

Département Océanographie et Dynamique des Écosystèmes – Unité Littoral –
Laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon

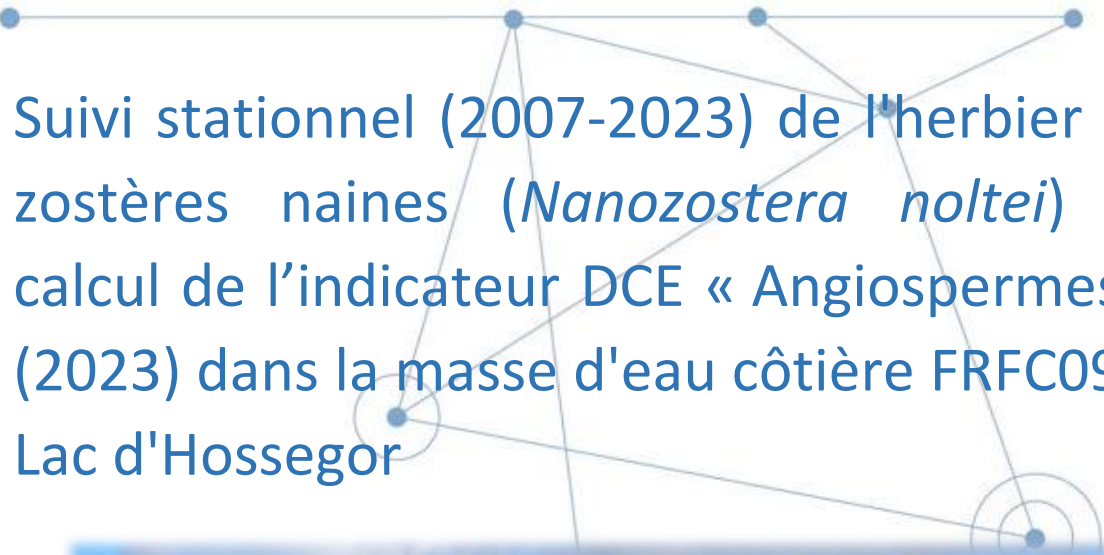
Guillaume Bernard, Loïc Rigouin, Muriel Lissardy

Cellule COHABYS

Fabien Aubert

Novembre 2024

Rapport ODE/COAST/LERAR/24.019

A network diagram consisting of several blue circular nodes connected by thin grey lines. One node on the right side has concentric circles around it, suggesting a focal point or specific station.

Suivi stationnel (2007-2023) de l'herbier de
zostères naines (*Nanozostera noltei*) et
calcul de l'indicateur DCE « Angiospermes »
(2023) dans la masse d'eau côtière FRFC09 –
Lac d'Hossegor



Fiche documentaire

<p>Titre du rapport : Suivi stationnel (2007-2023) de l'herbier de zostères naines (<i>Nanozostera noltei</i>) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2023) dans la masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor</p>	
<p>Référence interne ODE/COAST/LERAR/24.019</p> <p>Diffusion : <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet) <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle)</p>	<p>Date de publication : Novembre 2024</p> <p>Langue(s) : Français</p>
<p>Résumé/ Abstract : Le calcul de l'indicateur angiospermes dans la masse d'eau FRFC09 – Lac d'Hossegor est basé sur le suivi de trois métriques (composition, extension, abondance) des deux espèces de zostères présentes dans le Lac : <i>Nanozostera noltei</i> et <i>Zostera marina</i>. Les résultats obtenus jusqu'en 2023 permettent d'affecter une « bonne qualité » à cette masse d'eau vis-à-vis de cet indicateur.</p>	
<p>Mots-clés/ Keywords : Lac d'Hossegor, herbiers de zostères, Directive Cadre sur l'Eau (DCE).</p>	
<p>Comment citer ce document : Bernard G., Rigouin L., Lissardy M., Aubert F. (2023). Suivi stationnel (2007-2023) de l'herbier de zostères naines (<i>Zostera noltei</i>) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2023) dans la masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor. ODE/COAST/LERAR/24.019, 33 p.</p>	
<p>Disponibilité des données de la recherche : Oui</p>	

Commanditaire du rapport : Agence de l'Eau Adour-Garonne	
Nom / référence du contrat :	
<input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit : P305-0008-11 AEAG Benthos	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Guillaume Bernard / guillaume.bernard@ifremer.fr	ODE/ COAST /LERAR
Isabelle Auby / isabelle.auby@ifremer.fr	ODE/ COAST /LERAR
Muriel Lissardy / muriel.lissardy@ifremer.fr	ODE/ COAST /LERAR
Fabien Aubert / fabien.aubert@univ-lr.fr	Cellule COHABYS
Encadrement(s) : Elvire Antajan	
Destinataire : Agence de l'Eau Adour-Garonne	
Validé par : Elvire Antajan	

Table des matières

1	Introduction	7
2	Protocoles	9
2.1	Station et date de prélèvement	9
2.2	Prélèvements et analyses du sédiment.....	12
2.3	Prélèvements et analyses des macroalgues.....	12
2.4	Prélèvements et analyses des zostères	12
3	Résultats	14
3.1	Le sédiment	14
3.2	Les macroalgues	15
3.2.1	Les macroalgues opportunistes à l'échelle du lac au printemps et en été (d'après Garandel <i>et al.</i> , 2022).....	15
3.2.2	Les macroalgues sur la station d'herbier au mois de septembre.....	17
3.3	Les zostères	18
3.4	Calcul de l'indicateur « angiospermes ».....	22
3.4.1	Composition taxinomique	22
3.4.2	Extension	23
3.4.3	Abondance.....	24
3.4.4	L'indicateur « angiospermes ».....	25
4	Conclusion	27
5	Références bibliographiques	28

1 Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle fixe comme objectif général d'atteindre un bon état écologique et chimique des masses d'eau souterraines et de surface, ces dernières incluant les masses d'eau côtières (MEC) et les masses d'eau de transition (MET).

Pour évaluer l'état écologique d'une masse d'eau (ME), la DCE utilise des éléments de qualité biologique : phytoplancton, macrophytes (macroalgues et phanérogames marines, zostères en Manche-Atlantique), faune macro-invertébrée benthique et poissons (ces derniers exclusivement dans les MET).

Dans ce cadre, à partir de 2007, a débuté le suivi stationnel des herbiers de *Nanozostera noltei* des masses d'eau du bassin Adour-Garonne. Dans ce bassin, qui s'étend des Pertuis charentais à l'estuaire de la Bidassoa, plusieurs sites de surveillance pour les herbiers de zostères naines ont été retenus et échantillonnés au cours des automnes 2007, 2008 et 2009, sur la base d'un premier protocole établi à partir de celui du REBENT Bretagne (Hily *et al.*, 2007) dans les masses d'eau suivantes :

- « Pertuis charentais » - FRFC02 ;
- « Arcachon amont » - FRFC06 ;
- « Lac d'Hossegor » - FRFC09 ;
- « Estuaire de la Bidassoa » - FRFT08.

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

Par ailleurs, les herbiers de *Zostera marina* du Bassin d'Arcachon (masse d'eau « Arcachon amont »), seul site du bassin Adour-Garonne sur lequel cette espèce est présente en abondance, ont également été échantillonnés à la fin des étés 2007, 2008 et 2009.

En 2010, les experts français ont défini les métriques à prendre en compte et les règles de calcul de l'indicateur de l'élément de qualité « angiospermes » (Auby *et al.*, 2010). Cet indicateur prend en compte trois métriques : évolution du nombre d'espèces de zostères, évolution des abondances et évolution des surfaces d'herbiers.

En parallèle, un nouveau protocole de suivi stationnel des herbiers de zostères a été établi au cours de l'année 2011 (Auby *et al.*, 2012) puis progressivement amélioré (Auby *et al.*, 2014 ; Auby *et al.*, 2018). Il vise à prendre en compte les exigences liées à l'acquisition des données correspondant aux métriques de l'indicateur en s'appuyant sur les conclusions des résultats des premières années de suivi. Notamment, parmi les paramètres acquis non inclus dans le calcul de l'indicateur, seuls ont été conservés ceux qui apportent une information utile à l'interprétation des résultats. Par exemple, le paramètre « macrofaune herbivore » a été abandonné pour les deux types d'herbiers.

Pour *Zostera marina*, la méthodologie s'est par ailleurs peu modifiée au cours du temps. Par contre, pour *Nanozostera noltei*, il est apparu que le protocole auparavant utilisé, quoique assez détaillé, ne permettait pas de caractériser correctement l'état de santé de ces herbiers, notamment du fait de l'hétérogénéité à méso échelle observée pour certaines stations. Pour cette

raison, la surface des stations a été augmentée et la mesure des densités et des biomasses a été remplacée par un indicateur d'abondance plus « intégrateur », le taux de recouvrement.

Par ailleurs, ce nouveau protocole préconise une fréquence annuelle (et non plus tri annuelle) des observations sur les herbiers.

En 2018, un nouveau site de surveillance des herbiers de zostères naines a été créé dans la masse d'eau « FRFT09 – Estuaire Gironde aval » dans laquelle des prospections réalisées au milieu des années 2010 avait révélé la présence d'un herbier sur le secteur de Bonne Anse. Par ailleurs, de nouvelles stations ont été rajoutées dans les plus grands herbiers de la façade en 2012 (deux stations supplémentaires pour FRFC02 et une pour FRFC06).

Les résultats acquis depuis le début des suivis stationnels sur les différents sites sont consultables sur des rapports téléchargeables sur la base Archimer¹.

- Masse d'eau « Pertuis charentais » - FRFC02 (Sauriau, 2008a, 2008b ; Sauriau *et al.*, 2009, 2012 ; Sauriau et Aubert, 2013 ; Sauriau *et al.*, 2014 ; Sauriau et Aubert, 2016 ; Sauriau *et al.*, 2017 ; Aubert *et al.*, 2018 ; Aubert *et al.*, 2019 ; Aubert *et al.*, 2020 ; Aubert *et al.*, 2021 , Aubert *et al.*, 2022);
- Masse d'eau « Arcachon amont » - FRFC06 (Auby *et al.*, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018b, 2019, 2020, 2021, 2022);
- Masse d'eau « Lac d'Hossegor » - FRFC09 (Auby *et al.*, 2009, 2010; Auby et Trut, 2011, 2013 ; Auby *et al.*, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022).
- Masse d'eau « Estuaire de la Bidassoa » - FRFT08 (Sanchez *et al.*, 2007 ; de Casamajor *et al.*, 2008 ; Sanchez *et al.*, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022).
- Masse d'eau « Estuaire Gironde aval » - FRFT09 (Aubert *et al.*, 2020, 2021, 2022).

