



**HAL**  
open science

## **Impacts des pratiques de la pêche à pied professionnelle à la palourde sur les herbiers de la zostère naine *Zostera noltei* : analyse bibliographique et bilan des expérimentations 2014 sur la concession scientifique d'ADE (île d'Oléron)**

Pierre-Guy Sauriau, Maxime Guerry, Fabien Aubert, Antoine Duvard

### ► To cite this version:

Pierre-Guy Sauriau, Maxime Guerry, Fabien Aubert, Antoine Duvard. Impacts des pratiques de la pêche à pied professionnelle à la palourde sur les herbiers de la zostère naine *Zostera noltei* : analyse bibliographique et bilan des expérimentations 2014 sur la concession scientifique d'ADE (île d'Oléron). Rapport du contrat d'étude CRPMEM, LIENSs, CNRS, Université de La Rochelle, La Rochelle, LIENSs (UMR 7266). 2015, pp.46. <hal-03872666>

**HAL Id: hal-03872666**

**<https://hal.science/hal-03872666v1>**

Submitted on 25 Nov 2022

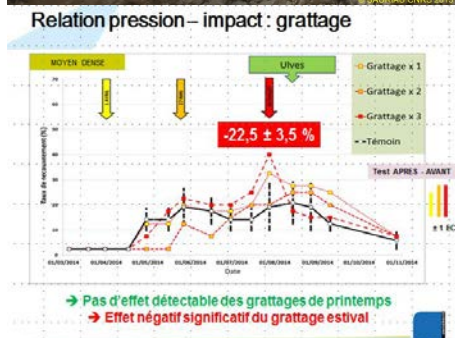
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

# Impacts des pratiques de la pêche à pied professionnelle à la palourde sur les herbiers de la zostère naine *Zostera noltei* : analyse bibliographique et bilan des expérimentations 2014 sur la concession scientifique d'ADE (île d'Oléron)



**Sauriau P.-G., Guerry M., Aubert F. & Duvar d A.**

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

Juin 2015

Etude financée par le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Poitou-Charentes avec les soutiens financiers de la Région Poitou-Charentes, du Conseil Général de la Charente-Maritime et du Fonds Européen pour la Pêche (FEP) de l'Union Européenne.



## Sommaire

1.	Préambule .....	1
1.1.	Origine de l'étude.....	1
1.2.	Mise en place.....	1
1.3.	Objectifs.....	1
2.	Analyse bibliographique des impacts de la pêche à pied à la palourde sur les herbiers .....	4
2.1.	Introduction.....	4
2.2.	Pêche à pied à la palourde sur l'île d'Oléron.....	5
2.3.	Impact de la pêche sur les herbiers marins.....	9
2.4.	Impact de la pêche à pied sur <i>Zostera noltei</i> .....	9
2.4.1.	Réponse des herbiers de <i>Zostera noltei</i> .....	10
2.4.2.	Réponse de la communauté animale associée aux herbiers .....	10
3.	Expérimentations 2014 sur la concession d'ADE (île d'Oléron) .....	15
3.1.	Stratégie expérimentale .....	15
3.2.	Site d'étude .....	19
3.3.	Schéma expérimental.....	19
3.4.	Réalisation des perturbations liées à la pêche à pied .....	20
3.4.1.	Calendrier .....	20
3.4.2.	Trois types de perturbation simulée .....	21
3.4.1.	Mesures effectuées .....	24
3.4.2.	Analyses statistiques .....	26
3.5.	Résultats .....	26
3.5.1.	Cycle saisonnier thermique .....	26
3.5.2.	Variations de salinité .....	27
3.5.3.	Aléas liés aux développements algaux à ulves .....	28
3.5.4.	Aperçu global des effets de perturbation .....	29
3.5.1.	Grattage.....	30
3.5.1.	Piétinement .....	31
3.5.1.	Fouille manuelle .....	32
4.	Synthèse et conclusion sur l'expérimentation de 2014 .....	32
5.	Perspectives 2015.....	36
6.	Bibliographie.....	37
7.	Annexes .....	41



## 1. Préambule

---

### 1.1. Origine de l'étude

---

Le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Poitou-Charentes (CRPMEM) en concertation avec les services de l'Etat (DREAL et DDTM) a commandé au laboratoire LIENSs de l'Université de La Rochelle une étude des effets de la pêche à pied professionnelle à la palourde sur les herbiers de la zostère naine du bassin de Marennes-Oléron. Plusieurs réunions ont été nécessaires pour arrêter les principes de l'étude et délimiter un site pour la réaliser.

### 1.2. Mise en place

---

Au cours de la réunion du 29 juillet 2013, le principe d'une approche expérimentale en domaine intertidal a été retenu à la demande de P.-G. Sauriau. La DREAL Poitou-Charentes a suggéré d'utiliser également les protocoles DCE sur les sites pêchés et hors pêche professionnelle à fins de comparaison de l'état écologique des herbiers soumis globalement à des impacts différents par la pêche à pied professionnelle et de loisir. Une première visite de terrain a permis de valider le site intertidal d'Ade avec herbier de densités variables sur sédiments sablo-vaseux et situé à proximité du CREEA (Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole) au Château d'Oléron.

Le 6 août 2013, la DDTM, deux professionnels de la pêche à pied et P.-G. Sauriau ont prospecté le site d'Ade afin qu'y soit délimitée une concession scientifique hors zone de pêche à pied professionnelle permettant la réalisation sans perturbation de l'approche expérimentale (Figure 1). Cette concession scientifique a ensuite été accordée à l'Université de la Rochelle pour une durée de 10 ans (Annexe 1).

### 1.3. Objectifs

---

L'étude proposée par le laboratoire LIENSs comporte trois phases :

- **une première phase** d'analyse bibliographique des études les plus significatives. Elle doit permettre 1) de faire un bilan des résultats connus sur les effets réels ou supposés réels, des effets négatifs et/ou positifs de la pêche à pied professionnelle et/ou de loisir sur les herbiers de zostère et en particulier de la zostère naine, 2) d'affiner le protocole expérimental initialement prévu pour l'étude et 3) de recueillir des informations sur les pratiques de pêches à la palourde permettant d'assurer le bon déroulement des expérimentations simulant ces pratiques de pêche. Cette

première phase d'analyse bibliographique a été réalisée à travers un stage de Master 2 de l'Université de La Rochelle (Guerry, 2014).

- **une seconde phase** d'étude expérimentale à réaliser en 2014. Pour en assurer la cohérence avec ce qui est connu de la dynamique des herbiers 1) elle se déroulera sur toute la période de végétation de l'herbier (mars à octobre) et 2) s'appuiera sur une approche statistique et expérimentale de la réponse de l'herbier à différentes perturbations générées par la pêche à pied (piétinement et retournement du sol). L'attendu principal de cette approche expérimentale est de décrire la relation « pression-impact » tout en tenant compte de la dynamique de croissance saisonnière de l'herbier. Les résultats attendus sont de déterminer comment se répercutent les perturbations par piétinement et retournement des sols occasionnés par la pêche des palourdes sur l'état des herbiers (densité de pied, densité des feuilles, couverture au sol des feuilles, croissance des feuilles, blooms de macroalgues). Il s'agira aussi de déterminer comment se restaure l'herbier au cours de sa période de végétation (mars – octobre) s'il est soumis à une ou plusieurs opérations successives de pêche à pied à la palourde. Cette seconde phase a été réalisée partiellement par Guerry (2014) de mars à juin 2014 puis complétée par la suite jusqu'en octobre 2014 en utilisant les protocoles réellement pertinents.
- **une troisième phase** d'observations comparatives de l'état écologique des herbiers (au sens défini par la DCE) sur plusieurs sites d'Oléron à réaliser en 2015. Il s'agira de comparer plusieurs situations contrastées de pression de pêche en se basant sur le zonage des sites de pêche défini pour 2014 ou à définir pour 2015 a priori sur le secteur Ade-Manson. Le principe est d'utiliser les informations sur la fréquentation des sites grâce au programme Life+ Pêche à pied en cours de réalisation (<http://ec.europa.eu/environment/life/funding/lifeplus.htm#First>) afin d'interpréter l'état écologique des herbiers en fonction de la fréquentation des sites par les pêcheurs à pied (IODDE & VivArmor, 2013). Un premier choix a porté sur 1) une zone hors pêche sur la concession scientifique d'Ade (zone témoin) ; 2) une zone avec pêche professionnelle uniquement ; 3) une zone avec pêche de loisir uniquement ; 4) une zone mixte. Une zone très fréquentée par la pêche de loisir (le Château d'Oléron) pourra être utilisée car déjà suivie par les opérations annuelles de surveillance DCE depuis 2012 et déjà l'objet de comptage de fréquentation par IODDE dans les années 2006-2009.



**Feuille cadastrale n° 922**



**Unité Cultures Marines et Pêche, D.D.T.M. 17**

Echelle : 1 / 4000

Figure 1 : Plan de position de la concession expérimentale sur le site d'Ade sur Oléron délimitée par la DDTM le 6 août 2013.

## 2. Analyse bibliographique des impacts de la pêche à pied à la palourde sur les herbiers

---

### 2.1. Introduction

---

Les herbiers marins représentent un type de biotope présent dans toutes les mers du monde, du cercle polaire arctique jusqu'en Nouvelle-Zélande (Green & Short, 2003). Ils constituent des habitats marins de grande importance pour les écosystèmes environnants. En effet, ils fournissent abris et nourriture à de nombreuses espèces (poissons, oiseaux, mollusques, crustacés...) tout en fournissant de nombreux services écosystémiques (Barbier *et al.*, 2011 ; Green & Short, 2003 ; Schmidt *et al.*, 2011 ; Moberg *et al.*, 2003). Les herbiers marins jouent ainsi un rôle important dans l'économie des littoraux où ils sont présents. Ce sont des gisements d'espèces pêchées lors de la pratique de la pêche à pieds, des sites de nurseries ou de nourrissage pour des espèces de vertébrés comme par exemples le bar commun *Dicentrarchus labrax* et la bernache cravant *Branta bernica* en Europe. Dans certaines régions du monde (Kenya), un artisanat s'est même développé autour de ces milieux (Green & Short, 2003). De plus, les autres services écosystémiques offerts par les herbiers marins en font des milieux extrêmement précieux pour l'Humanité. A titre d'exemple, il est ainsi estimé que les herbiers marins rapporteraient 19000 US \$ ha/an (Costanza *et al.*, 1998) pour une valeur totale estimée de 3,8 trillions US \$ (Green & Short, 2003).

Cependant, malgré cette importance pour l'Homme, les herbiers marins sont des écosystèmes en constante régression. Cette régression déroule des activités humaines et de la combinaison des impacts anthropiques subis qu'ils soient directs et/ou indirects. Eutrophisation, augmentation de la turbidité des eaux, destruction surfacique par les activités portuaires ou balnéaires... ne sont que quelques-unes de ces menaces (Green & Short, 2003). Cependant, il faut remarquer qu'une fois disparus d'une région, les herbiers marins sont très difficiles à réimplanter (Cunha *et al.*, 2012) et ne fonctionnent au mieux que sur de petites surfaces (Ganassin & Gibbs, 2008). Il est donc primordial de protéger les herbiers existants pour éviter leur complète disparition. Pour cela, des connaissances supplémentaires sur les herbiers, leurs fonctionnement et leurs réactions aux pressions anthropiques sont nécessaires en parallèle à la mise en place de mesures de gestions pour éviter leur dégradation et/ou disparition.

Dans ce contexte, les herbiers de zostère sont considérés comme des habitats patrimoniaux tant à l'échelle française qu'aux échelles européennes et mondiales :

- A l'échelle française : ils sont clairement identifiés dans la « loi littoral » du 3 janvier 1986 et son article R. 146-1 où les herbiers sont à préserver « dès lors qu'ils constituent une caractéristiques du patrimoine naturel ... et sont nécessaires au

maintien des équilibres biologiques ou présentent un intérêt écologique ». Ils sont clairement identifiés dans les Cahiers d'Habitats Natura 2000 Tome 2 (Bensettiti *et al.*, 2004) dans deux habitats pour la façade atlantique, l'habitat 1110 « Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine » et sa déclinaison « Sables fins propres et légèrement envasés, herbier de *Zostera marina* » 1110-1 pour l'espèce *Zostera marina* et l'habitat 1130 « Estuaire » et sa déclinaison « Slikke en mer à marées (façade atlantique) » 1130-1 pour *Zostera noltei*. Ils sont également présents dans les listes régionales d'espèces protégées comme en Basse-Normandie, Bretagne ou Pays de la Loire. De plus par Arrêté Préfectoral 2013-7456 pour la Région Bretagne il y a interdiction de pêche de loisir dans les herbiers bretons depuis le 21/10/2013.

- A l'échelle européenne, les herbiers de zostère sont des habitats indicateurs d'état écologique au sens de la Directive Cadre Eau DCE (2000/60/CD) et utilisés comme tels par les programmes de surveillance (Auby *et al.*, 2010a, b ; Auby *et al.*, 2014). De même la convention Oslo-Paris dite OSPAR inclue les herbiers de zostères depuis 2003 dans sa liste des espèces et habitats menacés et/ou en déclin (OSPAR, 2009).

Divers programmes de protection et de conservation des herbiers sont donc mis en place à ces différentes échelles, mondialement (UNEP WCMC), en Europe (OSPAR), en France (Ministères) et régionalement (DREAL) à travers des politiques concertées.

L'île d'Oléron possède des herbiers marins développés essentiellement sur sa façade de l'est (Figure 2) ; les herbiers occupant également une grande partie des estrans sablo-vaseux continentaux de la partie sud de la baie de Marennes-Oléron (Sauriau, 2008 ; Auby *et al.*, 2010a, b). L'association IODDE suit depuis plusieurs années les pratiques de pêche sur les estrans vaseux (IODDE, 2008, 2009, 2011 ; IODDE & VivArmor, 2013) et il est possible de savoir globalement qui sont les pêcheurs à pied, ainsi que de comment, où et quand ils pratiquent leurs activités. Cependant malgré les informations fournies par IODDE sur les pratiques de pêche de loisir et celles fournies par le CRPMEM sur les pratiques de pêche professionnelle, le contact a été dressé d'un manque complet d'information sur les effets et impacts de la pêche à la palourde (*Ruditapes sp.*) sur les herbiers intertidaux de la zostère naine des estrans d'Oléron.

## **2.2. Pêche à pied à la palourde sur l'île d'Oléron**

---

L'association IODDE (Ile d'Oléron Développement Durable Environnement) a développé le programme REVE (Reconquête Et Valorisation des Estrans) centré sur la pêche à pied de loisir et les utilisations de l'estran. Ce programme est divisé en trois volets, un volet scientifique (réalisation de

diagnostics, recherche...), un volet de sensibilisation et de pédagogie (bonne pratique de pêche) et un volet d'accompagnement réglementaire des communes littorales. L'un des aspects de ce projet consiste en la caractérisation des pratiques de pêche à pied, de la fréquentation des sites de pêche et du profil des pêcheurs à pied (IODDE, 2011).

