussi être biaisée lorsque le sédiment renferme une proportion significative d'argile dont l'eau constitutive des feuillets est évaporée à 450°C (Barillé-Boyer *et al.* 2003). Elle permet cependant d'avoir une estimation en première approximation des teneurs en matières organiques des sédiments.

2.5. Calcul de l'indicateur « angiospermes »

L'indicateur français « angiospermes » (Auby *et al.* 2010a, b) repose sur trois métriques :

- 1) La composition taxinomique.
- 2) L'extension.
- 3) La densité estimée par les taux de recouvrement.

Pour chacune de ces trois métriques, la valeur de l'Ecological Quality Ratio (EQR) est estimée selon des grilles de référence.

2.5.1 Composition taxinomique

Pour la métrique « taxinomie », le calcul d'EQR est réalisé selon la grille ci-dessous (Tableau 10).

Tableau 10 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'Ecological Quality Ratio (EQR) pour la métrique « composition taxinomique ».

Perturbation	Changement de la composition taxinomique par rapport aux conditions de référence	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

2.5.2 Extension

Pour la métrique « extension », le calcul d'EQR est réalisé selon la grille ci-dessous (Tableau 11).

Tableau 11 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'EQR pour la métrique « extension ».

Perturbation	Modification de l'extension (toutes espèces confondues) par rapport aux conditions de référence et EQR
Amélioration ou pas de modification visible	0 % perte = 1,0 ; 1 % perte = 0,98 ; 2 % perte = 0,96... 10 % perte = 0,80
Faibles signes de perturbation	11 % perte = 0,78 ; 12 % perte = 0,76 ; 13 % perte = 0,74... 17 % perte = 0,66
Altérations modérées	18 % perte = 0,64 ; 22 % perte = 0,58 ; ... 30 % perte = 0,50
Altérations majeures	31 % perte = 0,49 ; 32 % perte = 0,48 ; ... 50 % perte = 0,30
Altérations sévères	51 % perte = 0,295 ; 52 % perte = 0,290 ; ... 100 % perte = 0,0

2.5.3 Densité

Pour la métrique « densité », le calcul d'EQR est réalisé selon la grille ci-dessous (**Tableau 12**).

Tableau 12 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de l'EQR pour la métrique « densité ».

Perturbation	Changement de la densité par rapport aux conditions de référence et EQR
Amélioration ou pas de modification visible	0 % perte = 1,0 ; 1 % perte = 0,98 ; 2 % perte = 0,96...10 % perte = 0,80
Faibles signes de perturbation	11 % perte = 0,78 ; 12 % perte = 0,76 ; 13 % perte = 0,74... 17 % perte = 0,66
Altérations modérées	18 % perte = 0,64 ; 22 % perte = 0,58 ; ... 30 % perte = 0,50
Altérations majeures	31 % perte = 0,49 ; 32 % perte = 0,48 ; ... 50 % perte = 0,30
Altérations sévères	51 % perte = 0,295 ; 52 % perte = 0,290 ; ... 100 % perte = 0,0

L'indicateur angiosperme est ensuite calculé en moyennant les EQR calculés des 3 métriques. Le classement de la masse d'eau pour cet indicateur est ensuite calculé à partir des équivalences définies dans la grille ci-dessous (**Tableau 13**).

Tableau 13 : Grille de classement pour l'élément de qualité « angiospermes » source : Guide REEEL 2018.

EQR à utiliser pour EdL 2019	Classe
[1,000 – 0,800]	Très Bon
]0,800 – 0,645]	Bon
]0,645 – 0,400]	Moyen
]0,400 – 0,200]	Médiocre
]0,200 – 0,000]	Mauvais

3. Résultats

3.1. Sédiments

3.1.1 Plage de la Charge Neuve int HZN

Le sédiment présente en masse un taux moyen d'environ 29 % de pélites (taille < 63µm), un taux de sables d'environ 69 % et un taux d'éléments grossiers de l'ordre de 2 % (Tableau 14 et Figure 17). La distribution en taille est unimodale (142,5 µm) mais avec un mauvais classement. Selon la classification bio-sédimentaire usuelle (Chassé & Glémarec 1976) c'est un sable fin envasé à la limite des vases sableuses comme observé depuis 2012. Le taux de matières organiques est de $2,7 \pm 0,7$ % (Tableau 14).

Tableau 14 : Variables sédimentaires et teneur en matière organique (\pm écart type, n) pour les sédiments de la station « Plage de la Charge Neuve int HZN » à herbier de la zostère naine.

Sédiment	2022		
Plage de la Charge Neuve int HZN	Moyenne	\pm Ecart-type	N
Taux de pélites < 63 µm (%)	28,7	-	1
Taux de sables 63µm à 2 mm (%)	69,5	-	1
Taux de graviers > 2 mm (%)	1,8	-	1
Taux de matière organique (%)	2,7	0,7	9
Mode (µm)	142,5	-	1
D10 (µm)	10	-	1
D50 ou médiane (µm)	111	-	1
D90 (µm)	160	-	1

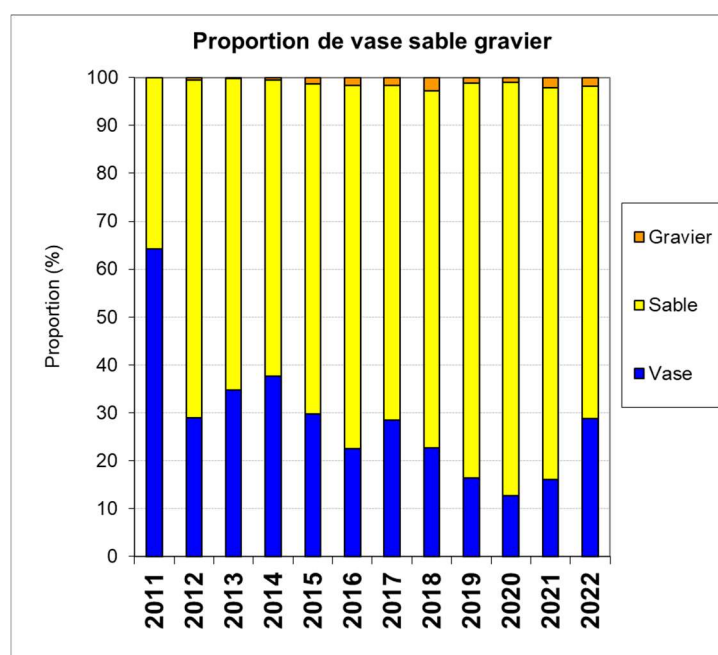


Figure 17 : Evolution des proportions en vases, sable et graviers pour les sédiments de la station Plage de la Charge Neuve int HZN.

3.1.2 Ars en Ré int HZN

Le sédiment présente en masse un taux moyen de 36 % en pélites (taille < 63µm), un taux de sables de 53 % et un taux d'environ 1 % d'éléments grossiers. La distribution en taille est bimodale (90-142,5 µm) et avec un mauvais classement. Selon la classification bio-sédimentaire usuelle (Chassé & Glémarec 1976) ce sont des sables fins envasés à la limite des vases sableuses. Le taux de matières organiques est en moyenne de $3,5 \pm 0,9$ % (**Tableau 15**), ce qui est équivalent aux valeurs acquises en 2021 (**Figure 18**).

Tableau 15 : Variables sédimentaires et teneur en matière organique (\pm écart type, n) pour les sédiments de la station « Ars en Ré int HZN » à herbier de zostère naine.

Sédiment	2022		
Ars en Ré int HZN	Moyenne	\pm Ecart-type	N
Taux de pélites < 63 µm (%)	36,3	-	1
Taux de sables 63µm à 2 mm (%)	63,1	-	1
Taux de graviers > 2 mm (%)	0,7	-	1
Taux de matière organique (%)	3,5	0,9	9
Mode (µm)	90-142,5	-	1
D10 (µm)	8	-	1
D50 ou médiane (µm)	87	-	1
D90 (µm)	157	-	1

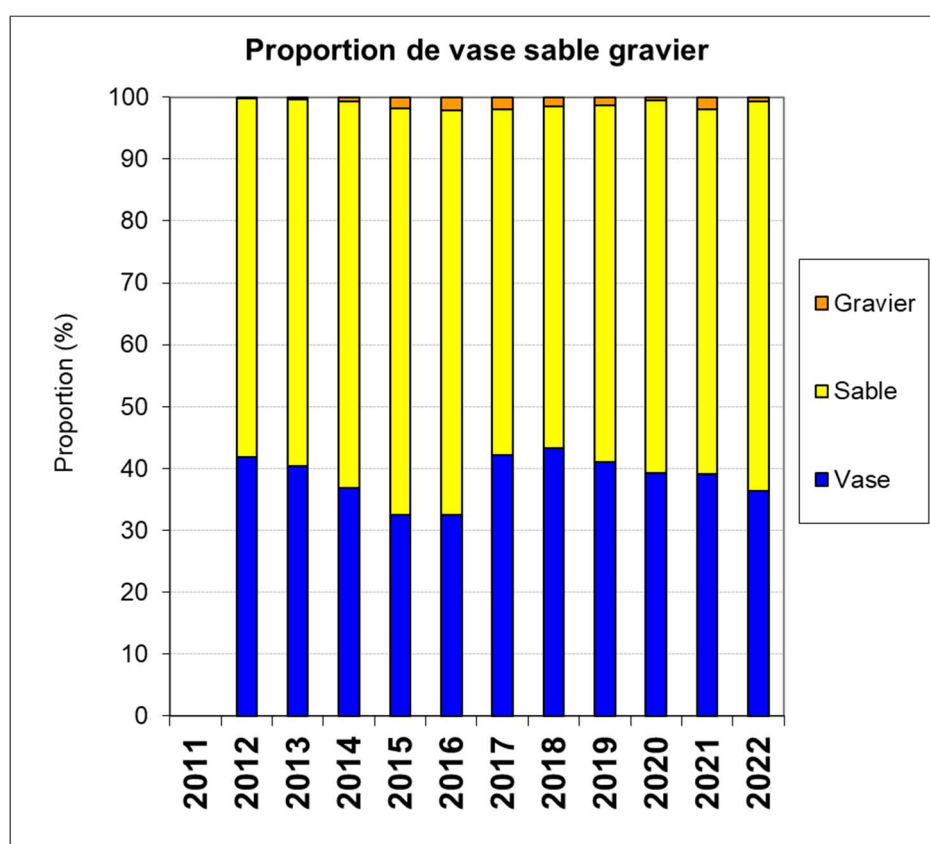


Figure 18 : Evolution des proportions en vases, sable et graviers pour les sédiments de la station Ars en Ré int HZN

3.1.3 Lay Crochon 1982 int HZN

Le sédiment présente en masse un taux moyen d'environ 79 % en pélites (taille < 63µm), le plus fort taux observé depuis le début 2011, un taux de sables de 20 % et un taux de 1 % d'éléments grossiers (**Figure 19**). La distribution en taille est bimodale (72, 225 µm) avec un mauvais classement. Selon la classification bio-sédimentaire usuelle (Chassé & Glémarec 1976) ce sont des vases sableuses. La présence de dune sableuse constitutive des crochons explique la nature du mélange entre les sables et les vases. Le taux de matières organiques est en moyenne de $5,8 \pm 1,1$ % (**Tableau 16**).

Tableau 16 : Variables sédimentaires et teneur en matière organique (\pm écart type, n) pour les sédiments de la station « Lay Crochon 1982 int HZN » à herbier de zostère naine.

Sédiment	2022		
Lay Crochon 1982 int HZN	Moyenne	\pm Ecart-type	N
Taux de pélites < 63 µm (%)	78,7	-	1
Taux de sables 63µm à 2 mm (%)	20,5	-	1
Taux de graviers > 2 mm (%)	0,8	-	1
Taux de matière organique (%)	5,8	1,1	9
Mode (µm)	71 - 225	-	1
D10 (µm)	5	-	1
D50 ou médiane (µm)	23	-	1
D90 (µm)	99	-	1

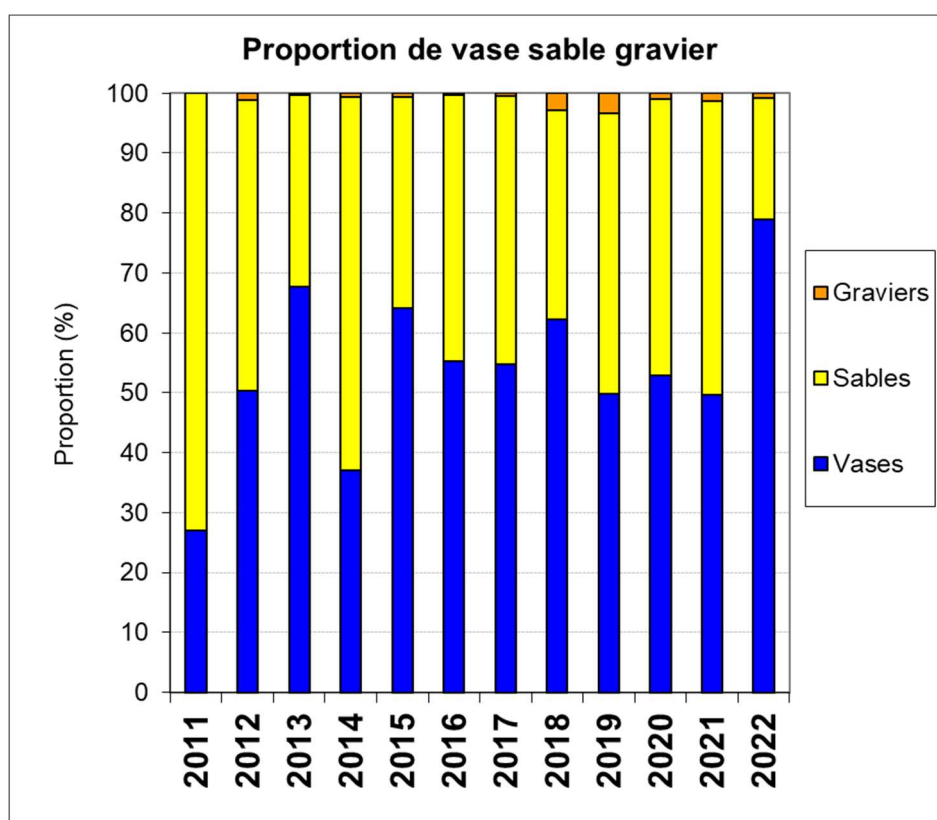


Figure 19 : Evolution des proportions en vases, sable et graviers pour les sédiments de la station Lay Crochon 1982 int HZN.

