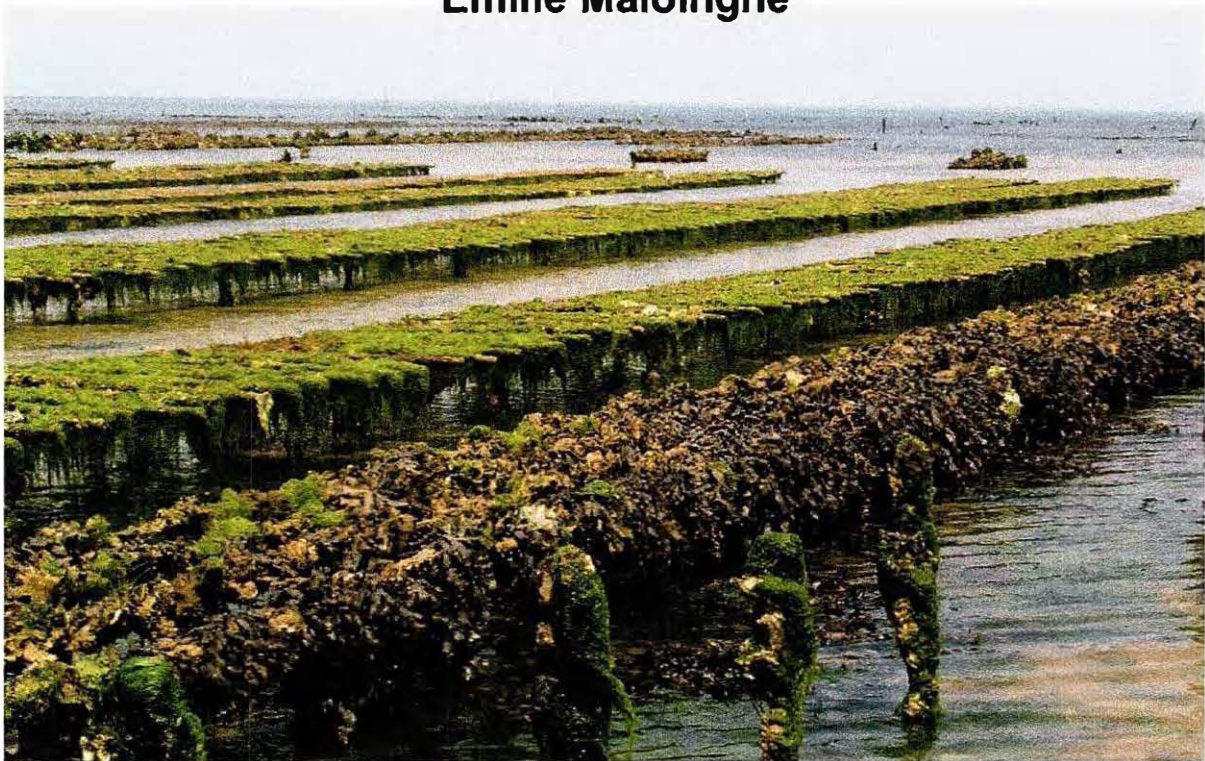


Université de La Rochelle :  
Master de Biologie « Environnement & Espaces littoraux »

Stage du 18 avril au 10 juin 2005

# Impact des parcs ostréicoles (Ile de Ré) sur le sédiment

Emilie Maloingne



Laboratoire d'accueil :  
**CREMA de L' Houmeau**  
Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Marins et Aquacoles  
Place du Séminaire BP5  
17137 L'HOUMEAU



Responsable de Stage :  
**Alain BODOY** (Chargé de Recherche – IFREMER)

# Sommaire

|  |    |
|--|----|
| <i>Avant propos</i>  | 1  |
| <i>Introduction</i>  | 2  |
| <b>1. Matériel &amp; Méthodes</b>                              | 3  |
| 1.1 Aires d'études   | 3  |
| 1.2 Echantillonnage des stocks d'huîtres en place.             | 3  |
| 1.3 Prélèvements   | 4  |
| 1.4 Analyses   | 4  |
| 1.4.1 Analyse granulométrique                                  | 4  |
| 1.4.2. Analyse physicochimique                                 | 4  |
| 1.4.3 Analyses biogéochimiques                                 | 5  |
| <b>2. Résultats</b>  | 7  |
| 2.1 Etat des stocks  | 7  |
| 2.2 Granulométrie  | 7  |
| 2.3 Potentiel réducteur  | 7  |
| 2.4 Teneur en eau des sédiments                                | 8  |
| 2.5 Teneur en matière organique (MO) des sédiments             | 8  |
| 2.6 Teneurs en carbone (C) et azote (N) des sédiments          | 9  |
| 2.7 Teneurs en chlorophylle a et en phéopigments des sédiments | 10 |
| 2.8 Les sucres totaux et les EPS                               | 11 |
| <i>Discussion</i>  | 12 |
| <i>Conclusion</i>  | 15 |
| <i>Bibliographie</i>   | 16 |
| <i>Annexe</i>  | 17 |

## Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier M. GENTIEN, directeur du CREMA, pour m'avoir accueillie dans son laboratoire.

Je remercie M. Alain BODOY, chargé de recherche à l'IFREMER, pour ses nombreux conseils, son investissement, et pour m'avoir emmenée sur le terrain « déguster des huîtres ».

Je tiens également à remercier, Mme Lucette JOSSARD, pour sa disponibilité, ses explications. Ainsi que le reste de l'équipe technique, Françoise Mornet et Martine Breret.

Je suis reconnaissante envers M. Jean-Louis MARTIN, pour ses conseils lors de la préparation de l'oral.

Et merci à tous les doctorants et aux autres stagiaires pour leur bonne humeur, et les parties de pétanque.