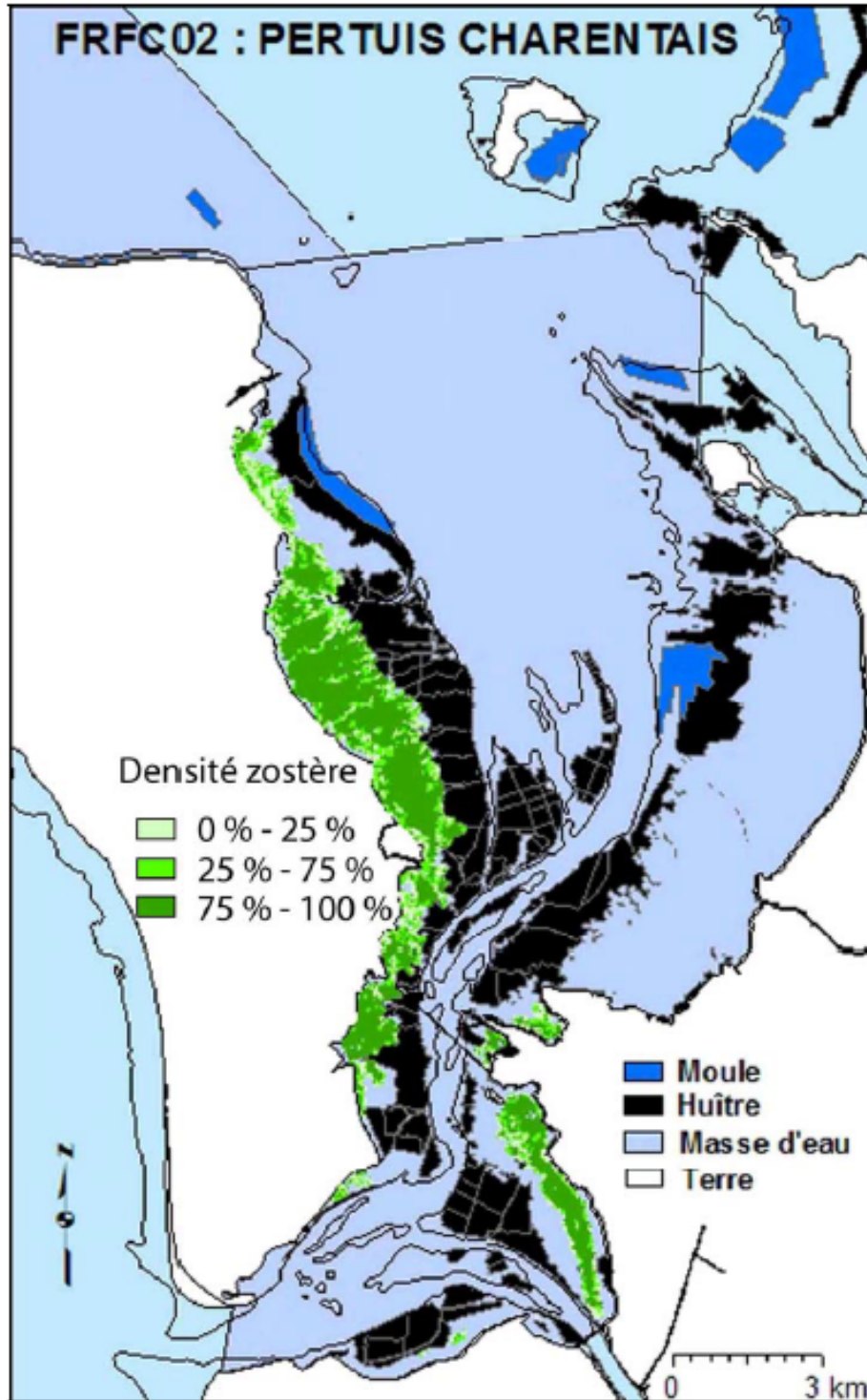


Figure 2 : Estimation de l'extension de l'herbier à *Zostera noltei* dans la masse d'eau côtière Pertuis charentais FRFC02 en 2007 (Sauriau *et al.*, 2008).

Il a été ainsi remarqué que la fréquentation des estrans varie non seulement en fonction des coefficients (plus la marée est forte et plus le nombre de pêcheurs à pieds augmente) mais aussi le moment de la semaine (moins de personnes en semaine que le week-end) mais aussi en fonction de la période de l'année avec plus de pêcheurs en été, formant un pic de fréquentation des estrans (IODDE, 2008). La météo et les horaires de marées sont aussi des facteurs déterminants (IODDE, 2009). L'île d'Oléron présente une grande diversité d'estrans, entraînant une grande diversité des pratiques de pêche à pied. Les méthodes de pêches varient en fonction des types d'estrans et de proies ciblées (IODDE, 2011). Pour la pêche à la palourde, deux techniques sont utilisées, la pêche « à la gratte » et la pêche « au trou » (IODDE, 2011) :

- La pêche « à la gratte » consiste à labourer le sédiment avec un outil à dents localement appelé grapette (Figure 3 A) ou à mains nues pour récupérer les coquillages (IODDE, 2011 ; CRPMEM, 2013).



Figure 3 : Instruments traditionnellement utilisés pour la pêche « à la gratte » sur l'île d'Oléron, une grapette (A) pour déterrer les palourdes et un panier à manche (B). Photo Sauriau P.-G.

- La pêche « au trou », qui se pratique surtout sur les sédiments vaseux ou sablo-vaseux, doit son nom au fait que les pêcheurs utilisant cette technique repèrent les deux trous laissés par les siphons des mollusques puis extraient le mollusque en creusant à cet endroit soit avec un couteau à palourde soit au(x) doigt(s). D'autres techniques existent pour repérer les palourdes quand les siphons sont peu visibles mais nécessitent une plus grande expérience (IODDE, 2011).

L'ensemble de ces activités génère sur le sol et sur le tapis de feuilles des zostères des perturbations visibles et aisément reconnaissables :

- La pêche « à la gratte » génère des griffures plus ou moins profondes des sols vaseux et des déchaussements des rhizomes d'herbiers ainsi que de l'arrachage de feuilles (Figure 4 A) ;
- La pêche « au trou », génère des empreintes de doigts ou de couteau (Figure 4 B) ;
- Le piétinement est toujours associé aux autres perturbations et génère un enfouissement et un écrasement des feuilles et rhizomes (Figure 4 C ET D).

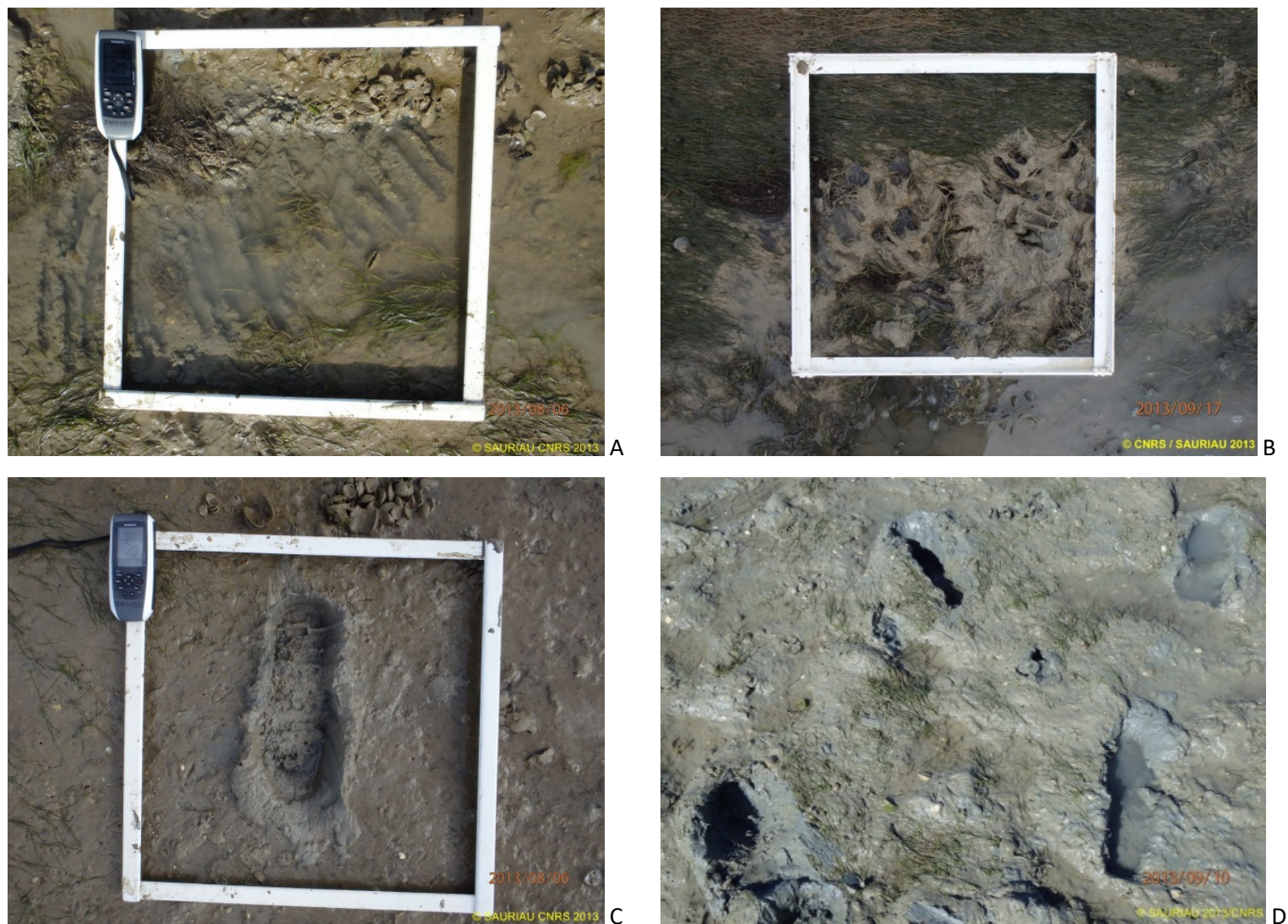


Figure 4 : Exemples de perturbations générées par le grattage (A), la pêche au trou (B) et le piétinement (C). Photo Sauriau P.-G.

Selon les données du CRPMEM, le nombre de pêcheurs à pied professionnels a été en augmentation sur la période 2010-2013 jusqu'à 82 licences puis en stagnation depuis lors, alors que le nombre de licences palourdes est lui resté constant autour de 32 à 34 licences (Tableau 1). La pêche à la palourde est la principale activité de pêche sur les estrans vaseux, loin devant la pêche aux huitres ou aux coques. Les estimations de tonnage pêché provenant des vasières intertidales varient de 101 à 247 t sur la région de la mer des Pertuis pour l'année 2010 (IODDE, 2011).

Tableau 1 : Variation du nombre de pêcheurs professionnels et du nombre de licences de pêche à la palourde sur la période 2010-2015, source CRPMEM (2013).

Campagne	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015
Nombre de pêcheurs à pied	57	69	82	60	67
Nombre de licences palourdes	32	32	34	34	34

### 2.3. Impact de la pêche sur les herbiers marins

Les études concernant l'impact de la pêche à pied sur des espèces formatrices d'herbiers marins, concernent différentes régions du monde et différentes espèces. Ainsi des études ont eu lieu pour l'espèce *Thalassodendron ciliatum* sur l'Ouest de l'Océan Indien (Nordlund & Gullström, 2013), pour *Zostera japonica* de la Mer du Japon (Park *et al.*, 2011), pour *Thalassia testudinum* en Mer des Caraïbes (Eckrich & Holmquist, 2000) et pour *Zostera marina* en Atlantique Ouest (Hily & Gacé, 2004 ; Neckles *et al.*, 2005) et dans le Pacifique Est (Boese, 2002 ; Ruesink & Rowell, 2012).

Ces études portent à la fois sur la recolonisation des plantes d'herbiers après une perturbation importante liée à la conchyliculture ou à la pêche à pied (Neckles *et al.*, 2005 ; Park *et al.*, 2011 ; Ruesink & Rowell, 2012) et sur les impacts directs de la pêche à pied sur l'écosystème d'herbier (Eckrich & Holmquist, 2000 ; Boese, 2002 ; Nordlund & Gullström, 2013). La pêche y est traitée en général (Park *et al.*, 2011 ; Ruesink & Rowell, 2012 ; Nordlund & Gullström, 2013) ou bien traitée selon les types de perturbation possible comme le piétinement, la fouille manuelle, le raclage du sédiment ou la présence de culture de mollusques (Eckrich & Holmquist, 2000 ; Boese, 2002 ; Hily & Gacé, 2004 ; Cochon & Sanchez, 2005 ; Neckles *et al.*, 2005). Nombre de ces études portent aussi sur l'évolution du sédiment et/ou de la biocénose associée (faune et flore).

### 2.4. Impact de la pêche à pied sur *Zostera noltei*

Le nom scientifique valide de la zostère naine est *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann, 1832 (WoRMS, 2014). Le nom *Zostera noltei* Hornemann est une alternative tolérée (WoRMS, 2015). Il sera utilisé dans cette étude car nombre de références bibliographiques ont utilisé le nom d'usage

*Zostera noltii* Hornemann, pourtant mal orthographié. Son orthographe est aujourd'hui rectifiée et conforme à l'hommage fait au botaniste Ernst Ferdinand Nolte lors de la description de cette zostère.

Les principales études (Tableau 2) concernant le lien entre la pêche à pied et *Zostera noltei* restent concentrées sur deux zones, le Sud du Portugal (Ria Formosa) et la côte Atlantique française (Bassin d'Arcachon) même si d'autres régions possèdent une bibliographie sur des sujets proches (Bretagne : inVIVO environnement, 2012). Dans les deux régions, la principale activité de pêche à pied réalisée sur les herbiers est la pêche à la palourde telle que *Ruditapes decussatus*, *Ruditapes philippinarum* et leur potentiel hybride (Hurtado *et al.*, 2011), ce qui est aussi le cas de la région de Marennes-Oléron. Ces études portent soit sur l'impact de la pêche à pied en général sur les caractéristiques de la plante (Cabaço *et al.*, 2005 ; Alexandre *et al.*, 2005) soit sur le suivi de la croissance et de la production primaire des herbiers à zostère naine (Auby, 1991 ; Ribaudou, 2005).

#### **2.4.1. Réponse des herbiers de *Zostera noltei***

---

La pêche à pied a pour effet direct une baisse de la biomasse, une baisse de la densité des pousses et une baisse du taux de recouvrement (Eckrich & Holmquist, 2000 ; Boese, 2002 ; Alexandre *et al.*, 2005 ; Cabaço *et al.*, 2005 ; Ruesink & Rowell, 2012 ; Nordlund & Gullström, 2013). En même temps, il est constaté une augmentation de la taille des pousses restantes (Ruesink & Rowell, 2012) ainsi qu'une accélération des processus de reproduction végétative et sexuée (Cabaço *et al.*, 2005 ; Ruesink & Rowell, 2012). Le nombre de pousses fleuries et de graines augmente tandis que la saison reproductive de l'herbier dans son ensemble est allongée (Alexandre *et al.*, 2005 ; Park *et al.*, 2011). La recolonisation est rapide (Park *et al.*, 2011). Cependant l'intensité du dérangement (Neckles *et al.*, 2005) et sa nature (Boese, 2002 ; Nordlund & Gullström, 2013) ainsi que la nature du sol (Eckrich & Holmquist, 2000) font varier les dégâts subis et le temps de recolonisation. La localisation des dégâts sur le rhizome va aussi avoir des conséquences sur sa croissance ultérieure et donc sur la reproduction végétative (Cabaço *et al.*, 2005). Enfin, il est à remarquer que la pêche n'a pas d'impact sur les premiers stades de croissance de l'herbier (Ruesink & Rowell, 2012).

#### **2.4.2. Réponse de la communauté animale associée aux herbiers**

---

La communauté animale associée aux herbiers de *Zostera noltei*, voir par exemple Do (2012), est assez peu étudiée dans le cadre des études regardant le lien entre les herbiers et la pêche à pied. Il n'y a ainsi aucune indication à propos du comportement de cette communauté après l'arrêt des perturbations. Le seul résultat marquant reste que la richesse spécifique diminue après les perturbations (Nordlund & Gullström, 2013), ce qui est attendu étant donné le lien fort entre la communauté des herbiers et l'herbier en lui-même.

