

Laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon

TRUT Gilles
RIGOUIN Loic
AUBY Isabelle
GANTHY Florian
OGER-JEANNERET Hélène
GOUILLEUX Benoît

Mai 2014 - RST/LER/AR/14.006

**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**



**Caractérisation de la qualité biologique
des Masses d'Eau Côtères
Cartographie des herbiers à *Zostera noltei*
et *Zostera marina* du Lac d'Hossegor
MEC FRFC09 - année 2013**

Sommaire

1. Introduction	1
2. Cadre et contexte de l'étude	2
2.1. L'approche "Zones homogènes" de la DCE	2
2.2. Le site d'étude : le Lac marin d'Hossegor	2
2.3. Rappel sur les zostères	3
2.4. Objectifs de l'étude	4
<hr/>	
3. Matériel et méthodes	4
3.1. Carte de 2004	4
3.2. Cartes de 2008 et de 2013	5
<hr/>	
4. Résultats	9
4.1. Observations anciennes	9
4.2. Carte de 2004	9
4.3. Carte de 2008	10
4.4. Carte de 2013	11
4.5. Evolution des surfaces d'herbier entre 2004 et 2008	12
4.6. Evolution des surfaces d'herbier entre 2008 et 2013	15
4.7. Evolution des surfaces d'herbier entre 2004 et 2013	18
4.8. Calcul de l'indice extension	19
<hr/>	
5. Conclusion	22
Bibliographie	25

1. Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE établit un nouveau cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle fixe comme objectif général pour les Etats Membres, l'atteinte, à l'horizon 2015, d'un bon état écologique et chimique des masses d'eau souterraines et de surface, ces dernières incluant les eaux côtières et de transition.

Pour cela, un découpage des eaux en unités géographiques homogènes dénommées Masses d'Eau (ME) a été défini. La masse d'eau représente l'unité de classification et de gestion de la DCE et se trouve rattachée à un bassin hydro géographique (Agence de Bassin). Ainsi, un réseau de sites pérennes, réparti sur l'ensemble du territoire national a été mis en place, de façon à disposer d'un suivi des eaux littorales effectif sur le long terme.

Afin d'évaluer **l'état écologique** d'une Masse d'Eau, la DCE introduit la notion d'écart par rapport à une situation de référence.

Les valeurs de référence, que l'on peut considérer comme niveau étalon du très bon état écologique, doivent être établies par type de Masse d'Eau et par élément de qualité biologique : macroinvertébrés, phytoplancton, **macrophytes (dont macroalgues et herbiers à angiospermes)**¹. Pour ce dernier compartiment, deux types d'actions sont menés pour en caractériser la qualité : un suivi stationnel et un suivi surfacique.

La masse d'eau "Lac d'Hossegor" du type « C9 - Lac marin », (FRFC09), dans les Landes abrite des herbiers de zostères (*Zostera noltei* - Zostère naine et *Zostera marina* – Zostère marine) de faibles superficies.

Depuis 2007, l'herbier à *Zostera noltei* de ce lac fait l'objet d'un **suivi stationnel** annuel. Les résultats acquis sont présentés dans les rapports annuels publiés régulièrement (Auby *et al.*, 2009, Auby *et al.*, 2010, Auby *et al.*, 2011, Auby et Trut., 2013).

Le présent rapport concerne l'actualisation 2013 du **suivi surfacique** des herbiers du Lac d'Hossegor (emprise maximale colonisée par les deux espèces), qui doit être effectuée une fois par plan de gestion (soit tous les 6 ans).

En 2008, une carte des herbiers a été réalisée par l'Ifremer (Trut *et al.*, 2009). Quelques années auparavant (2004), une cartographie avait été établie par le syndicat mixte de rivière Bourret-Boudigau, qui nous a transmis ces données. La fiabilité de cette première carte au 1/85 000 est cependant difficile à estimer, du fait qu'elle n'est pas assortie de métadonnées.

Nous avons établi, à partir d'une analyse spatiale SIG, une première tendance d'évolution de l'emprise maximale des herbiers, en comparant trois séries de données espacées de plus de 4 ans (2004-2008-2013). Compte tenu des incertitudes portant sur la carte de 2004, ces résultats doivent néanmoins être interprétés avec prudence.

¹ et poissons, uniquement dans les masses d'eau de transition.

2. Cadre et contexte de l'étude

2.1. L'approche "Zones homogènes" de la DCE

Au sens de la Directive cadre sur l'Eau, une Masse d'Eau est définie comme une entité fonctionnelle et homogène des points de vue physique (hydrodynamique, nature du substrat marin) et biologique (faune et flore). La délimitation des Masses d'Eau consiste donc à scinder le domaine d'étude en unités géographiques cohérentes dont les caractéristiques sont identiques ou très proches. Pour les habitats marins, deux groupes de Masses d'Eau ont été distingués :

- Les Masses d'Eau Côtières (MEC) regroupent les habitats littoraux compris entre la ligne de base à terre servant pour la délimitation des eaux territoriales et sa projection à un mille marin vers le large.
- Les Masses d'Eau de Transition (MET) englobent les habitats présents aux embouchures des rivières et des fleuves qui sont partiellement salines en raison de leur proximité des eaux côtières mais qui restent fondamentalement influencées par des courants d'eau douce.

La Masse d'Eau Côtière « Lac marin d'Hossegor » englobe le lac lui-même ainsi que le chenal d'amenée à la mer (Figure 1).

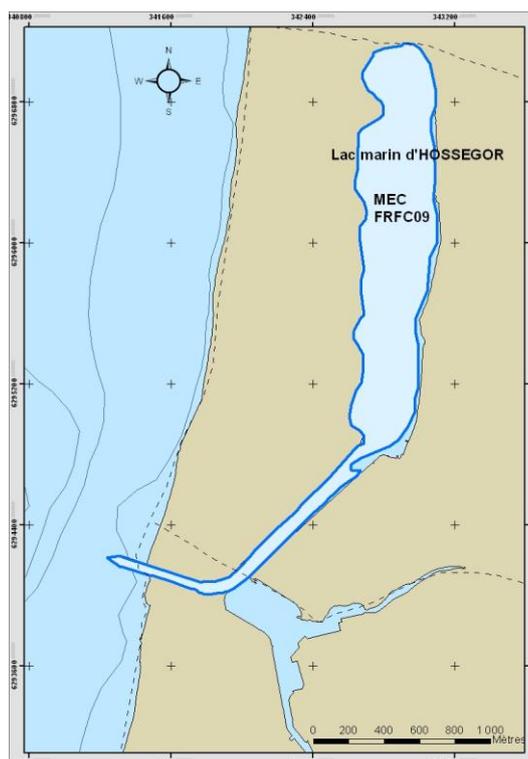


Figure 1 : Limite géographique de la MEC « Lac marin d'Hossegor »

2.2. Le site d'étude : le Lac marin d'Hossegor

Le Lac d'Hossegor (Figure 1) est une lagune arrière dunaire de forme allongée, parallèle au linéaire côtier, située sur le littoral aquitain en bordure du Golfe de Gascogne par 43°40 N de latitude et 1°25 W de longitude. Il s'agit d'une trace de l'ancien lit de l'Adour.

D'une longueur de 2 km et d'une largeur 0,35 km (en moyenne), sa superficie avoisine 90 Ha.

Il est intégré dans un complexe hydrologique qui comprend, au sud-est, la rivière du Bourret, et au sud, la rivière du Boudigau. Ces trois entités sont reliées à l'océan par le canal du Boucaret.

Cette configuration confère au Lac d'Hossegor un caractère de lagune salée à saumâtre soumise à de fortes variations de température et de salinité (effet marqué des épisodes pluvieux, par ruissellement sur les rives, apports par les cours d'eau ou *via* les nappes phréatiques). En dépit de sa faible profondeur, on y observe une légère stratification thermique (eaux du fond moins froides qu'en surface en hiver et moins chaudes en été) et haline. On observe dans le lac des pics de turbidité liés aux dessalures automnales et hivernales. Les teneurs hivernales en nutriments (notamment ammonium et nitrate) y sont assez élevées (Auby *et al.*, 2013).