## **Avant propos**

### **Structure d'accueil**

Le Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Marins et Aquacoles (CREMA L'Houmeau) a été créé en 1983 par le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). et l'Institut Français de la Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), sous la forme d'une unité mixte de recherche (UMR 10). Son rôle est de développer l'étude fondamentale et finalisée du fonctionnement des écosystèmes côtiers (marais d'eau saumâtre et maritime, zone littorale) avec pour objectif leur exploitation diversifiée et leur protection. La problématique globale a pour intitulé « *Estimation de la capacité biotique des marais maritimes et des eaux côtières atlantiques ; valorisation par l'aquaculture semi extensive.* »

Les recherches s'articulent autour de trois équipes de Recherche ;

- ▶ Equipe 1 ; Couplage pelagos-benthos et fonctionnement des écosystèmes littoraux
- ▶ Equipe 2 ; Structurations et productivité des communautés microbiennes planctoniques dans les panaches fluviaux
- ▶ Equipe 3 ; Espèces exploitées dans leurs écosystèmes : Réponses adaptatives, interactions, intégration et un programme transversal ; « Etude intégrée d'un écosystème côtier conchylicole », conduit au sein des différentes équipes

### **Thématique de recherche**

Le littoral de la Charente Maritime est soumis à un fort taux d'exploitation des ressources biologiques. Les activités traditionnelles de saliculture et d'ostréiculture en marais qui avaient justifié leur aménagement par l'homme, se sont trouvées confrontées au développement d'autres activités, tels que la pêche, l'aquaculture de poissons, l'agriculture, le tourisme, ce qui a entraîné de nombreux conflits d'usages. L'objectif général de l'équipe n°3 est d'acquérir les connaissances nécessaires à la compréhension des relations entre les espèces exploitées et l'environnement côtier, afin de contribuer à l'aménagement des zones humides littorales et de la bande côtière.

Dans l'optique de contribuer à une meilleure gestion de l'espace de la bande côtière, le travail de ce stage a consisté à mettre en évidence l'impact des parcs ostréicoles au niveau de différents descripteurs du sédiment. L'étude s'est déroulée de la façon suivante ; une semaine de prélèvements, trois semaines d'analyses des échantillons de sédiment, une semaine de traitement des données et deux semaines de rédaction.

## Introduction

Plus que les processus naturels, ce sont de plus en plus les activités anthropiques qui conditionnent l'évolution de l'environnement. Aujourd'hui, le concept d'anthroposystème prend donc le pas sur celui d'écosystème. Les milieux littoraux sont fortement anthropisés notamment par le développement des différents usages tel que le tourisme, l'agriculture, la conchyliculture, la pêche... En Charente Maritime, la conchyliculture constitue un pôle économiquement fort. Il s'agit en effet de la première zone ostréicole d'Europe, avec 47 000 tonnes d'huîtres produites annuellement auquel s'ajoutent 10 000 tonnes de moules pour la mytiliculture (Girard S *et al.* 2005). L'écosystème côtier est donc soumis à une anthropisation correspondant à l'emprise écologique des zones conchylicoles. La connaissance des modifications induite par cette emprise est un pré requis nécessaire à la gestion des espaces côtier.

Les mollusques bivalves cultivés, et plus particulièrement l'huître *Crassostrea gigas*, ont un mode alimentaire basé sur la filtration des particules sestoniques présente dans l'eau de mer. Cette filtration a pour conséquence la formation de fèces, provenant des particules ingérées et partiellement digérées, et de pseudofèces, constitués de particules non ingérées mais agrégées entre elles au niveau des palpes labiaux (Bernard 1974, Martin *et al.* 1989). L'ensemble constitue les biodépôts. Les huîtres vont les agréger en les enrobant de mucus, favorisant ainsi leur sédimentation (Kusuki 1977). Un flux de matière organique est donc dirigé du domaine pélagique vers le sédiment.

De nombreuses études réalisées sur la biodéposition (Sornin *et al.* 1983, Sornin 1987, Sornin *et al.* 1987, Martin *et al.* 1989), ont permis de quantifier ce flux. En effet, Sornin (1983) évalue la production mensuelle en fèces et pseudofèces entre 1,2 et 8,2grammes (poids sec) par gramme de chair sèche d'huître sous les tables de cultures à Marennes-Oléron. Ce mode d'élevage induit des modifications hydrodynamiques, car les tables de cultures diminuent d'un facteur 2 la vitesse de courant de fond favorisant la sédimentation de la matière organique d'une part et diminuant l'érosion des biodépôts au niveau du sédiment d'autre part (Ringot 2001).

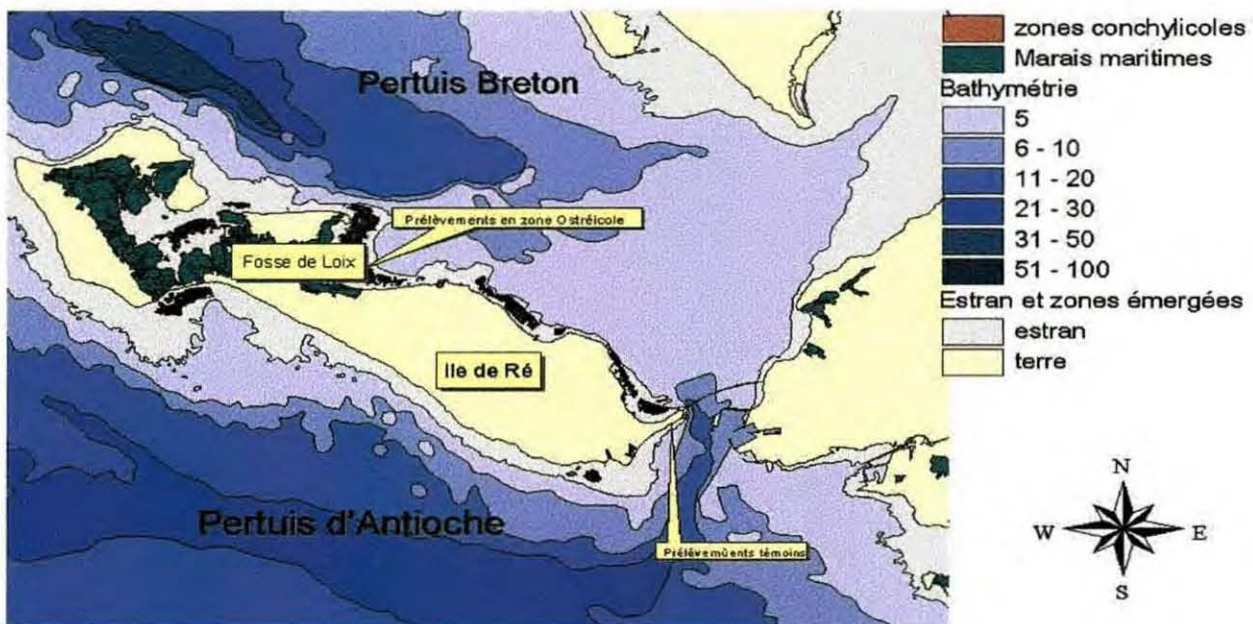
Cette étude s'est attachée à décrire les modifications induites par les parcs ostréicoles sur le milieu naturel et plus particulièrement sur le sédiment, qui est le réceptacle de biodépôts, et donc de la matière organique. L'étude a été réalisée sur l'île de Ré, en comparant une zone sans élevage conchylicole et une zone d'élevage d'huîtres creuses, entourée de sédiments homogènes à des niveaux bathymétriques identiques.