Les herbiers de zostères de ces différents sites ont également fait l'objet de cartographies de leurs emprises, à des dates différentes selon les masses d'eau (également téléchargeables depuis la base Archimer).

- Masse d'Eau « Estuaire Gironde aval » - FRFT09 (Curti et Béguet 2021) ;
- Masse d'Eau « Pertuis charentais » - FRFC02 (Lafon *et al.*, 2009 ; Lafon *et al.*, 2014 ; Curti et Béguet 2021) ;
- Masses d'Eau « Arcachon amont » - FRFC06 et « Arcachon aval » - FRFC07 (Dalloyau *et al.*, 2009 ; Plus *et al.*, 2010 ; Lafon, 2012 (herbiers intertidaux - non publié) ; Trut *et al.*, 2018 (herbiers subtidaux), Rigouin *et al.*, 2022. (herbiers intertidaux) ;
- Masse d'Eau « Lac d'Hossegor » - FRFC09 (Trut *et al.*, 2009, 2014 ; Rigouin *et al.*, 2022) ;
- Masse d'eau « Estuaire de la Bidassoa » - FRFT08 (Lissardy *et al.*, 2007 ; Sanchez *et al.*, 2014 ; Sanchez *et al.*, 2017 ; Sanchez *et al.*, 2021).

¹ <http://archimer.ifremer.fr/>

2 Protocoles

Seuls les herbiers intertidaux font pour l'instant l'objet d'un suivi stationnel dans le Lac d'Hossegor. Par contre, les deux types d'herbiers (intertidaux, principalement constitués de zostères naines (*Nanozostera noltei*), et subtidaux, composés de zostères marines (*Zostera marina*) sont suivis sur le plan surfacique.

2.1 Station et date de prélèvement

Les herbiers intertidaux du Lac d'Hossegor sont principalement composés de *Nanozostera noltei*. Toutefois, des pieds de la forme parvozostéride de *Zostera marina* y sont observés par endroit.

Situés en majorité au milieu de la rive orientale du lac, ils présentent une faible superficie, mais elle s'est étendue entre 2008 (0,46 ha), 2013 (1,19 ha) et 2021 (1,91 ha) (Trut *et al.*, 2009, 2014 ; Rigouin *et al.*, 2022) (Figure 1).

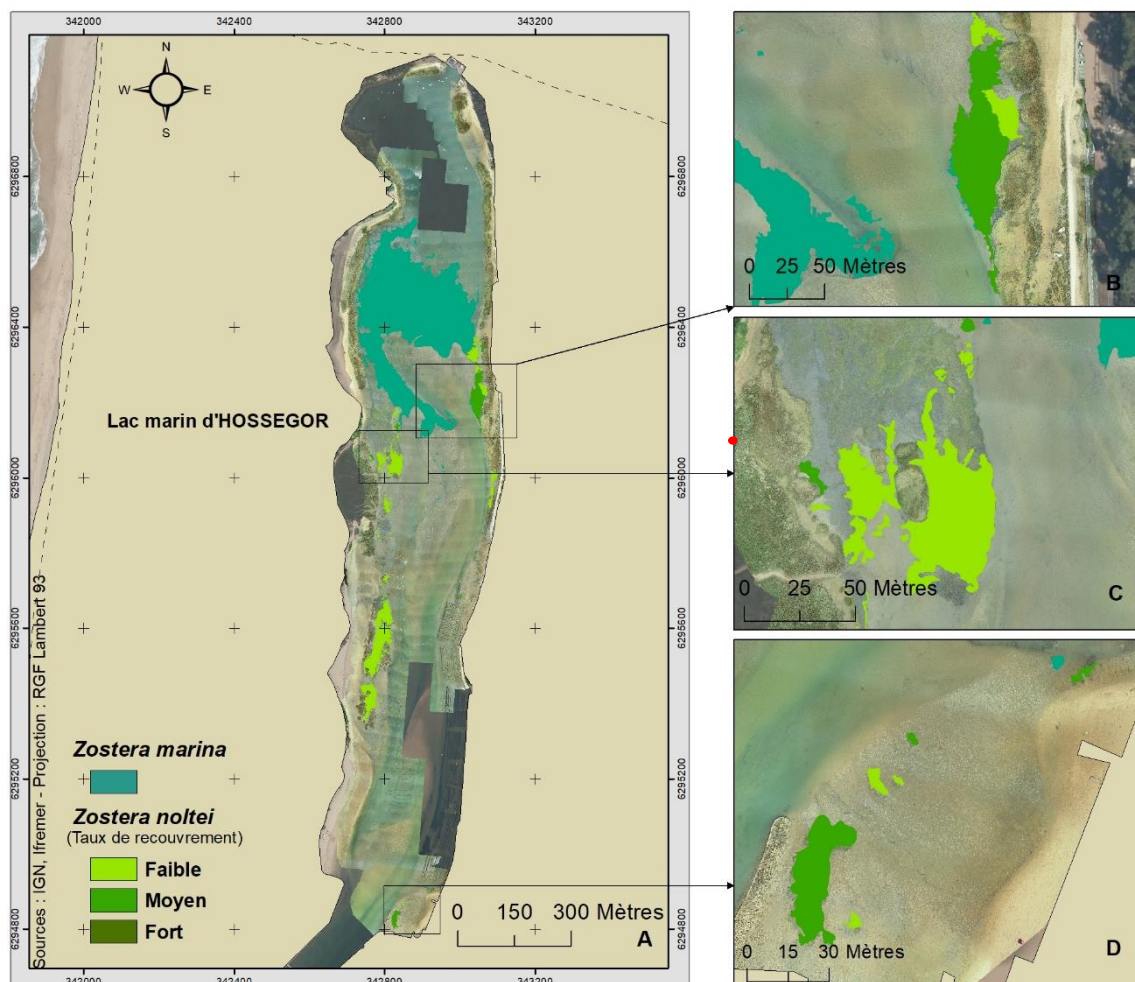


Figure 1 : Carte des herbiers de zostères dans le Lac d'Hossegor en 2021.

Du fait de cette faible surface, une seule station est suivie dans le Lac d'Hossegor et sa position n'a pas varié entre 2007 et 2009 (Figure 2). En 2012, une grille (points distants de 5 mètres) a été élaborée autour de cette station de manière à appliquer le nouveau protocole de suivi stationnel.

En raison de l'érosion graduelle du flanc ouest de cet herbier (photos 1a, 1b, 1c), il a été nécessaire de bâtir chaque année une nouvelle grille adaptée à sa forme, dans la période précédant la date d'échantillonnage.



À partir de 2012, cette grille a donc été modifiée chaque année, jusqu'à atteindre, en 2015, la forme d'une ligne bordant le schorre (Figure 2).

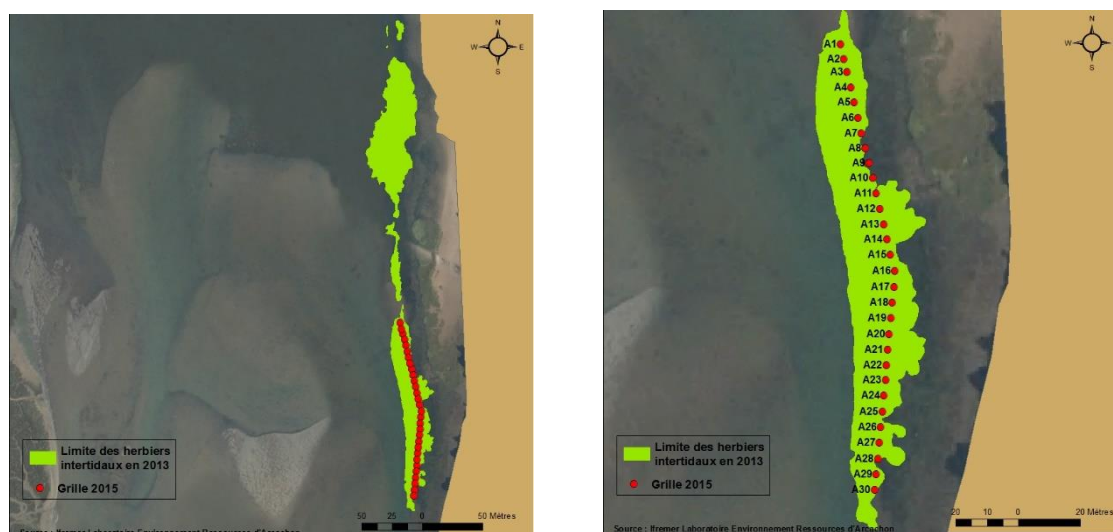


Figure 2 : Localisation de la station de prélèvement de *Nanozostera noltei* (Hossegor int HZN) et de la grille en 2015 dans le Lac d'Hossegor (sur carte des herbiers dressée en 2013)

Cette grille se trouvait en limite haute de l'herbier, caractérisée par un plus fort recouvrement en rhodophytes (algues rouges de type gracilaires) que la zone plus proche du chenal. En 2016, il a été décidé de déplacer la station d'une centaine de mètres vers le nord, dans un herbier non soumis à l'érosion, de manière à y placer de nouveau une grille rectangulaire plus représentative de l'étagement des zostères intertidales dans le lac (Figure 3). Cette même grille a été utilisée depuis 2016.