Le Lac d'Hossegor est alimenté par des apports d'eau de mer mélangée à celle des deux cours d'eau lors de chaque marée. Toutefois, le renouvellement de la masse d'eau est limité par la présence d'un seuil.

En partie à cause de ce confinement, cette masse d'eau est régulièrement soumise à des proliférations de macroalgues opportunistes, telles que les ulves, les monostromes et les entéromorphes.

Ses estrans sableux à sablo-vaseux sont colonisés, sur la partie haute, par les plantes du schorre et par *Zostera noltei* dans certaines parties basses. Par ailleurs, *Zostera marina* colonise certaines parties de l'étage subtidal.

2.3. Rappel sur les zostères

Les zostères sont des phanérogames marines qui se développent sur les sédiments sableux et sablo-vaseux des côtes de la Manche et de l'Atlantique, et dans les lagunes méditerranéennes. Elles forment des herbiers parfois denses, comparables aux prairies terrestres. Ces herbiers peuvent être constitués de deux espèces de tailles différentes : la plus grande, *Zostera marina* se développe principalement en limite inférieure d'estran (forme parvozostéride, à limbes étroits et courts) ainsi qu'en zone subtidale peu profonde (forme magnozostéride, à limbes plus larges et plus longs), alors que *Zostera noltei*, de taille inférieure, se rencontre surtout en haut de l'estran.



Zostères naines



Zostères marines

Les herbiers de zostères présentent un fort intérêt écologique, patrimonial et économique, en constituant des écosystèmes remarquables (Larkum *et al.*, 2006). Ces herbiers abritent

une biodiversité importante, et jouent un rôle majeur dans la reproduction et l'alimentation d'un grand nombre d'espèces (poissons, crustacés, oiseaux) dont certaines (avifaune migratrice) bénéficient d'un statut de protection (Fiche technique REBENT, 2004).

Les herbiers contribuent en outre à la stabilisation du substrat en piégeant les particules sédimentaires par la réduction des contraintes d'érosion. De plus, les parties endogées des zostères (réseaux de rhizomes et de racines) modifient les propriétés biogéochimiques des sédiments colonisés.

Les herbiers de zostères bénéficient de statuts de protection en tant qu'**habitats** et **habitats d'espèces** (EUNIS, Directive Habitat 92/43, Loi Littoral 86-2). Ils sont aussi répertoriés par OSPAR (2004) parmi les habitats menacés. En outre, *Zostera marina* est répertoriée en tant qu'espèce protégée.

Les herbiers sont d'excellents indicateurs biologiques des pressions s'exerçant sur l'écosystème, depuis l'échelle locale jusqu'à l'échelle globale (pêche à pied, activités nautiques, broutage par l'avifaune, eutrophisation, changement climatiques, ...).

2.4. Objectifs de l'étude

L'objectif de ce travail est d'établir une cartographie actualisée (2013) des herbiers de zostères présents sur la MEC du Lac d'Hossegor et de la comparer aux données antérieures (2004 et 2008).

3. Matériel et méthodes

Dans ce document, les informations méthodologiques et les résultats concernant les herbiers intertidaux de *Zostera noltei* et les herbiers infratidaux de *Zostera marina* sont regroupés.

Les cartes présentées dans ce rapport sont géo-référencées dans le référentiel géographique Datum RGF en Lambert 93. Le cas échéant, certaines données ont été exploitées dans le système Datum GCS WGS84 (méridien d'origine : Greenwich) en degrés minutes décimales, mais projetées par la suite en Lambert 93.

Les analyses spatiales relatives à la cartographie *stricto sensu* ont été réalisées par géotraitement sous logiciel SIG ArcGis 10.2.

3.1. Carte de 2004

Cette carte a été élaborée par le syndicat mixte de rivière Bourret-Boudigau qui l'a mise à notre disposition sous format numérique. Ce document ne comporte aucun renseignement sur les métadonnées. Pour cette raison, sa fiabilité est difficile à estimer.

Compte tenu des faibles emprises concernées, on peut penser que le contourage des herbiers a été réalisé *in situ* à l'aide d'un GPS portable, mais il n'est pas non plus exclu qu'il provienne d'une photo-interprétation.

3.2. Cartes de 2008 et de 2013

La méthode utilisée pour l'élaboration des cartes de 2008 et de 2013 est conforme aux recommandations mises en œuvre pour la région Bretagne dans le cadre du REBENT (Réseau de surveillance des biocénoses benthiques) coordonné par l'Ifremer. Ces recommandations sont disponibles sur le site du REBENT (www.rebent.org), rubrique « Documentation », section "Fiches techniques et référentiels" » (fiche FT14 : Cartographie des herbiers de zostères)

Elle prend également en compte l'expérience de terrain acquise dans le cadre du travail réalisé en baie de St Malo (Gerla, 2004) et à Hossegor (Trut *et al.*, 2009) .

Cette acquisition de terrain repose sur la numérisation exhaustive des limites d'herbier à l'aide d'un DGPS (geoXT©Trimble 2005) par cheminement pédestre sur l'estran. Ce GPS sub-métrique permet d'obtenir des levées de terrain qui seront par la suite ajustées, en post-traitement, dans un référentiel de balises fixes, afin de réduire la marge d'erreur potentielle (*i.e.* Differential) et d'obtenir une précision comprise entre 0.30 m et 1 m (Figure 2).

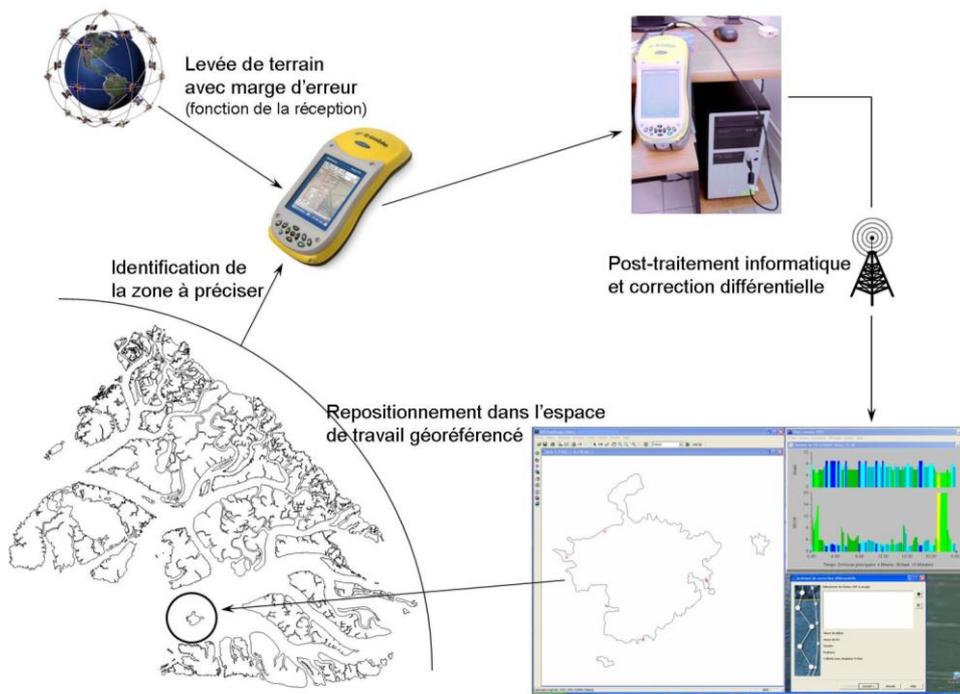


Figure 2 : Processus de l'acquisition numérique de terrain par DGPS et post-traitement

Le DGPS utilisé permet de définir un carnet de terrain qui comporte pour chaque classe d'objet à créer (point, ligne, polygone) un certain nombre d'attributs prédéfinis (liste de choix). Sur le terrain, ces attributs doivent être renseignés avant de démarrer l'acquisition des positions géographiques de l'objet. Les données ainsi collectées, sont transférées sur ordinateur et post-traitées à l'aide du logiciel GPS Pathfinder 5.3© sous environnement Windows©. Elles sont ensuite directement exportées en fichiers de forme pour un géoréférencement sous ArcGis 10.2.