# 1. Matériel & Méthodes

## 1.1 Aires d'études

L'étude a été réalisée à partir de sédiments prélevés sur l'île de Ré. Le site témoin, situé sur la plage de Sablanceaux, peut être considéré comme indépendant des apports ostréicoles. Le second site est situé dans la fosse de Loix, au milieu des parcs ostréicoles. Les prélèvements ont eu lieu sous les tables d'élevage garnies de "collecteurs". Les deux sites sont situés à des niveaux bathymétriques identiques, en bas d'estran et ont été découvert par des coefficients de marées de 85. Les sédiments "témoins" et "mesures" sont des sédiments meubles et homogènes.



## 1.2 Echantillonnage des stocks d'huîtres en place.

La zone ostréicole (Fosse de Loix) présentait des ensembles hétérogènes ; des tables comprenant des collecteurs de 18 mois, de 1 an, de 30 mois, de 4ans des tables abandonnées, des allées... Un



échantillonnage aléatoire stratifié a été réalisé pour déterminer la biomasse des huîtres présente sur le site (Frontier 1983). Ce plan d'échantillonnage a été choisi puisqu'il tient compte de l'hétérogénéité de l'ensemble étudié. Les parcs ont été divisés en 4 strates plus homogènes, selon le type de collecteurs, et ont été échantillonnées au hasard. Le nombre de tubes par mètre de table et le poids des huîtres par tube (poids pesé-poids du tube) est calculé pour chaque strate, puis pour la surface totale

échantillonnée, donnant ainsi une biomasse exprimée en  $\text{kg.m}^{-2}$ . Sur la zone témoin, la biomasse d'huître est nulle.



### 1.3 Prélèvements

Des profils verticaux ( 0-3cm, 3-6cm, 6-9cm, 9-12cm,12-15cm, 15-18cm, 18-21cm, 21-24cm, 24-27cm, 27-30cm, 30-33cm) ont été réalisés pour prendre en compte une variabilité verticale importante. Pour cela les sédiments ont été prélevés au moyen de carottes en PVC sur les deux sites d'études. Une carotte était perforée tous les 3cm pour permettre l'introduction d'une électrode pour les profils verticaux de redox. Pour les analyses chimiques, teneur en M.O, teneur en eau, Carbone et Azote particulaire, Chlorophylle, d'autres carottes ont été découpées en tranches à partir de la couche de surface, en faisant remonter le sédiment de bas en haut à l'aide d'un piston. Les tranches ont été isolées dans des piluliers plastiques, référencées et stockées à -20° avant analyse. Des échantillons de sédiment ont été également prélevés pour la granulométrie.

### 1.4 Analyses

#### 1.4.1 Analyse granulométrique

Les sédiments issus des deux sites peuvent être caractérisés par une classification granulométrique standard, basée sur le système international d'Atterberg

---

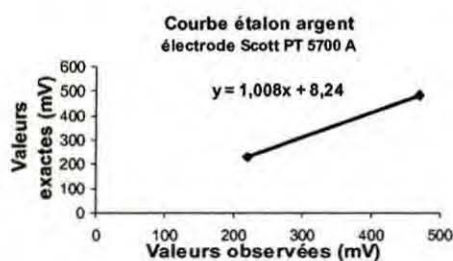
|         |                     |          |
|---------|---------------------|----------|
| 2mm<    | fraction graveleuse |          |
| 2mm>    | fraction sableuse   | >0,063mm |
| 0,0063> | fraction fine       |          |

---

Elle s'obtient par tamisage normalisé (Hussenot *et al.* 1994). Avant de le tamiser, la fraction fine du sédiment prélevé a été éliminée par un premier tamisage sur une maille de 63µm. Le refus de tamis a ensuite séché à l'étuve à 60° pendant 48h, puis défloculé à l'aide d'un agitateur magnétique dans une solution de métaphosphate à 40 g/L pendant 4 heures, afin de séparer les dernier grains assemblés.

Le refus de tamis sec, a été ainsi repesé, et placé dans une colonne de 17 tamis (Retsch AS200 digit), de taille de maille différente (4mm ; 2mm ; 1,6mm ; 1,25mm ; 1mm ; 0,8mm ; 0,63mm ; 0,5mm ; 0,4mm ; 0,315mm ; 0,25mm ; 0,2mm ; 0,16mm ; 0,125mm ; 0,1mm ; 0,08mm ; 0,063mm). Chaque tamis, ayant été pesé préalablement à vide, a été repesé avec le refus récolté. Les 18 fractions obtenues ont été regroupées selon les trois fractions standardisées, présentées plus haut.

#### 1.4.2. Analyse physicochimique



Les potentiels redox ont été mesurés avec une électrode (Scott PT 5700 A) reliée à un millivoltmètre. Un étalonnage de l'électrode a été préalablement réalisé avec deux solutions de contrôle d'oxydoréduction encadrant la gamme de mesure (Scott-Gerâte,

+220, et +470mv, référence interne Ag/AgCl à 25°C). Les mesures ont été faite sur le terrain par immersion horizontale de l'électrode dans les trous de la carotte perforée.

### **1.4.3 Analyses biogéochimiques**

#### ***1.4.3.1 Analyse de la teneur en eau***

Pour mesurer la teneur en eau interstitielle, une partie des sédiments congelés a été prélevée, environ 1/3 de chaque pilulier, et a été pesée sur une balance de précision au 1/100<sup>e</sup> de mg. Les sédiments ont été lyophilisés pendant 48h, afin d'enlever toute trace d'humidité, et ont été de nouveau pesés.

#### ***1.4.3.2 Analyse de la teneur en matière organique***

La teneur en matière organique a été mesurée par perte au feu (Hussenot *et al.* 1994). Les sédiments ont été calcinés à 450° pendant 4H (Mook & Hoskin 1982), puis ont été refroidis en dessiccateur avec silicagel. La quantité de MO présente dans les échantillons, a été quantifiée, par la différence de poids avant et après la crémation.