## Rapport d'étude 2014 au CRPMEM Poitou-Charentes

Tableau 2 : Synthèse des principales études sur l'impact de la pêche sur les herbiers

Auteur	Titre	Lieu d'étude	espèce	Variables mesurées (plante)	Variables mesurées (biocénose)	Variables mesurées (sédiment)	Éléments de variation	Particularité	Durée	Effet	Schéma d'expérimentation
Cabaço, Alexandre, Santos, 2005	Population-level effects of clam harvesting on the seagrass <i>Zostera noltii</i>	Sud du Portugal	<i>Zostera noltii</i>	nombre de pousses au m <sup>2</sup> masse sèche de <i>Zostera noltii</i> survie nombre de pousses et d'internoeuds produits élongation du rhizome masse produite par le rhizome	/	/	pêché / non pêché nombre de nœud du rhizome position des pousses endommagées	mésocosme : herbier replanté descriptif <i>in situ</i> expérimental <i>in situ</i>	Juin-Novembre	La pêche diminue la densité des pousses et la biomasse La pousse apicale est endommagée ou les fragments à une seule pousse causent une diminution de la croissance du rhizome et de sa survie	descriptif : (1 traitement + 1 contrôle) * 5 réplicats de 12cm de diamètre toute les deux semaines expérimental 1 : (1 traitement + 1 contrôle) * 7 quadrats de 100cm <sup>2</sup> comptés toutes les 2 semaines expérimental 2 : mésocosmes
Alexandre, Santos, Serrão, 2005	Effects of clam harvesting on the sexual reproduction of the seagrass <i>Zostera noltii</i>	Sud du Portugal	<i>Zostera noltii</i>	nombre de pousses fleuries par m <sup>2</sup> nombre de spathe par pousse nombre de fleur mâle et femelle par spathe (stage floral I et II) sex-ratio effort reproductif (pourcentage de la masse au-dessus du sol alloué aux pousses fleuries)	/	/	pêché / non pêché	expérimental <i>in situ</i> , descriptif <i>in situ</i>	Juin-Novembre	La pêche augmente l'effort reproductif, diminue la densité des pousses, l'effort reproductif est plus long dans la saison et le nombre de graines est supérieur	descriptif : (1 traitement + 1 contrôle) * 2 sites vc 5 réplicats de 12 cm de diamètre toute les 2 semaines expérimental : (6 traitements + 6 contrôles) de 1m <sup>2</sup> divisé en 25 quadrats vc 5 choisis au hasard tous les mois pour 5 mois
Guimarães, Cunha, Nzinga, Marques, 2012	The distribution of seagrass ( <i>Zostera noltii</i> ) in the Ria Formosa Lagoon system and the implications of clam farming in its conservation	Sud du Portugal	<i>Zostera noltii</i>	/	/	/	protégé/moins protégé/non protégé	SIG enquête sur les acteurs locaux	/	/	/

## Rapport d'étude 2014 au CRPMEM Poitou-Charentes

Auteur	Titre	Lieu d'étude	espèce	Variables mesurées (plante)	Variables mesurées (biocénose)	Variables mesurées (sédiment)	Éléments de variation	Particularité	Durée	Effet	Schéma d'expérimentation
Boese, 2002	Effects of recreational clam harvesting on eelgrass ( <i>Zostera marina</i> ) and associated infaunal invertebrates : <i>in situ</i> manipulative experiment	Oregon (USA)	<i>Zostera marina</i>	densité de pousses au m <sup>2</sup> , élongation des feuilles, biomasse épigée et endogée	S, nombre d'individus, biomasse	granulométrie Carbone Organique Total	pêché (ratissé/fouillé) /non pêché	<i>in situ</i>	ratissage : 1998 (Juin à Août) fouille : 1999 (Mai à Août)	Le ratissage n'a pas d'impact mais la fouille fait baisser la biomasse épigée et endogée ainsi que la couverture végétale sur plus de 1 mois après la fin des perturbations mais moins de 10 mois après	ratissage : 100 quadrats de 1m <sup>2</sup> (moitié traitement) 2 semaines après le dernier traitement. Dans 20 de ceux-ci, 2 carottes de 8 cm de diamètre et 5cm de profondeur pour la macrofaune, 1 carotte de 3,4cm de diamètre et 5 cm de profondeur pour le sédiment, 4 carottes de 15cm de diamètre et 1m de profondeur pour la mégafaune et la biomasse végétale fouille : 40 quadrats de 1m <sup>2</sup> (moitié traitement) restent idem que précédent
Ruesink, Rowell, 2012	Seasonal effects of clams ( <i>Paponea generosa</i> ) on eelgrass ( <i>Zostera marina</i> ) density but not recovery dynamics at an intertidal site	Washington (USA)	<i>Zostera marina</i>	gain de taille des feuilles, longueur des feuilles croissantes, taille des pousses, taux de croissance (brut), taux de croissance (correction par la taille), taux C:N, densité de pousses, proportion de pousses issues de branches récentes	/	granulométrie, Carbone Organique Total, composition de l'eau interstitielle en nutriments (N)	herbier normal / pousses enlevées / palourdes ajoutées	expérimental <i>in situ</i>	Juin 2004 - Novembre 2007	baisse de la densité lors de la récolte des palourdes la conchyliculture ne change pas le taux de reprise de l'herbier, pas plus que sa densité hivernale En période estivale, la conchyliculture diminue la densité de pousses mais augmente la taille des pousses et la croissance clonale du rhizome	4 traitements et 10 répliquats de quadrats de 1m <sup>2</sup> mesures de flore dans des sous-échantillons de 25x25cm (9 fois entre Juillet 2004 et Juillet 2006) avec tx de croissance entre Novembre 2004 et Août 2005) mesures de sédiments dans carottes de 1,8cm de diamètre et 1cm de profondeur, 4, 10 et 12 mois après le début de l'expérience

## Rapport d'étude 2014 au CRPMEM Poitou-Charentes

Auteur	Titre	Lieu d'étude	espèce	Variables mesurées (plante)	Variables mesurées (biocénose)	Variables mesurées (sédiment)	Éléments de variation	Particularité	Durée	Effet	Schéma d'expérimentation
Nordlund, Gullström, 2013	Biodiversity loss in seagrass meadows due to local invertebrate fisheries and harbour activities	Sud du Mozambique	<i>Thalassodendron ciliatum</i>	densité de pousses au m <sup>2</sup> biomasse au-dessus et en dessous du sol, biomasse totale hauteur des pousses	Richesse spécifique S nombre d'individus biomasse	/	herbier protégé, herbier pêché, herbier dérangé par activités portuaires et touristiques	informations ethnologiques sur pêche descriptif <i>in situ</i>	fin Octobre 2005 - début Janvier 2006	différentes perturbations causent différents effets les perturbations causent une diminution de la biomasse, de la densité, de la richesse spécifique S	3 sites (=traitement)*5 transects de 5 quadrats de 25cm <sup>2</sup> faune et flore tamisées avec un tamis de 1mm récupéré sur 1/4 du quadrat et avec un tamis plus grand sur le reste les deux sur une profondeur de 50 cm
Eckrich, Holmquist, 2000	Trampling in a seagrass assemblage: direct effects, response of associated fauna, and the role of substrate characteristics	Sud-Ouest de Porto-Rico	<i>Thalassia testudinum</i> , <i>Syringodium filiforme</i> , <i>Halodule wrightii</i>	Aire foliaire densité de pousses jeunes taille des pousses, biomasse au-dessus du sol et au-dessous recouvrement herbier	recouvrement zoanthidés et algues nombre d'individus biomasse et nombre d'espèces de crevettes et de poissons	recouvrement sable nu granulométrie, enfoncement sous pression constante ou avec impact	avant /après herbier plus ou moins piétiné	expérimental <i>in situ</i>	sur 2 réplicats piétinement de Mars 96 à Juillet 96 (mesures jusqu'en Février 97) sur les 8 autres, piétinement de Septembre 96 à Janvier 97 (mesures jusqu'en Août 97)	plus le sol est ferme, moins il y a de perturbations la pêche cause une baisse de biomasse endogée et une baisse de biomasse de la faune associée	3 traitements de piétinement (lignes de 5*2,5m) vc 10 réplicats (séparation entre lignes de 1,5m 2 quadrats de 1m <sup>2</sup> à chaque extrémité, densité de pousses dans 2 quadrats de 25x25cm, petites pousses récoltées dans 2 quadrats de 12,5x12,5cm piège à faune de 75x75cm installé et filet passé à l'intérieur 10 fois pour récupérer la faune de la canopée sédiments récupérés par carotte de 7,1cm de diamètre et 15cm de profondeur

## Rapport d'étude 2014 au CRPMEM Poitou-Charentes

Auteur	Titre	Lieu d'étude	espèce	Variables mesurées (plante)	Variables mesurées (biocénose)	Variables mesurées (sédiment)	Éléments de variation	Particularité	Durée	Effet	Schéma d'expérimentation
Park, Kim, Kim, Kang, Lee, 2011	Rapid recovery of the intertidal seagrass <i>Zostera japonica</i> following intense Manila clam ( <i>Ruditapes philippinarum</i> ) harvesting activity in Korea	Sud de la Corée du Sud	<i>Zostera japonica</i>	hauteur des pousses longueur de la gaine de la plus longue feuille largueur de la plus longue feuille, densité des pousses, biomasse des pousses (+au-dessus et au-dessous), nombre de feuilles par pousses diamètre du rhizome, longueur totale des 6 derniers internodes du rhizome production de masse foliaire, production de masse foliaire par m <sup>2</sup> taux de recouvrement des fonctions biologiques nombre de pousses fleuries effort reproductif	/	Température Salinité densité de flux de photon nutriments dans la colonne d'eau et dans l'eau interstitielle	pendant / 1 an après pêche	descriptif <i>in situ</i>	Janvier 2003 - Décembre 2005 avec pêche en Avril 2004	recolonisation après la pêche importante par reproduction asexuée en moins de 5 mois la pêche change la stratégie de la plante : effort reproductif supérieur, nombre de pousses fleuries supérieur, période de floraison plus longue, biomasse endogée supérieur favorisation de la reproduction sexuée	prélèvements hors quadrats + 6 répliqués de 9cm de diamètre mensuel
Neckles, Short, Barker, Kopp, 2005	Disturbance of eelgrass <i>Zostera marina</i> by commercial mussel <i>Mytilus edulis</i> harvesting in Maine : dragging impacts and habitat recovery	Maine (USA)	<i>Zostera marina</i>	aire totale, aire herbier endommagé, aire herbier s'améliorant, recouvrement foliaire, biomasse totale, densité de pousses, hauteur des pousses, nombre de feuilles, épaisseur des feuilles, longueur de rhizome	/	/	temps depuis perturbation	<i>in situ</i>	2000-2001 (mesures terrains entre 28 et 31 Août 2000)	recolonisation prends plus de temps plus l'intensité du dragage est importante moyenne de temps de recouvrement est de 10,6 ans avec selon modèle une fourchette allant de 6 ans à plus de 20 ans 7 ans après la perturbation, il y a toujours une différence de biomasse de zostère	sites dragués pour pêche conchylicole industrielle transect en perpendiculaire des sites dragués avec des quadrats de 1m <sup>2</sup> divisés en 16 séparés par 10m 6 échantillons de biomasse le long du transect sur 1/16e du quadrat et 1 échantillons de sédiment est pris par quadrats avec une carotte de 2,5cm de diamètre sur 10cm de profondeur photographies

### 3. Expérimentations 2014 sur la concession d'ADE (île d'Oléron)

---

#### 3.1. Stratégie expérimentale

---

L'étude est avant tout expérimentale puisqu'il s'agit de générer expérimentalement sur de petites parcelles de 1 m<sup>2</sup>, localisées par DGPS et balisées au sol, une activité simulée de pêche avec des pratiques (chronologie, lieux et engins) proches de celles utilisées par les professionnels et d'observer comment réagit l'herbier à partir d'un indice non-destructif comme celui utilisé lors des programmes de surveillance DCE (Auby *et al.*, 2014) :

- Les perturbations de l'herbier sont à priori considérées comme dépendantes de la densité du feuillage. Il est donc nécessaire de distinguer les herbiers très denses (où la pêche professionnelle ne s'exerce pas au contraire de la pêche de loisir), des herbiers moyennement à peu denses où la pêche professionnelle s'exerce. Deux densités sont donc considérées outre la densité très dense, une densité moyen dense et une densité peu dense, les deux dernières densités étant bien représentées sur la partie moyenne du périmètre de la concession expérimentale d'Ade (Figure 5).
- Trois perturbations sont envisagées, le grattage, le piétinement et la fouille manuelle à comparer à un témoin sans perturbation. Ces traitements sont néanmoins dépendants de la densité des herbiers car l'activité de fouille manuelle ou pêche au trou n'est pas réalisée par les professionnels dans un herbier très à moyennement dense (le feuillage cache la présence de palourdes normalement révélée sur un sédiment nu soit par la forme caractéristique du ou des trous des siphons soit par la teinte des sédiments). Le traitement de fouille manuelle sera donc inclus uniquement dans les expériences menées sur l'herbier peu dense.
- La réalisation des perturbations doit tenir compte du calendrier de l'activité de pêche et de la dynamique de croissance / régression saisonnière des herbiers :
  - L'activité de pêche s'exerce au cours de l'année de façon répétée (dans le cadre légal des périodes d'ouvertures) dès que l'horaire de la marée basse est adéquat. Il est donc probable qu'un même secteur de pêche soit prospecté plusieurs fois dans la même année.
  - Il est de plus probable et a priori prévisible que les effets perturbateurs générés soient différents selon que l'herbier est en tout début de croissance printanière (restauration après perturbation), en pleine croissance estivale (restauration rapide après perturbation), en fin de période de végétation (pas de reprise de croissance et destruction irréversible des feuilles) ou en

phase de sénescence avec chute naturelle des feuilles sur l'automne. Les études sur la croissance des herbiers de *Zostera noltei* réalisées dans le bassin d'Arcachon (Auby, 1991 ; Auby & Labourg, 1996) permettent de borner le choix des dates pour perturber expérimentalement l'herbier : avril en tout début de reprise de croissance, mai pendant la pousse de printemps et juillet pendant la phase maximale de croissance. Il a été jugé non pertinent de faire une perturbation sur les herbiers en septembre – octobre car c'est la saison où l'herbier perd naturellement ses feuilles. Celles-ci s'accumulent en lasses de mer de hauteurs parfois décimétriques (Annexe 3). Il ne serait en pareil cas pas possible de distinguer d'une part les effets d'une perturbation expérimentale censée perturber la densité du feuillage et, d'autre part, les effets naturels liés à la chute des feuilles.

- Les observations devant être répétées dans le temps, elles doivent être non destructives pour l'herbier. Les protocoles mis en place dans le cadre de la DCE pour estimer l'état écologique des herbiers de la zostère naine seront utilisés. Les taux de couverture au sol des zostères seront estimés par photographies de cadrat (0,25 m<sup>2</sup>) puis analyse des images. Ils seront interprétés selon une grille de référence en taux de couverture selon le protocole DCE (Auby *et al.*, 2014).
- Afin de garantir la représentativité aux résultats, l'expérience a été organisée en plusieurs blocs aléatoires de parcelles de 1 m<sup>2</sup> afin de disposer de plusieurs répétitions d'expérience (au minimum 3). Cela permet de moyenniser l'hétérogénéité des sols sablo-vaseux et l'hétérogénéité locale des densités d'herbier. Chaque bloc disposé au hasard comprend une parcelle témoin puis des parcelles successives liées aux traitements appliqués aléatoirement.

L'ensemble de cette stratégie est résumé en Tableau 3. Seules les expérimentations 2014 dédiées à la simulation de l'activité de pêche professionnelle sont ici présentées car elles concernent les herbiers peu denses à moyen denses. De même seules les expérimentations 2014 répétées 3 fois dans le temps sont ici présentées car elles concernent la pratique de pêche professionnelle qui se déroule, sauf exception de fermeture légale, de façon continue sur l'année.

Tableau 3 : Stratégie de l'étude expérimentale.

	Très dense	Moyen dense	Peu dense
Pêche	De loisir	Professionnelle	Professionnelle
Traitement	Grattage Piétinement  Témoin	Grattage Piétinement  Témoin	Grattage Piétinement Fouille manuelle Témoin
Perturbations répétées	3 avril, mai, juillet	3 avril, mai, juillet	3 avril, mai, juillet
Perturbation unique	Non traitée	Non traitée	Non traitée
Réplicats	3	3	3
Nombre de quadrats	21	21	30
Observations 2014	Non traitées	15 dates	15 dates
Indice	Taux de recouvrement DCE	Taux de recouvrement DCE	Taux de recouvrement DCE



Figure 5 : Exemples d'herbier peu dense et moyen dense sur Oléron. Photos Sauriau P.-G.