- Pour *Zostera noltei*, l'acquisition des limites de l'emprise globale de l'herbier a été effectuée le 18 septembre 2013 lors d'une marée de vives eaux de coefficient 97. La caractérisation du taux de recouvrement des herbiers a été établie selon la nomenclature reposant sur le pourcentage de recouvrement foliaire des plantes (Tableau 1) et s'inspirant des travaux de de Jong (2004). La calibration de l'interprétation est réalisée dans le cadre du suivi stationnel à partir de photos de quadrats (30x30cm) disposés sur l'herbier.

Les taux de recouvrement sont déclinés en trois catégories, comme suit :

Tableau 1 : Classification des types d'herbiers selon leur pourcentage de recouvrement
(Adapté de Alloncle *et al.*, 2005, de Jong, 2004)

Herbier à Zostère			
% de recouvrement	< 25%	25 à 75%	> 75%
Signification	Herbiers discontinus et très souvent hétérogènes avec des taches disséminées ou des pieds dispersés en faible densité	Herbiers discontinus, présentant une alternance de taches recouvertes et de zones de substrat nu	Herbiers continus et homogènes présentant une forte couverture foliaire
Illustration			

Chaque polygone est renseigné dans une table attributaire associée. Celle-ci précise la date, le site, la méthode employée (photo-interprétation ou contournage terrain), l'auteur à l'origine de la numérisation, la validation ou non du contour sur le terrain, et le taux de recouvrement estimé.

- Pour *Zostera marina*, l'acquisition des limites de l'emprise globale de l'herbier a été effectuée le 19 septembre 2013 lors d'une marée de vives eaux de coefficient 104. Le taux de recouvrement n'a pas été déterminé avec précision mais estimé visuellement.

Comme pour *Zostera noltei* et compte tenu de la faible superficie à prospecter ainsi que de la faible profondeur du lac à basse mer de vives eaux, il n'a pas été nécessaire de recourir à l'utilisation d'une orthophotographie.

L'emprise maximale des herbiers de zostères marines a été obtenue par contournage direct. Le cheminement a été réalisé à pied en tirant une embarcation légère ou par un plongeur tractant un engin flottant léger sur lequel est fixé le DGPS.

Ces données peuvent ainsi être assorties d'un indice de confiance maximal.



Figure 3 : Cheminement aux limites des herbiers de *Zostera marina* : embarcation légère au 1er plan et plongeur en arrière plan

4. Résultats

4.1. Observations anciennes

Il semble que l'apparition des zostères dans le Lac d'Hossegor soit relativement récente. En effet, une exploration botanique détaillée du lac réalisée au milieu des années 1960 (Dulau, 1967) décrit très précisément les peuplements de macroalgues et des plantes du schorre mais ne fait pas état de la présence de zostères dans le lac.

D'après un ostréiculteur d'Hossegor (Monsieur Labarthe, com. pers.), les zostères seraient apparues dans le lac au début de années 1970, peut être à la faveur de transferts d'huîtres ou de transport de graines sous les pattes d'oiseaux. A cet égard, on peut remarquer que *Zostera marina* est assez rapidement apparue après le creusement du Lac marin de Port d'Albret (Vieux Boucau, Landes), au début des années 1980.

4.2. Carte de 2004

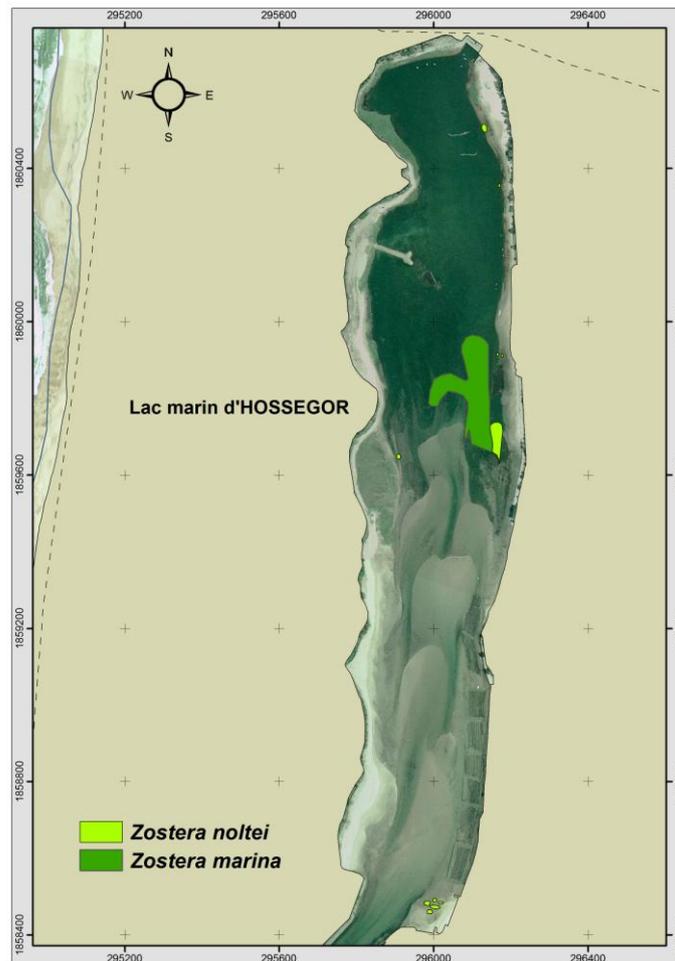


Figure 4 : Carte des herbiers à *Zostera marina* et à *Zostera noltei* établie en 2004 par le syndicat mixte de rivière Bourret-Boudigau. Superposition avec l'ortho-photographie littorale de 2000.

La figure 4 présente l'emprise des herbiers de *Zostera marina* et *Zostera noltei* en 2004 dans le Lac marin d'Hossegor.

A cette époque, *Zostera marina* recouvrait une plus grande superficie (2,28 ha) que *Zostera noltei* (0,33 ha). On ignore cependant si l'emprise attribuée aux zostères marines prend ou non en compte l'extension de sa forme intertidale, dans la mesure où ces deux espèces sont en mélange dans le bas de l'estran.

- L'herbier de zostères marines, d'un seul tenant, occupait une dépression infratidale dans la zone orientale du Lac.
- Les zostères naines colonisaient l'estran de cette même partie du lac (0,29 ha) et de très petites taches d'herbier étaient également présentes au sud et au nord du Lac.

4.3. Carte de 2008

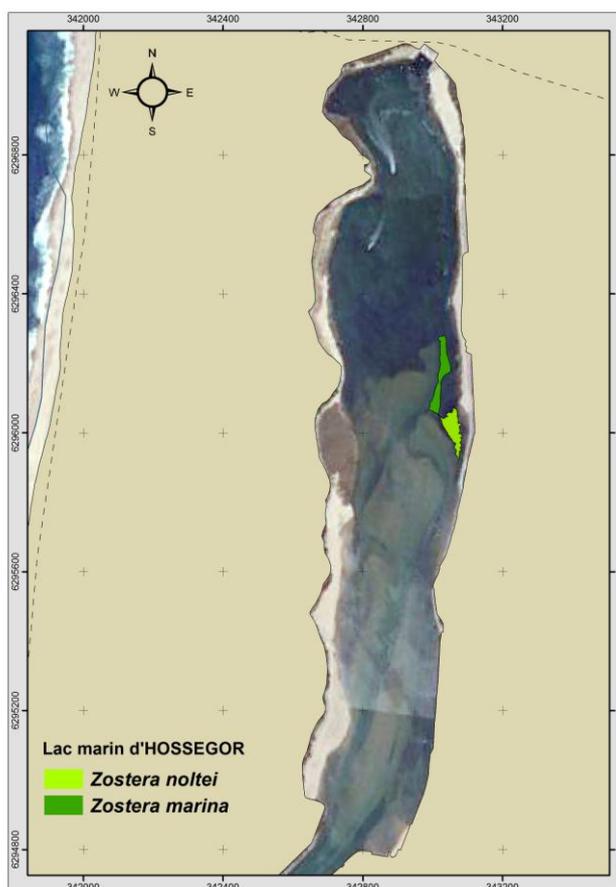


Figure 5 : Carte des herbiers à *Zostera noltei* et *Zostera marina* établie en 2008 par le laboratoire Ifremer d'Arcachon. Superposition avec l'image Google Earth de 2007.