#### ***1.4.3.3 Dosage du carbone et de l'azote***

Le calcul du rapport C/N a été effectué sur le Carbone organique (Corg.) et L'Azote totale. Une décarbonatation a donc été nécessaire pour éliminer le Carbone Minéral présent dans le sédiment sous la forme de Carbonates. Celle-ci est réalisée en ajoutant en moyenne 1mL d'HCL 1N dans 200g de sédiment (Nieuwenhuize *et al.* 1993). Des sous échantillons (15 à 40g selon le type de sédiment) ont été ensuite placés dans des petites capsules d'étain pour être analysé au moyen du Nitrogen Analyzer 1500, de marque Carlo Erba.

Chaque capsule a été introduite automatiquement dans un réacteur constitué d'un tube vertical en quartz maintenu à 1020° C et dans lequel passe un courant d'hélium. A l'introduction de l'échantillon, le courant d'hélium est automatiquement enrichi par une quantité déterminée d'Oxygène pur, provoquant ainsi la combustion éclair de la capsule et de l'échantillon. Les gaz de combustion, entraînés par le courant d'hélium, passent sur un catalyseur (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) qui les oxyde en CO<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O – N<sub>2</sub> et NxOy. Ces gaz passent alors sur un deuxième catalyseur (Cuivre réduit) qui va réduire les Oxydes d'Azote en Azote élémentaire et piéger l'excès d'Oxygène. A la sortie du tube, on trouve en plus du gaz vecteur (Hélium) les gaz N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O. Les quatre gaz obtenus sont alors séparés par une colonne de chromatographie et quantifiés par un détecteur à conductibilité thermique. Le signal obtenu est amplifié, puis envoyé à un enregistreur-intégrateur. L'utilisation d'un étalon externe permet de calculer la teneur en C et N des échantillons.



#### 1.4.3.4 Dosage de la chlorophylle a et des phéopigments

L'extraction de la chlorophylle a a été réalisée sur des échantillons de 180 à 200 mg pour le sédiment témoin et de 80 à 100 mg pour l'autre, dans l'acétone à 90% pendant une nuit (16h à 18h), dans l'obscurité, au froid (4°C), et avec agitation. Une centrifugation (2000 t/min pendant 10 minutes) a permis de séparer le culot, contenant le sédiment, du surnageant contenant les pigments en solution.

Le dosage s'effectue par fluorimétrie (Holm-Hansen *et al.* 1965) au fluorimètre Turner 10 AU. La méthode consiste à mesurer la fluorescence du surnageant, avant (*f*) et après ajout de 50µl d'acide HCL 1N (*fa*). L'acidification entraînant la conversion différentielle de la chlorophylle a en phéophytine (Yentsch & Menzel 1963).

$$\text{Chlorophylle a } (\mu\text{g/g}) = [ ((f-f_a)/(k-k_a)) * (v/1000) ] / p$$

$$\text{Pheopigment } (\mu\text{g.g}) = [ ((k*f_a - k_a*f) / k_a(k-k_a)) * (v/1000) ] / p$$

*f* : fluorescence avant acidification

*fa* : fluorescence apres acidification

*P* : poids du sédiment pesé (g)

*v* : volume d'acétone (8 ml)

*k* et *ka* : facteur d'étalonnage de la chlorophylle a et de la phéophytine a pures

L'étalonnage a été obtenu par rapport à une mesure d'extinction photométrique à 665 nm d'une solution de chlorophylle pure dans l'acétone 90%. Des dilutions de cette solution mère ont permis d'obtenir une gamme de concentration servant à faire une droite d'étalonnage qui a été utilisée pour convertir les valeurs de fluorescence en µg de chlorophylle a.

$$k = f / chl a$$

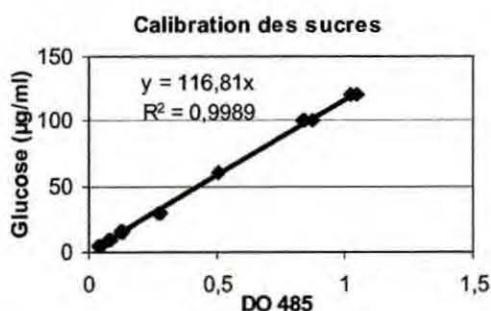
#### 1.4.3.5 Dosage des sucres solubles

L'extraction des sucres solubles est réalisée sur 2g de sédiment sec dans 5ml d'eau distillée, pendant une heure au bain-marie agité et avec agitation au vortex toutes les 15 minutes (Staats *et al.* 2000). Les sucres solubles ont été récupérés dans le surnageant après centrifugation (4000t/min pendant 10 minutes).

Le dosage de la fraction soluble totale a été effectué dans 1ml de surnageant, par ajout de 1ml de phénol 5% et 5ml d'acide sulfurique 96%. Les sucres ont alors réagi avec le phénol pour former un complexe de couleur jaune (après 30 minutes), dont on va lire l'absorbance à 485nm (Dubois *et al.* 1956). Les solutions ont été transférées dans des cuves de trajet optique 1cm.

Une courbe de calibration a été construite à partir d'une solution mère à 5g/L de glucose, les résultats obtenus pour les échantillons ont donc été exprimés en glucose-équivalent.

Les sucres solubles de haut poids moléculaire, correspondants aux EPS, également présent dans le surnageant, ont été précipités par l'action de l'éthanol au froid. La



précipitation a été réalisé sur 2 mL de surnageant auquel on été ajouté 8 mL d'éthanol absolu, pendant une nuit, à -20°C. Les EPS ont été récupérés dans le culot après centrifugation (5000t/min pendant 30 minutes et à 10°C). Ils sont séchés au bain-marie sec à 60°C, puis dissous dans 1 mL d'eau distillée pour doser les sucres simples qu'ils contiennent (Staats et al. 2000). L'absorbance a été également lue à 485nm, avec des cuves dont le trajet optique est de 1cm pour le sédiment vaseux et de 2cm pour le sableux.