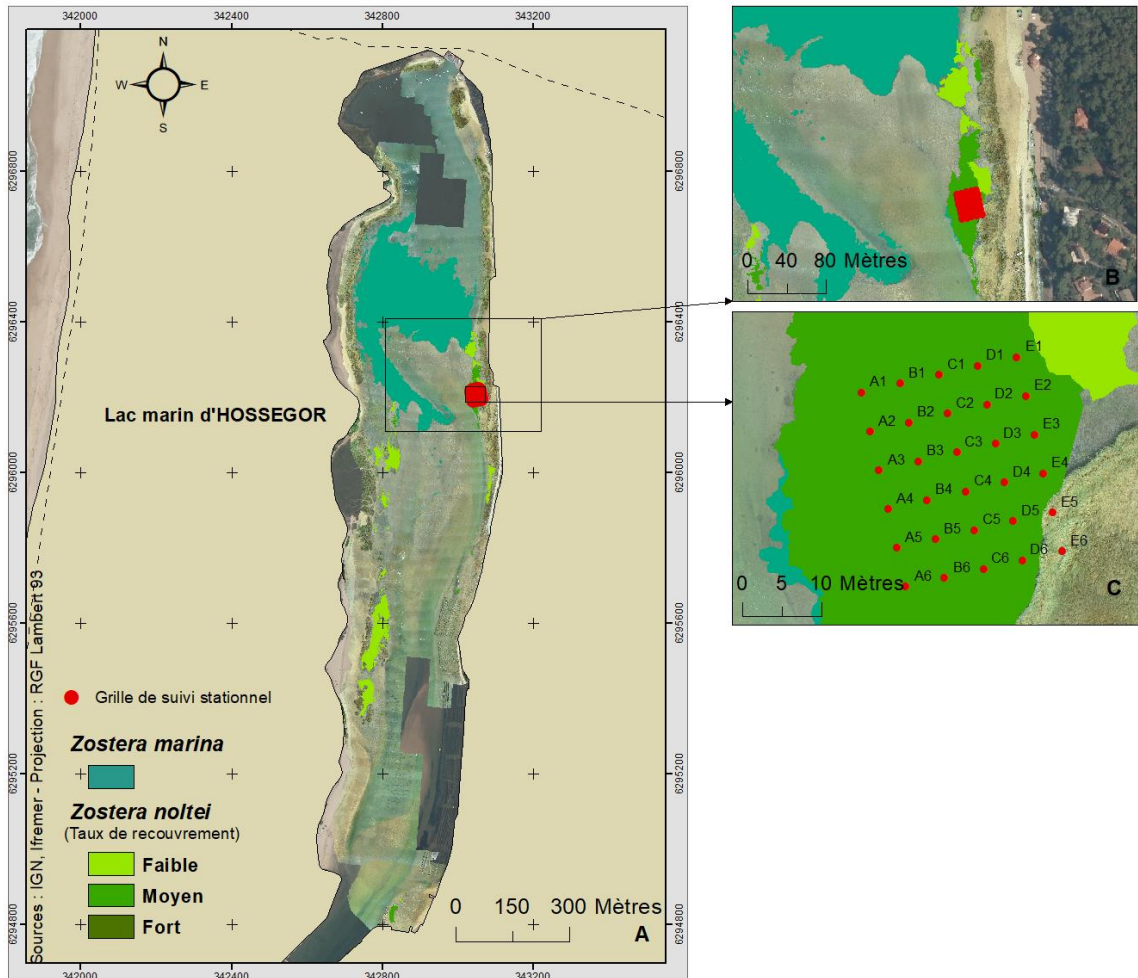


Figure 3 : Localisation de la station de prélèvement de *Nanozostera noltei* (Hossegor int HZN) et de la grille depuis 2016 dans le Lac d’Hossegor (sur carte des herbiers dressée en 2021)

En 2023, l’échantillonnage de cette station a eu lieu le 13 septembre.

2.2 Prélèvements et analyses du sédiment

NB : Pour ces paramètres, le protocole n'a pas évolué au cours du temps, sauf en ce qui concerne le nombre de tamis utilisés pour les mesures de granulométrie : 5 en 2007 et 2012 ; 17 en 2008 et 2009 et à partir de 2013.

Granulométrie

Méthode	
Engin d'échantillonnage	Carottier PVC
Dimensions échantillon	9 cm diamètre - 10 cm de profondeur
Nombre d'échantillons	1 échantillon constitué de 3 échantillons mélangés
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)

Matière organique

Méthode	
Engin d'échantillonnage	Carottier PVC
Dimensions échantillon	3 cm diamètre - 5 cm de profondeur
Nombre d'échantillons	9 échantillons
Analyse	Perte au feu (4h – 450°C)

2.3 Prélèvements et analyses des macroalgues

Méthode	
Engin d'échantillonnage	Ramassage manuel dans un cadre
Dimensions échantillon	0,50 m x 0,50 m = 0,25 m ²
Nombre d'échantillons	30 au maximum
Analyse	Séparation par phylum : Chlorophyta (vertes), Rhodophyta (rouges) et Ochrophyta (brunes). Biomasse (poids sec : 48 h – 60°C)

2.4 Prélèvements et analyses des zostères

*NB : Les protocoles d'acquisition de données pour *Nanozostera noltei* ont été modifiés à partir de 2011. Le tableau suivant présente donc le protocole utilisé depuis cette époque.*

Méthode	
Mode d'acquisition de données	Observation directe sur le terrain et photographie verticale d'un cadre posé sur l'herbier
Dimensions échantillon	0,50 m x 0,50 m = 0,25 m ²
Nombre d'échantillons	30 échantillons
Analyse	Au laboratoire, calcul du taux de recouvrement sur chaque quadrat avec le logiciel Image J. Affectation d'une valeur médiane de recouvrement à chaque quadrat en fonction des équivalences suivantes :

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

À partir de ces mesures, plusieurs paramètres peuvent être calculés :

- **Pourcentage de surface végétalisée sur la station** = nombre de quadrats avec un recouvrement supérieur à 0 x 100 / 30
- **Recouvrement moyen sur la surface végétalisée** = moyenne des recouvrements sur les quadrats présentant un recouvrement supérieur à 0.
- **Recouvrement moyen sur la station** : moyenne des recouvrements sur tous les quadrats.

3 Résultats

3.1 Le sédiment

Les zostères intertidales de la station du Lac d'Hossegor se développent sur un sédiment dont les caractéristiques granulométriques présentent une forte variabilité, témoignant de l'importante dynamique de cette zone intertidale (Tableau 1 et figure 4). Les teneurs en matière organique dans le sédiment y sont généralement élevées (> 5 %), ce qui traduit que cet herbier est le siège et/ou le lieu de dépôt d'une importante production biologique.

Tableau 1 : Évolution temporelle des caractéristiques du sédiment de l'herbier de *Nanozostera noltei* de la station Hossegor int HZN.

	Médiane (µm)	Teneur en vase (%)	Teneur en sable (%)	Teneur en matière organique (%)
2007	163	25,0	75,0	8,24 ± 1,35
2008	91	19,4	80,6	7,37 ± 1,12
2009	23	79,1	20,9	9,34 ± 1,04
2012	48	55,2	44,8	2,39 ± 0,70
2013	217	28,7	71,3	9,46 ± 1,16
2014	127	43,3	56,7	5,67 ± 3,64
2015	178	37,9	62,1	6,47 ± 2,38
2016	39	28,7	71,3	7,66 ± 0,83
2017	36	62,3	37,7	9,87 ± 0,59
2018	44	59,2	40,8	8,73 ± 0,78
2019	92	35,0	65,0	7,64 ± 2,88
2020	22	81,1	18,9	8,80 ± 0,61
2021	136	36,9	63,1	5,91 ± 3,30
2022	45	56,8	42,5	7,03 ± 1,99
2023	80	45,1	54,9	7,15 ± 2,78

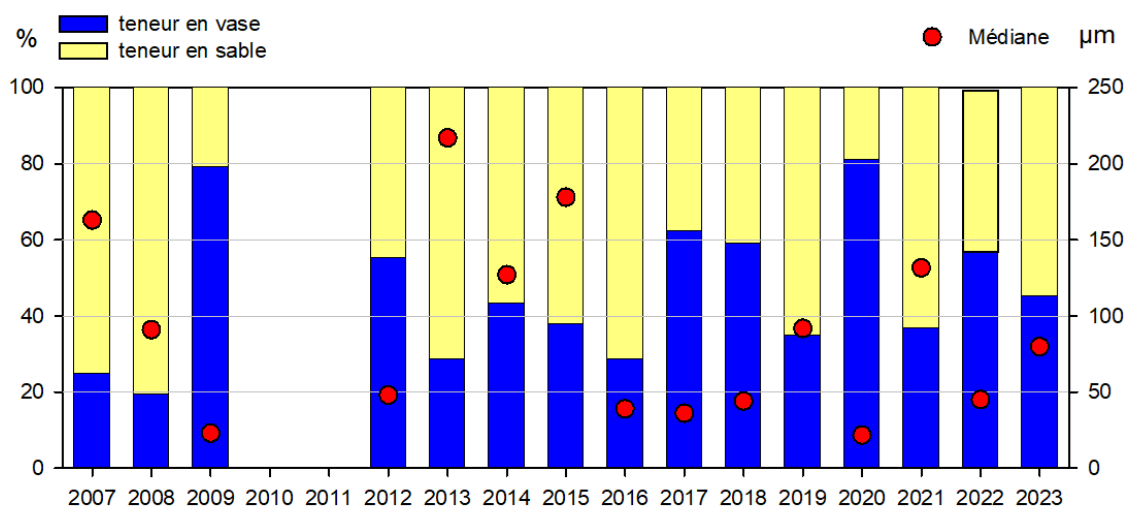


Figure 4 : Évolution temporelle de la médiane (µm) du sédiment et des proportions (%) de sable (particules de taille comprises entre 63 et 2000 µm) et de vase (particules de taille inférieure à 63 µm) de l'herbier de *Nanzostera noltei* de la station Hossegor int HZN.

3.2 Les macroalgues

En raison de son caractère abrité, de sa faible profondeur et de teneurs en nutriments assez élevées (Auby *et al.*, 2021), le Lac d'Hossegor est propice au développement des macroalgues opportunistes : Chlorophyta (ulves, monostromes et entéromorphes) et Rhodophyta (gracilaires principalement) (photos 2a et 2b).

Ulves



Photo 2a

Gracilaires

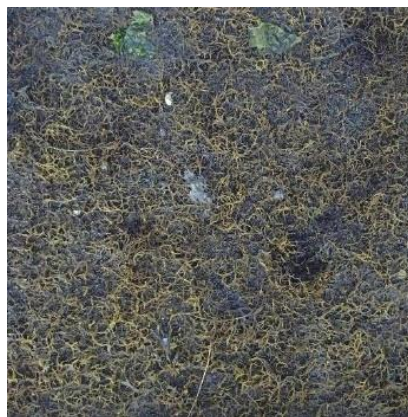


Photo 2b

Pour ces raisons, dans le cadre du contrôle de surveillance DCE relatif aux macroalgues opportunistes, le lac fait l'objet d'un suivi au printemps et en été depuis 2010, réalisé par l'Université de Bordeaux (UMR EPOC), dont nous présentons ici quelques résultats issus du dernier rapport en date (Blanchet *et al.*, 2024). En effet, les dépôts d'algues sur les herbiers peuvent être dommageables à la survie des zostères (diminution de l'éclairement incident, favorisation des phénomènes d'anoxie) ; il peut donc être utile de prendre en compte ces observations « précoces » pour caractériser correctement leur impact sur les zostères échantillonnées à la fin de l'été.