En 2008, les herbiers de zostères ont également été observés dans la partie médiane de la rive orientale du lac (Figure 5).

- Les herbiers infralittoraux à *Zostera marina*, d'un seul tenant, occupaient 0,47 Ha. Le taux de recouvrement de ces herbiers n'a pas été déterminé précisément, mais les opérateurs de terrain qualifient leur recouvrement d' « homogène clairsemé ».
- Les herbiers intertidaux à *Zostera noltei*, en mélange avec la forme parvozostéride de *Zostera marina* (dans les parties basses), recouvraient une surface de 0,46 ha. Cet herbier est relativement homogène et son taux de recouvrement correspond à la seconde catégorie de la classification précédemment décrite (Tableau 1) : compris entre 25 et 75 %.
On observe dans cet herbier la présence d'algues vertes (ulves) et rouges (gracilaires) en quantité assez importante.
Les petites taches de zostères naines cartographiées en 2004 au nord et au sud du lac n'ont pas été retrouvées en 2008.

4.4. Carte de 2013

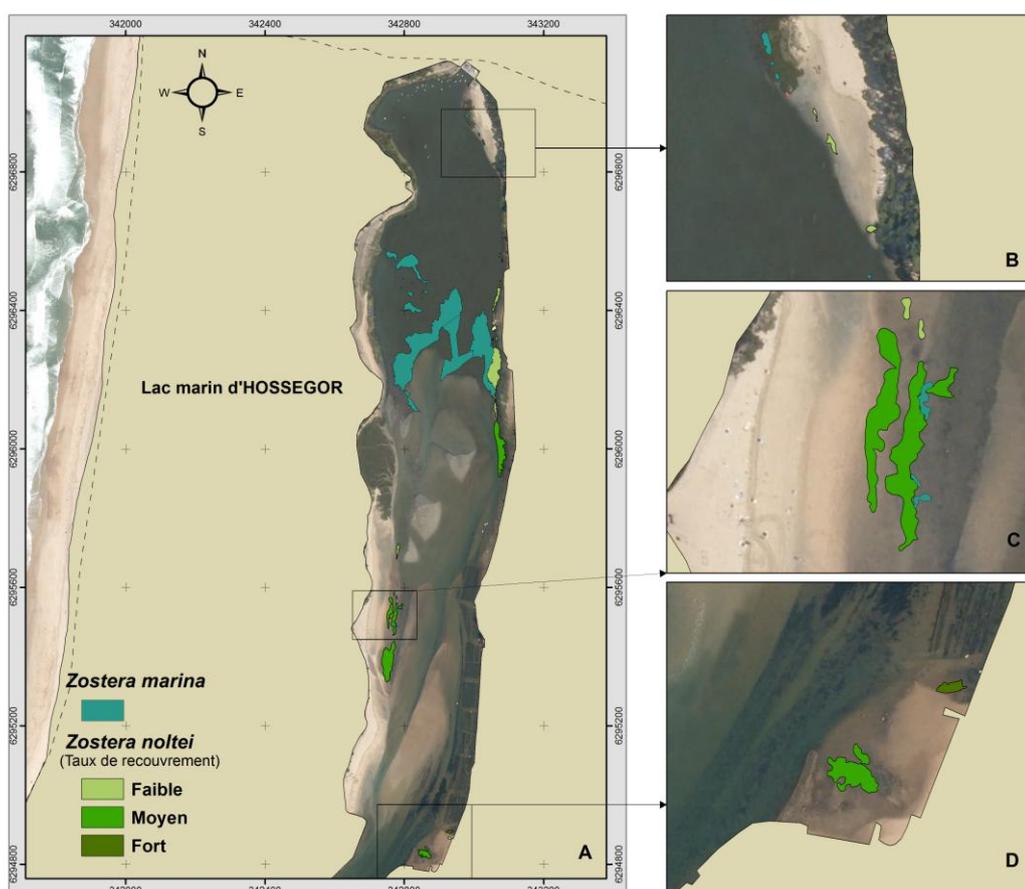


Figure 6 : Carte des herbiers à *Zostera noltei* avec taux de recouvrement et à *Zostera marina* (fig 6A) établie en 2013 par le laboratoire Ifremer d'Arcachon. Zoom sur les petits herbiers nord (fig 6B), les petits herbiers centre ouest (fig 6C) et les petits herbiers sud (fig 6D). Superposition avec l'ortho-photographie littorale de 2012.

En 2013, les herbiers de zostères ont été observés à la fois sur les rives orientale et occidentale du lac (Figure 6A).

- Les herbiers infralittoraux à *Zostera marina*, localisés dans la partie nord du lac en limite nord des bancs de sables occupent à cette date 3,29 Ha. Le taux de recouvrement de ces herbiers n'a pas été déterminé précisément, mais les opérateurs de terrain l'ont qualifié à dire d'expert. La quasi totalité des emprises cartographiées, soit 99 %, est affectée d'un recouvrement moyen, homogène ou hétérogène. Cinq petites tâches (100 m²) présentant un taux de recouvrement très faible, ont été cartographiées dans la partie basse du nouvel herbier de zostères naines de la rive occidentale (Figure 6C).

- Les herbiers intertidaux à *Zostera noltei*, en mélange avec la forme parvozostéride de *Zostera marina* (dans les parties basses), recouvrent actuellement une surface de 1,19 ha. Comme en 2008, on observe dans cet herbier la présence d'algues vertes (ulves) et rouges (gracilaires) en quantité assez importante.

En 2013, on retrouve l'herbier principal cartographié en 2008 au sud de la partie médiane de la rive orientale (Figure 6A). Il s'est étendu très significativement vers le nord. Un second herbier assez important, inexistant en 2008, s'est développé sur la partie sud de la rive occidentale du lac.

Les petites taches de zostères naines cartographiées en 2004 au nord (Figure 6B) et au sud du lac (Figure 6D) qui n'avaient pas été retrouvées en 2008 ont été de nouveau cartographiées en 2013.

La plus grande part de ces herbiers intertidaux (62%) présente un recouvrement moyen (compris entre 25 et 75%), tandis que 37% des herbiers sont affectés d'un recouvrement faible (10 à 25 %). Les 2 % restants correspondent à des taux de recouvrement très fort ou très faible.

4.5. Evolution des surfaces d'herbier entre 2004 et 2008

Malgré les réserves déjà évoquées au sujet de la fiabilité de la carte de 2004, une analyse spatiale de l'évolution des herbiers entre 2004 et 2008 a été réalisée et fait l'objet de ce chapitre (Figure 7).