3.1.4 La Berche int HZN

Le sédiment présente en masse un taux moyen d'environ 31 % en pélites (taille < 63µm), un taux de sables de 68 % et un taux inférieur à 1 % d'éléments grossiers (**Figure 20**). La distribution en taille est bimodale (225 µm) avec un mauvais classement. Selon la classification bio-sédimentaire usuelle (Chassé & Glémarec 1976) ce sont des sables fin à moyen envasés. Le taux de matières organiques est en moyenne de $4,7 \pm 1,1$ % (**Tableau 16**).

Tableau 17 : Variables sédimentaires et teneur en matière organique (\pm écart type, n) pour les sédiments de la station « La Berche int HZN » à herbier de zostère naine.

Sédiment	2022		
La Berche int HZN	Moyenne	\pm Ecart-type	N
Taux de pélites < 63 µm (%)	30,7	-	1
Taux de sables 63µm à 2 mm (%)	68,6	-	1
Taux de graviers > 2 mm (%)	0,7	-	1
Taux de matière organique (%)	4,7	1,1	9
Mode (µm)	225 - 90	-	1
D10 (µm)	10	-	1
D50 ou médiane (µm)	152	-	1
D90 (µm)	312	-	1

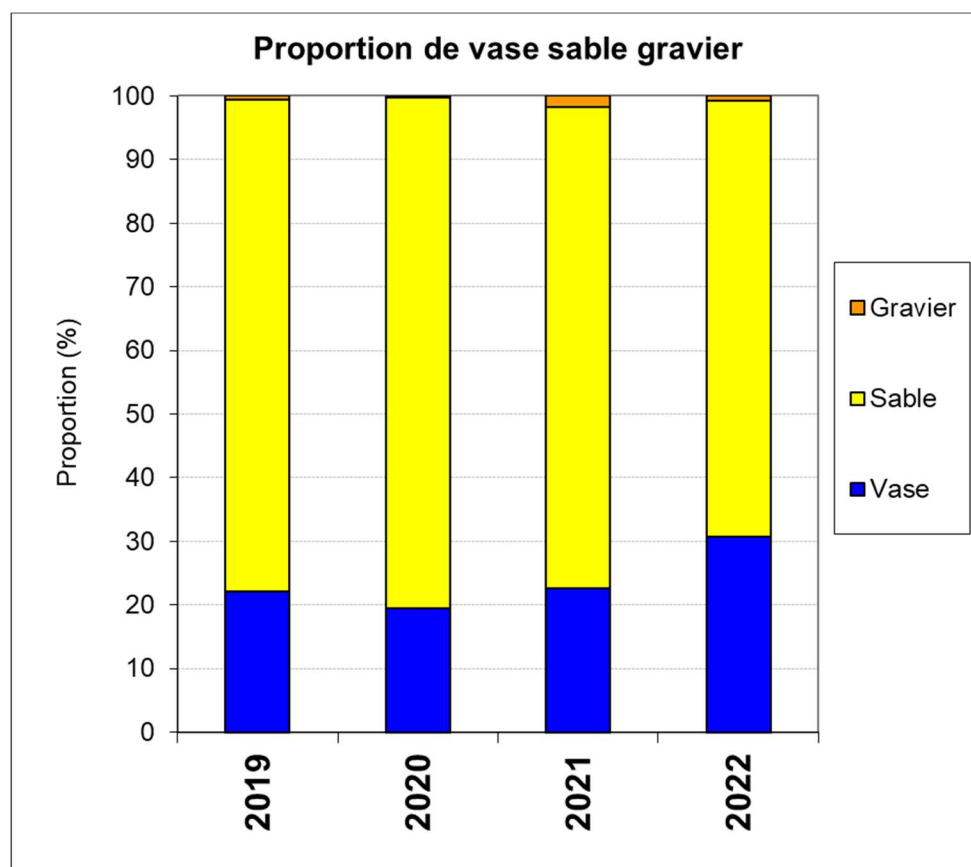


Figure 20 : Evolution des proportions en vases, sable et graviers pour les sédiments de la station La Berche int HZN.

3.2. Grilles d'échantillonnage

3.2.1 Plage de la Charge Neuve int HZN

L'échantillonnage s'est déroulé le 29/08/2022 à partir 10h58, heure du premier enregistrement sur le GPS et s'est terminé à 12h16 pour une durée de 1h18 (**Figure 21**). Le temps de passage entre deux points de la grille n'est pas constant et tient compte des difficultés de marche sur le site, de la présence ou non d'algues à prélever, de la nécessité de faire un prélèvement pour analyse de la matière organique (avec 9 tirages aléatoires le jour de préparation des missions terrain) et/ou de la granulométrie (avec 3 tirages aléatoires le jour de préparation des missions terrain), des délais de la réception GPS et le temps d'installation d'un pare-soleil pour obtenir une prise de vue avec une ombrage constant.

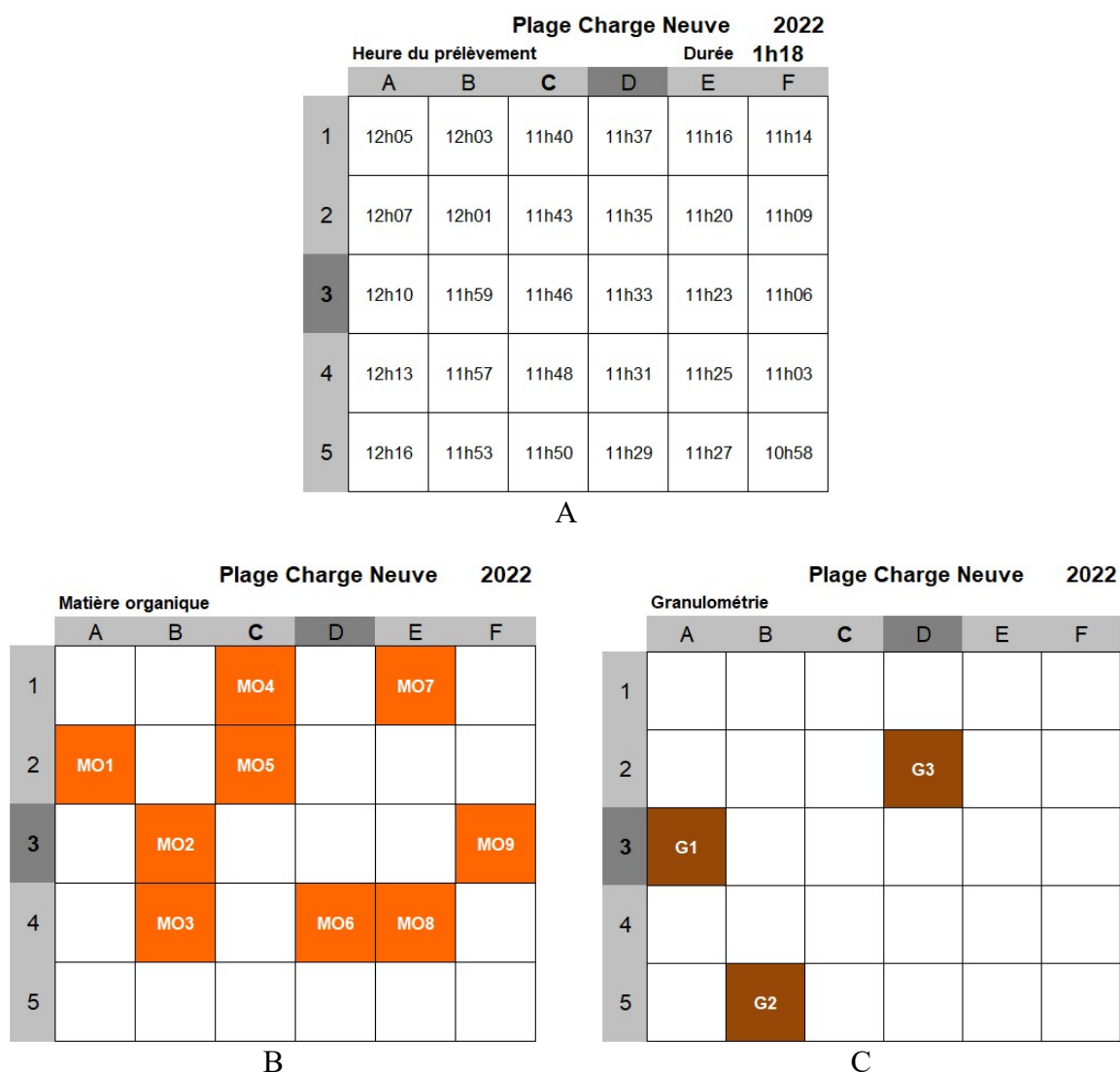


Figure 21 : Trajet avec horaire de prise de vue des photographies sur chaque point de la grille échantillonnée sur la station « Plage de la Charge Neuve int HZN » à herbier de zostère naine (A) et détails de la position (après tirage aléatoire) des prélèvements pour analyse de la matière organique (B) et de la granulométrie (C).

3.2.2 Ars en Ré int HZN

L'échantillonnage s'est déroulé le 30/08/2022 à partir 11h12 heure du premier enregistrement sur le GPS et s'est terminé à 12h53 pour une durée de 1h41 (**Figure 22**). Le temps de passage entre deux points de la grille n'est pas constant et tient compte des difficultés de marche sur le site, de la présence ou non d'algues à prélever, de la nécessité de faire un prélèvement pour analyse de la matière organique (avec 9 tirages aléatoires le jour de préparation des missions terrain) et/ou de la granulométrie (avec 3 tirages aléatoires le jour de préparation des missions terrain), des délais de la réception GPS et du temps d'installation d'un pare-soleil pour obtenir une prise de vue avec un ombrage constant.

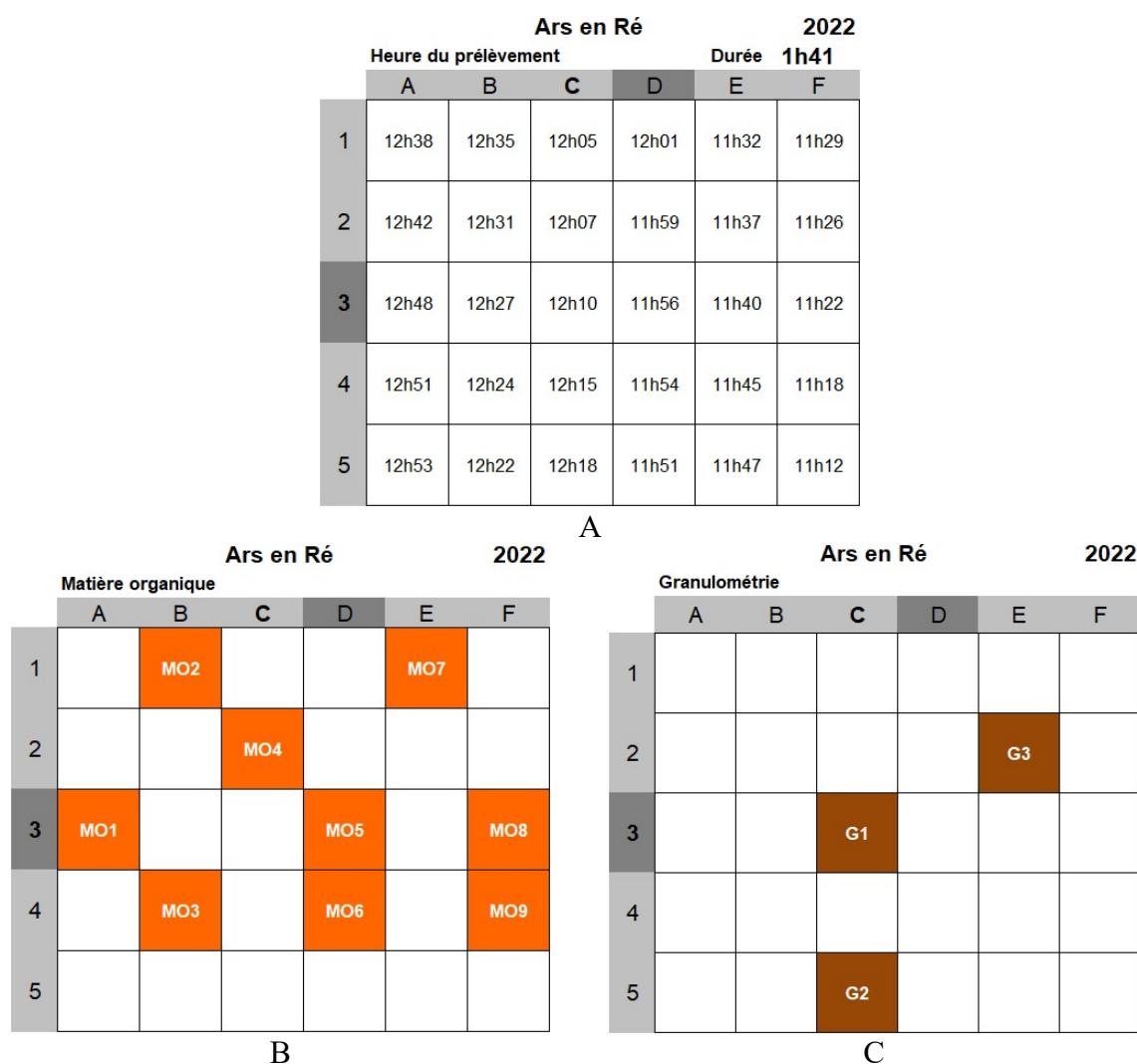


Figure 22 : Trajet avec horaire de prise de vue des photographies sur chaque point de la grille échantillonnée sur la station « Ars en Ré int HZN » du Fier d'Ars à herbier de zostère naine (A) et détails de la position (après tirage aléatoire) des prélèvements pour analyse de la matière organique (B) et de la granulométrie (C).