3.2.1 Les macroalgues opportunistes à l'échelle du lac au printemps et en été (d'après Blanchet *et al.*, 2024)

Au printemps et en été 2022, Blanchet *et al.* (2024) observent que les surfaces affectées par les dépôts de macroalgues opportunistes restent comparables par rapport à 2022, après une forte augmentation cette dernière année par rapport à 2020 et 2021. Ces surfaces affectées atteignent ainsi en 2023 des niveaux comparables, voire plus élevés au printemps, à l'année 2019, jusqu'ici celle caractérisée par la plus forte extension de macroalgues vertes depuis le début du suivi. Les biomasses algales moyennes ont fortement augmenté par rapport aux observations de 2022 pour atteindre au printemps et à l'été les niveaux les plus importants depuis le début du suivi, plus de 4 fois supérieures au précédent maximum de 2019. De plus, ces biomasses se retrouvent d'autant plus importantes que ces dernières années lorsque ramenées à l'aire affectée, avec des valeurs plus de 5 fois supérieures à 2022. Cependant, bien que légèrement supérieure à 2022, la proportion d'échantillons présentant des algues enfouies en 2022 reste à des niveaux moindres qu'en 2018 et 2019.

Les cartes fournies par ces auteurs montrent que les dépôts intertidaux de macroalgues restent importants dans la zone où se situe la station « Hossegor int HZN », aussi bien au printemps qu'en été 2022 (Figure 5).

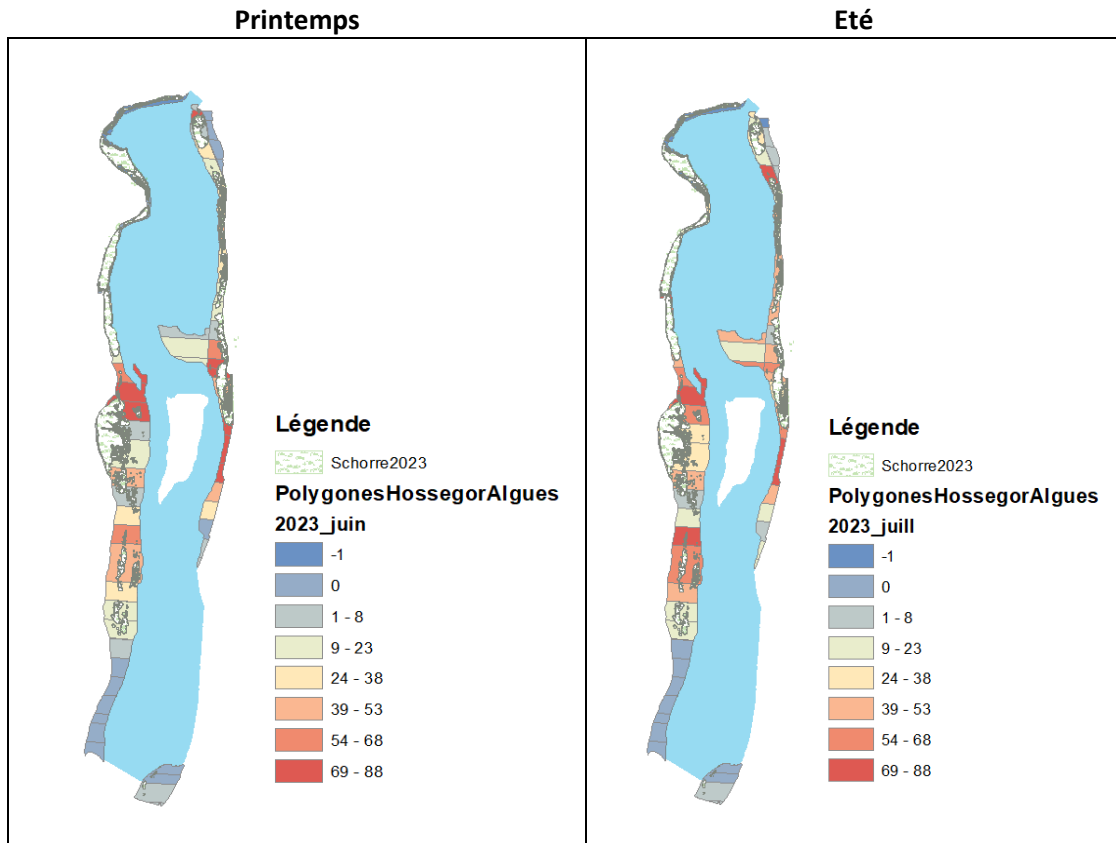


Figure 5 : Localisation des dépôts de macroalgues opportunistes sur l'estran du Lac marin d'Hossegor en 2022. La couverture algale (pourcentage de la surface recouverte par les macroalgues) de chaque polygone est indiquée (*in* Blanchet *et al.*, 2024).

Depuis 2016, cette masse d'eau est d'ailleurs classée en « état moyen » vis-à-vis de l'indicateur « macroalgues opportunistes », elle était classée en état médiocre en été 2023.

3.2.2 Les macroalgues sur la station d'herbier au mois de septembre

A cette station, le peuplement macroalgal est pondéralement dominé par les algues vertes ou, plus rarement, par les algues rouges. La présence des algues brunes (Ochrophyta – *Fucus*) est beaucoup plus occasionnelle.

En septembre 2023, comme c'était souvent le cas au cours des années précédentes, les algues sont présentes sur la majorité des quadrats (Figure 6).

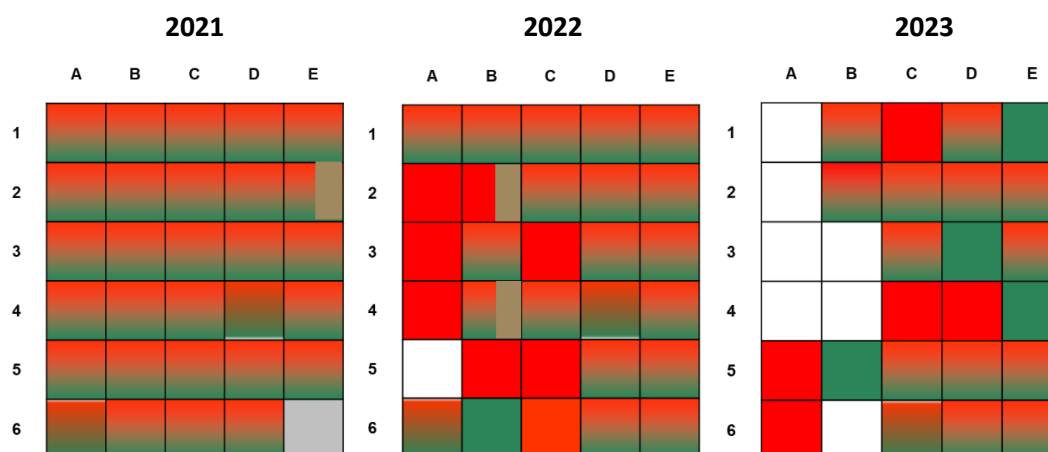


Figure 6 : Répartition des macroalgues (Chlorophyta : vertes – Rhodophyta : rouges – Ochrophyta - brunes) dans les quadrats de la station Hossegor int HZN au mois de septembre des trois dernières années.

Les biomasses de macroalgues opportunistes mesurées à Hossegor au mois de septembre sont, d'une façon générale, plus fortes que celles qui sont observées sur les autres herbiers de zostères du bassin Adour-Garonne, mais s'avèrent très variables d'une année à l'autre (Figure 7 et Tableau 2) ; le mois de septembre 2023 a présenté des biomasses moyennes, voire faibles, par rapport à la série, avec cependant quelques patches où les algues vertes étaient très abondantes.

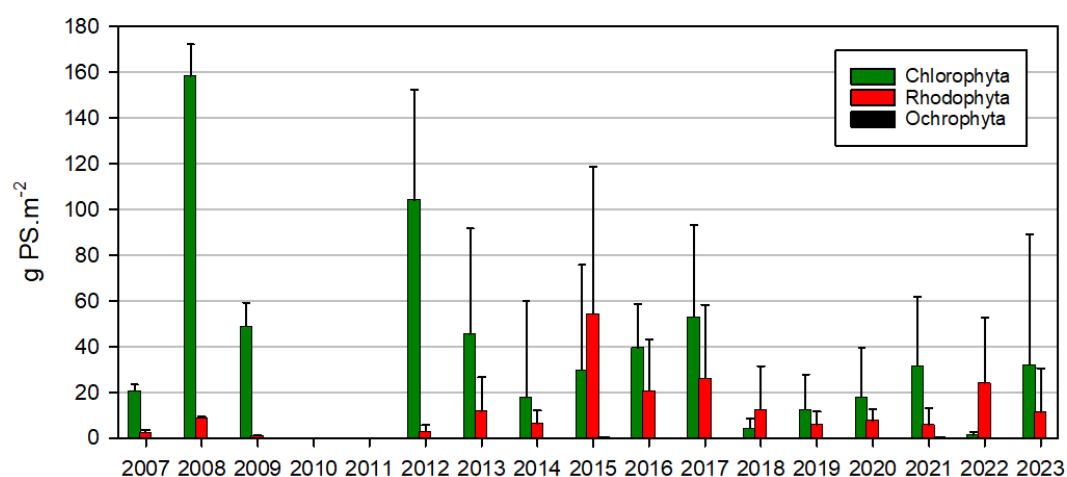


Figure 7 : Évolution temporelle de la biomasse (g PS.m⁻²) des macroalgues dans l'herbier de *Nanozostera noltei* de la station Hossegor int HZN au mois de septembre.

Tableau 2 : Évolution temporelle de la biomasse des macroalgues dans l'herbier de *Nanozostera noltei* de la station Hossegor int HZN en septembre.