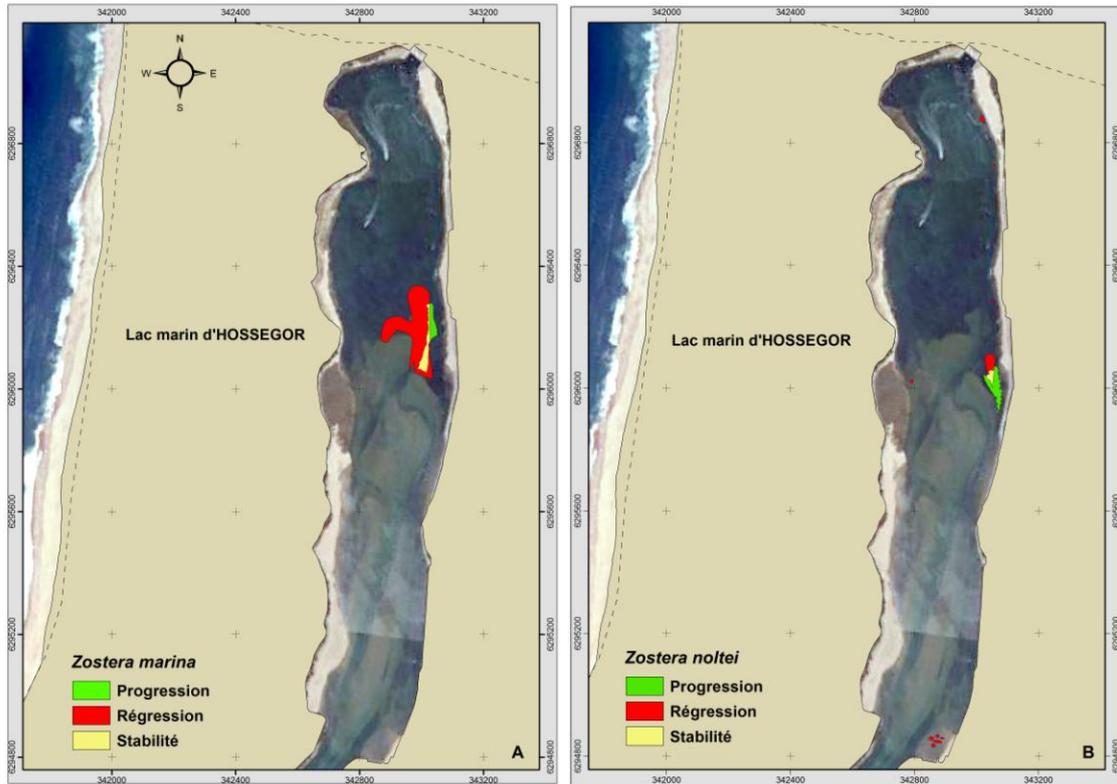


Figure 7 : Evolution de la surface de l'herbier de *Zostera marina* (carte A) et de *Zostera noltei* (carte B) entre 2004 et 2008 obtenue par croisement des couches cartographiques sous SIG. Superposition avec l'image Google Earth de 2007.

- **Les herbiers infralittoraux à *Zostera marina*** semblent avoir fortement régressé entre 2004 et 2008, perdant environ 80 % de leur surface (2 ha). Cette régression aurait concerné principalement la partie ouest de l'herbier. L'emprise des herbiers est restée stable sur une petite surface (0,27 ha) de leur zone sud-est et ils se sont légèrement étendus (0,2 ha) vers le nord de leur bordure orientale entre ces deux dates.

Durant cette période, le recul observé s'explique probablement par une modification de la bathymétrie du lac à cet endroit. En effet, le sud du Lac d'Hossegor a tendance à s'ensabler régulièrement en raison d'apports de sable provenant de l'océan par le chenal. D'importants dragages de ces bancs (environ 250 000 m³) avaient été réalisés pendant l'hiver 1992-93. Quoiqu'on ne dispose pas de bathymétrie du lac à cette époque, on peut imaginer que ce creusement a ensuite permis aux herbiers infralittoraux de s'étendre vers l'ouest. L'ortho-photographie littorale 2000 (Figure 8A) montre des lobes sableux entrecroisés dans la partie sud du lac. Leur aspect et organisation laisse supposer que ces bancs de sable résultent de mouvements sédimentaires récents et toujours en cours lors de la prise de la photographie. En revanche, l'image Google Earth de 2007 (figure 8B), montre des bancs de sables recoupés par des chenaux de marée. Ces bancs de sables présentent une extension spatiale vers le nord plus importante en 2007 qu'en 2000. Cette progradation des bancs de sable vers le nord entre 2000 et 2007, conforte l'hypothèse du recul des herbiers induits par des modifications morpho-sédimentaires.

En 2008, les herbiers infralittoraux de zostères marines étaient présents principalement sur la bordure nord est de ces bancs de sable (Figure 7A).



Figure 8 : Localisation des bancs de sable du lac d'Hossegor en 2000 (ortho-photographie littorale), 2007 (image Google Earth) et 2012 (ortho-photographie littorale).

- L'emprise globale des herbiers intertidaux de *Zostera noltei* et de la forme parvozostéride de *Zostera marina* aurait légèrement progressé entre 2004 et 2008, passant de 0,33 à 0,47 ha.

Ces herbiers se seraient étendus vers le sud (0,33 ha) et auraient régressé dans le nord de l'ancienne emprise (0,1 ha). Les petites taches du nord et du sud du lac auraient disparu.

La disparition des tâches du sud pourrait être liée à des travaux de ré-ensablement de la plage principale du secteur touristique du Lac d'Hossegor.

Plus globalement, la migration vers le sud des herbiers intertidaux de la rive orientale du lac s'explique probablement par les modifications de substrat et de bathymétrie liés aux mouvements sédimentaires entre les deux périodes.

4.6. Evolution des surfaces d'herbier entre 2008 et 2013

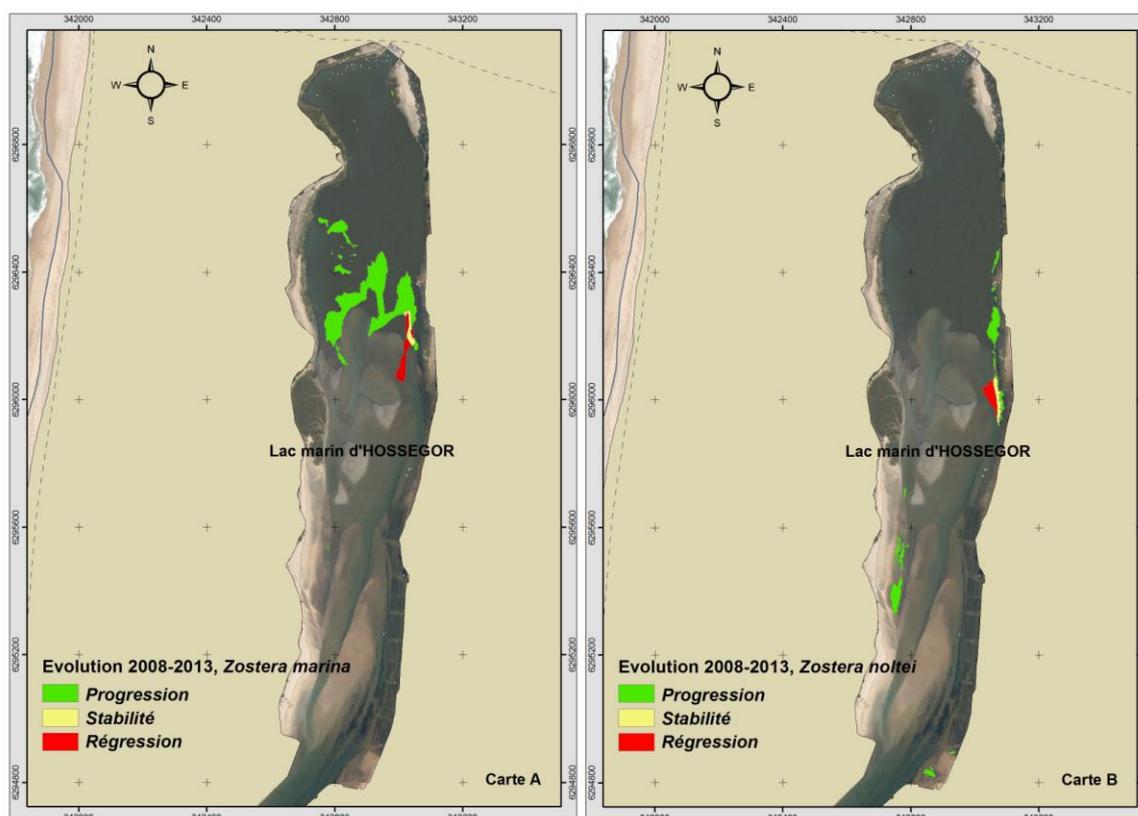


Figure 9 : Evolution de la surface de l'herbier de *Zostera marina* (carte A) et de *Zostera noltei* (carte B) entre 2008 et 2013 obtenue par croisement des couches cartographiques sous Arcgis 10.2. Superposition avec l'ortho-photographie littorale de 2012.