3.2.3 Lay Crochon 1982 int HZN

L'échantillonnage s'est déroulé le 29/09/2022 à partir 11h05 heure du premier enregistrement sur le GPS et s'est terminé à 12h30 pour une durée de 1h25 (**Figure 23**). Le temps de passage entre deux points de la grille n'est pas constant et tient compte des difficultés de marche sur le site, de la présence ou non d'algues à prélever, de la nécessité de faire un prélèvement pour analyse de la matière organique (avec 9 tirages aléatoires le jour de préparation des missions terrain) et/ou de la granulométrie (avec 3 tirages aléatoires le jour de préparation des missions terrain), des délais de la réception GPS et du temps d'installation d'un pare-soleil pour obtenir une prise de vue avec un ombrage constant.

		Lay crochon 1982				2022
		Heure du prélèvement				Durée 1h25
		A	B	C	D	E F
1		12h18	12h16	11h46	11h44	11h19 11h17
2		12h21	12h12	11h49	11h41	11h22 11h15
3		12h25	12h09	11h53	11h38	11h24 11h12
4		12h27	12h05	11h56	11h35	11h27 11h09
5		12h30	12h02	11h59	11h32	11h29 11h05

A

		Lay crochon 1982				2022
		Matière organique				2022
		A	B	C	D	E F
1			MO2			MO8
2				MO5		
3			MO3			MO9
4		MO1	MO4		MO7	
5				MO6		

B

		Lay crochon 1982				2022
		Granulométrie				2022
		A	B	C	D	E F
1						
2			G1			
3						
4				G3		
5			G2			

C

Figure 23 : Horaire de prise de vue des photographies sur chaque point de la grille échantillonnée sur la station « Lay Crochon 1982 int HZN » à herbier de la zostère naine (A) et détails de la position (après tirage aléatoire) des prélèvements pour analyse de la matière organique (B) et de la granulométrie (C).

3.2.4 La Berche int HZN

L'échantillonnage s'est déroulé le 24/09/2022 à partir 08h53, heure du premier enregistrement sur le GPS et s'est terminé à 10h25 pour une durée de 1h32 (**Figure 24**). Le temps de passage entre deux points de la grille n'est pas constant et tient compte des difficultés de marche sur le site, de la présence ou non d'algues à prélever, de la nécessité de faire un prélèvement pour analyse de la matière organique (avec 9 tirages aléatoires le jour de préparation des missions terrain) et/ou de la granulométrie (avec 3 tirages aléatoires le jour de préparation des missions terrain), des délais de la réception GPS et du temps d'installation d'un pare-soleil pour obtenir une prise de vue avec un ombrage constant.

La Berche int HZN 2022						
	Heure du prélèvement				Durée 1h32	
	A	B	C	D	E	F
1	09h05	09h08	09h36	09h39	10h08	10h13
2	09h04	09h10	09h34	09h43	10h06	10h16
3	09h00	09h14	09h29	09h46	10h03	10h18
4	08h56	09h16	09h26	09h50	10h01	10h21
5	08h53	09h19	09h22	09h54	09h58	10h25

A

La Berche int HZN 2022						
	Matière organique 2022					
	A	B	C	D	E	F
1				MO5		
2		MO2				
3	MO1		MO4		MO8	MO9
4		MO3		MO6		
5				MO7		

B

La Berche int HZN 2022						
	Granulométrie					
	A	B	C	D	E	F
1					G2	
2				G1		
3						
4						G3
5						

C

Figure 24 : Horaire de prise de vue des photographies sur chaque point de la grille échantillonnée sur la station « La Berche int HZN » à herbier de la zostère naine (A) et détails de la position (après tirage aléatoire) des prélèvements pour analyse de la matière organique (B) et de la granulométrie (C).

3.3. Macroalgues : biomasse

3.3.1 Plage de la Charge Neuve int HZN

La présence de macroalgues sur cette station était occasionnelle depuis 2011 avec des *Enteromorpha* sur quelques quadrats. Les longues algues vertes filamenteuses observées à la périphérie du point central échantillonné en 2007 et 2009 et 2018. De 2011 à 2017, très peu d'algues de ce type ont été observées et quelques quadrats de la grille présentaient des algues rouges Gracillaire. Aucune algue rouge n'a été observée en 2012, 2014 alors qu'aucune algue verte n'a été observée en 2013. La situation était radicalement différente en 2015 avec une présence constante d'algues vertes sur 25 quadrats sur 30 mais seulement 11 quadrats sur 30 colonisés par les algues rouges. La situation depuis 2016 est l'opposé de 2015 avec peu d'algues rouges (4 quadrat en 2022) et une présence occasionnelle d'algues vertes sur 2 quadrats. (Figure 25).

		Plage Charge Neuve 2022					
		Présence d'algues					
		A	B	C	D	E	F
1		VR					
2				V		R	
3							
4							
5		R			R		

Figure 25 : Absence (case vide) et présence de macroalgues vertes (V), rouges (R) ou brunes (B) sur la grille de points de la station « Plage de la Charge Neuve int HZN ».

Les algues observées sont des algues vertes de type *Ulvae* ou *Enteromorpha* en épiphytes sur des débris coquilliers et rouges. Les biomasses de macroalgues vertes sont les plus forte observée depuis 2011. Aucune algue brune n'a été observée depuis 2011 (**Tableau 18**).

Tableau 18 : Biomasse (\pm écart-type, n) des macroalgues vertes, rouges ou brunes à la station « Plage de la Charge Neuve int HZN » à herbier de la zostère naine.

Macroalgues	2022	
Plage de la Charge Neuve int HZN	PS moyen	N
Macroalgues vertes (g m^{-2})	$0,593 \pm 1,098$	30
Macroalgues brunes (g m^{-2})	0	0
Macroalgues rouges (g m^{-2})	$0,100 \pm 0,378$	30

3.3.2 Ars en Ré int HZN

La présence de macroalgues sur cette station était relativement constante (14 quadrats sur 30) en 2012 et est devenue quasi généralisée en 2015. Initialement en 2012, des algues vertes filamenteuses des genres *Ulvae* et/ou *Enteromorpha* étaient observées ainsi que des algues brunes (sur un seul quadrat). En 2013, la situation était de 19 quadrats sur 30 avec algues, la plupart du temps algues vertes mais les mélanges avec les algues rouges n'étaient pas rares. La présence d'algues rouges s'est accentuée en 2014 avec 17 quadrats sur 30 alors que la présence d'algues vertes s'est maintenue avec 12 quadrats.

Globalement le nombre de quadrat sans macroalgue diminue de 16, 11, 10 à 1 respectivement en 2012, 2013, 2014 et 2015. Depuis 2016, la présence d'algues vertes est constante avec environ la moitié des quadrats colonisés. En 2018 et 2021, les algues vertes étaient présentes sur seulement 8 quadrats et les algues rouges sur un seul quadrat. En 2019, 2020 et 2022 les macroalgues vertes étaient de retours avec près de la moitié des quadrats colonisés, 12 sont colonisés par des algues rouges, et 3 par les algues brunes (**Figure 26**).

		Ars en Ré 2022					
		Présence d'algues					
		A	B	C	D	E	F
1					VR	VR	
			VRB	B	VRB	VR	V
3							VR
4			VR	V		VR	VR
5		R				R	VR

Figure 26 : Absence (case vide) et présence de macroalgues vertes (V), rouges (R), vertes et rouges (VR), brunes (B) ou les trois (VRB) sur la grille de points de la station « Ars en Ré int HZN ».

Les biomasses des macroalgues vertes et rouges sont équivalentes à celles de 2021, a contrario, les biomasses des macroalgues brunes, présentent sur trois quadrat cette année, sont plus importante (**Tableau 19**).

Tableau 19 : Biomasse (\pm écart-type, n) des macroalgues vertes, brunes et rouges à la station « Ars en Ré int HZN » à herbier de la zostère naine.

Macroalgues	2022	
Ars en Ré int HZN	PS moyen \pm EC	N
Macroalgues vertes (g m^{-2})	0,116 \pm 0,242	30
Macroalgues brunes (g m^{-2})	0,196 \pm 0,880	30
Macroalgues rouges (g m^{-2})	0,108 \pm 0,283	30

La relation entre la biomasse sèche sans cendre (PSSC) et la biomasse sèche (PS) toute algue confondue pour les années 2011 à 2020 sur ces deux stations du Pertuis Breton a pour pente 0,99 et 1 respectivement pour les algues vertes et algues rouges avec une corrélation linéaire très significative ($R \geq 0,99$ pour les algues vertes et algues rouges) sans tendance dans les résidus de la régression (**Figure 27**). La régression n'est pas calculée pour les algues brunes trop peu de données ($n = 11$).

Ces régressions traduisent que le taux de cendres est d'environ 21 % et 11 % de la biomasse sèche respectivement pour les algues vertes et rouges, valeurs acquises de façon reproductible sur les années de suivis. Des corrélations similaires ont été obtenues pour la station dans l'estuaire du Lay (*vide infra*).

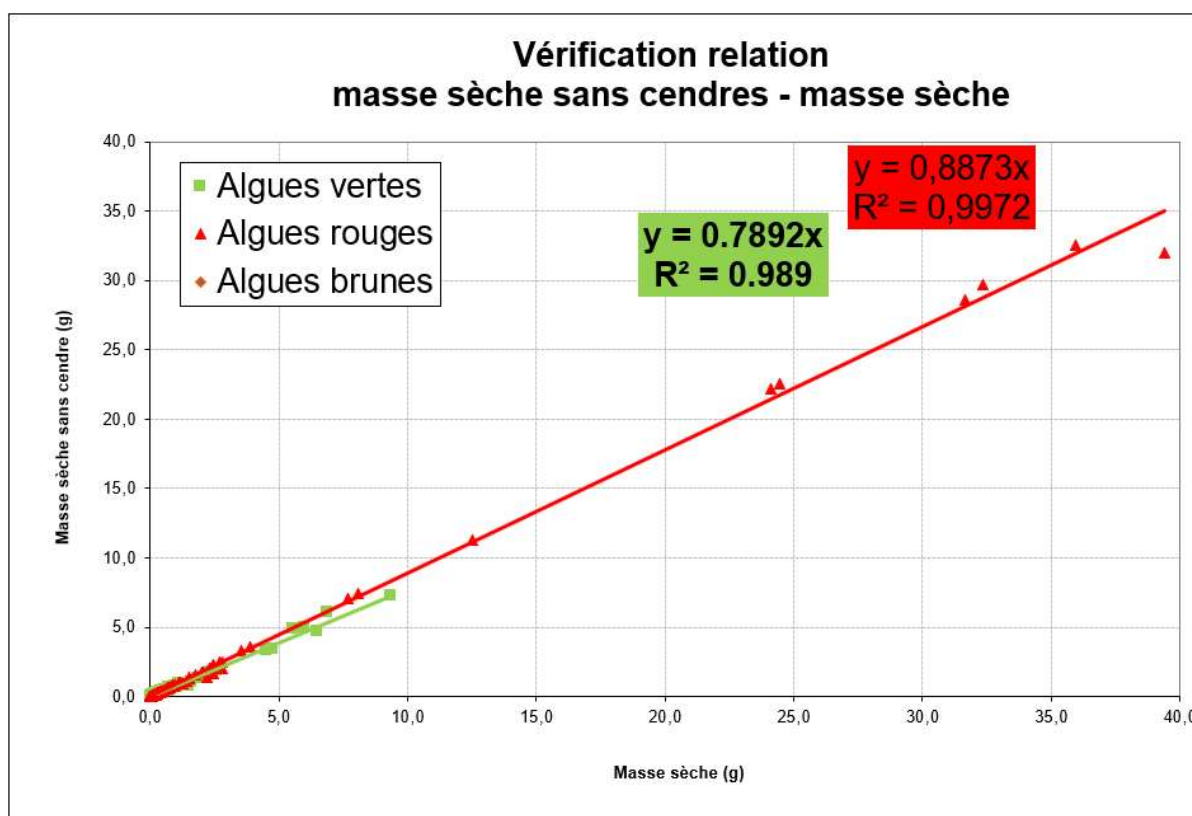


Figure 27 : Relation entre la masse de tissu végétal sans cendre et la masse de tissu végétal pour les macroalgues vertes ($n = 213$) et rouges ($n = 119$) observées sur les stations « Ars en Ré int HZN » et « Plage de la Charge Neuve int HZN » de 2011 à 2020.

3.3.3 Lay Crochon 1982 int HZN

La présence de macroalgues sur cette station était constante en 2011, 2012 et 2013 puis occasionnelle en 2014. Des algues vertes filamenteuses des genres *Ulvae* et/ou *Enteromorpha* ont été observées ainsi que des algues brunes et rouges. En 2016, les algues vertes étaient constantes sur 14 quadrats sur les 30 possibles alors que les algues rouges ne sont qu'occasionnelles sur 2 quadrats sur 30 possibles. De 2017 à 2019, il y avait présence d'algues verte sur quasiment l'ensemble des quadrats (algues vertes des genres *Ulvae* et algues vertes filamenteuse du genre *Enteromorpha*), comme pour cette année avec 23 quadrats colonisés. Entre 2020 et 2021, les conditions de 2016 étaient de retour avec environ 15 quadrats pour les algues vertes et 7 quadrats pour les algues rouges (**Figure 28**).