	Biomasse (g PS.m ⁻²) – Moyenne ± ET			
	Chlorophyta	Rhodophyta	Ochrophyta	Total
2007	20,76 ± 2,83	2,69 ± 1,04	0	23,45
2008	158,25 ± 13,95	8,94 ± 0,57	0	167,19
2009	48,95 ± 10,42	1,27 ± 0,23	0	50,22
2012	104,35 ± 47,99	3,03 ± 2,78	0	107,38
2013	45,58 ± 46,17	11,91 ± 14,79	0	57,49
2014	17,75 ± 42,37	6,53 ± 5,71	0	24,28
2015	29,96 ± 45,99	54,49 ± 64,05	0,85*	85,30
2016	39,66 ± 19,18	20,84 ± 22,57	0	60,50
2017	53,09 ± 40,22	26,23 ± 32,18	0,01*	79,33
2018	4,36 ± 4,39	12,69 ± 18,91	0	17,05
2019	12,64 ± 15,32	6,06 ± 5,62	0	18,70
2020	47,23 ± 21,50	7,69 ± 5,05	0	49,92
2021	31,72 ± 30,13	5,96 ± 7,24	0,55*	38,23
2022	1,59 ± 1,24	24,17 ± 28,71	0	25,76
2023	32,17 ± 56,84	11,60 ± 19,12	0	43,77

* pas d'écart type en raison de la présence d'un seul répliquat

Ainsi, alors que les résultats des suivis printaniers et estivaux dédiés aux macroalgues opportunistes montraient que leurs biomasses sur les estrans du lac (y compris dans la zone de la station Hossegor int HZN) étaient particulièrement élevées en 2018 et 2019, les observations réalisées au mois de septembre de ces deux mêmes années révélaient au contraire une assez faible occurrence de ces algues par rapport aux années antérieures. Cette contradiction révèle la difficulté à caractériser et à quantifier correctement les pressions s'appliquant sur un peuplement/habitat, notamment quand leur intensité présente de fortes variations spatiales et saisonnières. En 2023, les suivis dédiés ont montré de fortes biomasses au printemps et en été et les observations faites en septembre indiquent des niveaux plutôt moyens. on peut dès lors considérer que la pression « macroalgues opportunistes » sur cet herbier est toujours effective à une intensité comparable à celle mesurée en 2018 et 2019.

3.3 Les zostères

À cette station, la forme parvozostéride de *Zostera marina* est régulièrement observée, en mélange avec les pieds de zostères naines, en bord de chenal. En 2015, la partie la plus basse de l'herbier ayant disparu, seule des zostères naines ont été observées sur cet estran. Depuis 2016, avec le repositionnement de la station dans une zone non affectée par ce phénomène d'érosion, cette petite forme de zostère marine est à nouveau observée dans la partie basse de l'herbier.

L'herbier de *Nanozostera noltei* de la station "Hossegor" présentait, en septembre 2007, un pourcentage de surface végétalisée assez faible, s'élevant à 40 % (Tableau 3 et figure 8), indiquant

une assez forte fragmentation, qui pouvait être expliquée par une forte pression de la part de quelques pêcheurs à pied (photo 3).



Photo 3 : Septembre 2007 - État de l'herbier après le passage de pêcheurs de palourdes

Entre 2008 et 2017, cette zone d'herbier est apparue beaucoup moins fragmentée (tableau 3 et figure 8), suggérant peut être une diminution de cette pression.

Tableau 3 : Évolution des paramètres démographiques de l'herbier de zostères de la station Hossegor int HZN

Année	Surface végétalisée (%)*	Biomasse épigée moyenne dans zones végétalisées (g PS/m ²)	Recouvrement moyen dans zones végétalisées (%)	Recouvrement moyen sur la station (%)***
2007	40	104,4	100**	40
2008	80	104,5	100**	80
2009	100	79,4	100**	100
2012	97		61	59
2013	100		59	59
2014	100		70	70
2015	100		44	44
2016	97		49	46
2017	100		65	65
2018	63		41	26
2019	73		23	17
2020	77		51	39
2021	93		51	48
2022	100		55	55
2023	83		32	27

* Avant 2012, le pourcentage de surface végétalisée sur la station était estimé visuellement sur une surface d'environ 100 m x 100 m autour de la station. À partir de 2012, ce paramètre est calculé de la façon suivante : (nb de quadrats présentant un recouvrement > 0) x 100 / 30

** Calculé en utilisant la relation « Biomasse épigée » vs « Recouvrement » établie par Auby et al. (2012)

*** Avant 2012, le recouvrement moyen sur toute la station est calculé de la façon suivante : % surface végétalisée x recouvrement moyen dans les zones végétalisées. À partir de 2012, ce recouvrement est calculé directement en moyennant les recouvrements dans les 30 quadrats.

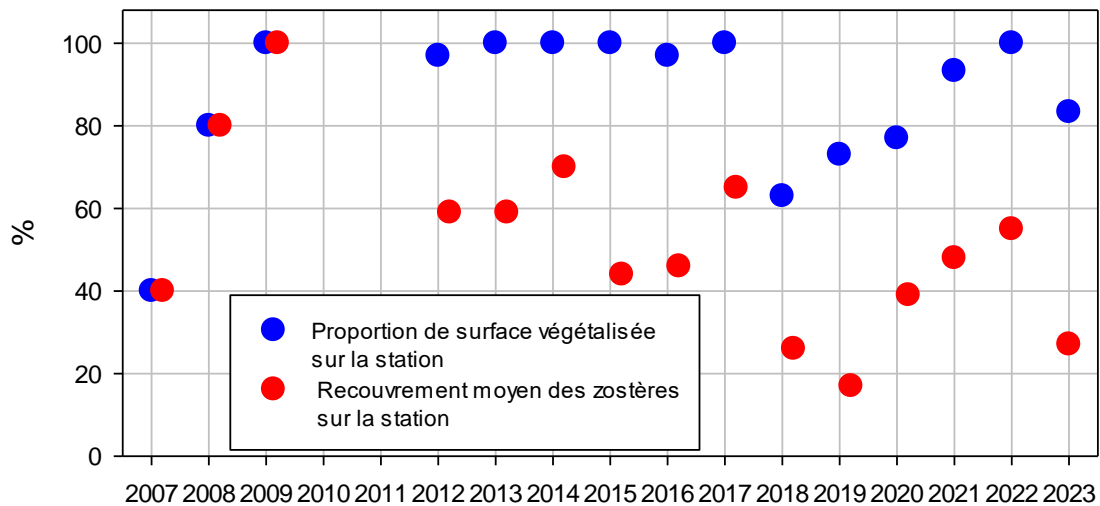


Figure 8 : Évolution des paramètres démographiques de l'herbier de zostères de la station Hossegor int HZN

Entre 2017 et 2018, le pourcentage de surface végétalisée ainsi que le taux de recouvrement des zostères ont très fortement diminué. Par rapport à la situation de 2017 (photo 4), où l'herbier était assez homogène, les observations de 2018 (photo 5) révèlent l'existence de larges zones dépourvues de zostères, ainsi qu'une forte abondance de feuilles brunes, sans doute en réponse aux importants dépôts de macroalgues sur ces estrans pendant le printemps et l'automne (Garandel *et al.*, 2022).



Photo 4 : Septembre 2017



Photo 5 : Septembre 2018

En septembre 2019, après un printemps et un été également marqués par de forts développements de macroalgues opportunistes, les zostères étaient encore plus clairsemées dans ce secteur (photo 6).



Photo 6 : Septembre 2019

Comme le montrent les figures 8 et 9 et les photos 7, 8 et 9, cette situation s'est ensuite améliorée depuis de manière continue, notamment parce que les dépôts de macroalgues opportunistes y ont été moins importants, ou tout du moins plus diffus, au cours du printemps et de l'été de ces trois années (Blanchet *et al.*, 2023). Après cette mise en place d'une dynamique de recolonisation, il semblerait que les herbiers aient de nouveau eus à faire face à une nouvelle perturbation liée aux macroalgues, comme en témoignent la baisse assez nette du recouvrement en 2023 (tableau 3, figure 8, photo 10). De plus la couverture de zostères en 2023 semble également affectée par des remaniements sédimentaires avec des zones couvertes par des dépôts de sable.



Photo 7 : Septembre 2020



Photo 8 : Septembre 2021



Photo 9 : Septembre 2022



Photo 10 : Septembre 2023

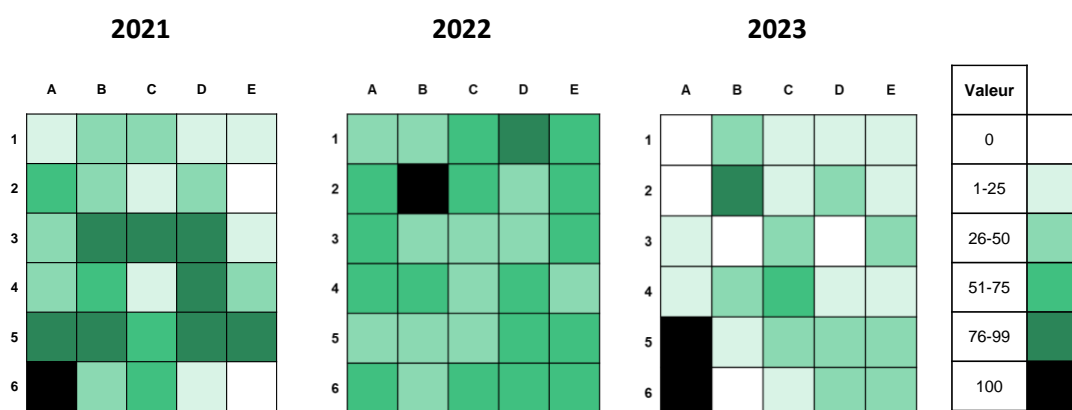


Figure 9 : Taux de recouvrement des zostères sur les 30 points de la station Hossegor int HZN au cours des trois dernières années

3.4 Calcul de l'indicateur « angiospermes »

Trois métriques sont prises en compte pour le calcul de l'indicateur « angiospermes »: la composition taxinomique (stabilité ou disparition d'espèces de zostères par rapport à un état de référence), l'extension (augmentation ou réduction de la surface des herbiers par rapport à un état de référence) et l'abondance (augmentation ou réduction de la densité ou du recouvrement par rapport à un état de référence). L'indicateur final est calculé en moyennant les résultats des Ratio de Qualité Écologique (RQE) de ces trois indices (Auby *et al.*, 2018).

Les résultats de l'indicateur « angiospermes » correspondant à l'année 2023 sont présentés ici.

3.4.1 Composition taxinomique

On dispose de sources de données fiables sur la présence des deux espèces de zostères dans cette masse d'eau depuis le milieu des années 1960.

En effet, durant cette période, une exploration botanique du lac très complète a été réalisée, dans laquelle ont été répertoriés les peuplements de macroalgues et les plantes du schorre, et qui ne fait pas état de la présence de zostères.

D'après un ostréiculteur d'Hossegor, les zostères seraient apparues au début des années 1970, peut-être à la faveur de transport de graines sous les pattes d'oiseaux.

À l'heure actuelle, les deux espèces sont toujours présentes. La forme magnozostéride (grande forme) de *Zostera marina* est subtidale. Dans l'étage intertidal, on observe un mélange de *Nanozostera noltei* et de la forme parvozostéride (petite forme) de *Zostera marina*.