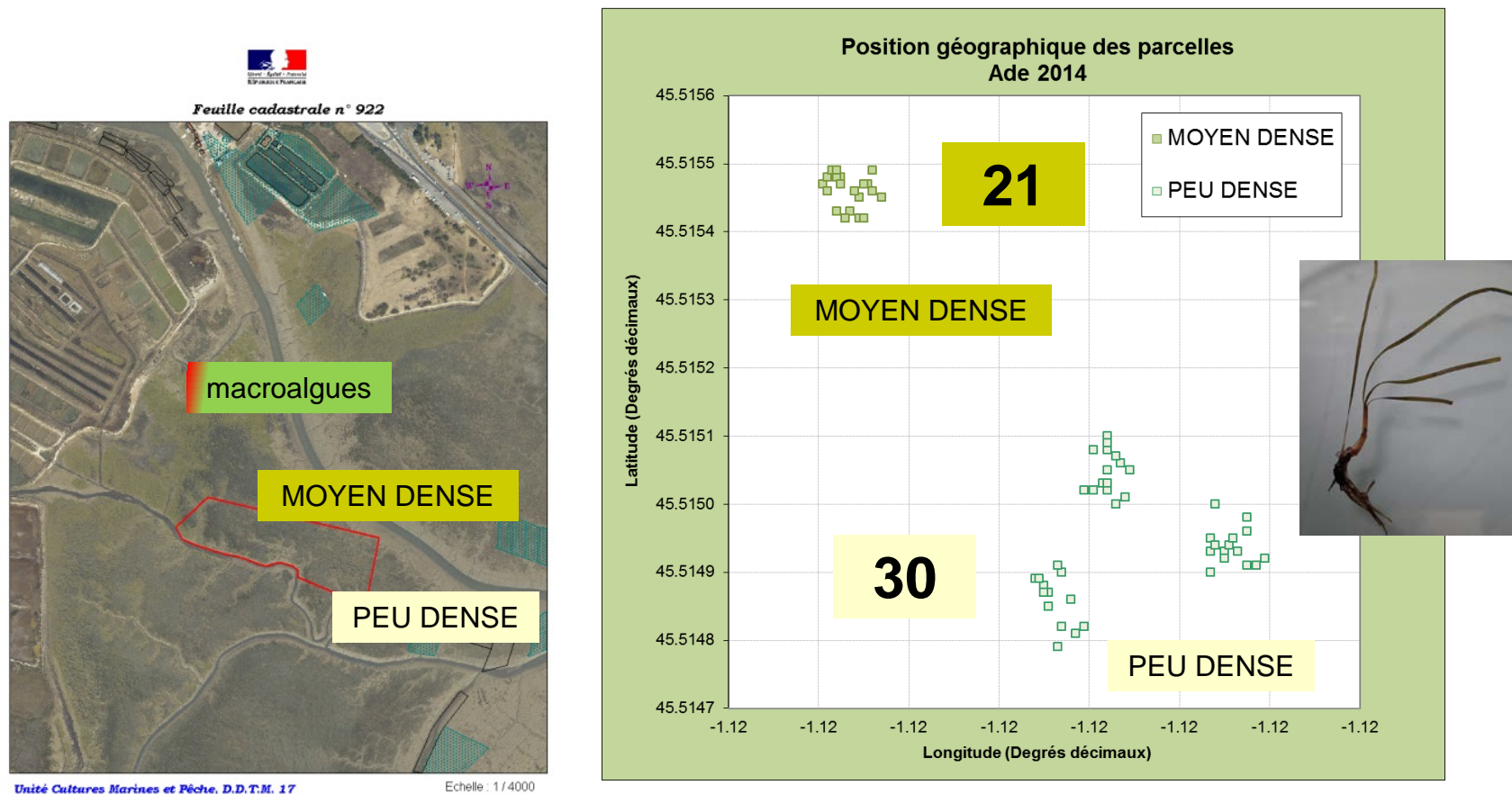


Figure 6 : Plan de la concession expérimentale avec indication des densités d'herbier et plan de position des parcelles de 1m<sup>2</sup>.

### 3.2. Site d'étude

---

L'expérimentation s'est déroulée en 2014 sur la concession scientifique mise à la disposition de l'Université de La Rochelle en Domaine Public Maritime. C'est une zone d'estran vaseux à sablo-vaseux (Hily, 1976 ; Sauriau, 1987) du lieu-dit Ade (45° 51,547' N ; 1° 11,959' O) de la commune du Château d'Oléron (Figure 1). Ce site a été choisi pour la difficulté d'accès qu'il offre aux pêcheurs à pied de loisir. Il est en effet entouré de deux chenaux profonds (chenaux d'Ors au Nord et des Courbes au Sud) limitant les accès par les côtés et situé en face du CREEA où l'accès est très restreint. De fait, aucun pêcheur ou trace de pas de pêcheur n'a été repéré sur le site de l'étude entre mars et juillet. De août à octobre des passages ont eu lieu y compris sur une unique parcelle expérimentale.

Le site correspond à un herbier de *Zostera noltei* de différentes densités selon les endroits (Sauriau et al., 2008 : Figure 2), très dense à moyen dense vers le médiolittoral supérieur, peu dense vers le médiolittoral moyen et quasiment absent en bordure des parcs ostréicoles (Figure 5).

### 3.3. Schéma expérimental

---

Le schéma expérimental peut se résumer sous le modèle conceptuel suivant : l'état écologique des herbiers représenté par leur taux de recouvrement dépend 1) du recouvrement potentiel lié à la zone de densité d'herbier (ce facteur est contrôlé par un positionnement en herbier potentiellement peu dense ou moyen dense), 2) de la pression de pêche (ce facteur est étudié avec 2 ou 3 modalités), 3) du sédiment (ce facteur est fixé aux conditions sablo-vaseuses) et 4) d'aléas liés à la présence de prédateurs, bioturbateurs, climat, macroalgues, etc.

L'expérimentation 2014 sur la problématique impact de la pêche professionnelle se déroule donc sur deux densités d'herbier différentes, un herbier peu dense et un herbier moyen dense. Au total 51 parcelles de 1 m<sup>2</sup> ont été disposées, 21 sur l'herbier moyen dense et 30 sur l'herbier peu dense car le nombre de parcelles par densité d'herbier est déterminé par les perturbations à leur appliquer.

Les positions géographiques des parcelles ont été déterminées au GPS et leur emplacement balisé chacun par deux tubes PVC portant chacun un code de 3 couleurs (blanc, jaune, orange, rouge). Ces tubes PVC portent aussi le n° de la parcelle.

Les perturbations ont été ensuite appliquées en avril, mai et juillet aux parcelles pour mimer les effets de la pêche à pied professionnelle cumulés au cours du temps (Figure 7).

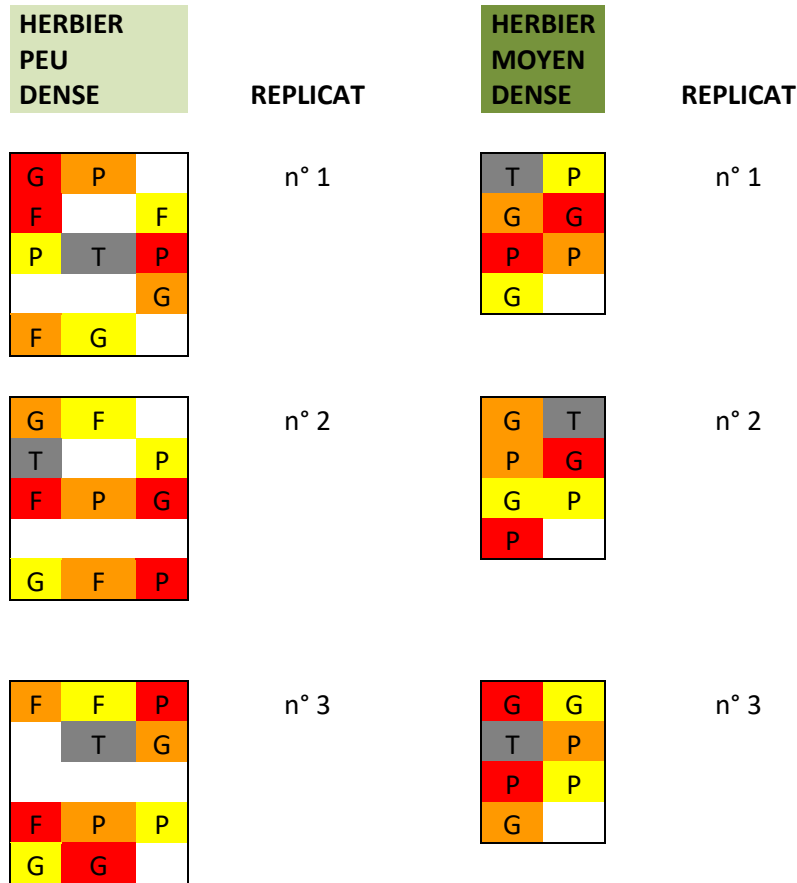


Figure 7 : Schéma des parcelles de 1 m<sup>2</sup> selon un code couleur combinant du gris (témoin), jaune (perturbation 1 fois), orange (perturbation 2 fois) et rouge (perturbation 3 fois) selon la modalités de perturbation par piétinement (P), grattage (G) et fouille manuelle (F).

### 3.4. Réalisation des perturbations liées à la pêche à pied

#### 3.4.1. Calendrier

Le repérage du site d'Ade a été réalisé le 6 août 2013 (Figure 1), puis échantillonné en septembre 2013 selon le protocole DCE pour s'assurer de la présence de densités d'herbier adéquates à l'expérimentation 2014 et disposer d'une référence pour les observations prévues en 2015 (Sauriau & Aubert, 2013). Les sites d'installation des parcelles ont ainsi été choisis en septembre 2013 en fonction des densités d'herbier puis chaque parcelle avec ses deux piquets individualisés par des codes de couleur a été installée début mars 2014 (Figure 8).

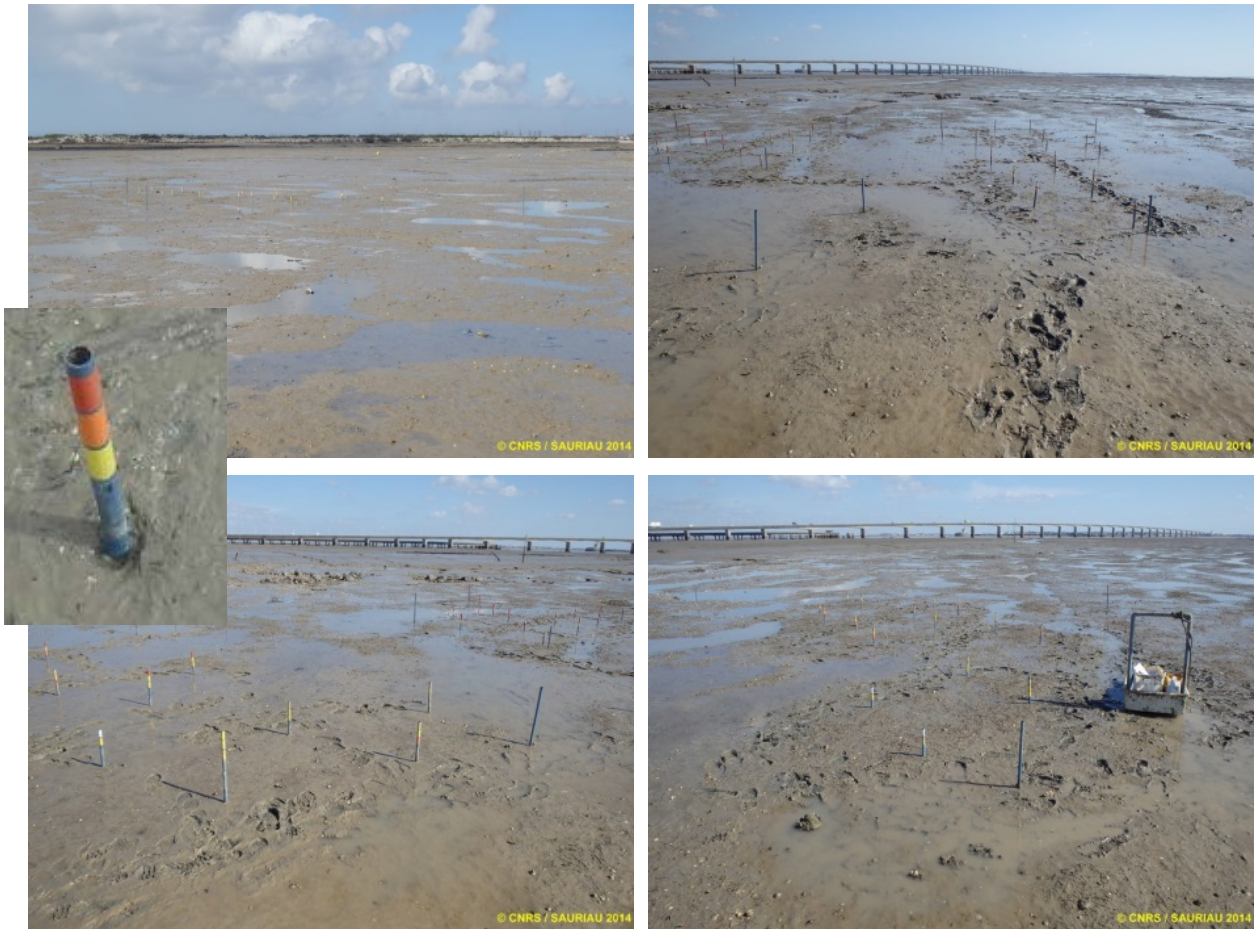


Figure 8 : Mise en place des parcelles au 5 mars 2014 avec repérage de chacune d'elle par un code de trois couleurs et position GPS. Le code couleur du piquet en rouge, orange, jaune indique parcelle de la perturbation grattage (rouge) du réplikat 2(orange) et à gratter 1 fois (jaune). Photos Sauriau P.-G.

Les observations de 2014 se sont déroulées sur 15 dates : 5 mars, 19 mars, 31 mars - 1<sup>er</sup> avril - 4 avril, 17 avril, 30 avril, 16 mai, 27 et 28 mai, 16 juin, 30 juin, 15 juillet, 28 et 29 juillet, 14 août, 27 août, 10 septembre et finalement le 28 octobre 2014.

Les perturbations ont été effectuées à 3 reprises : une première les 31 mars - 1<sup>er</sup> avril, au début de la saison de croissance végétative de l'herbier, une deuxième les 27 - 28 mai, en plein milieu de la période de croissance de l'herbier et une troisième le 28 juillet. Ces perturbations sont appliquées 1 fois (code jaune), 2 fois (code orange) et au maximum 3 fois (code rouge) sur la même parcelle (Figure 7) en avril, mai et juillet pour mimer les effets cumulés possibles de la pêche à pied professionnelle au cours du temps.

### **3.4.2. Trois types de perturbation simulée**

Les perturbations sont de trois types. Elles correspondent aux perturbations engendrées par les pêcheurs à pied professionnels et partiellement à celles des pêcheurs de loisir :

- Le grattage représente un type de perturbations de pêche effectué par les pêcheurs à pied professionnels utilisant une grapette. Il consiste en une simulation du grattage régulier du sédiment de manière indistincte (sans se préoccuper des traces de siphons) et est effectué sur les herbiers moyen dense et peu dense. Lors de l'expérience, le grattage est effectué sur la totalité de la surface de la parcelle avec un grattoir (Figure 9) acheté à la coopérative de pêche de Bourcefranc (Charente-Maritime). Pour rester dans une opération simulée de pêche, un piétinement est effectué en diagonale lors du grattage de la parcelle pour représenter l'inévitable piétinement engendré en pêchant de la sorte. La parcelle est ensuite numérotée de la date et de son numéro puis un cadre de 1 m<sup>2</sup> délimite la parcelle dans laquelle est positionné le cadrat de 0,25 m<sup>2</sup> duquel est issu un cliché photographique (Figure 9). Cette perturbation a été pratiquée sur les herbiers moyen denses et peu denses.
- Le piétinement correspond à une perturbation causée par tous les pêcheurs à pied lorsqu'ils se déplacent sur l'herbier. Lors de l'expérience, la simulation du piétinement est opérée en marchant sur la totalité de la surface de la parcelle sans remarquer nécessairement sur un endroit déjà piétiné mais en réalisant un piétinement complet de la parcelle. La parcelle est ensuite numérotée de la date et de son numéro puis un cadre de 1 m<sup>2</sup> délimite la parcelle dans laquelle est positionné le cadrat de 0,25 m<sup>2</sup> duquel est issu un cliché photographique (Figure 9). Cette perturbation a été pratiquée sur les herbiers moyen denses et peu denses.
  - La fouille représente un type de perturbation de pêche effectué par les pêcheurs à pied professionnels et de loisir. Il consiste en un creusement du sédiment sur et autour des traces de siphons des mollusques. En conséquence, ce type de pêche n'est pratiqué que sur des herbiers peu denses où le sédiment et donc les trous des siphons sont visibles. Lors de l'expérience la parcelle est subdivisée en 30 cases égales, tirées au sort avec remise pour positionner 30 palourdes. Ce chiffre de 30 par m<sup>2</sup> représente la densité moyenne de palourdes recensée sur Oléron par une étude antérieure (Bordeyne, 2009). La fouille simulée consiste à creuser au maximum sur 5-6 cm environ de profondeur à l'emplacement de chaque palourde afin de faire une simulation d'extraction de cette palourde. Comme précédemment, un piétinement en diagonale est réalisé pour représenter l'inévitable piétinement engendré en pêchant. Cette perturbation n'a été pratiquée que sur l'herbier peu dense. Enfin, afin de ne pas confondre les coquilles de palourdes mortes trouvées naturellement sur l'herbier avec les palourdes servant à réaliser la simulation d'une fouille manuelle (cas en avril), 30 palourdes avec les deux valves jointes au silicone ont été teintées en orange fluorescent et utilisées tant que nécessaire pour réaliser les perturbations par fouille manuelle en mai et juillet (Figure 9).



Figure 9 : Simulation des perturbations liées à la pêche à pied par grattage, piétinement et fouille manuelle avec palourdes teintées en orange.  
Photos Sauriau P.-G.