## 2. Résultats

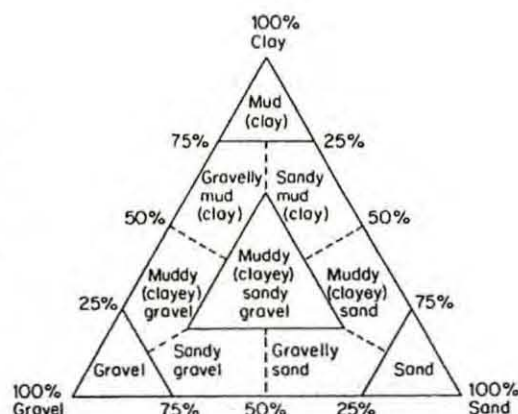
### 2.1 Etat des stocks

La biomasse totale est exprimée en Kg/m<sup>2</sup>.pour une surface totale de 7585,12m<sup>2</sup>, soit une **biomasse totale de 1,75Kg/m<sup>2</sup>**

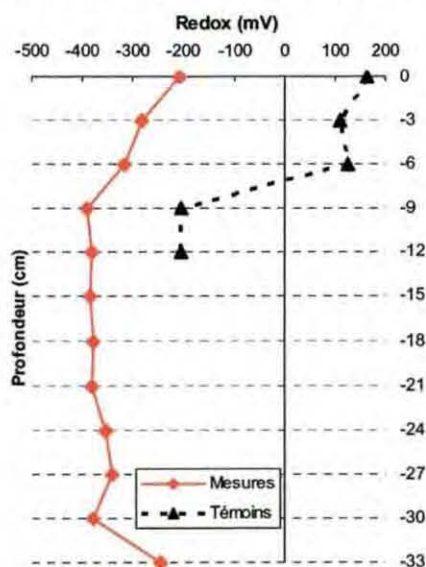
|                | Poids des huîtres (Kg) |
|----------------|------------------------|
| Strate n°1     | 1723,07                |
| Strate n°2     | 1200                   |
| Strate n°3     | 2476,33                |
| Strate n°4     | 9446,96                |
| <b>I TOTAL</b> | <b>11 961,30</b>       |

### 2.2 Granulométrie

D'après le diagramme de Shepard (1954), le sédiment témoin composé de 0,7 % de graviers, de 59,04 % de sables et de 40 % de vase est considéré comme un sable vaseux. Le sédiment de la zone ostrécicole, composé de 5 % de graviers, de 54 % de sables et de 40 % de vases, peut être considéré comme un sable vaseux.



### 2.3 Potentiel réducteur



Les caractéristiques du sédiment présentent une variabilité verticale importante. Les profils verticaux du potentiel redox des sédiments montrent l'existence de deux couches bien distincte. Une première couche oxydée, de la surface à une profondeur de -9cm, et une seconde plus réductrice en profondeur. Le potentiel redox dans le sédiment de la zone ostrécicole (Mesure) diminue de 200mV jusqu'à atteindre une valeur seuil de -400mV à une profondeur de -9cm

**Figure 1:** Evolution des potentiels redox (mV) en fonction de la profondeur pour les deux sites



Dans le sédiment témoin, zone sans élevage, le redox diminue également, passant d'un potentiel de +200mV en surface à un redox de -200mV à -9cm.

## 2.4 Teneur en eau des sédiments

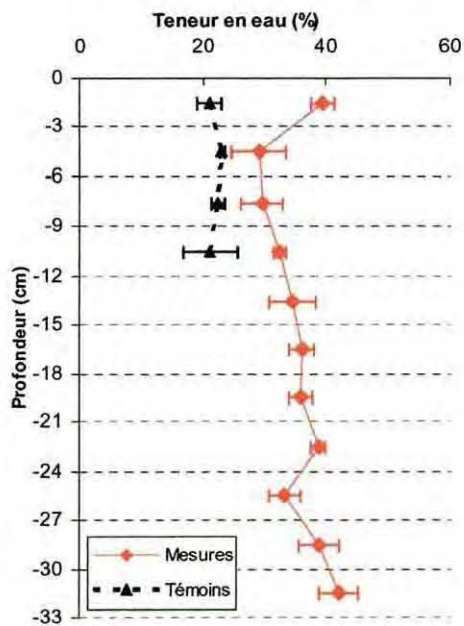


Figure 2; Evolution de la teneur en eau (%) en fonction de la profondeur pour les deux types de sédiments. Les barres verticales correspondent aux écarts types des mesures.

La teneur en eau des sédiments des parcs ostréicoles diminue de 10% (de 40% à 30% du poids du sédiment) dans les deux premières couches (0 à 6cm) pour augmenter légèrement dans les couches plus profondes.

La teneur en eau du sédiment témoin présente une relative stabilité et représente environ 20% du poids du sédiment.

## 2.5 Teneur en matière organique (MO) des sédiments

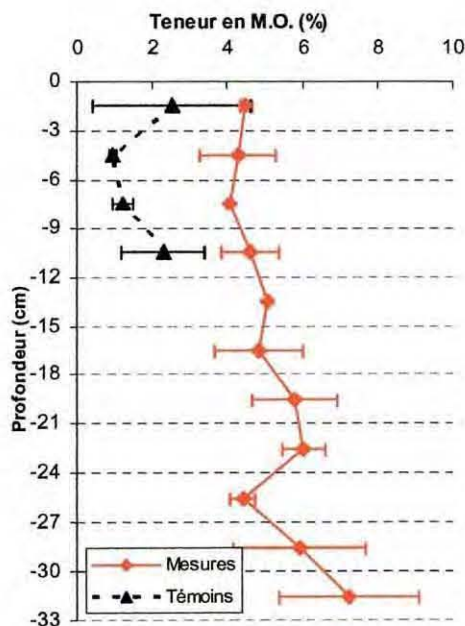


Figure 3; Evolution de la teneur en matière organique (%) des sédiments en fonction de la profondeur. Les barres verticales correspondent aux écarts types des mesures.

La teneur en matière organique du sédiment de la fosse de Loix varie entre 4 et 7% tout au long de la bathymétrie. Elle montre une tendance à augmenter en fonction de la profondeur.

La teneur en matière organique de la plage de Sablanceaux diminue de 3% à 1% dans la première couche de surface, puis augmente de nouveau, jusqu'à une valeur comparable à celle mesurée en surface.