Le calcul de RQE (Ratio de Qualité Écologique) pour la métrique « composition taxinomique » a été réalisé sur la base de la grille présentée dans le tableau 4, dans lequel figure également la valeur du RQE pour cette métrique en 2023.

Tableau 4 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur du Ratio de Qualité Écologique pour la métrique « composition taxinomique ». Valeur du RQE en 2023

Changement de la composition taxinomique par rapport aux conditions de référence et RQE	RQE 2023
Espèces apparues ou aucune espèce disparue (1)	1
Disparition de <i>Zostera marina</i> (0,7)	
Disparition de <i>Nanozostera noltei</i> (0,5)	
Perte des deux espèces (0)	

Cette valeur (1) correspond au meilleur classement possible.

3.4.2 Extension

Les données relatives à l'extension des herbiers à plusieurs périodes de l'histoire sont présentées sur le tableau 5.

Tableau 5 : Évolution de l'extension des herbiers de zostères de la masse d'eau « Lac d'Hossegor » au cours du temps.

Année	<i>Z. marina subtidale</i>	<i>Z. noltei</i> et <i>Z. marina intertidale</i>
2004	2,27 ha	0,33 ha
2008	0,47 ha	0,46 ha
2013	3,29 ha	1,19 ha
2021	8,40 ha	1,91 ha
Évolution par rapport à la plus grande extension connue	Valeur 2021 = valeur de référence	Valeur 2021 = valeur de référence

Les données relatives à la métrique « extension » des herbiers aux différentes dates de suivi sont présentées sur le tableau 4. Les résultats montrent un fort accroissement de l'extension des deux espèces entre 2008 et 2013, puis entre 2013 et 2021, cette dernière année s'avérant celle pendant laquelle les deux espèces présentent la plus grande extension connue (Rigouin *et al.*, 2021).

Le calcul de RQE pour la métrique « extension » a été réalisé sur la base de la grille présentée dans le tableau 6.

Tableau 6 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur du Ratio de Qualité Écologique pour la métrique « extension ». Valeur du RQE en 2023

Modification de l'extension par rapport aux conditions de référence et EQR	<i>Z. marina</i> subtidale RQE 2023	<i>Z. noltei</i> et <i>Z. marina</i> intertidale RQE 2023	<i>Zostera</i> spp RQE 2023
0% perte = 1,0, 1% perte = 0,98, 2% perte = 0,96... 10% perte = 0,80	1	1	1
11% perte = 0,78, 12% perte = 0,76, 13% perte = 0,74... 17% perte = 0,66			
18% perte = 0,64, 19 % perte = 0,62, ... 30% perte = 0,50			
31% perte = 0,49, 32% perte = 0,48, ... 50% perte = 0,30			
51% perte = 0,295, 52% perte = 0,290, ... 100% perte = 0,00			

Cette valeur (1) correspond au meilleur classement possible.

3.4.3 Abondance

Les données relatives à l'abondance des herbiers intertidaux depuis le début su suivi sont présentées sur le tableau 7.

Tableau 7 : Évolution du recouvrement des herbiers de zostères intertidaux de la masse d'eau « Lac d'Hossegor » au cours du temps.

Année	Recouvrement moyen sur toute la station (%)
2007	40
2008	80
2009	100
2012	59
2013	59
2014	70
2015	44
2016	46
2017	65
2018	26
2019	17
2020	39
2021	48
2022	55
2023	27
Évolution par rapport à l'abondance maximale	- 73 %

À cette station, la meilleure situation observée (2009) fait état d'un recouvrement de 100%. En 2022, cette station présente un recouvrement moyen de 27 %, soit une perte de 73 % par rapport à la situation optimale.

Le calcul de RQE pour la métrique « abondance » a été réalisé sur la base de la grille présentée dans le tableau 8, exclusivement sur *Nanozostera noltei*, seule espèce suivie en termes d'abondance.

Tableau 8 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur du Ratio de Qualité Écologique pour la métrique « abondance ». Valeur du RQE en 2023

Modification de l'abondance par rapport aux conditions de référence et EQR	<i>Z. noltei</i> et <i>Z. marina</i> intertidale RQE 2023
0% perte = 1,0, 1% perte = 0,98, 2% perte = 0,96... 10% perte = 0,80	
11% perte = 0,78, 12% perte = 0,76, 13% perte = 0,74... 17% perte = 0,66	
18% perte = 0,64, 19 % perte = 0,62, ... 30% perte = 0,50	
31% perte = 0,49, 32% perte = 0,48, ... 50% perte = 0,30	
51% perte = 0,295, 52% perte = 0,290, ... 100% perte = 0,00	0,16

Conformément à la grille définie pour la métrique « abondance » de l'indicateur « angiospermes », le RQE s'élève à 0,16, témoignant d'une qualité « mauvaise » pour ce paramètre.

3.4.4 L'indicateur « angiospermes »

Le RQE de l'indicateur « angiosperme » est calculé en moyennant les RQE des trois métriques retenues. À partir de ce RQE, le classement de la masse d'eau pour cet indicateur est calculé selon les équivalences définies dans le tableau 9.

Tableau 9 : Grille de classement pour l'élément de qualité « angiospermes »

Statut écologique	RQE « angiospermes »
Très bon état	0,80–1,0
Bon état	0,65–0,79
État moyen	0,40–0,64
État médiocre	0,20–0,39
Mauvais état	0,0–0,19

Dans la masse d'eau « Lac d'Hossegor », l'indicateur « angiospermes » indique en 2023 un « bon état » (RQE = 0,72) (tableau 10), montrant une légère dégradation du classement par rapport à 2022 (Figure 10).

Tableau 10 : Résultats pour l'élément de qualité « angiospermes » en 2023 dans la masse d'eau « Lac d'Hossegor »

Lac d'Hossegor	Indices			Indicateur
	Composition	Extension	Abondance	Angiospermes
RQE	1	<i>Nanozostera noltei</i> : 1 <i>Zostera marina</i> : 1 Zostères : 1	<i>Nanozostera noltei</i> : 0,16	0,72
État 2022	Très bon état	Très bon état	Mauvais état	Bon état

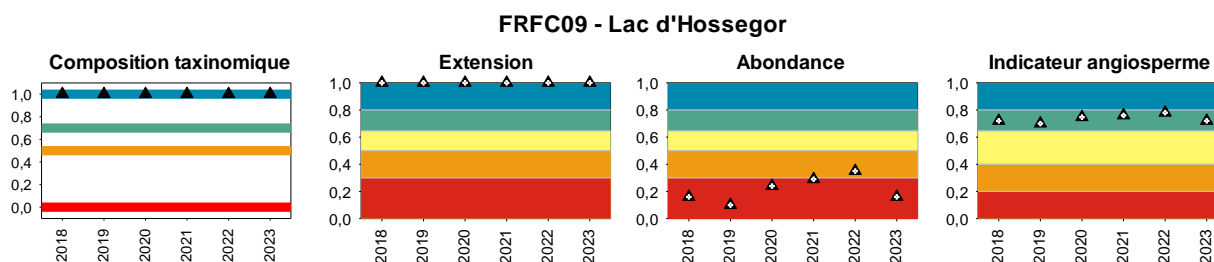


Figure 10 : Évolution temporelle du RQE des 3 métriques et de l'indicateur

Comme le montre la figure 10, la variabilité de la valeur atteinte par l'indicateur repose principalement sur celle des abondances. Afin de réduire l'effet de cette variabilité inter annuelle sur la valeur atteinte par l'indicateur, il a été décidé de qualifier l'état de la masse d'eau en utilisant, comme c'est le cas pour d'autres paramètres (phytoplancton par exemple) la moyenne des six dernières années.

Le RQE moyen obtenu pour les 6 dernières années de suivi (2018 à 2023) s'élève à 0,74, indiquant un « bon état » de cette masse d'eau vis-à-vis de l'indicateur « angiospermes ».

4 Conclusion

L'établissement des peuplements de zostères dans le Lac d'Hossegor est relativement récent (années 1960) et les populations s'y sont maintenues depuis cette époque.

L'extension des herbiers subtidaux de *Zostera marina* du Lac d'Hossegor a fortement progressé entre 2008 et 2013 (passant de 0,47 à 3,29 ha - Trut *et al.*, 2014) puis entre 2013 et 2021 (passant de 3,29 à 8,40 ha - Rigouin *et al.*, 2022). Ces herbiers sont principalement localisés dans la partie nord du lac, zone assez confinée et peu affectée par les apports de sable. Dans le même temps, l'emprise des herbiers des zostères intertidales s'est accrue sur plusieurs zones du lac, de 0,46 ha en 2008 à 1,91 ha en 2021.

Le recouvrement des zostères dans le grand herbier intertidal où se situe la station de suivi est très fluctuant d'une année à l'autre, variant de 17 à 100 %. En 2018 et 2019, ce recouvrement a fortement diminué, sans doute en lien avec la forte intensité des dépôts de macroalgues opportunistes au cours des printemps et étés de ces années. Depuis, après une recolonisation continue depuis 2020, l'occurrence d'une nouvelle perturbation liée aux dépôts de macroalgues semble avoir fortement affecté l'herbier en 2023.

Globalement, en dépit des mauvaises notes obtenues pour la métrique « abondance » depuis quelques années, l'indicateur « angiospermes » permet de classer cette masse d'eau en **bon état**, notamment grâce à la note maximale obtenue pour la métrique « extension ».