- **Les herbiers infratidaux à *Zostera marina*** ont fortement progressé entre 2008 et 2013. Au cours des 5 dernières années, l'emprise maximale de ces herbiers est passée de 0,47 Ha en 2008 à 3,29 Ha en 2013 soit un **accroissement de 600 %**. Cette progression concerne surtout la partie nord du lac d'Hossegor morphologiquement plus stable et moins exposée aux mouvements des bancs de sables. La partie sud de l'herbier de 2008, correspondant à un herbier allongé, parallèle à la rive orientale (Figure 10 en rouge) a été recouverte par les bancs de sables et le chenal a migré vers la rive orientale jusqu'à prendre la place de l'ancien herbier. La superposition de la carte de 2013 avec l'ortho-photographie littorale de 2012 montre bien que le nouvel herbier de *Zostera marina* s'est développé à la limite nord des bancs de sable vers la partie nord du lac plus profonde et morphologiquement plus stable.

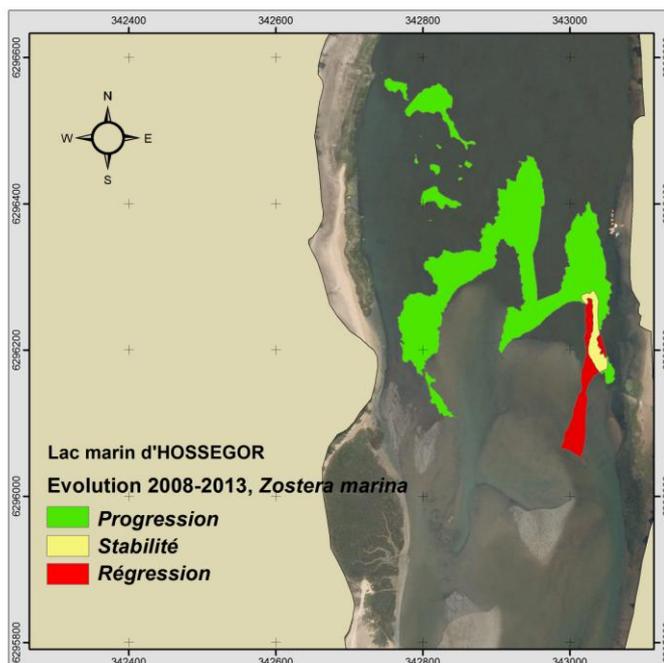


Figure 10 : Evolution de la surface de l'herbier de *Zostera marina* (zoom Figure 9 carte A). Superposition avec l'ortho-photographie littorale de 2012.

On ne note aucun développement sur la moitié sud du lac, sans doute parce que les bancs de sable sont très mobiles dans ce secteur.

- **Les herbiers intertidaux à *Zostera noltei*** ont également fortement progressé entre 2008 et 2013. Leur emprise maximale est passée de 0,47 Ha en 2008 à 1,19 Ha en 2013 soit un **accroissement de 150 %**.

Durant cette période, on note une importante régression de la partie sud des herbiers de la rive orientale, conjuguée à un fort développement vers le nord (Figure 11). Sur cette figure on aperçoit, à la place du polygone rouge qui représente une partie de l'herbier de *Zostera noltei* de 2008, l'actuel chenal de flot qui alimente la partie nord du lac. Ces observations confirment le rôle fondamental des modifications hydrodynamiques et morphologiques dans le déplacement des herbiers du lac d'Hossegor.

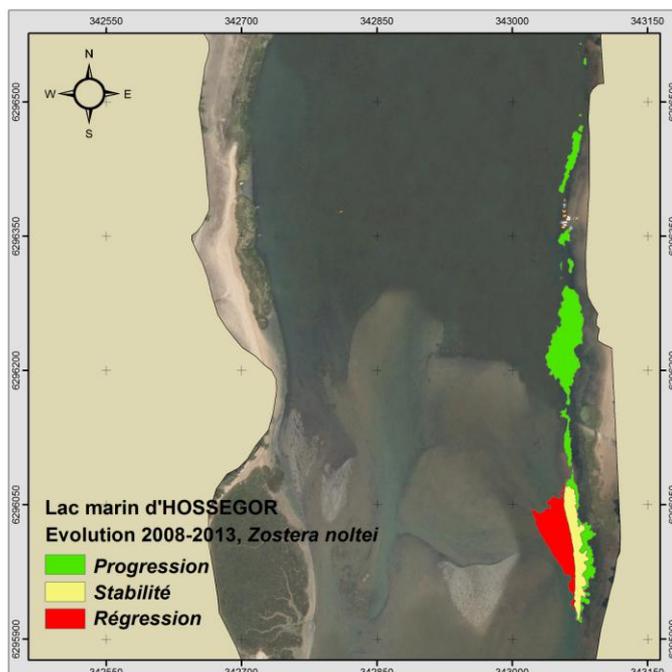


Figure 11 : Evolution de la surface de l'herbier de *Zostera noltei* (zoom Figure 9 carte B). Superposition avec l'ortho-photographie littorale de 2012.

Sur la carte de 2013, on voit réapparaître les tâches des extrémités nord et sud qui avaient disparu entre 2004 et 2008 (Figure 9B).

En outre, un nouvel herbier, jamais encore cartographié, s'est développé dans le nord de la rive occidentale du lac. Les 3 tâches principales qui le constituent occupent 0,41 ha soit 35 % de l'emprise totale 2013 de *Zostera noltei* sur le lac d'Hossegor. Les opérateurs de terrain ont qualifié le recouvrement de cet herbier en « hétérogène moyen ».

4.7. Evolution des surfaces d'herbier entre 2004 et 2013

Malgré les réserves déjà évoquées au sujet de la fiabilité de la carte de 2004, une analyse spatiale de l'évolution des herbiers entre 2004 et 2013 a également été réalisée et fait l'objet de ce chapitre (Figure 12).