Lay crochon 1982					2022	
Présence d'algues						
	A	B	C	D	E	F
1		V	VR	V		
2	V	V	V	VR	V	V
3	R		V	V	V	
4	V	V	VR	V		V
5	V	V	V	V	V	V

Figure 28 : Absence (case blanche) et présence de macroalgues vertes (V), rouges (R) ou brunes (B) sur la grille de points de la station « Lay Crochon 1982 int HZN ».

Les biomasses de macroalgues vertes observées en 2019 été les plus fortes observées sur ce site depuis 2011 (environ 8 g m⁻²). Cette année, des taux semblables à ceux de 2013 et 2021 sont observés avec environ 1 g m⁻². Aucune algue brune n'a été observée sur ce site, sauf en 2012 (**Tableau 20**).

Tableau 20 : Biomasse (± écart-type, n) des macroalgues vertes, brunes et rouges à la station « Lay Crochon 1982 int HZN » à herbier de la zostère naine.

Macroalgues	2022	
Lay Crochon 1982 int HZN	PS moyen ±EC	N
Macroalgues vertes (g m ⁻²)	0,941 ± 1,180	30
Macroalgues brunes (g m ⁻²)	0	30
Macroalgues rouges (g m ⁻²)	0,370 ± 1,071	30

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

La relation entre la biomasse sèche sans cendre (PSSC) et la biomasse sèche (PS) pour les années 2011 à 2020 sur cette station du Lay a pour pentes 0,79 et 0,87 respectivement pour les algues vertes et rouges avec des corrélations linéaires très significatives ($R > 0,99$ pour les deux corrélations) sans tendance dans les résidus de la régression (**Figure 29**). Cela traduit que le taux de cendres est d'environ 21 % et 13 % de la biomasse sèche respectivement pour les algues vertes et rouges, valeurs acquises de façon reproductible sur les années de suivis.

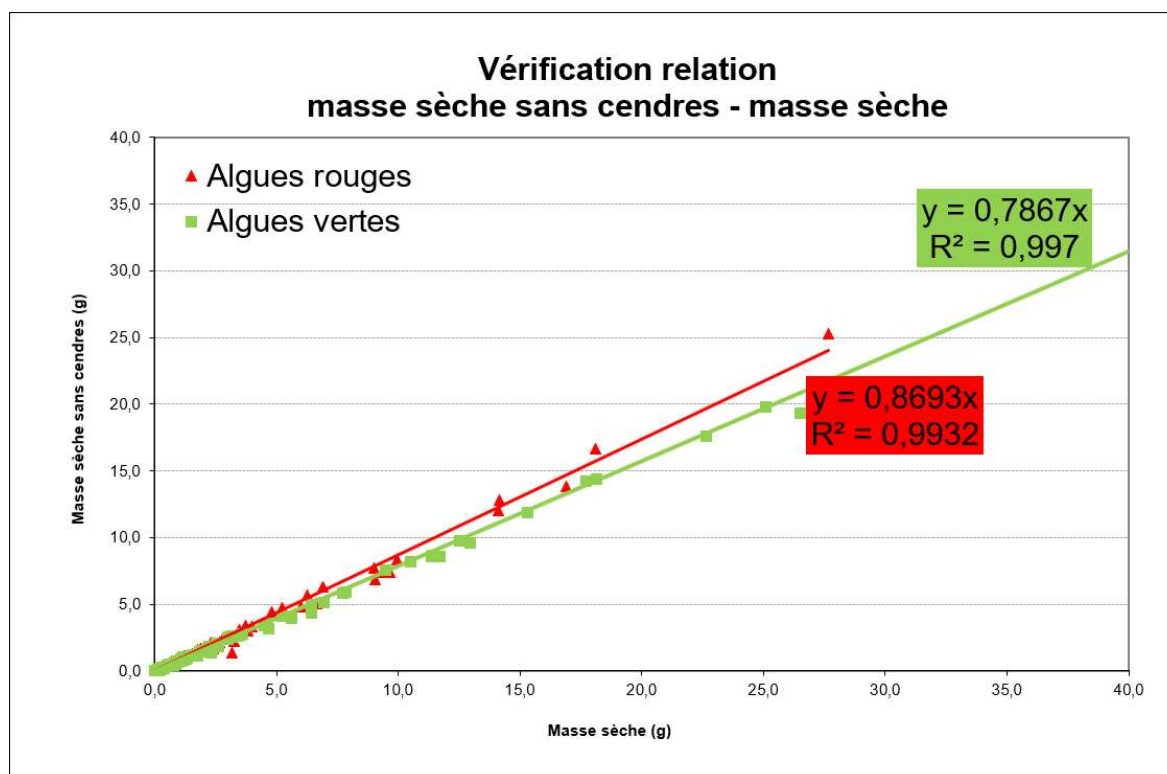


Figure 29 : Relation entre la masse de tissu végétal sans cendre et la masse de tissu végétal pour les macroalgues vertes ($n = 189$) et rouges ($n = 71$) observées sur la station « Lay Crochon 1982 int HZN » de 2011 à 2020.

3.3.4 La Berche int HZN

En 2019, les algues vertes filamenteuses des genres *Ulvae* et/ou *Enteromorpha* ont été observées sur seulement 4 quadrats, les algues brunes sur 1 seul quadrat et les algues rouges sur 10 quadrats. En 2020, les algues étaient beaucoup plus nombreuses avec 21 quadrats colonisés par les algues rouges, 11 quadrats par les vertes et 2 quadrats par les brunes. La situation en 2021 est similaire à celle de 2019 avec 9 quadrats colonisés par les algues rouges, 2 quadrats pour les algues vertes et un seul pour les brunes. Cette année 14 quadrats sont colonisés par des algues rouges, seulement 3 par des algues vertes et un seul par des algues brunes (Figure 30).

		La Berche int HZN 2022					
		Présence d'algues					
		A	B	C	D	E	F
1		R		R	R	R	
2			VR				R
3		B		R	VR		
4		R	R		R		
5			R	VB	R	R	

Figure 30 : Absence (case vide) et présence de macroalgues vertes (V), rouges (R) ou brunes (B) sur la grille de points de la station « La Berche int HZN ».

Les biomasses de macroalgues rouges et brunes sont relativement importante avec environ 1 g m⁻². (Tableau 21).

Tableau 21 : Biomasse (± écart-type, n) des macroalgues vertes, brunes et rouges à la station « La Berche int HZN » à herbier de la zostère naine.

Macroalgues	2022	
La Berche int HZN	PS moyen ±EC	N
Macroalgues vertes (g m ⁻²)	0,226 ± 1,130	30
Macroalgues brunes (g m ⁻²)	1,096 ± 5,143	30
Macroalgues rouges (g m ⁻²)	1,129 ± 2,697	30

3.4. Taux de recouvrement en *Zostera noltei*

3.4.1 Plage de la Charge Neuve int HZN

En cette station, aucun pied de *Zostera marina* var *angustifolia* n'a été observé depuis 2007.

Après vérification par le logiciel Image J des clichés présentant des taux de recouvrement différents de 100%, aucune correction n'a été apportée sur les observations visuelles (**Figure 31**).

Entre 2011 et 2017 un taux de recouvrement moyen de 100 % est obtenu avec une incertitude d'environ 1 % suggérant un herbier parfaitement homogène et constitué de plusieurs couches de feuilles superposées. Cela confirme les observations ponctuelles des années 2007 et 2009.

L'herbier était apparu en 2012 très dense, beaucoup plus qu'en 2011, avec sur la totalité des points de la grille des taux de recouvrement avec plusieurs épaisseurs de feuilles. Une situation similaire se dégage des observations depuis 2012. Une très légère variation dans les taux de recouvrement est apparue en 2015, 2018, 2020 et 2021, cette variation est moins forte cette année avec un taux de recouvrement moyen à 97,5 %. (**Figure 31** et **Tableau 22**).

	ImageJ		Plage Charge Neuve			2022
	Taux moyen \pm IC(95%)		97,5% \pm 1,9%			
	A	B	C	D	E	F
1	1	1	0,875	1	0,875	0,875
2	1	1	0,875	1	1	0,875
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	0,875	1
5	1	1	1	1	1	1

Figure 31 : Taux de recouvrement (échelle de 0 à 1) validés par points sur la grille échantillonnée en 2021 sur la station « Plage de la Charge Neuve int HZN ».

En regard des variations interannuelles (**Tableau 22**) et des classes de taux de recouvrement adoptées dans le protocole (**Tableau 1**), les taux de recouvrement observés sur la station « Plage de la Charge Neuve int HZN » restent dans les classes 76-99 % et 100 %.

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

Tableau 22 : Taux de recouvrement avec intervalle de confiance à 95 % de l'herbier de la zostère naine échantillonné en 2007 et 2009 puis annuellement depuis 2011 à la station « Plage de la Charge Neuve int HZN ». Pas d'estimation (-) car pas de réplicats.

Zostère naine Plage de la Charge Neuve int HZN	Taux de recouvrement (%)		
	Moyen	I.C. (95 %)	N
2007	100	-	1
2009	100	-	1
2011	97	94 - 100	30
2012	100	100 - 100	30
2013	100	100 - 100	30
2014	100	100 - 100	30
2015	98	96,7 - 100	30
2016	100	98,7- 100	30
2017	100	98,7 -100	30
2018	96	94 - 98	30
2019	100	100 - 100	30
2020	93	90 - 96	30
2021	95	93 - 97	30
2022	97	95 – 99	30

3.4.2 Ars en Ré int HZN

En cette station, aucun pied de *Zostera marina* var *angustifolia* n'a été observé. Après vérification par le logiciel Image J des clichés présentant des taux de recouvrement différents de 100%, deux corrections ont été apportées sur les observations visuelles (valeur en limite de classe) (**Figure 32**).

	ImageJ		Ars en Ré		2022	
	Taux moyen \pm IC(95%)		68,8%	\pm	5,9%	
	A	B	C	D	E	F
1	0,375	0,625	0,875	0,875	1	0,625
2	0,875	0,375	0,375	0,875	1	1
3	1	1	0,625	0,875	1	0,625
4	1	0,875	0,875	1	1	0,875
5	1	0,875	1	1	0,875	0,875

Figure 32 : Taux de recouvrement (échelle de 0 à 1) validés par points sur la grille échantillonnée en 2021 sur la station « Ars en Ré int HZN ».

La moyenne du taux de recouvrement 2022 s'établit à 69 % avec un intervalle de confiance à 95 % de 63-75 % (**Figure 32**, **Tableau 23**).

En regard des variations interannuelles (**Tableau 23**) et des classes de taux de recouvrement adoptées dans le protocole (**Tableau 1**), les taux de recouvrement observés sur la station « Ars en Ré int HZN » variaient entre toutes les classes, avec un minimum observé en 2013 et un maximum en 2021. La tendance à l'amélioration est nette, avec en 2016 un herbier dans la classe 76-99 %, et depuis 2017 dans la classe 100 % pour une partie des quadrats.

Tableau 23 : Taux de recouvrement avec intervalle de confiance à 95 % de l'herbier de la zostère naine échantillonné annuellement depuis 2012 à la station « Ars en Ré int HZN ».

Zostère naine	Taux de recouvrement (%)		
	Moyen	I.C. (95 %)	N
Ars en Ré int HZN			
2012	35	24 - 46	30
2013	19	13 - 25	30
2014	24	14 - 34	30
2015	41	27 - 55	30
2016	75	67 - 84	30
2017	75	64 - 86	30
2018	77	67 - 87	30
2019	65	53 - 77	30

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

2020	64	52 – 76	30
2021	82	74 – 90	30
2022	69	63 – 75	30

Le site du Fiers d'Ars est activement pêché depuis des années pour les palourdes et autres coquillages par des pêcheurs de loisirs et des pêcheurs non déclarés auprès des professionnels. En 2013 il avait été noté un très fort impact visuel des activités de pêche à pied sur les sédiments du site avec la présence de piétinements et ou de grattages divers quasi systématiques sur toute la grille échantillonnée. Cet impact est beaucoup moins marqué cette année, l'herbier ne présente aucune trace de piétinement contrairement à 2021 (**Figure 33**).



Figure 33 : Traces de piétinement sur la grille de la station « Ars en Ré int HZN » en 2021.



Figure 34 : Aucune traces de piétinement sur la grille de la station « Ars en Ré int HZN » en 2022.

3.4.3 Lay Crochon 1982 int HZN

En cette station, aucun pied de *Zostera marina* var *angustifolia* n'a été observé.

Après vérification par le logiciel Image J des clichés présentant des taux de recouvrement différents de 0 %, cinq correction n'a été apportée sur les observations visuelles (valeur en limite de classe).

	ImageJ		Lay crochon 1982		2022	
	Taux moyen \pm IC(95%)		37,5%	\pm	10,5%	
	A	B	C	D	E	F
1	0	0,125	0,625	0,625	0	0,625
2	0	0	0,375	0,625	0,625	0,625
3	0,125	0	0,375	0,375	0,375	0,625
4	0,125	0	0,125	0,875	0,375	0,625
5	0,625	0,125	0,625	0,875	0,375	0,375

Figure 35 : Taux de recouvrement par points sur la grille échantillonnée en 2022 sur la station « Lay Crochon 1982 int HZN » à herbier de la zostère naine.

La structure spatiale de l'herbier du Lay reste complexe avec une zone nord-est possédant un plus fort taux de recouvrement plus ou moins étendue (**Figure 35**).