5 Références bibliographiques

- Aubert F., Sauriau P.G., Guenneteau S.** (2021). Contrôle de surveillance DCE 2020 de la masse d'eau côtière "FRFC02 - Pertuis charentais" et de la masse d'eau de transition "FRFT09 - Estuaire de la Gironde" pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : Rapport final, 66 p.
- Aubert F., Guenneteau S., Sauriau P.G.** (2018). Contrôle de surveillance 2017 DCE de la masse d'eau côtière «FRFC02 - Pertuis charentais » pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : Rapport final. Rapport Cohabys, Université la Rochelle-CNRS (UMR LIENS), 57 p.
- Aubert F., Sauriau P.-G.** (2019). Prospection du secteur Bonne Anse dans la masse d'eau FRFT09 « Estuaire Gironde aval » pour la mise en place d'une nouvelle station de suivi DCE herbier à *Zostera noltei* . Rapport ADERA/Cellule COHABYS, Université La Rochelle/UMR LIENSs, 11 p.
- Aubert F., Sauriau P.-G., Guenneteau S.** (2019). Contrôle de surveillance DCE 2018 de la masse d'eau côtière «FRFC02 - Pertuis charentais » pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann : Rapport final. Rapport ADERA/Cellule COHABYS, Université La Rochelle/UMR LIENSs, 56 p.
- Aubert F., Sauriau Pierre-Guy, Guenneteau S.** (2020). Contrôle de surveillance DCE 2019 de la masse d'eau côtière «FRFC02 - Pertuis charentais » et de la masse d'eau de transition « FRFT09 - Estuaire de la Gironde » pour les herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann: Rapport final. Rapport CNRS Cohabys- Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne , La Rochelle, 61 p.
- 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), *Zostera marina*, *Zostera noltei* . Rapport ifremer RST/LER/MPL/12.03, 24 p.
- Auby I., D'Amico F., Meteigner C., Rumebe M., Tournaire M-P., Rigouin L., Gouriou L., Lissardy M., Sanchez F., de Casamajor M-N., Morandeau G., Ganthy F., Trut G., Trut F., Caill_Milly N., Antajan E., Guesdon S., Piraud A., , Gueux A., Deborde J., Chabirand J-M., Grizon J., Seugnet J-L., Geairon P., Le Fur I., Bruneau A., Soudant D., Gautier E., Michel V., Dupin M.** (2021). DCE Bassin Adour-Garonne : hydrologie et phytoplancton – Résultats 2015-2020. ODE/LITTORAL/LERAR/21.017, 103 p.
- Auby I., Lissardy M., d'Amico F., Aubert F.** (2020). Suivi stationnel (2007-2019) de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltei*) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2019) dans la masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor. RST/LER/AR/20.012.
- 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 . Rapport Ifremer ODE/UL/LER/AR/18.017, 73 p.
- Auby I., Oger-Jeanneret H., Sauriau P.-G., Hily C., Barillé L.** (2010). Angiospermes des côtes françaises Manche-Atlantique. Propositions pour un indicateur DCE et premières estimations de la qualité. Rapport Ifremer RST/LER/MPL/10-15, 72 p + annexes.
- Auby I., Rigouin L., Ganthy F., Gouriou L.** (2016). Suivi stationnel (2007-2015) de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltei*) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2015) dans la masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor. RST/ODE/UL/LER/AR/16-005, 25 p.
- Auby I., Rigouin L., Ganthy F., Heroin D., Sanchez F.** (2015). Suivi stationnel (2007-2014) de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltei*) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2014) dans la masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor. RST/ODE/UL/LER/AR/15-004, 25 p.

Auby I., Rigouin L., Ganthy F., Trut G., Oger-Jeanneret H., Gouriou L., Bujan S., Devaux L., Aubert F., Dalloyau S., Péré C. (2020). Suivi stationnel (2006-2019) des herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Zostera marina*) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2019) dans la masse d'eau côtière FRFC06 – Arcachon amont - Bassin Hydrographique Adour-Garonne. ODE/LER/AR/20.014

Auby I., Rigouin L., Lissardy M., Cognat M., Aubert F. (2019). Suivi stationnel (2007-2018) de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltei*) et calcul de l'indicateur DCE « Angiospermes » (2018) dans la masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor. RST/LER/AR/19.012, 26 p.

Auby I., Rigouin L., Oger-Jeanneret H., Ganthy F., Trut G., Trut F., D'Amico F., Meteigner C., Aubert F., Bujan S., Gouillieux B., Dalloyau S., Pere C. (2019). Suivi stationnel (2006-2018) des herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Zostera marina*) et calcul de l'indicateur DCE « Angiospermes » (2018) dans la masse d'eau côtière FRFC06 – Arcachon amont - Bassin Hydrographique Adour- Garonne. RST/LER/AR/19.011, 58 p.

Auby I., Rigouin L., Trut G., Cognat M., Aubert F. (2018 a). Suivi stationnel (2007-2017) de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltei*) et calcul de l'indicateur «Angiospermes» (2017) dans la masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor. ODE/UL/LER-AR/AN/18-009, 27 p.

Auby I., Rigouin L., Trut G., Oger-Jeanneret H. (2017). Suivi stationnel (2007-2016) de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltei*) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2016) dans la masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor. RST/ODE/UL/LER/AR/17-008, 27p.

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 noltei* . Version 2. Rapport Ifremer RST/LER/AR/14.01, 42 p.

Auby I., Trut G. (2011). Suivi stationnel de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltii*) de la Masse d'eau côtière FRFC09 - Lac d'Hossegor - District Hydrographique Adour-Garonne - 2007-2008-2009. RST /LER/AR/11-001, 16p.

Auby I., Trut G. (2013). Suivi stationnel de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltei*) de la Masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor - Bassin Hydrographique Adour-Garonne - 2007-2012. RST/ODE/UL/LER/AR/13-004, 23 p.

Auby I., Trut G., Dalloyau S. (2010 a). Suivi stationnel de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltii*) de la Masse d'eau côtière FRFC09 - Lac d'Hossegor - District Hydrographique Adour-Garonne - 2007-2008. RST /LER/AR/10-001, 15 p.

Auby I., Trut G., Morandea G., Aubert F. (2021). Suivi stationnel (2007-2020) de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltei*) et calcul de l'indicateur DCE « Angiospermes » (2020) dans la masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor. RST/LER/AR/20.012.

Auby I., Ganthy F., Rigouin L., Aubert F. (2022). Suivi stationnel (2007-2021) de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltei*) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2021) dans la masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor. ODE/LER/AR/22.011, 32 p.

Auby I., Trut G., Rigouin L., Oger-Jeanneret H., Sanchez F., de Casamajor M-N., Lamouroux M. (2014). Suivi stationnel (2007-2013) de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltei*) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2013) dans la Masse d'eau côtière FRFC09 – Lac d'Hossegor. RST/ODE/UL/LER/AR/14-007, 25 p.

Auby I., Trut G., Vignon A. (2009). Suivi stationnel de l'herbier de zostères naines (*Zostera noltii*) de la Masse d'eau côtière FRFC09 - Lac d'Hossegor - District Hydrographique Adour-Garonne - 2007. RST/LER/AR/09-002, 21 p.

Auby I., Oger-Jeanneret Helene, Rigouin L., Trut G., Cognat M., Ganthly F., Gouriou L., Bujan Stéphane, Gouillieux B., Dalloyau S., Feigne C., Pere C., Aubert F. (2018 b). Suivi stationnel (2006-2017) des herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Zostera marina*) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2017) dans la masse d'eau côtière FRFC06. Arcachon amont - Bassin Hydrographique Adour-Garonne. RST /ODE/UL/LER/AR/18-010, 56 p.

Auby I., Rigouin L., Ganthly F., Trut G., Meteigner C., Devaux L., Gouillieux B., Aubert F., Dalloyau S., Bournel C. (2021). Suivi stationnel (2006-2020) des herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Zostera marina*) et calcul de l'indicateur DCE « Angiospermes » (2020) dans la masse d'eau côtière FRFC06 – Arcachon amont - Bassin Hydrographique Adour-Garonne. RST/ODE/LER/AR/21.012, 62 p.

Auby I., Rigouin L., Trut G., Oger-Jeanneret Helene, Ganthly F., Trut Florence, Gouriou L., Bujan S., Devaux L., Gouillieux B., Dalloyau S., Feigne C. (2016). Suivi stationnel (2006-2015) des herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Zostera marina*) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2015) dans la masse d'eau côtière FRFC06 – Arcachon amont - Bassin Hydrographique Adour-Garonne -. RST /ODE/UL/LER/AR/16-006, 58 p.

Auby I., Rigouin L., Trut G., Oger-Jeanneret Helene, Ganthly F., Cognat M., Gouriou L., Bujan Stéphane, Devaux L., Dalloyau S., Feigne C., Pere C. (2017). Suivi stationnel (2006-2016) des herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Zostera marina*) et calcul de l'indicateur « Angiospermes » (2016) dans la masse d'eau côtière FRFC06 – Arcachon amont - - Bassin Hydrographique Adour-Garonne. RST /ODE/UL/LER/AR/17-010, 54 p.

Auby I., Trut G., Barbier C., Bujan S., Cordier M-A. (2011). Suivi stationnel des herbiers de zostères (*Zostera noltii* et *Zostera marina*) de la Masse d'eau côtière FRFC06 - Arcachon amont - District Hydrographique Adour-Garonne - 2006-2007-2008-2009. RST /LER/AR/11-002, 40 p.

Auby I., Trut G., Blanchet H., Gouillieux B., Lavesque N, Pothier A (2008). Echantillonnage des sites de référence DCE pour les paramètres "faune invertébrée benthique" et "végétation" - District hydrographique Adour-Garonne. RST/LER/AR/08-001, 26 p.

Auby I., Trut G., Plus M., Vignon A., Bujan S. (2010). Suivi stationnel des herbiers de zostères (*Zostera noltii* et *Zostera marina*) de la Masse d'eau côtière FRFC06 - Arcachon amont - District Hydrographique Adour-Garonne - 2006-2007-2008. RST /LER/AR/10-002, 40 p.

Auby I., Trut G., Rigouin L., Ganthly F., Oger-Jeanneret H., Heroin D., Gouriou L., Bujan S., Devaux L. (2015). Suivi stationnel des herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Zostera marina*) et calcul de l'indicateur « angiospermes» de la Masse d'eau côtière FRFC06 – Arcachon amont - Bassin Hydrographique Adour-Garonne - 2006-2014. RST/ODE/UL/LER/AR/15-005, 58 p.

Auby I., Trut G., Rigouin L., Oger-Jeanneret H., D'Amico F., Duval M., Gouriou L., Rumebe M., Plus M., Bujan S. (2013). Suivi stationnel des herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Zostera marina*) de la Masse d'eau côtière FRFC06 – Arcachon amont - - Bassin Hydrographique Adour-Garonne - 2006-2012. RST/ODE/UL/LER/AR/13-003, 58 p.

Auby I., Trut G., Rigouin L., Oger-Jeanneret H., D'Amico F., Gouriou L., Trut Florence, Rumebe M., Bujan S., Gouillieux B. (2014). Suivi stationnel des herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Zostera marina*) et calcul de l'indicateur « angiospermes» de la Masse d'eau côtière FRFC06 –

Arcachon amont - - Bassin Hydrographique Adour-Garonne - 2006-2013. RST /ODE/UL/LER/AR/14-009, 56 p.