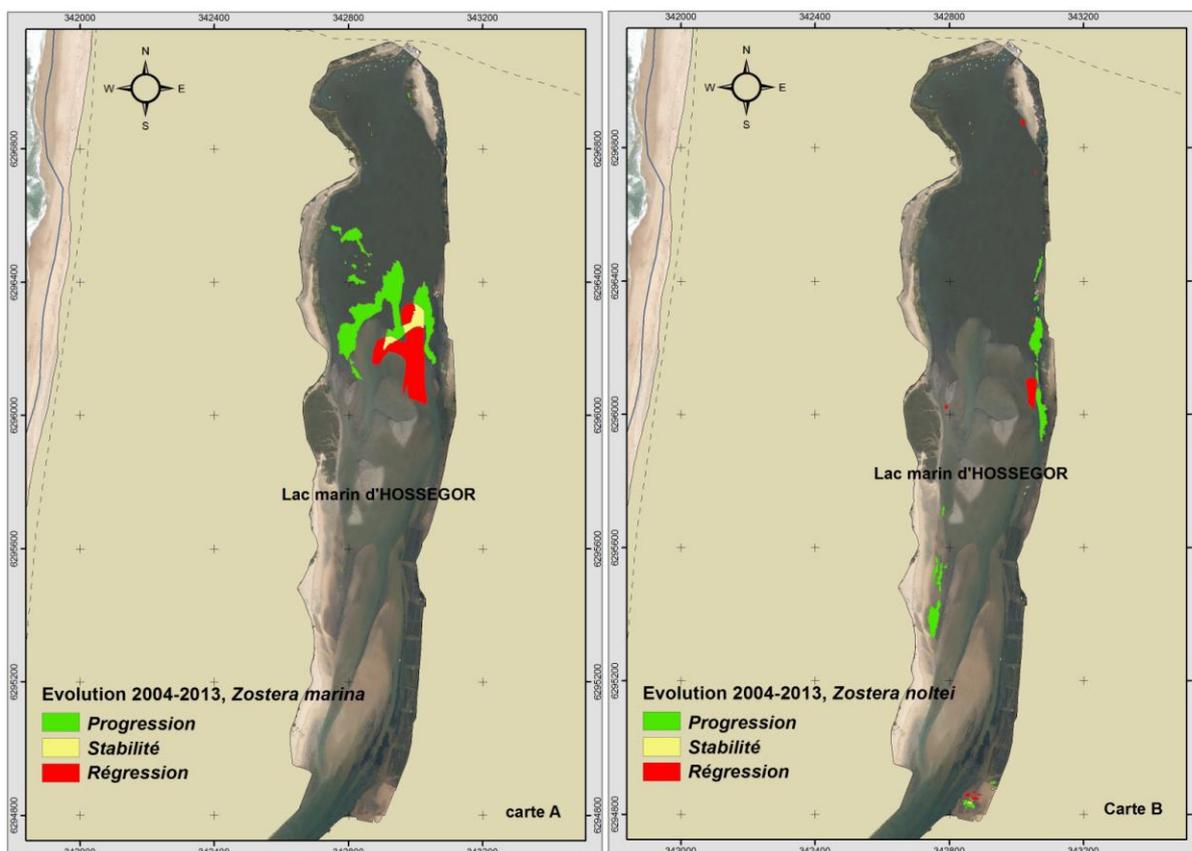


Figure 12 : Evolution de la surface de l'herbier de *Zostera marina* (carte A) et de *Zostera noltei* (carte B) entre 2004 et 2013 obtenue par croisement des couches cartographiques sous Arcgis 10.2. Superposition avec l'ortho-photographie littorale de 2012.

- **Les herbiers infratidaux à *Zostera marina*** ont fortement progressé entre 2004 et 2013. Au cours des 10 dernières années et malgré la régression importante qui avait été notée entre 2004 et 2008 (- 80%), l'emprise de ces herbiers est passée de 2,27 Ha en 2004 à 3,29 Ha en 2013 soit un **accroissement de 45 %**.

Comme décrit dans le chapitre précédent, cette progression concerne principalement la partie nord du lac d'Hossegor, ne présentant pas d'évolutions morphologiques importantes sur la période concernée. Au contraire, la partie sud de l'herbier a subi une importante régression pouvant être attribuée à une mobilité des fonds importante dans cette zone. Ainsi, la migration vers le nord-ouest des herbiers semble être contrôlée par la migration des lobes sableux dans cette même direction (comme le montre la comparaison des ortho-photographies littorales 2000 et 2012 ; Figure 8).

On note également l'apparition de quelques très petites tâches peu denses sur le sud de la rive occidentale du lac, en limite inférieure du nouvel herbier de *Zostera noltei* ainsi qu'à l'extrémité nord est du lac. (Figure 6C).

On ne note aucun développement sur la moitié sud du lac sans doute parce que les bancs de sable sont encore très mobiles dans ce secteur. En effet, bien que la comparaison de l'image Google Earth de 2007 et de l'orthophotographie de 2012 (Figure 8) mette en évidence la présence de bancs de sables et de chenaux associés relativement similaires entre ces deux dates, il est probable que la position des chenaux et bancs de sable varie saisonnièrement en fonction des apports en sables et des forçages hydrodynamiques, ne permettant pas aux herbiers de se développer dans ce secteur.

L'herbier de grandes zostères est également absent dans le quart le plus nord du lac où est localisée la zone la plus profonde, sujette à l'accumulation régulière de macroalgues opportunistes sur toute la hauteur de la colonne d'eau. A cet endroit, les proliférations quasi permanentes d'algues vertes limitent l'éclairement indispensable au développement de *Zostera marina*.

- **Les herbiers intertidaux à *Zostera noltei*** ont également fortement progressé entre 2004 et 2013. Leur emprise est passée de 0,33 Ha en 2004 à 1,19 Ha en 2013 soit un **accroissement de 260 %**.

Entre 2004 et 2008, ces herbiers se sont d'abord étendus vers le sud (0,33 ha) tout en régressant un peu dans le nord (disparition des tâches situées à l'extrémité nord est).

Entre 2008 et 2013 on note au contraire une importante régression de la partie sud des herbiers de la rive orientale, conjuguée à un fort développement vers le nord. Au cours de cette période, on voit réapparaître les tâches des extrémités nord et sud qui avaient disparu lors de la cartographie 2008.

Comme pour l'herbier de zostères marines, le déplacement des herbiers intertidaux à *Zostera noltei* existants, vers le sud ou vers le nord, ainsi que l'apparition de nouveaux herbiers ou la disparition/réapparition des tâches anciennes s'expliquent sans doute essentiellement par les modifications morpho-sédimentaires entre les deux périodes.

4.8. Calcul de l'indice extension

Pour le calcul de la valeur du Ratio de Qualité Ecologique (RQE) de la métrique « extension » des herbiers de zostères, les experts français ont jugé cohérent d'utiliser les **données historiques** en leur possession et de considérer que les conditions de référence, pour chaque masse d'eau, sont constituées par l'extension maximale connue des herbiers dans chaque masse d'eau (Auby *et al.*, 2010).

Dans la plupart des masses d'eau surveillées sur le littoral Manche-Atlantique, dont le Lac marin d'Hossegor, les observations les plus anciennes sont postérieures aux années 1980. La carte la plus ancienne dont on dispose pour Hossegor est celle de 2004 présentée aux chapitres 3.1 et 4.2.

Les experts français ont considéré que la notation adoptée dans la grille britannique n'était pas assez sévère pour qualifier correctement le niveau de perturbation en fonction des régressions observées. A titre d'exemple, une perte de 50% de la surface d'un herbier n'est considérée par les britanniques que comme une « altération modérée » alors qu'elle est considérée comme « majeure » voire « sévère » par les experts français.

En conséquence, la grille d'évaluation suivante est appliquée aux masses d'eau du littoral Manche-Atlantique.

Tableau 5 : Grille de classement adoptée par les experts français pour la métrique « extension »

Etat	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Réduction de superficie par rapport à l'extension « maximale »	0-10%	11-20%	21-30%	31-50%	> 51%

Tableau 6 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur du Ratio de Qualité écologique (RQE) pour la métrique « extension » adoptée par les experts français

Perturbation	Modification de l'extension (toutes espèces confondues) par rapport aux conditions de référence et RQE
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... 20% perte = 0,60
Altérations modérées	21% perte = 0,59, 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 = 0,00

Les RQE sont calculés pour chacune des deux espèces de zostères puis sont ensuite moyennés pour obtenir le RQE correspondant à la métrique « extension ».

Les données relatives à l'extension des herbiers du lac d'Hossegor, à plusieurs périodes de l'histoire sont présentées sur le tableau 7. Les résultats montrent une forte progression d'extension pour les deux espèces.

Tableau 7 : Evolution de l'extension des herbiers de zostères de la masse d'eau « Lac d'Hossegor » au cours du temps.

Année	<i>Z. marina</i>	<i>Z. noltei</i>
2004	2,27 Ha	0,33 Ha
2008	0,47 Ha	0,46 Ha
2013	3,29 Ha	1,19 Ha
Evolution par rapport à la plus grande extension connue avant 2013	+ 45%	+ 159%

Les RQE pour la métrique « extension » ont été calculés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Grille de correspondance entre les changements observés et la valeur de RQE 2013 pour la métrique « extension ».