## 2.6 Teneurs en carbone (C) et azote (N) des sédiments

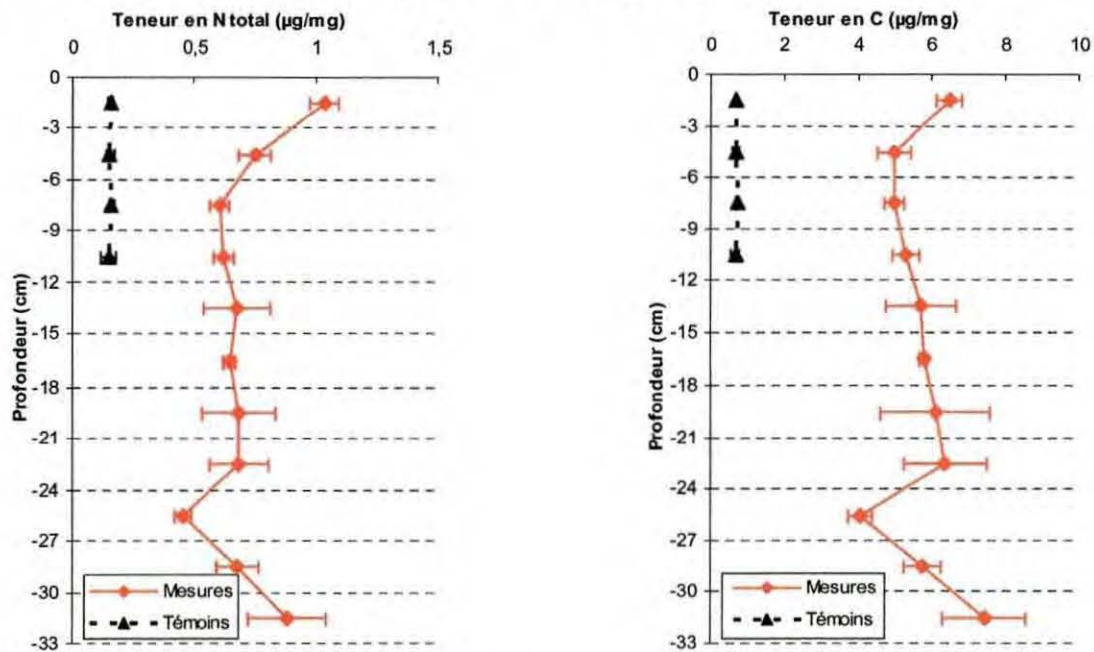


Figure 4 et 5; Evolution de la teneur en carbone et en azote ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) en fonction de la profondeur pour les deux types de sédiments. Les barres verticales correspondent aux écarts types des mesures.

Les teneurs moyennes en C et en N des sédiments témoins sont comprises entre 0,15 et 0,16  $\mu\text{g}/\text{mg}$  pour l'azote (fig 5) et entre 0,6 et 0,71  $\mu\text{g}/\text{mg}$  pour le carbone (fig 4).

Pour les sédiments issus des zones ostréicoles, les teneurs moyennes en C et en N, diminuent dans les premières couches (de 0 à -9 cm), de 1,03 à 0,61  $\mu\text{g}/\text{mg}$  pour l'azote total, et de 6,47 à 4,98  $\mu\text{g}/\text{mg}$  pour le carbone. Dans les couches plus profondes, les teneurs varient entre 0,68 et 0,89  $\mu\text{g}/\text{mg}$  pour l'azote et de 5,31 à 7,43  $\mu\text{g}/\text{mg}$  pour le carbone, excepté pour le point situé entre 24 et 27 cm.

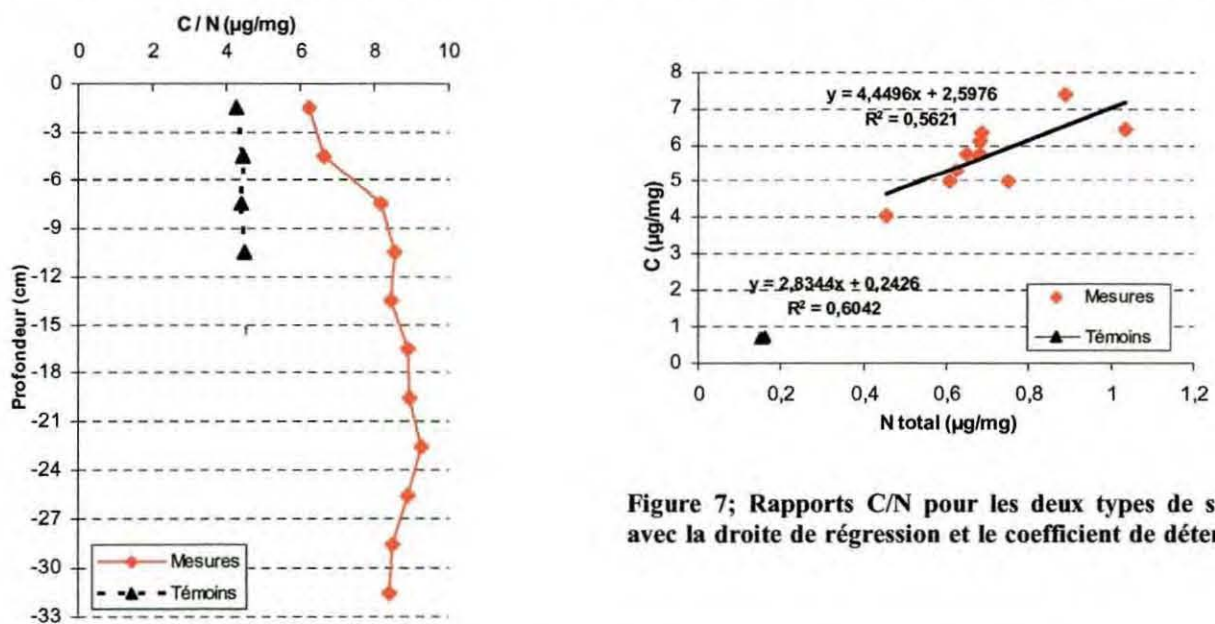


Figure 7; Rapports C/N pour les deux types de sédiments, avec la droite de régression et le coefficient de détermination

Figure 5; Evolution du rapport C/N en fonction de la profondeur pour les deux types de sédiments



Le rapport C/N pour le sédiment témoin ne varie pratiquement pas en fonction de la profondeur, de 4,4 à 4,6µg/mg (fig 6) Ceci est confirmé par le regroupement des points sur la figure 7.

Pour le sédiment des zones ostréicoles, le rapport C/N augmente avec la profondeur (fig 6), de 6,2µg/mg en surface à 0,3µg/mg à -24cm.

La majorité des points ont des valeurs comprises entre 0,6 et 0,75µg/mg pour l'azote, et entre 5 et 6,5µg/mg pour le carbone (fig 7). Deux points ont des valeurs plus élevées en Carbone et en Azote. Il s'agit pour le premier de la couche de fond (-30 à -33cm) et pour le second de la couche de surface.