Auby I., Trut G., Vignon A., Bujan S. (2009). Suivi stationnel des herbiers de zostères (*Zostera noltii* et *Zostera marina*) de la Masse d'eau côtière FRFC06 – Arcachon amont - District Hydrographique Adour-Garonne - 2007. RST/LER/AR/09-001 , 40 p.

Blanchet H., Romero A., Martin P., Bujan V., Guillieux B., Latry L., Bujan S., Devaux L., Maneux E. (2023) Contrôle de surveillance 2022- Évaluation de l'amplitude des blooms de macroalgues opportunistes dans la masse d'eau « Lac d'Hossegor ». Rapport GEOTransfert/ADERA, 41p.

Blanchet H, Romero A, Devin T, Bujan V, Guillieux B, Latry L, Bujan S, Devaux L, Maneux E (2024) Contrôle de surveillance 2023- Évaluation de l'amplitude des blooms de macroalgues opportunistes dans la masse d'eau « Lac d'Hossegor ». Rapport GEOTransfert/ADERA.

Blott, S.J. and 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.

Dalloyau S., Trut G, Plus M., Auby I. Emery E. (2009). Caractérisation de la qualité biologique des Masses d'Eau Côtières : Cartographie des herbiers de *Zostera noltei* et *Zostera marina* du Bassin d'Arcachon. Rapport Ifremer RST /LER/AR/09-003, 52 p.

Garandel O., Vanbutsele L., Martin P., Maneux E., Romero A., Guillieux B., Latry L, Bujan S, Devaux L., Guiastrennec-Fagas L., Blanchet H. (2022) Contrôle de surveillance 2021- Évaluation de l'amplitude des blooms de macroalgues opportunistes dans la masse d'eau « Lac d'Hossegor ». Rapport GEO-Transfert/ADERA, 44 p.

Garmendia J.M., Valle M., Borja Á., Chust G., Franco J. (2013). Cartografía de *Zostera noltei* en la costa vasca: cambios recientes en su distribución (2008-2012). *Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia*, 20(1): 1-22.

Hily C., Sauriau P.G., Auby I. (2007). Protocoles suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) - *Zostera marina* – *Zostera noltei* . Rapport LEMAR, CNRS, IFREMER, 10 p.

Lafon V., Dehouk A., Curti C. (2014). Cartographie de l'herbier à *Zostera noltei* de la baie de Marennes Oléron - masse d'eau FRFC02 - par télédétection spatiale. Rapport GEO-transfert/ADERA, Université Bordeaux, 47 p.

Lafon V., Harin N., Sauriau P.-G. (2009). Dynamique temporelle (1989-2006) des herbiers intertidaux à *Zostera noltii* de la masse d'eau pertuis Charentais (FRFC02). Rapport G.E.O. Transfert, Université Bordeaux, 34 p.

Lissardy M., de Casamajor M.N., Sanchez F. (2007). Cartographie de l'herbier de *Zostera noltei* dans la Baie de Txingudi. Rapport CERCA-ADERA, 12 p.

Plus M., Dalloyau S., Trut G., Auby I., De Montaudouin X., Emery E., Noel C., Viala C. (2010). Long-term evolution (1988-2008) of *Zostera* spp. meadows in Arcachon Bay (Bay of Biscay). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 87(2), 357-366.

Rigouin L., Trut G., Lissardy M., Ganthy F., Lepevedic A., Connole S. (2022). Caractérisation de la qualité biologique des Masses d'Eau Côtières. Cartographie des herbiers à *Zostera noltei* et *Zostera marina* du Lac d'Hossegor (MEC FRFC09) - Année 2021. ODE/LITTORAL/LERAR/22.02, 35 p.

Rigouin L., Trut G., Bajjouk T., Rebeyrol S., Liabot P.O., Ganthy F., Auby I. (2022). Caractérisation de la qualité biologique des Masses d'Eau Côtières : Cartographie des herbiers de *Zostera noltei* du Bassin d'Arcachon (MEC FRFC06 – Arcachon amont) par imagerie hyperspectrale. ODE/LITTORAL/LERAR/22.16.

Sanchez F., de Casamajor M.N., Lissardy M. (2016). Suivi stationnel de l'herbier à *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT8 Bidassoa - 2015 - Bassin Hydrographique Adour-Garonne . Rapport Ifremer R.INT.RBE/HGS/LRHA/16-002, 27 p.

Sanchez F., de Casamajor M.N., Lissardy M. (2013). Suivi stationnel de l'herbier à zostères *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT8 Bidassoa – 2012.- Rapport Ifremer R.INT.DCN/HGS/LRHA 13-003, 20p.

Sanchez F., de Casamajor M.N., Lissardy M. (2015). Suivi stationnel de l'herbier à zostères *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT8 Bidassoa – 2014.- Rapport Ifremer R.INT.RBE/HGS/LRHA 15-001, 30 p.

Sanchez F., de Casamajor M.N., Lissardy M. (2014). Suivis stationnel et surfacique de l'herbier à *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT8 Bidassoa – 2013.- Rapport Ifremer R.INT.RBE/HGS/LRHA 14-002, 34 p.

Sanchez F., Lissardy M., de Casamajor M.N. (2010). Points de surveillance DCE en Côte basque : Masse d'eau FRFT8 Bidassoa – Bilan 2007/2008/2009. Herbier à *Zostera noltei* . Rapport Ifremer. R.INT.DCN/HGS/LRHA 10-001, 31 p.

Sanchez F., Lissardy M., de Casamajor M.N. (2017). Suivi stationnel de l'herbier à *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT8 Bidassoa. 2016 - Bassin Hydrographique Adour-Garonne - Rapport Ifremer R.INT ODE/LITTORAL/LER/AR/17.003, 27p.

Sanchez F., Lissardy M., De Casamajor M.N. (2018). Suivi stationnel de l'herbier à *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT8 Bidassoa -2017 -Bassin Hydrographique Adour-Garonne. Rapport Ifremer RST/ODE/LITTORAL/LER AR 18-005, 23p.

Sanchez F., Lissardy M., De Casamajor M.N. (2019). Suivi stationnel de l'herbier à *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT08 Bidassoa - 2018 - Bassin Hydrographique Adour-Garonne. Rapport Ifremer R.ODE/LITTORAL/LER AR 19-003, 27 p.

Sanchez F., Lissardy M., De Casamajor M.N.C., Aubert F. (2020). Suivi stationnel de l'herbier à *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT08 Bidassoa - 2019 - Bassin Hydrographique Adour-Garonne. Rapport R.ODE/LITTORAL/LER AR 20-008, 22 p

Sanchez F., Lissardy M., de Casamajor M-N., Aubert F. (2021). Suivi stationnel et surfacique de l'herbier à *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT08 Bidassoa 2020 - Bassin Hydrographique Adour-Garonne. R.ODE/LITTORAL/LER AR 21.002. 26 p.

Sanchez F., Lissardy M., de Casamajor M-N., Aubert F. (2021). Suivi stationnel et surfacique de l'herbier à *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT08 Bidassoa 2020 - Bassin Hydrographique Adour-Garonne. R.ODE/LITTORAL/LER AR 21.002. 26 p.

Sanchez Florence, de Casamajor Marie-Noelle, Lissardy Muriel, Aubert Fabien (2022). Suivi stationnel de l'herbier à *Zostera noltei* de la masse d'eau FRFT08 Bidassoa - 2021 - Bassin Hydrographique Adour-Garonne. R.ODE/LITTORAL/LER AR 22.001, 29 p.

Sauriau P.G. (2008a). Surveillance faune et flore benthique DCE. Vitalité herbier de *Zostera noltei* masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais Prospection 2007. Rapport CNRS, 22 p.

- Sauriau P.G.** (2008b). Surveillance faune et flore benthique DCE. Vitalité herbier de *Zostera noltei* masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais Prospection 2008. Rapport CNRS, 27 p.
- Sauriau P.G., Aubert F.** (2013). Contrôle de surveillance 2013 DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 : herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* . Rapport LIENSs, CNRS, Université de la Rochelle, 43 p.
- Sauriau P.G., Aubert F.** (2016). Contrôle de surveillance 2015 DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02. Partie 2 : herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* . Rapport LIENSs, CNRS, Université de la Rochelle, 68 p.
- Sauriau P.G., Aubert F., Bréret M., Ehlinger S., Sauriau F., Sauriau M.** (2009). Surveillance 2009 flore masses d'eau côtière DCE FRFC01 Nord-Est Oléron : macroalgues FRFC02 Pertuis charentais : herbier de *Zostera noltei* . Partie 2 : herbier de *Zostera noltei* . Rapport CNRS, 35 p.
- Sauriau P.G., Aubert F., Cajeri P., Curti C., Latry L., Leguay D., Pineau P.** (2012). Contrôle de surveillance 2012 DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 : herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* . Rapport LIENSs, CNRS, Université de la Rochelle, 41 p.
- Sauriau P.G., Aubert F., Duvard A.** (2014). Contrôle de surveillance DCE 2014 de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02. Rapport final partie 1 : suivi stationnel des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann. Rapport LIENSs, CNRS, Université de la Rochelle, 51 p.
- Sauriau P.G., Aubert F., Gueneteau S.** (2017). Contrôle de surveillance 2016 DCE de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 pour les suivis stationnels des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* . Rapport LIENSs, CNRS, Université de la Rochelle, 68 p.
- Sullivan B.T., Short F.T.** (2023). Taxonomic revisions in Zosteraceae (*Zostera*, *Nanozostera*, *Heterozostera* and *Phyllospadix*). *Aquat. Bot.*, 187, 103636.
- Trut G., Auby I., Rigouin L., Oger-Jeanneret H., Ganthy F., Cognat M., Noel C., Marchetti S., Bauer E.** (2018). Directive Cadre sur l'Eau : Cartographie des herbiers de *Zostera marina* du Bassin d'Arcachon. Rapport Ifremer RST/ODE/UL/LER/AR/18.008, 55 p.
- Trut G., Dalloyau S., Auby I.** (2009). Caractérisation de la qualité biologique des Masses d'Eau Côtières : Cartographie des herbiers à *Zostera noltei* et *Zostera marina* du Lac d'Hossegor MEC FRFC09. Rapport Ifremer RST/LER/AR/09-008, 21 p.
- Trut G., Rigouin L., Auby I., Ganthy F., Oger-Jeanneret H., Gouilleux B.** (2014). Caractérisation de la qualité biologique des Masses d'Eau Côtières. Cartographie des herbiers à *Zostera noltei* et *Zostera marina* du Lac d'Hossegor. MEC FRFC09 - année 2013. Rapport Ifremer RST/LER/AR/14.006, 32 p.