### 3.4.1. Mesures effectuées

#### 3.4.1.1. Mesures de terrain

A chaque date d'observation, le relevé des taux de recouvrement en herbier de chaque parcelle comporte une estimation visuelle de ce taux avec un pas de 5% (cf. Annexe 2), une photographie de la section centrale de 25x25 cm de la parcelle (Figure 10 A, B et C). Deux clichés sont pris, l'un avant et l'autre après enlèvement des éventuelles macroalgues (Figure 10 C) avec l'utilisation d'un ombrage en cas de ciel ensoleillé (Figure 10 B). De façon complémentaire, les remarques éventuelles (traces d'activités animales, recouvrement algal, présence de flaques, présence de pas humain, etc...) sont notées sur la feuille de terrain (Figure 10 E).

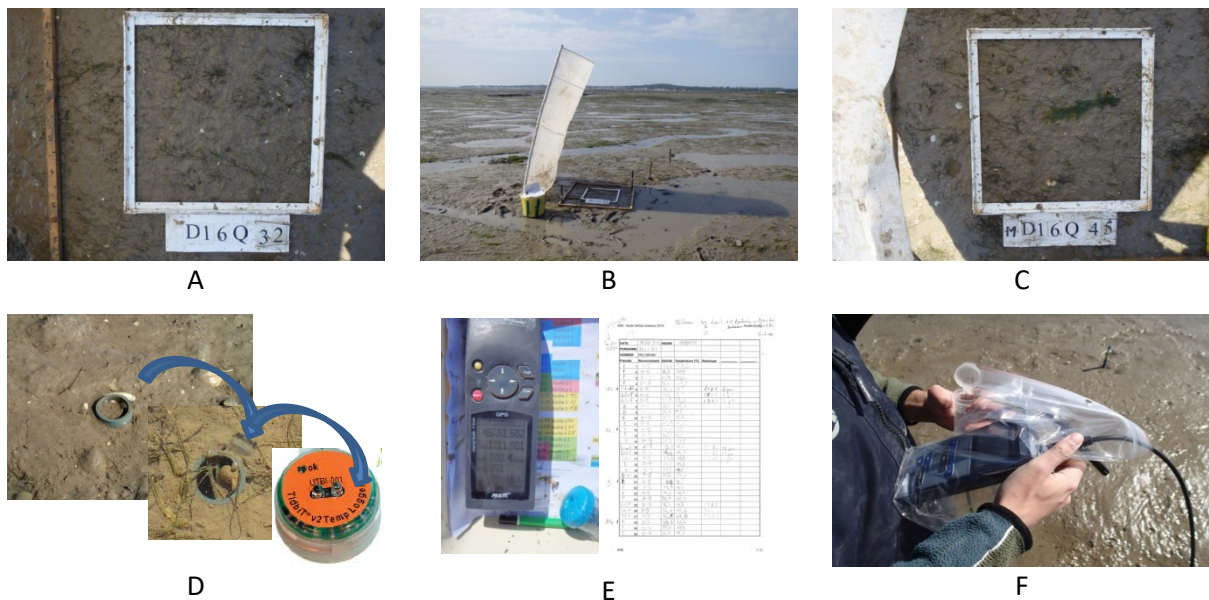


Figure 10 : Illustrations des mesures réalisées en taux de recouvrement des herbiers (A) avec ombrage (B), taux de recouvrement des macroalgues sous ombrage (C), température des sédiments par sonde (D), localisation GPS des parcelles et prise de notes (E) et salinité des eaux de surface (F). Photos Sauriau P.-G.

A chaque date d'observation, des mesures de salinité des eaux superficielles ont été réalisées dans l'objectif d'un simple contrôle de l'homogénéité des conditions de salinité entre les différentes parcelles. La mesure de salinité est effectuée avec un conductimètre WTW cond 3110 set 1 (Figure 10 F) en récupérant de l'eau de surface dans un pilulier puis en effectuant la mesure couplée température-conductivité (calibrée en salinité) à l'ombre. La mesure de température est exprimée en °C et la mesure de salinité est exprimée sans unité.

Des mesures de température en continu ont été réalisées (Figure 10 D) à l'aide de sondes Onset HOBO TidbiT v2 water temperature data logger – UTBI-001 opérant à l'aide du logiciel HOBOWare software. Ces sondes sont programmées pour enregistrer les températures toutes les 5 minutes et

ont été relevées tous les mois et remplacées par un second jeu de sondes identiques pour permettre un enregistrement en continu de mars à octobre. Les sondes sont placées en surface et à 5 cm de profondeur par fixation à un repère enfoncé dans les sédiments pour chaque densité d'herbier (moyen dense et peu dense).

### 3.4.1.1. Contrôle au laboratoire des mesures de terrain

Au laboratoire, chaque fichier image portant sur un cliché photographique des taux de recouvrement en herbier ou en macroalgues est renommé « Ade-date de la prise de la photographie-numéro de parcelle-densité d'herbier ». Pour les herbiers, les images sont ensuite traitées à l'aide du Logiciel ImageJ (<http://imagej.nih.gov/ij/>) (Figure 11 A) selon le protocole DCE (Auby *et al.*, 2014). En cas de photographies non traitables via ImageJ pour causes de reflet, présence d'eau, flou de l'image, une estimation du taux de recouvrement est effectuée par comparaison avec une grille de référence issue de photographies déjà traitées par ImageJ (cf. Annexe 2 pour des exemples). Cette grille de référence permet une estimation avec une précision de 2,5% sur les taux de recouvrement en herbier. Pour les macroalgues, une estimation directe des taux de recouvrement est effectuée en utilisant un découpage du cliché en 4 x 4 x 4 cases pour une précision de 1,5 à 2% des taux de recouvrement en macroalgues (Figure 11 B). Toutes ces analyses sont réalisées par trois personnes indépendamment puis leurs résultats confrontés pour obtenir consensus.

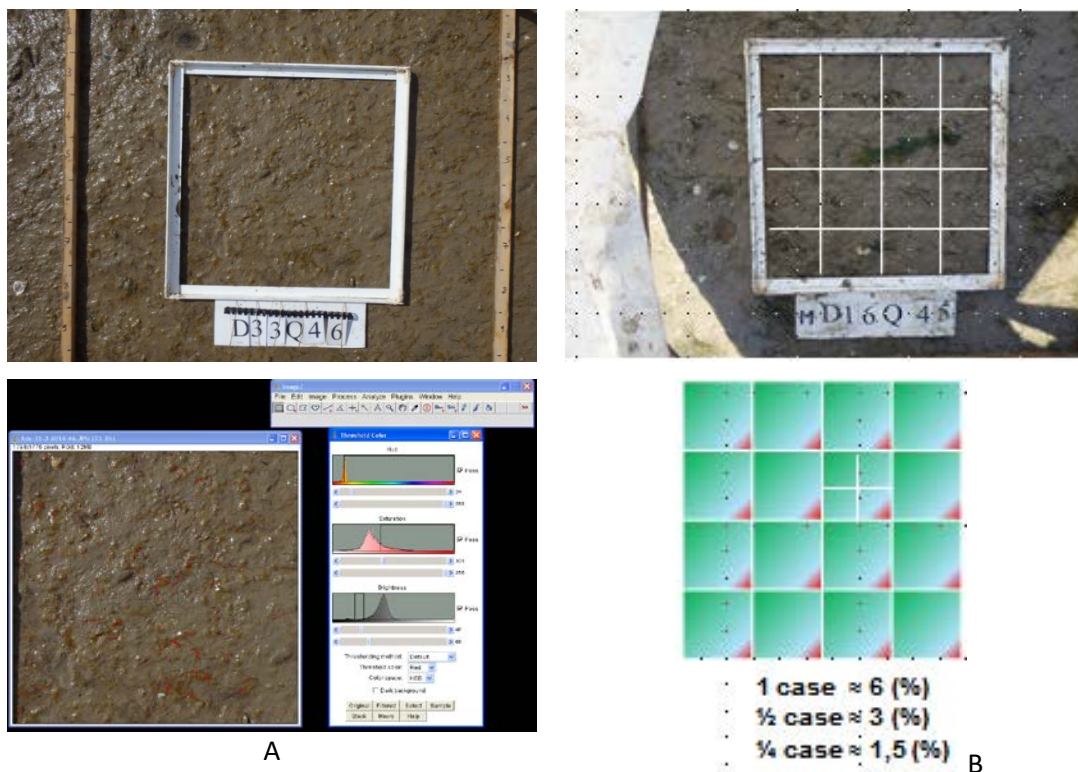


Figure 11 : Illustrations du contrôle effectué sur les mesures de terrain pour les taux de recouvrement des herbiers (A) et des macroalgues (B). Photos Sauriau P.-G.

### 3.4.2. Analyses statistiques

---

Le protocole expérimental se traite par une analyse de variances à plusieurs facteurs et avec répétitions en tenant compte de la répartition en blocs aléatoires des parcelles et de la nature répétée des observations réalisées sur chaque parcelle au cours du temps. Deux facteurs sont fixes et croisés, la densité d'herbier et le traitement de perturbation. Le premier facteur comporte 2 modalités (moyen dense et peu dense) et le second facteur 3 modalités (grattage, piétinement et fouille) à comparer aux témoins. Le dernier facteur fixe est le temps puisque chaque parcelle est observée de manière répétée au cours du temps. Ce protocole relève d'une ANOVA en split-plot (von Ende, 1993) où les facteurs densité d'herbier et perturbation sont des facteurs fixes inter-parcelles et le facteur temps un facteur fixe intra-parcelle. Dans ce cas, les parcelles relèvent d'un facteur de nature aléatoire. Trois réplicats de parcelles sont présents dans le protocole. Le type de sédiment n'est pas un facteur étudié mais l'expérimentation étant inféodée aux sédiments sablo-vaseux, les conclusions ne pourront pas être extrapolées à d'autres types de sédiments.

D'un point de vue pratique, le nombre de modalités du facteur perturbation n'étant pas constant selon la densité d'herbier les analyses de la perturbation par fouille manuelle ont été faites séparément. Dans toutes les analyses, il s'agit de détecter l'effet du facteur temps de l'effet du facteur perturbation en regard des témoins tout en tenant compte de la variabilité intrinsèque des réplicats de parcelles. Ce protocole a été traité par XLSTAT qui dispose par la commande ANOVA mesures répétées de la routine de calcul ad hoc et des tests nécessaires non seulement pour vérifier la nature aléatoire des résidus, l'homogénéité des variances mais aussi la structure de la matrice de variance-covariance qui doit être sphérique. En cas d'effet significatif détecté, un simple test avant-après de comparaison des pourcentages est effectué. Les taux de recouvrement exprimés en % ont été transformés en arc sinus raciné carré du pourcentage afin de respecter les conditions d'application des analyses (Sokal & Rohlf, 1981, 1995). Les comparaisons des taux de recouvrements de macroalgues entre 2013 et 2014 sur les grilles de points DCE (Sauriau & Aubert, 2013) ont été réalisées par un test t pour mesures appariées ainsi que les comparaisons de données des cycles thermiques (Sokal & Rohlf, 1981, 1995).

## 3.5. Résultats

---

### 3.5.1. Cycle saisonnier thermique

---

Le cycle thermique saisonnier se caractérise pour les sédiments de surface par des minimas variant de +6°C en mars à +16 °C en juillet et des maximas variant de +21 °C en mars à +34 °C en juillet (Tableau 4). Le choc thermique journalier pour la surface des feuilles peut aller jusqu'à 18°C

(Figure 12) et l'analyse comparative surface-5 cm de profondeur indique que les écarts thermiques entre les feuilles et les rhizomes à 5 cm de profondeur sont de l'ordre de 1 à 3 °C. Sur cet enregistrement, les cycles réguliers sont générés par la combinaison de l'onde thermique solaire lors de la marée basse et de l'onde thermique liée à la marée : de jour, le réchauffement est lié à l'exposition solaire et le rafraîchissement lié à l'arrivée de la marée ; de nuit c'est l'opposé, l'air à marée basse étant généralement plus frais que l'eau de la marée montante. Le cycle vive-eau / morte-eau est reconnaissable avec des cycles à pics thermiques très marqués en vive-eau (marée basse au midi solaire) alors que les cycles à doubles petits pics thermiques sont présents en morte-eau (marée basse de fin d'après-midi ou de soirée).

Tableau 4 : Variation du nombre de pêcheurs professionnels et du nombre de licences de pêche à la palourde sur la période 2010-2015, source CRPMEM (2013).

Mois	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Septembre	Octobre
Minimum- Maximum des températures de surface (°C)	6-21	8-24	10-31	13-30	16-34	15-28	13-30	11-30

Il n'y a pas eu au cours de l'expérimentation 2014 de différences de régime thermique entre les herbiers moyen denses et les herbiers peu denses car les valeurs absolues des moyennes des différences thermiques ont été de  $0,40 \pm 0,43$  °C en surface et de  $0,27 \pm 0,31$  °C en profondeur.

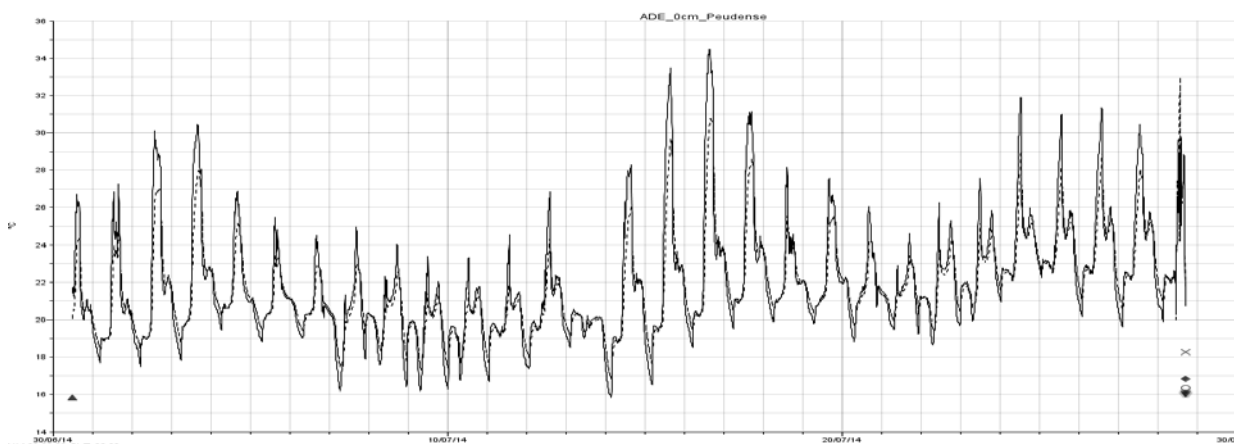


Figure 12 : Exemple d'un enregistrement de surface pour l'herbier peu dense en juillet 2014. Un maximum de température de 34 °C a été enregistré.

### 3.5.2. Variations de salinité

Les salinités ont varié de 31,3 et 36,6 avec une moyenne générale de  $33,2 \pm 1,1$  indiquant un milieu marin avec de très faibles dessalures. Les valeurs hautes sont présentes tant sur l'herbier moyen dense que sur l'herbier peu dense sans effet lié à la date de mesure. Les valeurs moyennes de salinité ne sont pas différentes entre les deux herbiers moyen denses et peu denses (test t,  $p=0,26$ ).

### 3.5.3. Aléas liés aux développements algaux à ulves

Pour l'herbier moyen dense, le développement des macroalgues à ulves a été spectaculaire sur certaines parcelles puisque des recouvrements jusqu'à 90 – 100 % de macroalgues ont été observés à partir de fin juillet et ce jusqu'en début septembre. Il est très probable qu'un effet négatif additionnel par les ulves sur les parcelles d'herbières moyen denses soit apparu, en particulier pour certaines parcelles piétinées 1 fois, 3 fois et surtout 2 fois (Figure 13 A).

Pour l'herbier peu dense, les recouvrements des parcelles par les macroalgues sont restés beaucoup plus modestes et des taux au maximum de 20 à 25 % ont été observés (Figure 13 B). Il n'est pas suspecté d'effet négatif additionnel par les ulves sur les parcelles d'herbières peu denses.