## 2.7 Teneurs en chlorophylle a et en phéopigments des sédiments

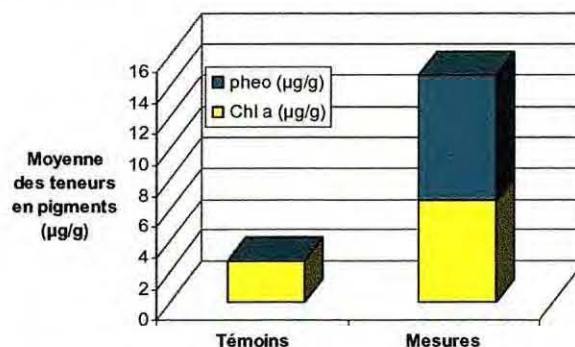
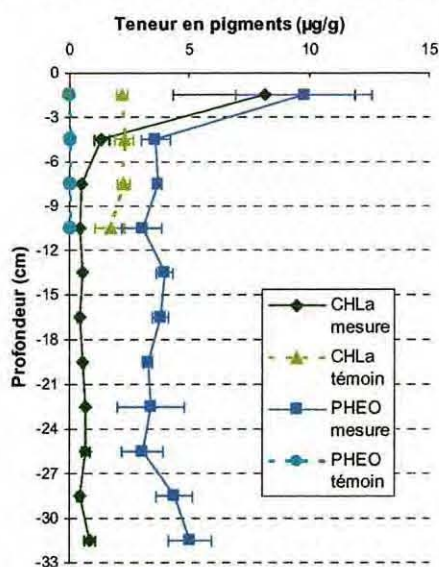


Figure 6; Teneurs moyennes en chlorophylle a et en phéopigments dans les sédiments de surface

Figure 7; Evolution des teneurs en chlorophylle a et en phéopigments (µg/g) en fonction de la profondeur pour les deux types de sédiments

La figure 7 met en évidence une différence de teneurs en pigments dans les deux sites, une moyenne de 14, 63µg/g est présente dans le sédiment de la zone ostréicole contre 2,70µg/g dans le sédiment témoin. De plus, le sédiment témoin se compose essentiellement de chla (99,72%), alors que le second se compose de 44% de chla et de 55% de pheopigment.

Les teneurs en chlorophylle a (chla) et en phéopigments (pheo) des sédiments témoin n'évoluent pratiquement pas en fonction de la profondeur (fig 8). Les valeurs moyennes sont de 2,12 µg/g, pour la chlorophylle a et de 0,04 µg/g pour les phéopigments.

Pour les sédiments de la zone ostréicole, les teneurs en pigments diminuent sensiblement dans la première couche de surface. Les valeurs passent de 8,14 µg/g en surface à 1,348 µg/g à -3cm pour la chla, et de 9,79 µg/g à 3,617 µg/g pour la pheo, et semblent ensuite avoir atteint un seuil.

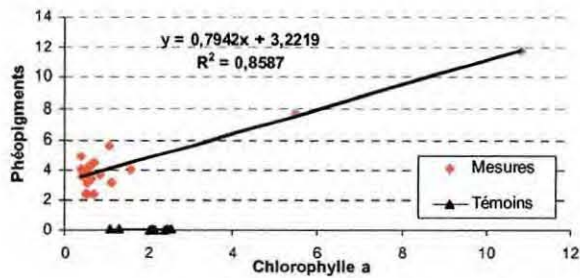


Figure 8; Rapports Chlorophylle a / phéopigments pour les deux types de sédiments, avec la droite de régression et le coefficient de corrélation

Le sédiment de la zone ostréicole a des teneurs supérieures en phéopigments, situées entre 2 et 4 $\mu\text{g/g}$ , contre 0 à 2 $\mu\text{g/g}$  pour la chlorophylle. Deux points correspondent à des teneurs plus élevées, il s'agit des sédiments issus de la couche de surface (0 à -3cm).

Le sédiment témoin a, quant à lui, des teneurs supérieures en Chlorophylle a, comprise entre 1,7 et 2,3 $\mu\text{g/g}$ . La teneur en phéopigment y est pratiquement nulle.

## 2.8 Les sucres totaux et les EPS

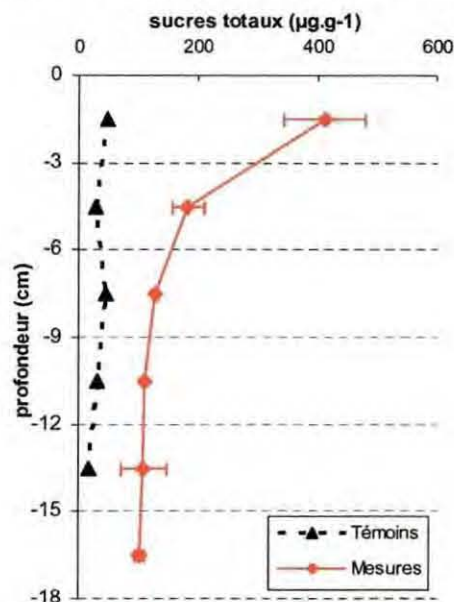


Figure 9; Evolution des sucres totaux (exprimés en équivalent glucose) en fonction de la profondeur, pour les deux types de sédiments.

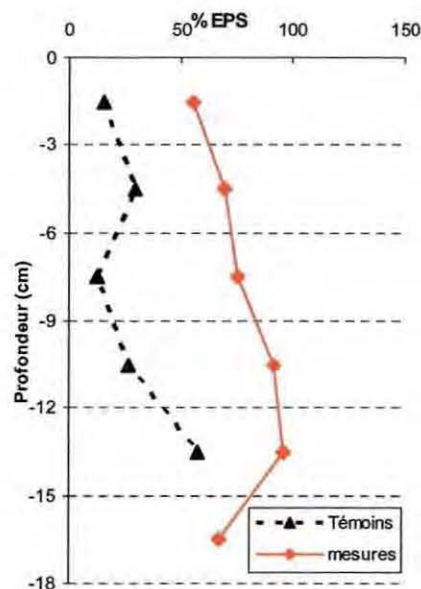


Figure 10; Evolution du pourcentage d'EPS, compris dans les sucres totaux, en fonction de la profondeur

La quantité de Sucres totaux diminue avec la profondeur (fig 9), passant de 48,93 en surface à 17,89 $\mu\text{g.g}^{-1}$  à -15cm pour les sédiments témoin, et de 411,38  $\pm$  67,8 à 102,3  $\pm$  8,95 $\mu\text{g.g}^{-1}$  à -18cm pour les sédiments de la zone ostréicole.