Un taux de recouvrement moyen de $37,5 \pm 10,5$ % est obtenu en 2022 (**Tableau 24**). La diminution de près de 9 % du taux de recouvrement entre 2013 et 2014 n'était pas significative mais les valeurs acquises depuis 2015 confirmaient la diminution puis le maintien des taux de recouvrement à des valeurs proches des 20 % pour 2018 et 2020. Une légère augmentation est à noter depuis 2011 avec des valeurs proches de 40 %. Aucune trace de piétinement n'est visible sur les 30 points de la grille depuis 2019. Les activités de pêche à pied pourtant existantes sur l'estuaire du Lay se limitent à la bordure du chenal comme déjà observé depuis 2013.

En regard des variations interannuelles (**Tableau 24**) et des classes de taux de recouvrement adoptées dans le protocole (**Tableau 1**), les taux de recouvrement observés sur la station « Lay Crochon 1982 int HZN » varient entre quatre classes de 0 % jusqu'à 76 -99 %. Cette évolution est probablement à mettre en relation avec la dynamique hydrosédimentaire du crochon qui soit s'envase (comme de 2011 à 2013, puis 2017, 2018 et 2019) soit s'ensable (comme en 2014, 2015, 2016, 2020, 2021 et 2022).

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

Tableau 24 : Taux de recouvrement avec intervalle de confiance à 95 % de l'herbier de la zostère naine échantillonné annuellement depuis 2011 à la station « Lay Crochon 1982 int HZN ».

Zostère naine		Taux de recouvrement (%)		
Lay Crochon 1982 int HZN		Moyen	I.C. (95%)	N
2011		50	40 - 60	30
2012		67	56 - 78	30
2013		23	16 - 30	30
2014		14	6 - 20	30
2015		15	7 - 23	30
2016		21	11 - 31	30
2017		30	19 - 41	30
2018		33	23 - 43	30
2019		49	37 - 61	30
2020		30	18 - 42	30
2021		39	27 - 51	30
2022		38	27 - 49	30

3.4.4 La Berche int HZN

En cette station, aucun pied de *Zostera marina* var *angustifolia* n'a été observé.

Après vérification par le logiciel Image J des clichés présentant des taux de recouvrement différents de 0 % et 100%, aucune correction n'a été apportée sur les observations visuelles.

	ImageJ La Berche int HZN					2022
	Taux moyen \pm IC(95%) 81,7% \pm 9,3%					
	A	B	C	D	E	F
1	0,875	0,875	0,875	1	0,625	0
2	1	1	0,125	1	0,875	1
3	0,875	1	1	0,875	0,875	1
4	0,875	0,875	0,875	0,875	0,375	0,875
5	0,875	0,625	0,875	1	0,875	0,625

Figure 36 : Taux de recouvrement par points sur la grille échantillonnée en 2022 sur la station « La Berche int HZN » à herbier de la zostère naine.

Un taux de recouvrement moyen de $81,7 \pm 9,3$ % est obtenu en 2022 (**Tableau 25**). La diminution de près de 30 % du taux de recouvrement entre 2013 et 2014 est à observer mais les valeurs depuis 2015 confirment une augmentation puis le maintien des taux de recouvrement à des valeurs proches des 90 % jusqu'à 95 % pour 2017. Cette année, les taux moyen sont de nouveau à environ 80 %, comme en 2015, 2019, 2020 et 21. Aucune trace de piétinement n'est visible sur les 30 points de la grille depuis 2019.

Tableau 25 : Taux de recouvrement avec intervalle de confiance à 95 % de l'herbier de la zostère naine échantillonné annuellement depuis 2011 à la station « La Berche int HZN ».

Zostère naine	Taux de recouvrement (%)		
	Moyen	I.C. (95%)	N
La Berche int HZN			
2012	94	-	30
2013	96	-	30
2014	70	-	30
2015	83	-	30
2016	93	-	30
2017	95	-	30
2018	93	-	30
2019	84	76 - 92	30
2020	82	76 – 88	30
2021	80	74 – 86	30
2022	82	73 – 91	30

3.5. Redécouverte et maintien de *Zostera marina* sur les estrans du nord de l'île de Ré

La présence de *Zostera marina* sur l'île de Ré est attestée dans les années 1920 par les recherches biogéographiques réalisées par de Beauchamp (1920, 1923) avec des données cartographiques reprises ultérieurement dans les synthèses de Papy (1941) ou de Lancelot (1945, 1961). La disparition presque totale des grands herbiers de *Zostera marina* dans les années 1930 à l'échelle de tout l'Atlantique Nord a été attribuée à une maladie appelée « wasting disease » mais en conjonction de stress liés à des variations climatiques à l'échelle de l'Europe du Nord (den Hartog 1987, den Hartog & Hily 1997). La conséquence en a été pour l'île de Ré une destruction des herbiers de *Zostera marina* jugée à l'époque encore partielle comme attestée par les observations réalisées à l'échelle nationales en 1933 par les Affaires Maritimes (Godet *et al.* 2008).

Les observations ultérieures des années 1945 à 1970 s'accordent sur l'absence d'herbier de *Zostera marina* sur l'île de Ré sauf très localement comme par exemple pour la côte Nord de Ré dans les marais littoraux de Loix (Faure 1967, 1969, 1972) ou aux Portes en Ré (Callame 1958, 1961) et pour la côte Sud de Ré au Martrais (Hily 1976). La rareté de l'espèce sur l'île de Ré conduit den Hartog (1997) à partir de ses observations de 1994 à parler de disparition totale en liaison de surcroît avec la présence proliférante de l'algue brune introduite *Sargassum muticum*. Cette espèce d'algue est en effet connue pour coloniser les cuvettes littorales où les substrats mixtes hétérogènes sont favorables à la régénération naturelle des herbiers (den Hartog & Hily 1997).

Les observations botaniques de Le Gall dans les années 2000 sur le pourtour Ouest et Sud de l'île de Ré ont permis de localiser des herbiers de *Zostera marina* de plusieurs centaines de m² sur deux secteurs au large de Foirouse en 2001 et 2003 puis au Pas de Radia en 2003 (Le Gall 2005). Ces observations confirmaient la présence de *Zostera marina* sur les estrans de l'île de Ré en quelques populations en ce début des années 2000. Elles nuançaient également l'hypothèse de sa disparition totale antérieurement suggérée par den Hartog (1997) et soulevaient l'hypothèses de populations relictées sur Ré ou d'apports distants en graines suffisant. Des prospections complémentaires réalisées au printemps-été 2003 et 2004 confirmaient non seulement la présence de l'espèce sur les deux sites mais permettaient d'observer une autre population observée en 2004 sur les estrans de Sainte-Marie au Sud de l'île. Des prospections en 2011 n'ont pas permis de relocaliser les trois sites observés, ce qui laissait supposer un impact des tempêtes hivernales, par exemple Xynthia en février 2010, sur la stabilité des substrats sableux colonisés par *Zostera marina* sur le pourtour très exposé de l'île de Ré. Cependant, cela ne permit pas de conclure à la disparition de l'espèce des estrans rhétais puisque des échouages de feuilles fraîches étaient observés, comme par exemple en août 2011 au pied des remparts de Saint-Martin de Ré situé sur la côte Nord de l'île (P. Le Gall, com. pers.).

Des prospections réalisées dans les années 2013-2014 par le CEREMA sur le nord de l'île de Ré ont effectivement localisé un herbier à *Zostera marina* sur les estrans de Saint-Martin de Ré. Vérifier cette information et la valider permettraient alors de disposer d'une information essentielle au calcul de l'indicateur angiospermes (Auby *et al.* 2010a, Auby *et al.* 2014) pour la masse d'eau côtière « Pertuis Breton ». En effet, tout changement de la composition taxinomique par rapport aux conditions de référence se traduit par une modification de la note donnée à l'EQR (**Tableau 10**). La réapparition ou la non disparition de *Zostera marina* par rapport à une situation de disparition de l'espèce se traduit par un EQR de 1 au lieu de 0,7.

Des prospections spécifiques sur la côte Nord de l'île de Ré ont été menées les 27 et 28 octobre 2015 sur les secteurs de La Flotte et de Saint-Martin de Ré. Elles ont permis de trouver :

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

- à La Flotte en laisses de mer de très nombreux fragments de *Zostera marina* en échouage (**Figure 37**) sans qu'il soit possible de détecter sur l'estran attenant en contrebas une population de *Zostera marina* en place. Une telle population pourrait avoir existé à La Flotte dans les cuvettes intertidales situées en bas des parcs ostréicoles. Les fragments en échouage étaient soit anciens et dégradés soit frais.



Figure 37 : Présence de *Zostera marina* en laisses de mer le 27/10/2015 à la Flotte (est de la plage de l'Arnerault et estran en contrebas de la pointe des Barres).

En 2015, à Saint-Martin de Ré quelques fragments tous frais de *Zostera marina* ont été trouvés en échouage soit en laisses de mer en haut d'estran soit sur la zone intertidale à marée basse. Les prospections de la zone ostréicole ont permis de détecter un parc ostréicole protégé par d'anciens muret avec une population de *Zostera marina* en place dans des sédiments mixtes hétérogènes (**Figure 38**). La disposition du parc entouré de murets permet le maintien pendant la marée basse d'une cuvette qui ne se vide que progressivement créant de fait des conditions favorables à l'implantation d'un herbier intertidal de *Z. marina*. Selon den Hartog & Hily (1997) il est généralement admis que les herbiers de *Z. marina* subtidiaux sont pérennes, tandis que les herbiers les plus hauts sur l'estran peuvent être annuels et dépendant pour se maintenir de la germination des graines.

Les longueurs maximales de feuille étaient sur cet herbier de 30 à 70 cm pour des densités de pieds de 160 à 520 pieds par m⁻², l'ensemble de l'herbier faisant environ 50 m².

En 2017, de nouvelles prospections ont été réalisées avec succès sur ce site (**Figure 38**), en 2019 l'herbier à *Z. marina* est toujours présent (**Figure 39**) de même en 2021 (**Figure 40**).



Figure 38 : Présence de *Zostera marina* en laisses de mer le 28/10/2015 au pied de la citadelle de Saint-Martin de Ré et sur les estrans de la plage de La Cible en zone ostréicole.



Figure 39 : Présence de *Zostera marina* en 2019 sur les estrans de la plage de La Cible en zone ostréicole.



Figure 40 : Présence de *Zostera marina* en 2021 sur les estrans de la plage de La Cible en zone ostréicole.

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

Les dernières observations botaniques réalisées par Pierre-Guy Sauriau à l'automne 2022 ont permis de confirmer le maintien de quatre herbiers de *Zostera marina* sur l'île de Ré :

-Trois herbiers de *Zostera marina* d'une taille de 5, 15 et 200 m², situés dans des parcs ostréicoles vers la plage de La Cible, à Saint-Martin de Ré (**Figure 41**). Tous ces parcs sont exploités par des ostréiculteurs et l'ancien exploitant de ces parcs confirme la présence de *Zostera marina* depuis le début de son exploitation depuis les années 1980 (ancien exploitant Mr. Lebon, com. pers.). Tous ces herbiers sont connus de la DDTM.



Figure 41 : Présence de *Zostera marina* en 2022 sur les estrans de la plage de La Cible en zone ostréicole.

Un quatrième herbier de *Zostera marina* (**Figure 42**) a été repéré vers Sainte-Marie de Ré, à Port Notre dame, situé dans une cuvette ensablée avec seuil qui la protège de l'action érosive des houles d'ouest. Ce dernier est connu depuis les années 1950 par les exploitants de père en fils du site (Mr. Favreau, com. Pers.). Il a été repéré dès les années 2000 par E. Jaouen du PNM (Bonifait 2016) qui le considère en déclin depuis quelques années. La prospection menée sur ce secteur n'a pas permis de retrouver les petits herbiers mentionnés par (Le Gall 2012) en direction de la pointe de Chauveau. En complément Jérôme Jourde a prospecté l'estran d'ouest d'Ars en Ré à l'été 2022 sans retrouver les herbiers décrits précédemment (Le Gall 2012).



Figure 42 : Présence de *Zostera marina* en 2022 sur les estrans de Sainte-Marie de Ré.

3.6. Les oiseaux herbivores consommateurs de zostères

Plusieurs espèces d'oiseaux herbivores consomment des zostères pour tout ou partie de leur régime alimentaire (Dalloyau 2008, Dalloyau & Robin 2013). Ce sont avant tout les bernaches cravants et parmi celles-ci principalement la bernache cravant à ventre sombre *Branta bernicla bernicla*. D'autres espèces peuvent être consommatrices occasionnelles de zostères, ce sont les Canards siffleurs *Anas penelope*, les Cygnes tuberculés *Cygnus olor* et les Oies cendrées *Anser anser*. Toutes ces espèces font l'objet de comptages réguliers de la part de réseaux d'observation en liaison avec les réserves naturelles et la LPO.

Un premier ordre de grandeur concernant les effectifs hivernaux de ces espèces sur l'île de Ré peut être obtenu à partir des comptages réalisés à la mi-janvier de chaque année. Ces comptages sont synthétisés par Wetlands International et sont mis à disposition par la Ligue de Protection des Oiseaux (LPO) (www.lpo.fr) sous forme de fiches spécifiques ou d'analyse de tendance démographique (Deceuninck *et al.* 1999, Deceuninck & Mahéo 2000, Deceuninck & Maillet 2001, Deceuninck *et al.* 2002, 2003, 2004a, Deceuninck *et al.* 2004b, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, Deceuninck *et al.* 2014, Deceuninck *et al.* 2015, Deceuninck *et al.* 2016, Schmaltz *et al.* 2019, 2020, Moussy *et al.* 2021).