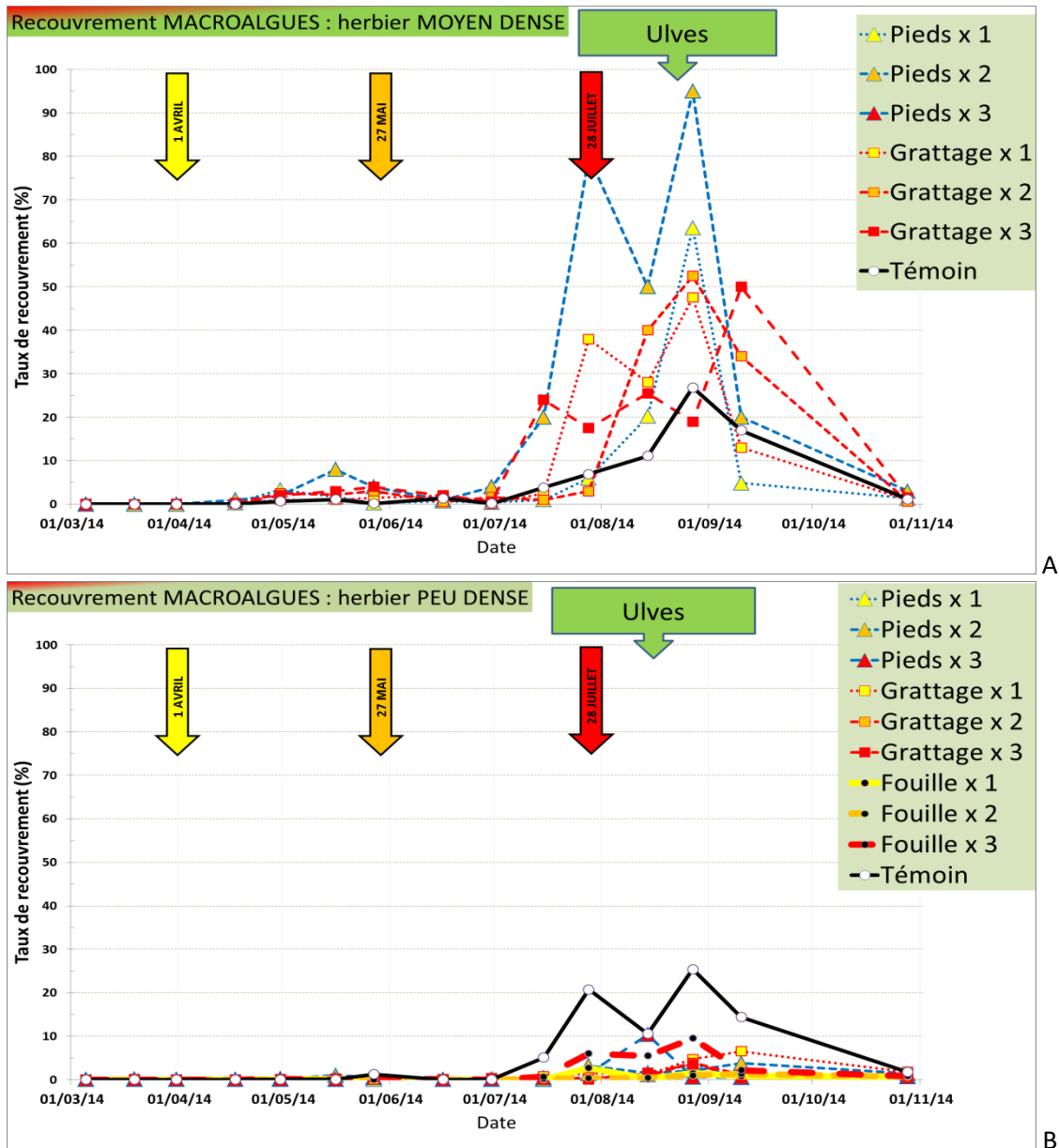
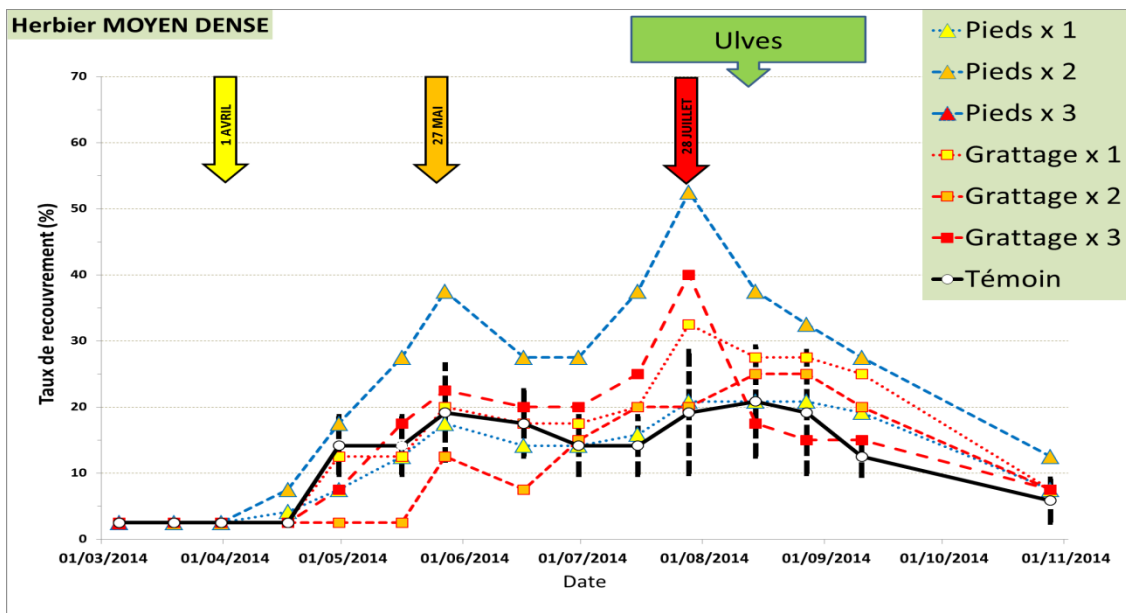


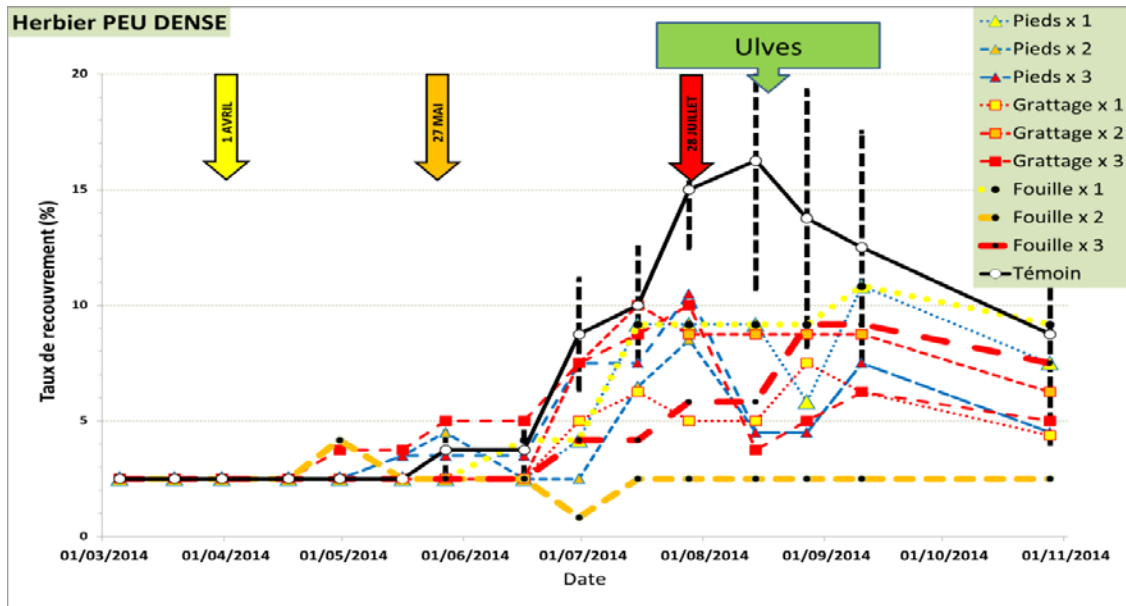
Figure 13 : Variations temporelles du taux de recouvrement en macroalgues de toutes les parcelles pour l'herbier moyen dense (A) et peu dense (B).

### 3.5.4. Aperçu global des effets de perturbation

Dans leur globalité les résultats sur les taux de recouvrement (%) indiquent que la croissance de l'herbier est saisonnière (avril à août) ; que les taux de recouvrement (%) de l'herbier dense varient jusqu'à plus de 60 % alors que ceux de l'herbier peu dense varient jusqu'à 20 % au maximum. Les taux de recouvrement des parcelles témoin (courbe noire) peuvent dans certains cas rester inférieurs à ceux des parcelles perturbées par la pêche, ce qui traduit la variabilité naturelle de l'herbier. Enfin certaines parcelles ne présentent qu'une très faible croissance saisonnière de l'herbier avec des taux de recouvrement moyen aux environs de 2,5 % (Figure 14). Tous ces résultats sont détaillés ci-après en séparant les résultats obtenus pour chaque perturbation.



A



B

Figure 14 : Variations temporelles du taux de recouvrement moyen issu des parcelles soumises à piétinement, grattage, fouille et parcelles témoin pour l'herbier moyen dense (A) et peu dense (B).

### 3.5.1. Grattage

Pour l'herbier moyen dense (> 20 % au maximum saisonnier), les grattages de printemps (avril et mai) ne provoquent pas d'effet négatif significatif en regard du développement saisonnier de l'herbier dans les parcelles témoins et en regard de la variabilité des taux de recouvrement dans les parcelles grattées. Tous les écarts types ( $\pm 1$  EC) sont de l'ordre de 10 %. En revanche, le grattage estival de juillet provoque une baisse très significative (test avant-après) des taux de recouvrement des parcelles grattées avec une chute très significative de  $22,5 \pm 3,5$  % (Figure 15 A).

Pour l'herbier peu dense, les grattages de printemps et de l'été ne provoquent pas d'effet significatif. En effet, la variabilité naturelle de l'herbier ne permet pas de considérer significative la baisse de 5-7 % observée après juillet car identique aux écarts types de 5 à 10 % (Figure 15 B).

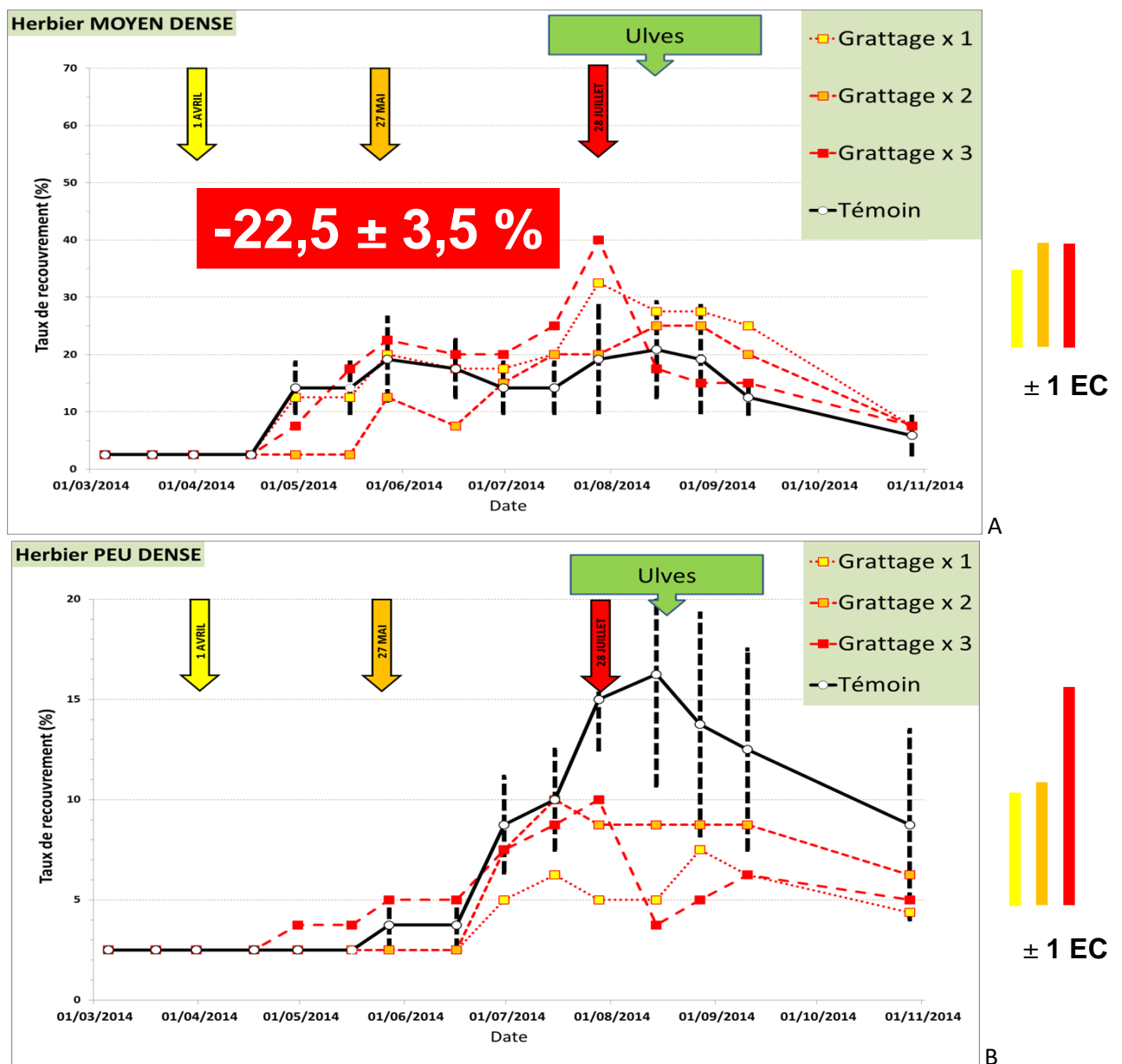


Figure 15 : Variations temporelles du taux de recouvrement moyen issu des parcelles soumises au seul grattage et parcelles témoin pour l'herbier moyen dense (A) et peu dense (B).

### 3.5.1. Piétinement

Pour l'herbier moyen dense (> 20 % au maximum saisonnier), le piétinement répété de l'herbier au printemps (2<sup>ème</sup> piétinement en mai) puis en été (3<sup>ème</sup> piétinement en juillet) provoque une baisse significative (test avant-après) des taux de recouvrement avec une baisse de 10 %. Cependant, cet effet est transitoire au printemps (< 1,5 mois) car l'herbier reprend sa croissance estivale et atteint des taux de recouvrement au-delà de 50% peu avant la perturbation de juillet (Figure 16 A).

Pour l'herbier peu dense, les piétinements de printemps ne provoquent pas d'effet significatif. En revanche, malgré la variabilité naturelle de l'herbier avec des écarts types ( $\pm 1$  EC) d'environ 5 à 10 % sur toutes les parcelles témoin et piétinées, le piétinement estival de juillet provoque une baisse significative de  $6 \pm 4$  % (Figure 16 B). Il n'est pas suspecté d'effet négatif additionnel par les ulves.

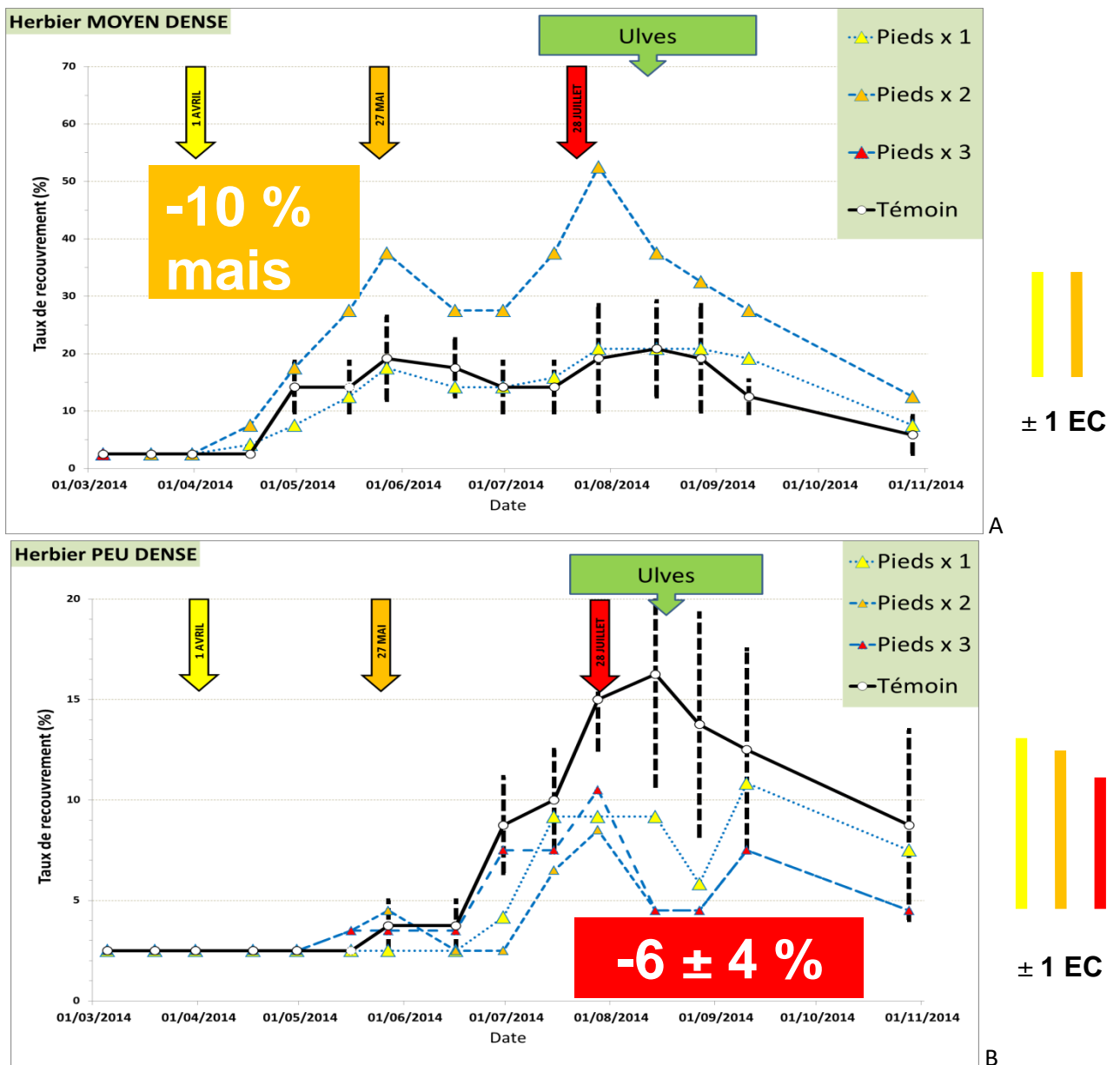


Figure 16 : Variations temporelles du taux de recouvrement moyen issu des parcelles soumises au seul piétinement et parcelles témoin pour l'herbier moyen dense (A) et peu dense (B).