Modification de l'extension (toutes espèces confondues) par rapport aux conditions de référence et RQE	<i>Zostera noltei</i> RQE 2013	<i>Zostera marina</i> RQE 2013	<i>Zostera spp</i> * RQE 2013
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... 20% perte = 0,60			
21% perte = 0,59, 22% perte = 0,58, ... 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			

Pour les herbiers de zostères du lac d'Hossegor, le RQE 2013 final pour la métrique extension, égal à 1, correspond au « très bon état ». **En conséquence, l'emprise 2013 devient l'emprise maximale de référence pour cette masse d'eau.**

5. Conclusion

D'apparition relativement récente (postérieure à 1970) dans le Lac d'Hossegor, les zostères (*Zostera marina*, en position infratidale - *Zostera marina* et *Zostera noltii* en position intertidale) constituent des herbiers d'étendues variables selon les époques.

Les herbiers de *Zostera noltei*, échantillonnés dans le cadre suivi stationnel du contrôle de surveillance, présentent une forte biomasse de feuilles par rapport à d'autres sites littoraux (80 à 100 g poids sec/m²) et ce malgré de fortes biomasses d'algues opportunistes (gracilaires et ulves) présentes à leur surface (Auby *et al.*, 2013).

Par ailleurs, la présence de ces herbiers favorise la biodiversité faunistique du lac. En effet, dans la zone intertidale, Blanchet *et al.* (2013) observent systématiquement de plus fortes abondances et un plus grand nombre d'espèces d'invertébrés benthiques dans les herbiers que dans les zones de sédiment nu.

Entre 2004 et 2008, la surface des herbiers infratidaux de *Zostera marina* semble avoir fortement régressé, passant de 2,27 à 0,47 ha. Outre les incertitudes liées à la carte de 2004, on peut penser que cette régression s'explique surtout par des modifications morpho-bathymétriques.

Les herbiers intertidaux auraient migré vers le sud mais leur emprise totale aurait légèrement augmenté (0,33 à 0,47 ha) entre ces deux dates.

Entre les cartes de 2008 et de 2013, on constate une **forte progression des herbiers infratidaux à *Zostera marina***, l'emprise de ces herbiers étant passée de 0,47 Ha en 2008 à 3,29 Ha en 2013 soit un **accroissement de 600 %**.

Parallèlement, **les herbiers intertidaux à *Zostera noltei***, en mélange avec la forme parvozostéride de *Zostera marina* (dans les parties basses), ont également fortement progressé entre 2008 et 2013. Leur emprise est passée de 0,47 Ha en 2008 à 1,19 Ha en 2013 soit un **accroissement de 150 %**.

On peut raisonnablement affirmer que, comme cela a été mentionné dans le rapport historique d'Hossegor rédigé par la Société de Propriétaires à Soorts-Hossegor (*Commission : Lac, Qualité des Eaux, Assainissement - Juin 2003*), le Lac marin d'Hossegor tend à revenir vers un état d'équilibre d'avant les dragages de 1992.

Les mouvements hydro-sédimentaires importants observés dans la partie sud semblent responsables de la progression vers le nord et l'ouest de l'emprise des herbiers infratidaux mais également de la régression localisée observée au centre de la rive orientale du lac. La position des herbiers apparaît corrélée aux divagations des chenaux. En conséquence, l'apparente plus grande stabilité des chenaux ces dernières années aurait clairement favorisé le développement de l'herbier et son importante extension spatiale.

La cartographie de 2013 montre une emprise des herbiers à angiospermes jamais observée jusqu'à ce jour. Elle pourra donc être retenue comme « **état de référence** » pour le calcul de l'indice d'extension utilisé dans le cadre de la surveillance DCE.

Cette nouvelle cartographie d'habitat 2013 nous incite à attirer l'attention sur le fait que ces herbiers qui ont un rôle hydro-sédimentaire très important sur la circulation ou la remise en

suspension de particules fines (fixation des vases) donc sur la turbidité des eaux mais aussi sur la biologie du lac marin (qui s'avère être un « hot spot » de biodiversité), doivent absolument être préservés dans l'hypothèse d'une opération de dragage du lac.

Il ne faut pas perdre de vue, que la connexion entre l'ancien lit de l'Adour constitué en partie par le lac d'Hossegor et la passe de Capbreton, décidée sous le second empire, avait pour but de maintenir la passe de Capbreton praticable par « effet de chasse » en augmentant le volume oscillant. Les opérations de dragages mises en oeuvre au cours de la période 1980-1992, s'inscrivaient dans cette logique de maintien voire d'augmentation du volume oscillant.

En conséquence, si les cartes bathymétriques futures montrent un retour à la situation de 1990, des actions importantes de dragage des bancs de sable situés au sud du lac seront inévitablement programmées pour garantir un volume oscillant suffisant pour maintenir une passe navigable à la sortie du port de Capbreton.

Les techniques mises en oeuvre devront permettre un dragage précis préservant l'important herbier infratidal à *Zostera marina* en cours de développement, cette espèce s'avérant d'ailleurs protégée par l'arrêté du 8 mars 2002 qui établit la liste des espèces végétales protégées en région Aquitaine complétant la liste nationale (J.O du 04/05/2002).

Bibliographie

NB : Tous les rapports Ifremer sont téléchargeables sur la base bibliographique Archimer - <http://archimer.ifremer.fr/>

Alloncle N., Guillaumont L., Levêque L., 2005. Cartographie des herbiers de zostères. Fiche technique – Projet REBENT. FT14-2005-01.doc.

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, 72 p + annexes.

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. Rapport Ifremer RST/LER/AR/09-002, 21 p.

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 - District Hydrographique Adour-Garonne - 2007-2012. Rapport Ifremer RST/ODE/UL/LER/AR/13-004, 23 p.

Auby I., D'Amico F., Barbier C., Maurer D., Gouriou L., Plus M., Rigouin L., Rumebe M., Tournaire M., Trut G., Oger-Jeanneret H., Derrien A., Genauzeau S., Schmitt A., Charpentier G., Seugnet J., Grizon J., Geairon P., Guilpain P., Thomas G., Guesdon S., Chabirand J., Soudant D., Lamoureux A., Llevot G., Beaugrand P., Michel V., Petrau C., Bariou J., Landier P., Miguel V., (2013). Suivi « hydrologie » et « phytoplancton » des masses d'eau du bassin hydrographique Adour-Garonne en 2007-2012. Rapport ifremer RST /LER/AR/13-007, 101 p.

Blanchet H., Gouillieux B., Bachelet G., Leconte M., Lavesque N., Villedieu A., Prince F. (2013). Contrôle de surveillance DCE 2012. Echantillonnage DCE des Masses d'Eau Côtières du district Hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique ». Rapport Université Bordeaux I, 46 p.

http://envlit.ifremer.fr/content/download/81676/561377/version/4/file/Rapport_DCE2012_INVBEN_MEC_AGsud.pdf

De Jong, D.J. (2004). Water Framework Directive: determination of the Reference condition and Potential-REF/Potential-GES and formulation of indices for plants in the coastal waters CW-NEA3 (K1), CW-NEA4 (K2), CW-NEA1 (K3), transitional waters, TW-NEA11 (O2), and large saline lakes, NEA26 (M32), in The Netherlands. Working document RIKZ/OS/2004, 832p.

Dulau J. (1967). Etude écologique de la flore algale de Capbreton-Hossegor (Landes). Bull. Cent. Etud. Rech. Sci., Biarritz, -(4), 769-875.

Fiche Technique REBENT n°4 (V2) : Suivi des Herbiers de Zostères (C. Hily, Déc. 2004). <http://www.ifremer.fr/rebent/>

Larkum, A., Orth, W.D., Robert J., Duarte, F., Carlos, M. (2006). Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. 1st ed. 2nd printing, 2007, 691 p.

Rapport historique d'Hossegor rédigé par la Société de Propriétaires à Soorts-Hossegor (*Commission : Lac, Qualité des Eaux, Assainissement - Juin 2003*).

Arrêté du 8 mars 2002 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Aquitaine complétant la liste nationale, JORF n°104 du 4 mai 2002 page 8525 texte n° 231.