La phénologie de la migration, en particulier des bernaches cravants à ventre sombre, peut être approchée à partir des comptages mensuels réalisés par la LPO et les observateurs liés à la Réserve Naturelle de Lilleau les Niges (<https://www.reserves-naturelles.org/lilleau-des-niges>) dans le Fier d'Ars. Le détail des comptages mensuels pour la Fosse de Loix et la pointe du Grouin permet de préciser l'importance des deux secteurs par rapport à l'ensemble de l'île de Ré (Lemesle J.-C., com. pers, Jean-Christophe.Lemesle@lpo.fr).

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

Les Bernaches cravant à ventre sombre *Branta bernicla* sur l'île de Ré représentent 11,5 % de la population hivernante en France en 2021. Les comptages effectués à la mi-janvier laissent apparaître sur la période 2000-2017 une stabilité des effectifs dans une fourchette de variation de 7500 à 14900 individus. De tels effectifs permettaient de placer l'île de Ré au 1^{er} rang parmi les 10 premiers sites nationaux pour leurs effectifs de Bernaches cravant devant La Réserve Naturelle de Moëze et le golfe du Morbihan. En 2018 et 2020 une chute des effectifs a été observée, l'île de Ré été placée au 5^{ème} rang parmi les 10 premiers sites nationaux. En 2019 suite à une légère augmentation, l'île de Ré est placée au 3^{ème} rang parmi les 10 premiers sites nationaux. Cette année l'île de Ré est classée au 2^{ème} rang.

Les canards siffleurs sur l'île de Ré sont très peu abondants et représentent généralement des effectifs inférieurs à 500 individus. Sur la Fosse de Loix, les comptages mensuels montrent aussi une présence très variable de quelques dizaines d'individus. Les comptages effectués à la mi-janvier laissent apparaître sur la période 2000-2008 une relative stagnation des effectifs autour de la centaine d'individus. Les plus forts effectifs ont été observés lors de l'hiver 2002. De tels effectifs ne permettent pas de placer l'île de Ré parmi les 10 premiers sites nationaux pour leurs effectifs de Canards siffleurs (**Tableau 26**).

Les cygnes tuberculés étaient présents de façon anecdotique sur l'île de Ré puisque les comptages de mi-janvier 2020 et 2022 évaluent les effectifs entre 66 et 246 individus.

Aucune données n'est disponible pour les oies cendrées.

Le rapport Wetlands International – LPO de 2022 concernant la synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier étant disponible, les chiffres jusqu'à 2022 sont donc comptabilisés.

Tableau 26 : Effectifs de Bernaches cravant et Canards siffleurs à la mi-janvier des années 2000 à 2022 sur l'île de Ré (d'après Wetlands International & LPO).

Site	Année	Espèce	Effectif mi-janvier	Rang sur 10 premiers sites nationaux	RAMSAR critère 6
Ile de Ré	2000	Bernache cravant	9143	2	Oui
	2001	Bernache cravant	7505	2	Oui
	2002	Bernache cravant	12189	2	Oui
	2003	Bernache cravant	8519	2	Oui
	2004	Bernache cravant	10120	2	Oui
	2005	Bernache cravant	9767	3	Oui
	2006	Bernache cravant	12376	3	Oui
	2007	Bernache cravant	11294	2	Oui
	2008	Bernache cravant	11736	2	Oui
	2009	Bernache cravant	13352	2	Oui
	2010	Bernache cravant	9350	2	Oui
	2011	Bernache cravant	9891	2	Oui
	2012	Bernache cravant	9699	3	Oui
	2013	Bernache cravant	8753	2	Oui
	2014	Bernache cravant	8575	3	Oui
	2015	Bernache cravant	11173	3	Oui
	2016	Bernache cravant	9996	1	Oui
	2017	Bernache cravant	14900	1	Oui
	2018	Bernache cravant	6 503	5	Oui
	2019	Bernache cravant	9 595	3	Oui
	2020	Bernache cravant	7364	5	Oui
	2021	Bernache cravant	11607	2	Oui

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

	2022	Bernache cravant	8434	4	Oui
	2000	Canard siffleur	> 101	>10	Non
	2001	Canard siffleur	1 – 99	>10	Non
	2002	Canard siffleur	100 - 419	>10	Non
	2003	Canard siffleur	> 1-99	>10	Non
	2004	Canard siffleur	> 1-99	>10	Non
	2005	Canard siffleur	> 1-99	>10	Non
	2006	Canard siffleur	> 1-99	>10	Non
	2007	Canard siffleur	> 1-99	>10	Non
	2008	Canard siffleur	> 1-99	>10	Non
	2009	Canard siffleur	> 1-100	>10	Non
	2010	Canard siffleur	> 1-100	>10	Non
	2011	Canard siffleur	> 1-100	>10	Non
	2012	Canard siffleur	> 1-100	>10	Non
	2013	Canard siffleur	> 1-100	>10	Non
	2014	Canard siffleur	> 1–100	>10	Non
	2015	Canard siffleur	> 1–100	>10	Non
	2016	Canard siffleur	> 1–80	>10	Non
	2017	Canard siffleur	> 1–500	>10	Non
	2018	Canard siffleur	No data	>10	Non
	2019	Canard siffleur	No data	>10	Non
	2020	Canard siffleur	No data	>10	Non
	2021	Canard siffleur	< 181	>10	Non
	2022	Canard siffleur	1690	>10	Non
	2020	Cygne tuberculé	66	>10	Non
	2021	Cygne tuberculé	246	>10	Non
	2022	Cygne tuberculé	56-194	>10	Non

4. Indicateur « angiospermes » calculé à partir des données 2022.

4.1. Pertuis Breton FRGC53

L'indicateur français « angiospermes » repose sur trois métriques :

- 1) La composition taxinomique : une valeur d'EQR de 0,7 était donnée jusqu'à présent du fait de la disparition supposée avérée de *Zostera marina* sur le pourtour Nord de Ré. Le contraire est démontré depuis 2015 et une valeur d'EQR de 1 doit donc être adoptée ;
- 2) L'extension : une valeur d'EQR de 0,51 est donnée du fait d'une perte de 16 % en superficie entre le maximum connu de 2006 (673 ha) et la dernière estimation de 2020 (480,6 ha) (curti & Beguet 2021).
- 3) La densité : une valeur d'EQR de 0,82 est obtenu après analyse des variations temporelles des taux de recouvrement sur la station « Plage de la Charge Neuve int HZN » et la station « Ars en Ré int HZN » dans le Fiers d'Ars.

L'EQR pour l'année 2022 de l'indicateur Angiospermes indique un Bon état.

2022	Indices			Indicateur
	Composition	Extension	Densité	Angiospermes
EQR	1	0,51	0,82	0,78
Etat				Bon état

4.2. Estuaire du Lay FRGT30

L'indicateur français « angiospermes » repose sur trois métriques :

- 1) La composition taxinomique : une valeur d'EQR de 1 est donnée du fait d'aucune disparition d'espèce de zostère ;
- 2) L'extension : une valeur d'EQR de 0,82 est donnée du fait d'une légère baisse des superficies d'herbier entre 2014 (17,8 ha) et 2020 (16,2 ha) (curti & Beguet 2021);
- 3) La densité : une valeur d'EQR de 0,37 est donnée du fait de la baisse des taux de recouvrement en comparaison de la meilleure situation.

L'EQR pour l'année 2022 de l'indicateur Angiospermes indique un Bon état.

2022	Indices			Indicateur
	Composition	Extension	Densité	Angiospermes
EQR	1	0,82	0,37	0,73
Etat				Bon état

4.3. Baie de Bourgneuf FRGC48

L'indicateur français « angiospermes » repose sur trois métriques :

- 4) La composition taxinomique : une valeur d'EQR de 1 est donnée du fait d'aucune disparition d'espèce de zostère ;
- 4) L'extension : une valeur d'EQR de 0,57 est donnée du fait d'une perte de 23 % en superficie entre le maximum connu de 2005 (586 ha) et la dernière estimation de 2009 (452 ha) ;
- 5) La densité : une valeur d'EQR de 0,64 est donnée du fait de la baisse des taux de recouvrement en comparaison de la meilleure situation.

L'EQR pour l'année 2022 de l'indicateur Angiospermes indique un Bon état.

2022	Indices			Indicateur
	Composition	Extension	Densité	Angiospermes
EQR	1	0,57	0,64	0,74
Etat				Bon état

5. Bilan des saisies dans la base Quadrigé²

La saisie des métadonnées et des données herbier de *Zostera noltei* est en cours pour les stations des masses d'eau côtière « Pertuis Breton », Ars en Ré int HZN et Plage de la Charge Neuve int HZN, « Baie de Bourgneuf », La Berche int HZN et pour la station de la masse d'eau de transition « Estuaire du Lay », Lay Crochon 1982 int HZN tout comme elle l'est pour les sites DCE plus méridionaux dans la masse d'eau FRFC02 Pertuis Charentais suivis par le LIENSs Cohabys (**Tableau 27**).

La saisie concerne le contrôle et la validation des:

- métadonnées y compris les clichés photographiques des stations et des quadrats de chaque grille ;
- données herbier, contrôlées et validées, les données granulométriques et des taux de matière organique.

Tableau 27 : Bilan des saisies dans la base de données Quadrigé² pour les suivis herbier de *Zostera noltei*
 codification des couleurs : ■ Saisi, contrôlé et validé, ■ Saisi, contrôlé, ■ Saisi (non contrôlé, non validé), □ A saisir,
 Case grisée : Hors RCS DCE, Case vide : pas de suivi DCE au RCS.

Programme	Masse Eau	Lieu libellé	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Herbier	FRGC53	Ars en Ré int HZN, Mnémonique 076-P-075							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Herbier	FRGC53	Plage de la Charge Neuve int HZN, Mnémonique 076-P-058	■	■		■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Herbier	FRGT30	Lay crochon 1982 int HZN, Mnémonique 076-P-073						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Herbier	FRGC48	La Berche int HZN Mnémonique 071-P-091				■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Selon la symbologie propre à Quadrigé², toutes les stations des masses d'eau côtière « Pertuis Breton », « Baie de Bourgneuf » et de la masse d'eau de transition « Estuaire du Lay » présentent des données contrôlées et validées.

6. Bibliographie

- Allard J. (2008). Enregistrement des changements environnementaux dans les sédiments littoraux : cas des Pertuis Charentais et du Bassin d'Arcachon. Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle : 279 pp.
- Auby I., Oger-Jeanneret H., Sauriau P.-G., Hily C. & Barillé L. (2010a). Angiospermes des côtes françaises Manche-Atlantique. Propositions pour un indicateur DCE et premières estimations de la qualité. Ifremer, Arcachon, Rapport Ifremer: 72 pp.
- Auby I., Oger-Jeanneret H., Sauriau P.-G., Hily C. & Barillé L. (2010b). 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. Ifremer, Arcachon, Rapport Ifremer: 152 pp.
- Auby I., Dalloyau S., Hily C., Oger-Jeanneret H., Plus M., Sauriau P.-G. & Trut G. (2012). Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Ifremer, Arcachon, RST/LER/MPL/12.17: 20 pp.
- Auby I., Sauriau P.-G., Oger-Jeanneret H., Hily C., Dalloyau 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 noltii*. Version 2. Ifremer, RST/LER/MPL/14.01, Arcachon, RST/LER/MPL/14.01: 42 pp.
- Auby I., Oger-Jeanneret H., Gouillieux B., Grall J., Janson A.-L., Maguer M., Rigouin L., Rollet C., Sauriau P.-G. & Trut G. (2018). Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). *Zostera marina* - *Zostera noltei*. Version 3. ODE/UL/LER/AR/18.017. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00471/58250/>. : .
- Barillé-Boyer A.-L., Barillé L., Massé H., Razet D. & Héral M. (2003). Correction for particulate organic matter as estimated by loss on ignition in estuarine ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58: 147-153.
- Blott S. J. & Pye K. (2001). Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237-1248.
- Bonifait S. (2016). La flore protégée de l'île de Ré (Charente-Maritime) : actualisation des connaissances et nouvelles données. Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, Nouvelle Série 47: 140-161., : .
- Callame B. (1958). Contribution à l'étude du milieu meuble intercotidal (Côtes Charentaises). Thèse de 3ème Cycle, Université de Paris : 118 pp.
- Callame B. (1961). Contribution à l'étude du milieu meuble intercotidal (Côtes Charentaises). *Travaux du Centre de Recherches et d'Etudes Océanographiques*, 6: 1-118.
- Chassé C. & Glémarec M. (1976). Atlas du littoral français. Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne. Cartes biosédimentaires, C.N.E.X.O., I.C.A., Brest: 28 pp.
- Cojan I. & Renard M. (1999). Sédimentologie. 2^e Cycle. Capes. Agrégation, Dunod, Paris: 418 pp.
- 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 zostères naines, champs de macroalgues intertidaux et prés salés, Contrat de Recherche & Développement, OFB / i-Sea. 82 pp.
- Dalloyau S. (2008). Réponse fonctionnelle et stratégies d'hivernage chez un anséridé en lien avec la disponibilité de la ressource alimentaire. Cas de la Bernache cravant à ventre sombre (*Branta bernicla bernicla*) en hivernage sur le littoral atlantique (Île d'Oléron – Charente Maritime – 17). Thèse, Ecole Pratique des Hautes Etudes : 118 + annexes pp.