### 3.5.1. Fouille manuelle

Pour l'herbier moyen dense, aucune expérimentation de fouille manuelle n'a été réalisée.

Pour l'herbier peu dense, ni les piétinements de printemps ni le piétinement estival ne provoquent d'effet significatif. Malgré une variation saisonnière à première vue différente entre les parcelles témoin et les parcelles fouillées manuellement 1 fois, 2 fois ou 3 fois entre avril et juillet (Figure 17), la variabilité naturelle entre parcelles avec des écarts types ( $\pm 1$  EC) d'environ 5 à 10 % ne permet pas de détecter de différence dans les changements temporels des taux de recouvrement entre les parcelles témoin et les parcelles fouillées manuellement. Les parcelles fouillées 2 fois ne présentent aucun développement saisonnier mais cette variation recoupe celle des autres parcelles fouillées manuellement 1 fois (courbe jaune) et 3 fois (courbe rouge) (Figure 17).

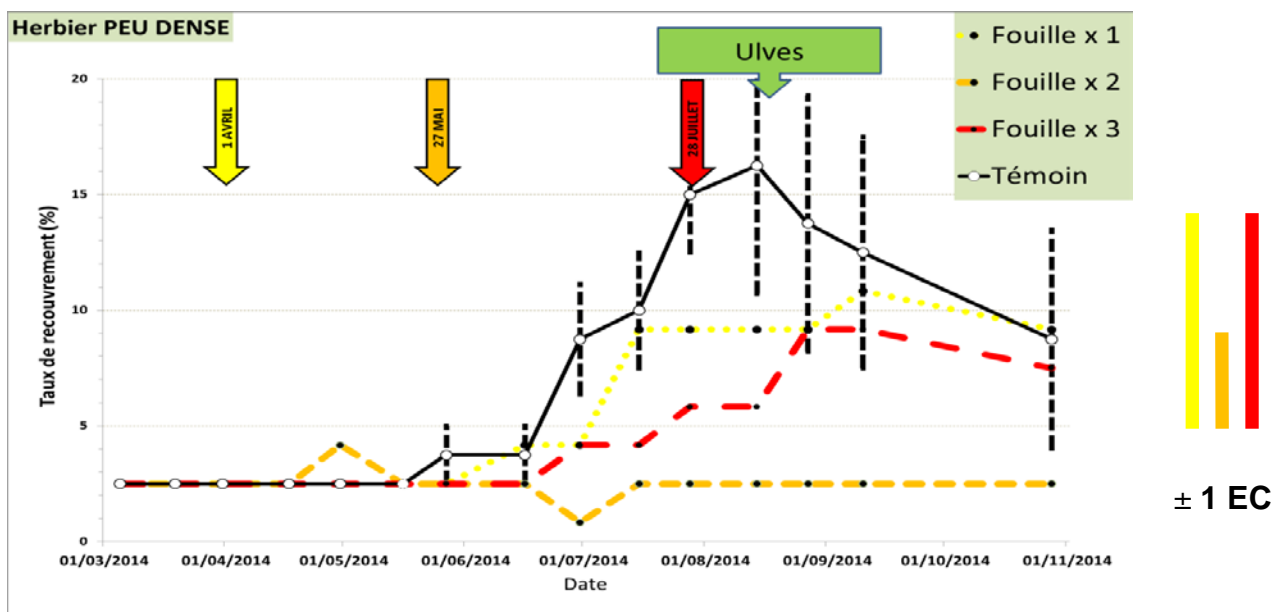


Figure 17 : Variations temporelles du taux de recouvrement moyen issu des parcelles soumises à la seule fouille manuelle et parcelles témoin pour l'herbier peu dense.

## 4. Synthèse et conclusion sur l'expérimentation de 2014

Le principe retenu d'une approche expérimentale a permis de tester la relation « pression-impact » de façon réelle pour qualifier et quantifier les perturbations générées par la pêche à pied professionnelle à la palourde sur les herbiers de la zostère naine *Zostera noltei* de l'île d'Oléron. Cette approche expérimentale permet d'estimer directement la relation « pêche à pied - impact sur l'herbier » puisque la chronologie, le type de perturbation et l'intensité de la perturbation sont expérimentalement dosés dans un site idéalement non perturbé par les activités de pêche.

L'activité de pêche à pied étant répétitive sur les zones de pêche, l'approche expérimentale est donc basée sur la simulation d'une pêche répétée dans le temps sur la même parcelle tout en tenant compte du potentiel de croissance saisonnière des herbiers. Ainsi l'approche expérimentale met en

œuvre une simulation de pression exercée 1 fois, 2 fois ou 3 fois grand maximum sur la même parcelle de terrain.

La mise en œuvre d'une telle approche expérimentale présente cependant un certain nombre de difficultés en partie levées du fait du positionnement du site expérimental sur un site non perturbé ou très peu perturbé par la pêche à pied de loisir du fait de sa position géographique entre deux chenaux profonds et à proximité du site du CREAA d'Oléron avec accès restreint. Le site expérimental a été parcouru sur l'été 2014 par quelques pêcheurs à pied mais il ne peut en aucun cas être soutenu que la seule trace de pas observée sur une parcelle ait pu perturber les résultats et conclusions de l'étude (Annexe 5). Le développement de macroalgues à ulves sur le site d'Ade en particulier à partir de juillet – août jusqu'en septembre a perturbé très probablement les expérimentations sur l'herbier moyen dense situé en médiolittoral supérieur. Des recouvrements jusqu'à 100 % de la surface des parcelles ont été observés mais sans que cela ne génère un dépérissement complet de l'herbier sous-jacent (Annexe 4). De même, il doit être noté l'occurrence de conditions météorologique particulière au cours de l'hiver 2013-2014 avec des processus d'érosion des vasières. En particulier, la présence d'un sol érodé en mars - avril 2014 avec mise à nu des rhizomes d'herbier dans le médiolittoral moyen du site d'Ade doit être noté (Figure 18). Cette forte érosion hivernale avec déchaussement des rhizomes a pu avoir un effet retard sur la reprise de croissance printanière de l'herbier peu dense.



Figure 18 : Cliché de la parcelle n° 3 située dans l'herbier peu dense au 31 mars 2014. Noter les rhizomes apparents sur un sol vaseux érodé dur et asséché. Photos Sauriau P.-G.

Plus de 1100 observations visuelles et photographiques de taux de recouvrement dont 300 pour les macroalgues ont été réalisées de mars à octobre 2014 sur 51 parcelles. Cela a permis de réaliser une analyse statistique des résultats incorporant une nécessaire répétabilité statistique des observations au vu de la variabilité naturelle (spatiale et interannuelle) des performances des herbiers à recouvrir les sédiments par leurs feuillages.

**Sous réserves d'une expérimentation réalisée sur des sédiments sablo-vaseux et d'une expérimentation réaliste dans ses simulations des pratiques de la pêche professionnelle à la palourde avec grapette, gobette et doigts de la main, il peut être conclu que (Tableau 5) :**

- **Les effets négatifs de la pêche à la palourde sont dépendants de la densité de l'herbier.** Les effets négatifs les plus forts sont notés dans l'herbier moyennement dense alors que l'absence d'effet ou des effets non-significatifs sont généralement notés dans les herbiers peu denses. Aucun résultat expérimental n'est cependant présenté dans les herbiers très denses car la pêche professionnelle n'est pas censée prospecter ce type de milieu. Il est probable cependant que sur herbier très dense (taux de recouvrement entre 75 et 100 %) des effets négatifs soient notés par une expérimentation simulant les activités de pêche de loisir.
- **Les effets négatifs de la pêche à la palourde sont visibles sur l'été et non détectables au printemps.** Les effets négatifs les plus forts et les plus constants sont notés sur les herbiers en pleine croissance estivale. En effet, de mars à juin, les herbiers sont en reprise de croissance et la variabilité naturelle de la croissance génère une forte variabilité dans les taux de recouvrement au sol des herbiers. Cette variabilité est telle qu'il n'est pas possible de mettre en évidence de quelconques effets négatifs liés à la pêche à la palourde. Impactés au printemps, tôt dans leur saison de croissance, les herbiers ont probablement suffisamment assez de temps pour se restaurer naturellement pendant la phase de pleine croissance estivale.
- **La pratique de pêche impactant le plus les herbiers est le grattage répété en été** avec un très net effet négatif cumulé à partir du 3<sup>ème</sup> grattage (réduction d'environ 20 % des taux de recouvrement en herbier).
- **Le piétinement répété provoque également des effets négatifs mais de moindres intensités** (réduction de 10 % des taux de recouvrement pour un 3<sup>ème</sup> piétinement) **et surtout transitoires sur le printemps.** Les effets négatifs du piétinement répété ne semblent pas pérennes et les herbiers ont probablement suffisamment assez de temps pour se restaurer naturellement pendant la phase de pleine croissance estivale.

- **La fouille manuelle ne semble pas à elle seule provoquer d'effets négatifs détectables** sur les taux de recouvrement de l'herbier compte tenu de la variabilité naturelle enregistrée dans les taux de recouvrement de l'expérience de 2014.

Tableau 5 : Bilan des effets de la pression de pêche à pied par grattage, piétinement et fouille manuelle répétée sur les herbiers en fonction de leurs densités. Pas d'effet (0), pas assez de réplicat d'analyse (?), expérience non traitée en 2014 (case grisée).

Herbier Perturbation	Peu dense < 25% Printemps - été		Moyen dense 25- 75 % Printemps - été		Très dense 75-100 % Printemps - été
	Grattage répété	0	Non significatif	0	Effets - 22 %
Piétinement répété	0	Effets - 6 %	Effets - 10 % mais transitoires	?	
Fouille répétée	0	0			

Finalement, les trois classes de densités d'herbier, exprimées en taux de recouvrement (%), utilisées dans l'expérimentation de 2014 sont cohérentes avec celles utilisées dans le cadre de la DCE pour les aspects de cartographie des herbiers de *Zostera noltei* (Sauriau *et al.*, 2008 ; Lafon *et al.*, 2014 a, b). Il peut donc être suggéré d'utiliser la borne inférieure [0-25 %] des taux de recouvrement en herbier comme un critère de gestion de la pêcherie de palourde :

- En dessous de ce seuil, la variabilité naturelle des herbiers est telle qu'il n'est pas possible de détecter les effets des pratiques de la pêche de printemps ou s'ils sont détectés n'ont pas un caractère définitif. En été le piétinement répété, génère cependant un effet négatif sur les herbiers mais ceux-ci resteront de faible recouvrement (< 25 %) même au plus fort de leur croissance estivale.
- Au-dessus du seuil 25 %, les effets des pratiques de la pêche sont détectables en été, lorsqu'effectivement les densités d'herbier sont visibles car en pleine croissance. Par ordre croissant d'impact, le piétinement répété est largement dépassé dans ses impacts par le grattage répété. Ce dernier est le plus impactant sur l'été.

Le seuil de recouvrement < 25% peut être confronté aisément aux cartographies d'herbiers DCE disponibles et réalisées en 2007 (Sauriau *et al.*, 2008) et 2014 (Lafon *et al.*, 2014) dans les Pertuis Charentais. Elles présentent de façon cohérente la répartition des herbiers sur la période estivale (septembre) au maximum potentiel de recouvrement pour les masses d'eau DCE comportant îles

d'Oléron et de Ré selon trois classes de recouvrement. Les zones d'herbier moyennement denses (25 - 75 %) et très denses (75 - 100 %) y sont cartographiées tout comme les zones d'herbier peu denses (0 – 25 %).

## 5. Perspectives 2015

La poursuite de l'étude en 2015 a pour objet d'observer selon le protocole DCE (Auby *et al.*, 2014) plusieurs herbiers, impactés différemment par la pêche à pied professionnelle et la pêche à pied de loisir (cf. § 1.3 Objectifs). Le choix de ces sites en complément du site de référence d'ADE s'appuiera sur les résultats des comptages de pêcheurs de loisir réalisés lors du programme Life + Pêche à pied de loisir (Figure 19). La carte du 12 août 2014 montre en effet des effectifs de pêcheurs de loisir variant de moins de 50 au Château d'Oléron, à environ 100 - 250 sur Manson mais plus de 1000 sur Marennes. Ces variations d'effectifs ne peuvent être ignorées dans l'estimation de l'impact de la pêche à pied professionnelle et de loisir sur les herbiers de *Zostera noltei*.

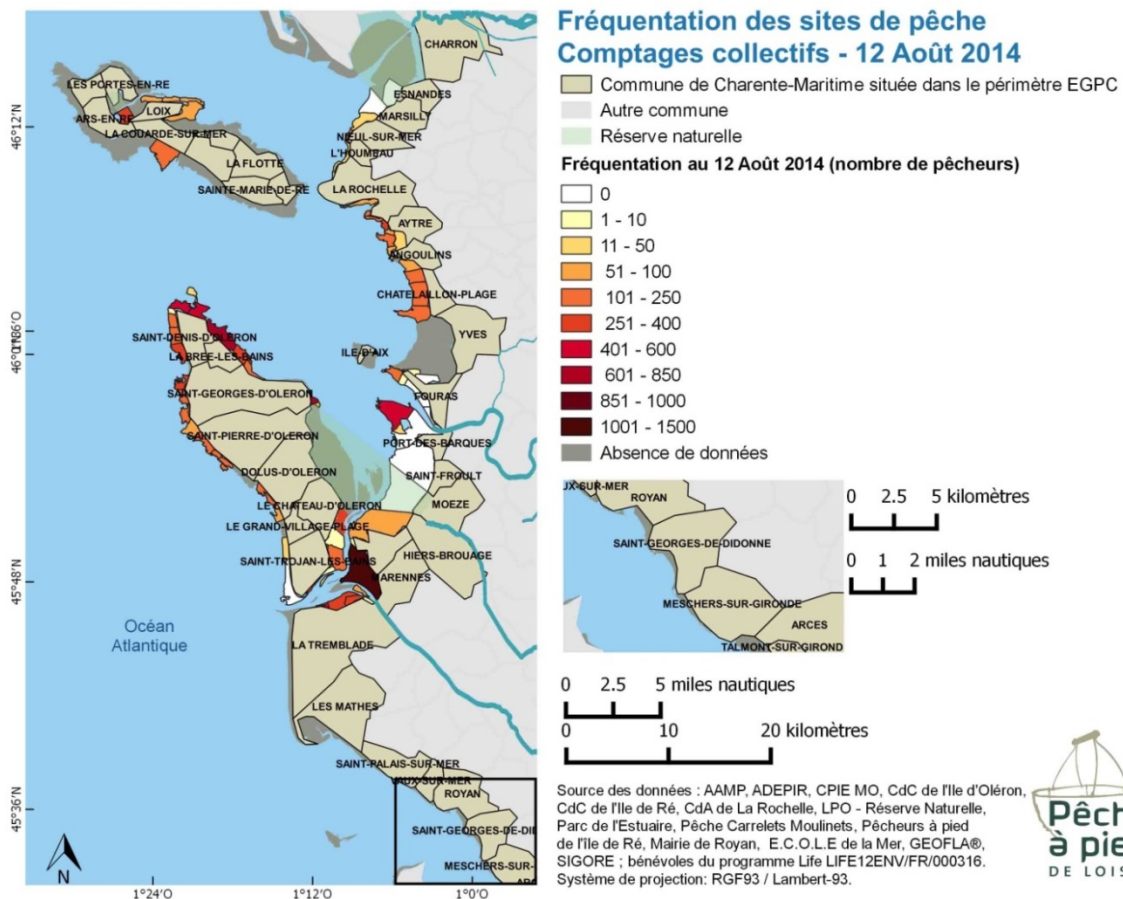


Figure 19 : Observations du nombre de pêcheurs à pied lors du comptage du 12 août 2014 par le programme Life + Pêche à pied de loisir. Source AAMP (com. pers., en cours de validation).