- Dalloyau S. & Robin F.** (2013). Distribution des Bernaches cravants à ventre sombre (*Branta bernicla bernicla*) et disponibilité alimentaire des herbiers à Zostère naine (*Zostera noltei*) : vers une caractérisation de la qualité des habitats intertidaux des Pertuis Charentais. Ligue de Protection des Oiseaux, Rochefort, 77 pp.
- de Beauchamp P.** (1920). Recherches biogéographiques sur la zone des marées à l'île de Ré. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris*, 171: 1233-1236.
- de Beauchamp P.** (1923). Etudes de bionomie intercotidale. Les îles de Ré et d'Yeu. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, 61: 455-520.
- Deceuninck B., Maillet N. & France W.** (1999). Oiseaux d'eau hivernant en France en janvier 1998. Synthèse des dénombrements de la mi-janvier 1998. *Ornithos*, 6: 173-177.
- Deceuninck B. & Mahéo R.** (2000). Synthèse des dénombrements et analyse des tendances des limicoles hivernant en France 1978 - 1999. Wetlands International - LPO, 82 pp.
- Deceuninck B. & Maillet N.** (2001). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2000. Wetlands International - Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 44 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Kerautret L., Dronneau C. & Mahéo R.** (2002). Dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France - Janvier 2001. Wetlands International - Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 41 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Kerautret L., Dronneau C. & Mahéo R.** (2003). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2002. Wetlands International - Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 41 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Kerautret L., Dronneau C. & Mahéo R.** (2004a). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2003. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 39 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Ward A., Dronneau C. & Mahéo R.** (2004b). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2004. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 41 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Ward A., Dronneau C. & Mahéo R.** (2006). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2005. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 40 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Ward A., Dronneau C. & Mahéo R.** (2007). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2006. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 40 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Ward A., Dronneau C. & Mahéo R.** (2008). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2007. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 40 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Ward A., Dronneau C. & Mahéo R.** (2009). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France -mi-janvier 2008 -. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 41 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Ward A., Dronneau C. & Mahéo R.** (2010). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France - mi-janvier 2009 -. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 41 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Ward A., Dronneau C. & Mahéo R.** (2011). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France -mi-janvier 2010. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 42 pp.
- Deceuninck B., Maillet N., Ward A., Dronneau C. & Mahéo R.** (2012). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France -mi-janvier 2011. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 43 pp.

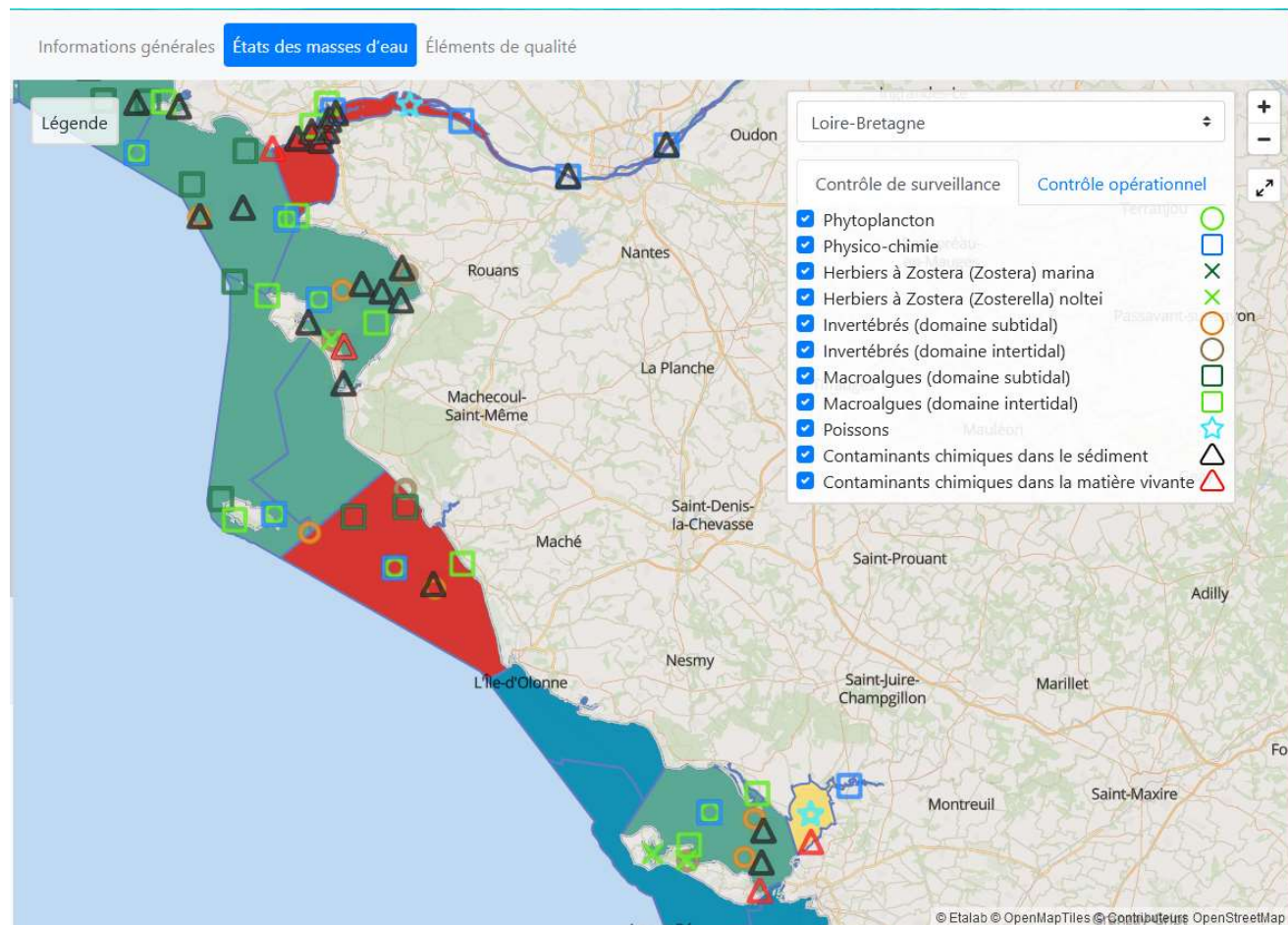
- Deceuninck B., Maillet N., Ward A., Dronneau C. & Mahéo R.** (2013). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France -mi-janvier 2012. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 42 pp.
- Deceuninck B., Quaintenne G., Ward A., Dronneau C. & Mahéo R.** (2014). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2013. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Rochefort, 74 pp.
- Deceuninck B., Quaintenne G., Ward A., Dronneau C. & Dalloyau S.** (2015). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2014. Ligue pour la Protection des Oiseaux, MEDDE, BirdLife International, Rochefort, 46 pp.
- Deceuninck B., Quaintenne G., Ward A., Dronneau C. & Dalloyau S.** (2016). Synthèse des dénombrements d'anatidés et de foulques hivernant en France à la mi-janvier 2015. Wetlands International, Ligue pour la Protection des Oiseaux, DEB, Rochefort, 47 pp.
- den Hartog C.** (1987). "Wasting disease" and other dynamic phenomena in *Zostera* beds. *Aquatic Botany*, 27: 3-14.
- den Hartog C.** (1997). Is *Sargassum muticum* a threat to eelgrass beds? *Aquatic Botany*, 58: 37-41.
- den Hartog C. & Hily C.** (1997). Les herbiers de zostères. In : *Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord*. Dauvin J.-C. (ed.) Collection Patrimoines Naturels / Série Patrimoine Ecologique, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 28: pp. 195-206.
- Faure G.** (1967). Bionomie et écologie de la macrofaune des substrats meubles des côtes charentaises. Note sur l'écologie de *Tellina tenuis* da Costa. Université de Marseille : 86 pp.
- Faure G.** (1969). Bionomie et écologie de la macrofaune des substrats meubles de la côte charentaise. *Tethys*, 1: 751-778.
- Faure G.** (1972). Contribution à l'étude bionomique et écologique des peuplements des plages de l'île de Ré (côte atlantique française). *Tethys*, 3: 619-637.
- Godet L., Fournier J., van Katwijk M., Olivier F., Le Mao P. & Retière C.** (2008). Before and after wasting disease in common eelgrass *Zostera marina* along the French Atlantic coasts: a general overview and first accurate mapping. *Diseases of Aquatic Organisms*, 79: 249-255.
- Hily C.** (1976). Ecologie benthique des pertuis Charentais. Thèse de Doctorat de 3^{ème} Cycle, Université de Bretagne Occidentale : 236 pp.
- Lancelot A.** (1945). Recherches biologiques et océanographiques sur les végétaux marins des côtes françaises entre la Loire et la Gironde. Thèse de Doctorat, Université de Provence : 210 pp.
- Lancelot A.** (1961). Recherches biologiques et océanographiques sur les végétaux marins des côtes françaises entre la Loire et la Gironde. *Revue Algologique*, Hors-Série 2: 1-210.
- Le Gall P.** (2005). Contribution à l'étude de la flore de l'île de Ré (Charente-Maritime). *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, Nouvelle Série*, 36: 205-220.
- Le Gall P.** (2012). Mise au point sur quelques populations d'algues des estrans rétais. Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, Nouvelle Série 43: 689-704., : .
- Moussy C., Quaintenne G. & Gaudard C.** (2021). Comptage des Oiseaux d'eau à la mi-janvier en France. Résultats 2021 du comptage Wetlands International. LPO BirdLife France - Service Connaissance, Wetlands International, Ministère de la Transition écologique et solidaire., : 101.
- Papy L.** (1941). La côte atlantique de la Loire à la Gironde. Tome II : l'homme et la mer. Etude de géographie humaine. Publications de l'Université de Bordeaux Vol. 4, Editions Delmas, Bordeaux: 528 pp.

Contrat de prestation 2022 : Herbiers de *Zostera noltei*

- Sauriau P.-G., Ehlinger S., Sauriau F. & Sauriau M.** (2009). Surveillance 2009 flore Masse d'Eau Côtière DCE FRGC53 Pertuis Breton : échantillonnage herbier *Zostera (Zosterella) noltii*. CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Loire Bretagne, La Rochelle, Contrat de prestation Ifremer n° 2009 5 50528212: 30 pp.
- 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. CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne, La Rochelle, Contrat de prestation Ifremer n° 2011 5 505228215: 30 pp.
- Sauriau P.-G., Aubert F., Cajeri P., Curti C. & Grizon J.** (2013). Contrôle de surveillance 2012 herbier de *Zostera (Zosterella) noltei* masse d'eau côtière FRGC53 Pertuis Breton, masse d'eau de transition FRGT30 Estuaire du Lay. CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne, La Rochelle, Contrat d'étude Ifremer 2012 n° 783302: 35 pp.
- Sauriau P.-G., Aubert F. & Grizon J.** (2014). Contrôle de surveillance 2013 de la masse d'eau côtière FRGC53 et le la masse d'eau de transition FRGT30. Partie 3 : herbier de *Zostera (Zosterella) noltei*. CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne, La Rochelle, Contrat d'étude Ifremer 2013 n° 5210063: 46 pp.
- Sauriau P.-G., Aubert F., Duvar d A., Pineau P. & Lachaussée 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*. CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne, La Rochelle, Contrat de prestations Ifremer 2014 n° 5 50528230: 62 pp.
- Schmaltz L., Quaintenne G., Gaudard C. & Dalloyau S.** (2019). Comptage des Oiseaux d'eau à la mi-janvier en France. Résultats 2019 du comptage Wetlands International. LPO Bird-Life France - Service Connaissance, Wetlands International, Ministère de la Transition écologique et solidaire. Rochefort., : 26 pp. & annexes 105 pp.
- Schmaltz L., Quaintenne G., Gaudard C. & dalloyau S.** (2020). Comptage des Oiseaux d'eau à la mi-janvier en France. Résultats 2020 du comptage Wetlands International. LPO Bird- Life France - Service Connaissance, Wetlands International, Ministère de la Transition écologique et solidaire., : 101.

7. Annexes

7.1. État global 2012-2017 des masses d'eau DCE entre Loire et Lay



État global des masses d'eau DCE entre Loire et Lay. Source : <https://atlas-dce.ifremer.fr/map/bassin/LB>

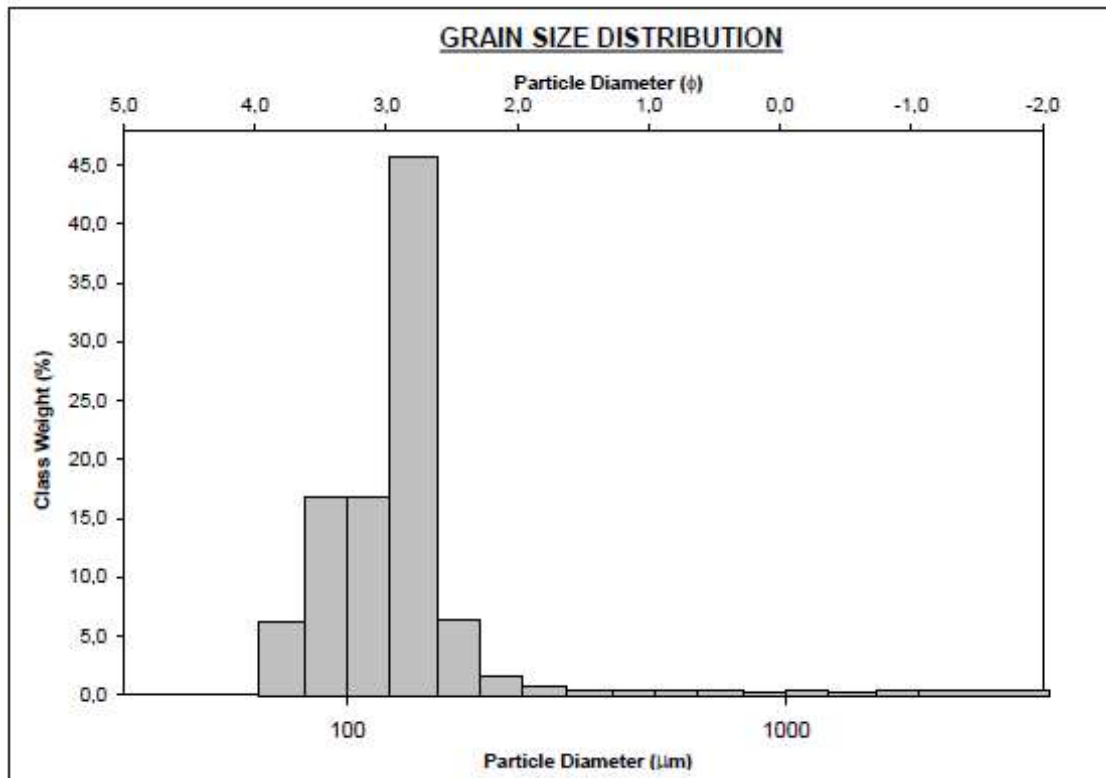
7.2. Table attributaire du GPS JUNO 5B

E:\DCE\IMPORT_SHAPE_GPS\Dictionary\DCE_herbier_2013.ddf		24/09/2013
DCE_herbier_2013		
Suite prospections sur secteur impactés		
STATION_HERBIER	Point Feature, Label 1 = StationLettre, Label 2 = StationNuméro	
StationLettre	Menu, Required, Required	
A		
B		
C		
D		
E		
F		
StationNuméro	Menu, Required, Required	
1		
2		
3		
4		
5		
Macroalgue	Menu, Required, Normal	
MON Default		
V		
R		
B		
VR		
VB		
RB		
VRB		
Taux_Recouvrement	Menu, Required, Normal, <i>Zostera noltei</i>	
0 [0]		
1-25 [0.125]		
26-50 [0.375]		
51-75 [0.625]		
76-100 [0.875]		
>100 [1]		
Granulométrie	Menu, Required, Normal	
MON Default		
G1		
G2		
G3		
Matière_Organique	Menu, Required, Normal	
MON Default		
MO1		
MO2		
MO3		
MO4		
MO5		
MO6		
MO7		
MO8		
MO9		
Topographie	Menu, Required, Normal	
Bosse		
Creux		
Plat Default		
Eau	Menu, Required, Normal	
Sec Default		
Flaque		
Traces	Menu, Required, Normal	
Bernache		
Goeland		
Mulet		
Pied		
Vase		
Autre_Commentaire		
Non Default		
Commentaire	Text, Maximum Length = 100 Required, Normal	

7.3. Analyses granulométriques

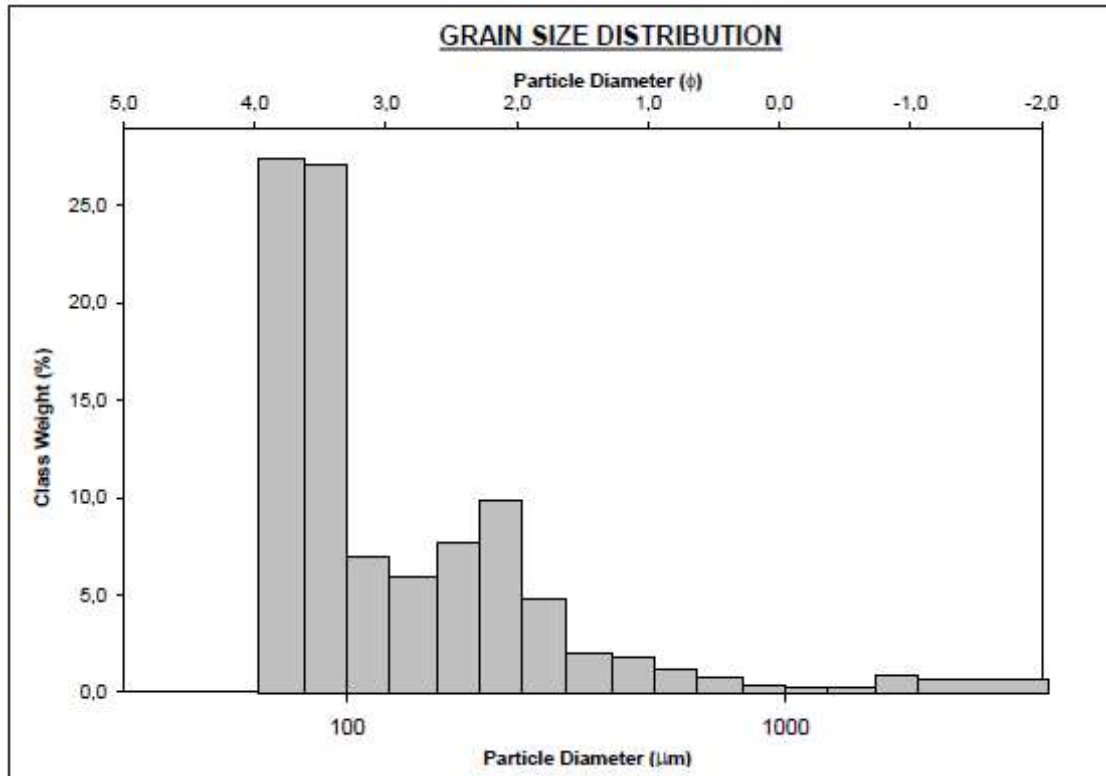
7.3.1 Plage de la Charge Neuve int HZN

SIEVING ERROR: 0,0%			SAMPLE STATISTICS			
SAMPLE IDENTITY: Plage de la Charge neuve int hzn			ANALYST & DATE: Aubert, 1/8/2023			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Silty Fine Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	142,5	2,822	GRAVEL: 1,8%			
MODE 2:			COARSE SAND: 0,8%			
MODE 3:			SAND: 69,5%			
			MUD: 28,7%			
D ₁₀ :	10,27	2,644	V FINE SAND: 27,3%			
MEDIAN or D ₅₀ :	111,1	3,170	V COARSE GRAVEL: 0,0%			
D ₉₀ :	160,0	6,606	COARSE GRAVEL: 0,0%			
(D ₉₀ / D ₁₀):	15,58	2,498	MEDIUM GRAVEL: 0,0%			
(D ₉₀ - D ₁₀):	149,7	3,962	FINE GRAVEL: 0,0%			
(D ₇₅ / D ₂₅):	3,279	1,612	V FINE GRAVEL: 1,8%			
(D ₇₅ - D ₂₅):	99,72	1,713	V COARSE SAND: 0,9%			
			CLAY: 4,8%			
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	147,5	57,97	4,031	67,83	3,882	Very Fine Sand
SORTING (σ):	329,5	4,153	2,019	2,931	1,551	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	7,428	-0,473	0,358	-0,646	0,646	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	61,46	2,629	2,443	1,241	1,241	Leptokurtic



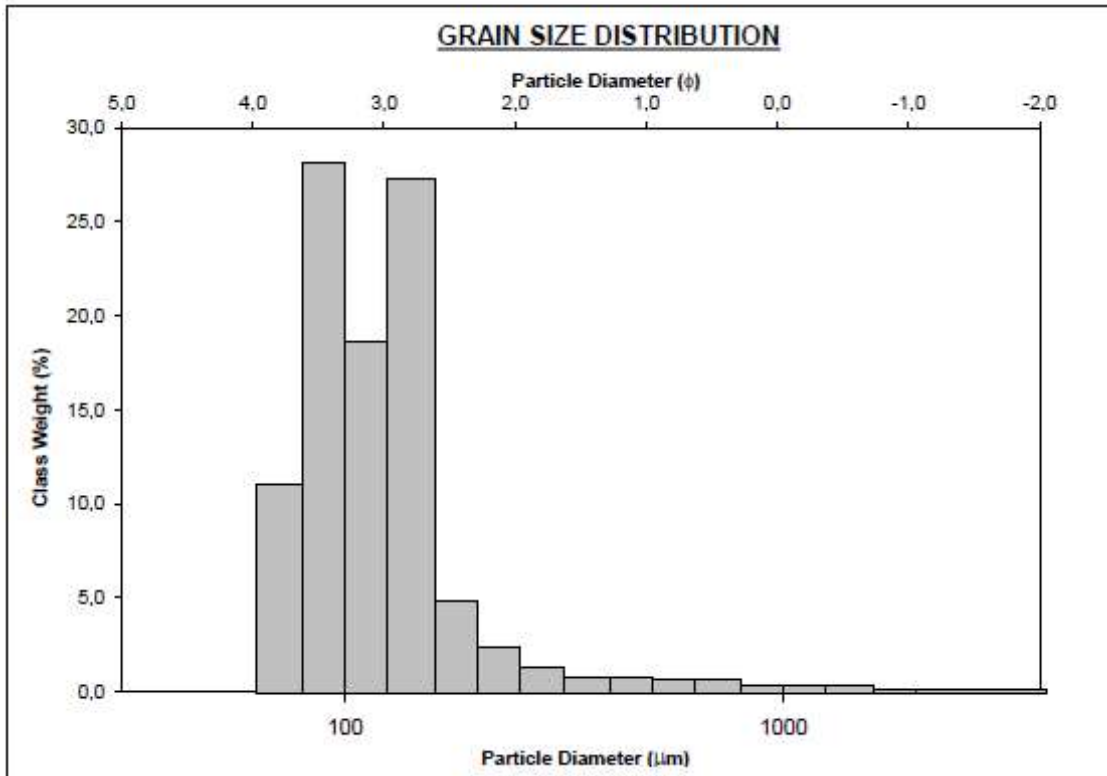
7.3.2 Le Lay Crochon 1982 int HZN

SIEVING ERROR: 0,0%			SAMPLE STATISTICS			
SAMPLE IDENTITY: Le Lay int HZN			ANALYST & DATE: Aubert, 1/11/2023			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sandy Mud			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Very Fine Sandy Very Coarse Silt						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	71,50	3,816	GRAVEL: 0,8%			
MODE 2:	225,0	2,161	SAND: 20,5%			
MODE 3:			MUD: 78,7%			
D ₁₀ :	5,558	3,338	COARSE SAND: 0,5%			
MEDIAN or D ₅₀ :	22,77	5,457	MEDIUM SAND: 1,8%			
D ₉₀ :	98,90	7,491	FINE SAND: 4,9%			
(D ₉₀ / D ₁₀):	17,80	2,244	V FINE SAND: 13,0%			
(D ₉₀ - D ₁₀):	93,34	4,153	V COARSE GRAVEL: 0,0%			
(D ₇₅ / D ₂₅):	5,829	1,608	COARSE GRAVEL: 0,0%			
(D ₇₅ - D ₂₅):	45,55	2,543	MEDIUM GRAVEL: 0,0%			
			FINE GRAVEL: 0,0%			
			V FINE GRAVEL: 0,8%			
			V COARSE SAND: 0,3%			
			CLAY: 13,1%			
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	71,71	13,98	6,122	22,97	5,444	Coarse Silt
SORTING (σ):	218,3	3,349	1,770	3,263	1,706	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	11,21	1,783	-1,844	0,088	-0,088	Symmetrical
KURTOSIS (K):	142,2	5,398	5,417	0,885	0,885	Platykurtic



7.3.3 Ars en Ré int HZN

SIEVING ERROR: 0,0%			SAMPLE STATISTICS			
SAMPLE IDENTITY: Ars int hzn			ANALYST & DATE: Aubert, 1/9/2023			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Silty Very Fine Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	90,00	3,483	GRAVEL: 0,7%			
MODE 2:	142,5	2,822	COARSE SAND: 1,1%			
MODE 3:			SAND: 63,1%			
			MUD: 36,3%			
D ₁₀ :	8,393	2,667	FINE SAND: 23,2%			
MEDIAN or D ₅₀ :	86,77	3,527	V FINE SAND: 36,3%			
D ₉₀ :	157,4	6,897	V COARSE GRAVEL: 0,0%			
(D ₉₀ / D ₁₀):	18,76	2,586	COARSE GRAVEL: 0,0%			
(D ₉₀ - D ₁₀):	149,0	4,229	COARSE SILT: 6,0%			
(D ₇₅ / D ₂₅):	4,883	1,775	MEDIUM GRAVEL: 0,0%			
(D ₇₅ - D ₂₅):	102,7	2,288	MEDIUM SILT: 6,0%			
			FINE GRAVEL: 0,0%			
			V FINE GRAVEL: 0,7%			
			V FINE SILT: 6,0%			
			V COARSE SAND: 0,6%			
			CLAY: 6,0%			
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	112,7	44,59	4,454	55,13	4,181	Very Coarse Silt
SORTING (σ):	211,4	4,074	2,018	3,172	1,665	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	9,973	-0,237	0,186	-0,525	0,525	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	124,3	1,895	1,838	0,948	0,948	Mesokurtic



7.3.4 La Berche int HZN

SIEVING ERROR: 0,0%			SAMPLE STATISTICS			
SAMPLE IDENTITY: La Berche int HZN			ANALYST & DATE: Aubert, 1/10/2023			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Very Coarse Silty Fine Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	225,0	2,161	GRAVEL: 0,7%			
MODE 2:	90,00	3,483	SAND: 68,6%			
MODE 3:			MUD: 30,7%			
D ₁₀ :	9,658	1,681	COARSE SAND: 1,5%			
MEDIAN or D ₅₀ :	152,3	2,715	MEDIUM SAND: 16,6%			
D ₉₀ :	311,9	6,694	FINE SAND: 38,6%			
(D ₉₀ / D ₁₀):	32,29	3,982	V FINE SAND: 11,6%			
(D ₉₀ - D ₁₀):	302,2	5,013	V COARSE GRAVEL: 0,0%			
(D ₇₅ / D ₂₅):	6,133	2,235	COARSE GRAVEL: 0,0%			
(D ₇₅ - D ₂₅):	192,7	2,617	MEDIUM GRAVEL: 0,0%			
			FINE GRAVEL: 0,0%			
			V FINE GRAVEL: 0,7%			
			V COARSE SAND: 0,3%			
			CLAY: 5,1%			
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	174,4	72,25	3,761	88,05	3,506	Very Fine Sand
SORTING (σ):	228,8	4,801	2,247	3,778	1,917	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	8,152	-0,578	0,553	-0,564	0,564	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	95,60	1,825	1,759	0,943	0,943	Mesokurtic