## 6. Bibliographie

---

- Alexandre A., Santos R., Serrão E., 2005. Effects of clam harvesting on sexual reproduction of the seagrass *Zostera noltii*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 298 : 115-122.
- Auby I., 1991. Contribution à l'étude des herbiers de *Zostera noltii* dans le Bassin d'Arcachon : Dynamique, production et dégradation, macrofaune associée. Thèse de doctorat spécialité écologie. Université de Bordeaux I : 357 p.
- Auby, I. & Labourg, P.J., 1996. Seasonal dynamics of *Zostera noltii* Hornem. in the bay of Arcachon (France). *Journal of Sea Research*, 35 (4) : 269-277.
- Auby I., Dalloyau S., Fortune M., Hily C., Oger-Jeanneret H., Plus M., Rigouin L., Rollet C., Sauriau P.-G., Trut G., 2014. Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) : *Zostera marina*, *Zostera noltei*. Version 2. Rapport REBENT Ifremer-Réseau REBENT : 41 p.
- Auby, I., Oger-Jeanneret, H., Sauriau, P.-G., Hily, C. & Barillé, L., 2010a. Angiospermes des côtes françaises Manche-Atlantique. Propositions pour un indicateur DCE et premières estimations de la qualité. Rapport Ifremer, Ifremer, Arcachon : 72 p.
- Auby, I., Oger-Jeanneret, H., Sauriau, P.-G., Hily, C. & Barillé, L., 2010b. Angiospermes des côtes françaises Manche-Atlantique. Propositions pour un indicateur DCE et premières estimations de la qualité. Annexe 2 : Fiches contenant les données sur les herbiers des différentes masses d'eau suivies dans le cadre de la DCE. Rapport Ifremer, Ifremer, Arcachon : 152 p.
- Barbier E.B., Hacker S.D., Kennedy C., Koch E.W., Stier A.C., Silliman B.R., 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecol. Monogr.* 81 : 169–193.
- Bensettiti F., Bioret F., Roland J. & Lacoste J.-P. (coord.), 2004. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers*. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 399 p. + cédérom.
- Boese B. L., 2002. Effects of recreational clam harvesting on eelgrass (*Zostera marina*) and associated infaunal invertebrates: in situ manipulative experiments. *Aquat. Bot.* 73 : 63-74.
- Bordeyne F., 2009. Estimation des stocks de palourdes sur les côtes oléronaises du bassin de Marennes-Oléron. Rapport pour l'Ifremer : 63 p.
- Cabaço S., Alexandre A., Santos R., 2005. Population-level effects of clam harvesting on the seagrass *Zostera noltii*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 298 : 123-129.
- Cochón G., Sánchez J., 2005. Variations of seagrass beds in Pontevedra (North-Western Spain): 1947-2001. *Thalassas*, 21 : 9-19.

- Costanza R., d' Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., 1998. The value of ecosystem services: putting the issues in perspective. *Ecol. Econ.* 25 : 67–72.
- CRPMEM, 2013. Pêcherie de la palourde en Poitou-Charentes. Document CRPMEM : 5 p.
- Cunha A.H., Marbá N.N., van Katwijk M.M., Pickerell C., Henriques M., Bernard G., Ferreira M.A., Garcia S., Garmendia J.M., Manent P., 2012. Changing Paradigms in Seagrass Restoration. *Restor. Ecol.* 20 : 427–430.
- Do V.T., 2012. Evolution et santé des herbiers à *Zostera noltii* dans le bassin d'Arcachon à travers la dynamique de la macrofauna benthique associée. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1 : 181 p.
- Eckrich C. E., Holmquist J. G., 2000. Trampling in a seagrass assemblage: direct effects, response of associated fauna, and the role of substrate characteristics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 201 : 199-209.
- Ganassin C., Gibbs P. J., 2008. A review of seagrass planting as a means of habitat compensation following loss of seagrass meadow. Rapport pour le NSW Department of Primary Industries : 43 p.
- Green E. P., Short F. T., 2003. World atlas of seagrasses. Préparé en collaboration avec UNEP World Conservation Monitoring Centre. Berkeley, USA: University of California Press : 298 p.
- Guerry M., 2014. Impact de la pêche à pied à la palourde sur les herbiers à zostère naine (*Zostera noltei*) (Zosteraceae) : mise en place du protocole et résultats préliminaires. Rapport de Master 2 Sciences pour l'Environnement, spécialité Etude et Dynamique des Littoraux et estuaires : 34 p + annexes.
- Guimarães M. H. M. E., Cunha A. H., Nzinga R. L., Marques J. F., 2012. The distribution of seagrass (*Zostera noltii*) in the Ria Formosa lagoon system and the implications of clam farming on its conservation. *J. Nat. Conserv.* 20 : 30-40.
- Hurtado N. S., Pérez-García C., Morán P., Pasantes J. J., 2011. Genetic and cytological evidence of hybridization between native *Ruditapes decussatus* and introduced *Ruditapes philippinarum* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) in NW Spain. *Aquaculture* 311 : 123-128.
- Hily, C., 1976. Ecologie benthique des pertuis Charentais. Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> Cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest : pp. 236.
- Hily C., Gacé N., 2004. Approche écologique de la pêche à pied sur les estrans meubles : Impacts sur les herbiers de zostères. In : Contribution à la gestion et à la conservation des espaces marins insulaires protégés (Manche - Atlantique) : les activités de pêche à pied et de plongée sous-marines : impacts sur la biodiversité et mise au point d'outils d'évaluation (coord. C. Hily). Programme National sur la diversité biologique, Programme de Recherche Espaces protégés

- (Ministère de l'Environnement). Rapport Université de Bretagne Occidentale Brest : Chapitre 3 : 34 p.
- inVIVO environnement, 2012. Suivi de l'impact potentiel de la conchyliculture sur les herbiers de zostère naine (*Zostera noltii*) dans les traits du Croisic et de Pen Bé. Rapport pour le Comité Régional de la Conchyliculture (CRC) Bretagne Sud : 27 p.
- IODDE, 2008. La pêche à pied récréative sur Marennes – Oléron, *Programme « R.E.V.E. » 2006 – 2009*. Second rapport de diagnostic (année 2007) : 118 p.
- IODDE, 2009. La pêche à pied récréative sur Marennes – Oléron, *Programme « REVE » 2006-2009*. Rapport final de diagnostic : 196 p.
- IODDE, 2011. La pêche à pied récréative dans le périmètre d'étude du Parc Naturel Marin de l'Estuaire de la Gironde et des Pertuis Charentais, Rapport final de diagnostic : observations d'avril 2010 à mars 2011. Rapport pour l'Agence des aires marines protégées : 166p.
- IODDE & VivArmor Nature, 2013. Etude et diagnostic de l'activité de pêche à pied récréative. Cahier méthodologique et recueil d'expériences. Rapport pour l'Agence des aires marines protégées : 131 p. + annexes.
- Lafon, V., Dehouck, A. & Curti, C., 2014. Cartographie de l'herbier à *Zostera noltii* de l'île de Ré par télédétection spatiale. GEO-Transfert/ADERA, Pessac, Talence : 37 p.
- Lafon, V., Dehouck, A. & Curti, C., 2014. Cartographie de l'herbier à *Zostera noltii* de la baie de Marennes-Oléron par télédétection spatiale. GEO-Transfert/ADERA, Pessac, Talence : 45 p.
- Moberg F., Rönnbäck P., 2003. Ecosystem services of the tropical seascape: interactions, substitutions and restoration. *Ocean Coast. Manage.* 46 : 27–46.
- Neckles H. A., Short F. T., Barker S., Kopp B. S., 2005. Disturbance of eelgrass *Zostera marina* by commercial mussel *Mytilus edulis* harvesting in Maine: dragging impacts and habitat recovery. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 285 : 57-73.
- Nordlund L. N., Gullström M., 2013. Biodiversity loss in seagrass meadows due to local invertebrate fisheries and harbour activities. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 135 : 231-240.
- OSPAR Commission, 2009. Background Document for *Zostera* beds, Seagrass beds. *Biodiversity Series*, Publication 426/2009, OSPAR Commission, London : 37 p.
- Park S. R., Kim Y. K., Kim J.-H., Kang C.-K., Lee K.-S., 2011. Rapid recovery of the intertidal seagrass *Zostera japonica* following intense Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) harvesting activity in Korea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 407 : 275-283.
- Ribaudo C., 2005. Etude de la croissance et des caractéristiques structurelles de *Zostera noltii* dans le Bassin d'Arcachon. Rapport pour l'Ifremer-LER : 31 p.

- Ruesink J. L., Rowell K., 2012. Seasonal effects of clams (*Panopea generosa*) on eelgrass (*Zostera marina*) density but not recovery dynamics at an intertidal site. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 22 : 712–720.
- Sauriau, P.-G., 1987. Les mollusques non-cultivés du bassin de Marennes-Oléron : quantification et répartition géographique des stocks. *Haliotis*, 16 : 527-541.
- Sauriau P.-G., Ehlinger S., Sauriau F., 2008. Surveillance 2008 faune et flore benthique DCE « vitalité herbier de *Zostera noltii* » masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais. Rapport du contrat de prestation Ifremer n°2008 5 51522020 : 27p.
- Sauriau, P.-G. & Aubert, F., 2013. Contrôle de surveillance 2013 DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 : Partie 1 : herbier de *Zostera (Zosterella) noltei*. Contrat d'étude Ifremer 2013 n° 5210053, CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne, La Rochelle : 39 p.
- Schmidt A., Coll, M., Romanuk T., Lotze H., 2011. Ecosystem structure and services in eelgrass *Zostera marina* and rockweed *Ascophyllum nodosum* habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 437 : 51–68.
- Sokal**, R.R. & Rohlf, F.J., 1981. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. Second edition.* New York, Freeman, W.H. and Co. : 859 p.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J., 1995. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. Third edition.* New York, Freeman, W.H. and Co. : 887 p.
- von Ende C.N., 1993. Repeated-measures analysis : growth and other time-dependent measures. **In** : Scheiner S. M., Gurevitch J., 1993. Design and analysis of ecological experiments. New York, USA : Chapman & Hall : 113-137 p.
- WoRMS, 2014. *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann. Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=145796> on 2014-05-23.
- WoRMS, 2015. *Zostera noltei* Hornemann, 1832. In: Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2015). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway (taxonomic information republished from AlgaeBase with permission of M.D. Guiry). Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=495082> on 2015-06-01.

7. Annexes

Annexe 1 : demande de concession

direction  
départementale  
des Territoires  
et de la Mer  
Cultures marines



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**PREFECTURE DE LA CHARENTE MARITIME**

**DEMANDE D'AUTORISATION  
D'EXPLOITATION DE CULTURES MARINES**  
Décret n° 83-228 du 22 mars 1983 modifié  
Arrêté du 6 juillet 2010 relatif aux demandes d'autorisation d'exploitation de cultures marines

OPERATION	Création	NUMERO DE DEMANDE	MN13/0770
MOTIF	suite au classement sanitaire du gisement de palourdes sur la zone Adu Méuson, une étude a été demandée par le CRPMEM à l'Université de La Rochelle afin d'évaluer l'impact de la pêche sur les herbiers de zostères		
DEMANDEUR	LA ROCHELLE UNIVERSITE INST.LI - n° d'administré : **12097 23 Avenue Albert Einstein 17000 La Rochelle		
CONCESSIONS ACTUELLES	2668 ares de concessions CM1 / Aucune concession CM2,CM3 et CM4		
CAPACITE PROFESSIONNELLE	Expérience > 3ans		
AUTRES RENSEIGNEMENTS			

Concessions :

NUMERO	LOCALISATION	CARACTERISTIQUES	SURFACE OU LONGUEUR	DUREE
52206050	ADE	Divers Poisson/coquillage/entartée - Ets Scient. A But Non Commercial DRPM Littoral(balancom, Mn 69)	270 ares	10 ans

Je m'engage à me conformer aux obligations découlant du décret du 22 mars 1983 modifié .  
Je certifie posséder la capacité professionnelle précitée (attestation jointe) ou je m'engage à effectuer un stage de formation agréé en cultures marines dans un délai de 2 ans à compter de la date de l'arrêté d'autorisation d'exploitation de cultures marines, sous réserve d'y être autorisé.  
Le silence gardé par le préfet pendant six mois à compter de la date d'accusé de réception des demandes de concession ou d'autorisation vaut décision de rejet de ces demandes.

Fait à MARENNES, le 13/08/2013  
Signature du demandeur

Accusé réception de l'administration le :  
*13/08/2013*  
Le Contrôleur des Affaires Maritimes  
Pêches, Cultures Marines, Environnement  
*Philippe SAUSSIEAU*

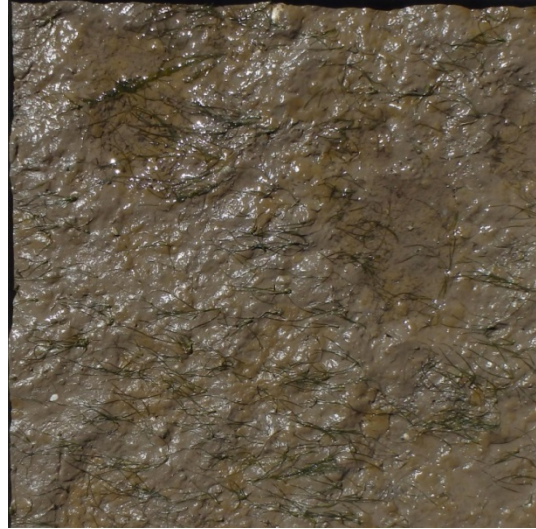
3 Rue Foch 17320 MARENNES  
téléphone : 05 46 85 64 24 / télécopie : 05 46 85 14 40 / mël : SAM-Marennes.DRAM-PoitCha@equipement.gouv.fr

La loi 78-17 de 6 janvier 1978 relative à l'Informatique, aux fichiers et aux bases s'applique aux réponses faites à ce formulaire par les entreprises individuelles. Elle leur garantit un droit d'accès et de rectification pour les données les concernant ainsi que la direction départementale des territoires et de la mer.

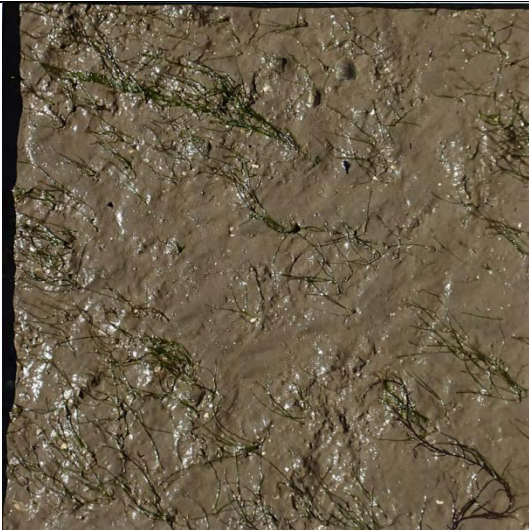
Annexe 2 : exemple de densités d'herbier entre 5 et 25 % de recouvrement. Photos Sauriau P.-G.



**5 %** le 16/05/2014 sur Q14



**9,5 %** le 17/04/2014 sur Q32



**15 %** le 16/05/2014 sur Q65



**20 %** le 16/05/2014 sur Q32



**25 %** le 16/05/2014 sur Q47

Annexe 3 :Laises de mer avec matelas de feuilles d'herbier à *Zostera noltei*.  
Photos Sauriau P.-G., septembre 2012, Les Doux



Annexe 4 : Exemples de clichés avant – après découverte des macroalgues à ulves sur une parcelle expérimentale de l'herbier moyen dense. Photos Sauriau P.-G.



Annexe 5 : Exemple d'une trace de pas apparue dans la parcelle expérimentale n° 26 en août 2014 en référence à l'observation de juillet 2014 et évolution de la forme en septembre 2014 jusqu'à sa disparition complète en octobre 2014. Photos Sauriau P.-G.