D'une manière générale, le pourcentage d'EPS compris dans les sucres totaux augmente avec la profondeur (fig 10). Ce pourcentage est supérieur dans les sédiments en zone d'élevage, puisqu'il représente 55 % des sucres en surface et 93 % en profondeur contre 15 % en surface et 57% en profondeur pour le sédiment témoin.



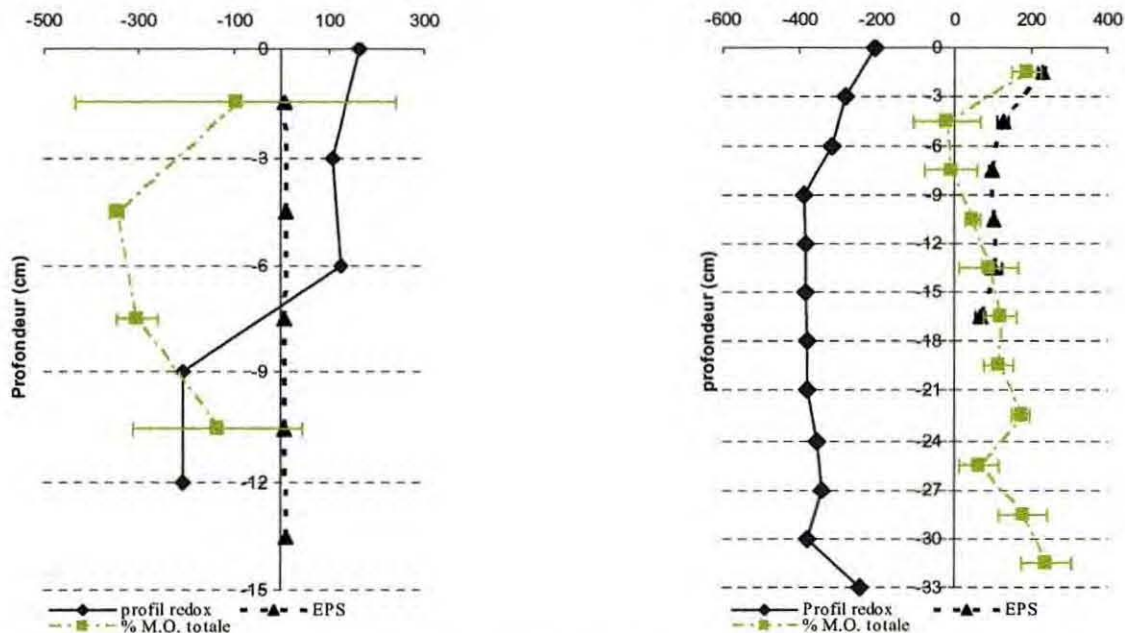


Figure 11 et 13; Evolution du potentiel redox (mV), des EPS ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  en équivalent glucose) et de la matière organique totale (%), en fonction de la profondeur pour le sédiment témoin (GAUCHE) et pour le sédiment de la zone ostréicole (DROITE)

Le sédiment témoin présente une évolution du potentiel redox, et de la MO similaire au niveau des six premiers centimètres (fig 12); diminution importante jusqu'à -3cm puis légère augmentation. De -6 à -18cm, l'évolution diffère, la MO augmente alors que le potentiel redox diminue. Les EPS sont en faible quantité.

Pour le sédiment de la zone ostréicole (fig 13), le potentiel redox, les EPS et la MO diminuent dans les premières couches de surface (0 à -6cm). De -6 à -18cm, les EPS et le potentiel redox présentent une relative stabilité, la MO, quant à elle, augmente légèrement. Puis à partir de -21cm, des fluctuations sont observées.

## Discussion

L'analyse granulométrique ne montre pas de différence significative entre la composition du sédiment témoin et celui de la zone ostréicole. Les sédiments sont considérés comme des sables vaseux. Cependant, l'observation sur le terrain des différentes zones nous amène à penser que ce résultat n'est pas cohérent. La défloculation réalisée avant le tamisage semble avoir érodé les grains de sables. Une carte des sédiments superficiels présents autour de l'île de Ré (annexe 1) est alors utilisée comme référence. La zone ostréicole (Fosse de Loix) est constituée d'un sédiment sablo vaseux et la zone sans élevage (Plage de Sablanceux) d'un sédiment sableux.

Le potentiel redox décroît très rapidement dans la première couche des sédiments, du fait notamment d'une activité bactérienne intense. La couche superficielle oxydée peut varier de quelques



millimètres à quelques centimètres, en fonction de la granulométrie, de la teneur en matière organique du sédiment, et de la concentration en oxygène de l'eau (Hussenot *et al.* 1994). Le recyclage des quantités importantes de matière organique augmente la consommation d'oxygène, rendant ainsi le milieu plus réducteur. Pour le sédiment témoin, moins riche en matière organique, la diminution du redox peut être traduite par la réduction de la matière organique non consommée par les réseaux trophiques supérieurs. Dans la seconde couche, plus profonde, le potentiel redox présente une relative stabilité. Une valeur seuil de -400mv est atteint pour le sédiment de la zone d'élevage, alors que la valeur du sédiment témoin est de -200mV. A partir de -9cm le sédiment n'est plus remanié par les courants de fond comme le sont les couches superficielles, entraînant une stratification du sédiment.

La teneur en matière organique est apparue plus forte sous les tables ostréicoles (entre 4 et 7%) que dans la zone hors élevage (1 à 3%). L'activité biologique de l'huître entraîne un enrichissement de la teneur en matière organique du sédiment. En effet, la production de rejets fécaux, riche en matière organique, est estimée pendant le mois d'avril entre 1,2 et 8,2 g par gramme de chair sèche d'huîtres (Sornin *et al.* 1983). Ainsi si l'on tient compte de la biomasse cultivée ( 1,75Kg/m<sup>2</sup>) on obtient des dépôts qui varient entre 576 et 3936 g. par m<sup>2</sup> et par an. De plus, les pseudofèces, de nature essentiellement minérale (Deslous-Paoli & Jousset 1987), contribuent à l'enrichissement du sédiment en fractions fines. Elles peuvent représenter plus de 80% dans les tranches superficielles (Martin *et al.* 1989) et modifier ainsi les propriétés d'adsorption du sédiment. Martin *et al.* (1989) ont montré qu'il existait une corrélation significative entre les fractions inférieures à 63µm et la teneur en matière organique. Par ailleurs, les fortes teneurs en matières en suspension se traduisent par une forte production de biodépôts (Deslous-Paoli & Jousset 1987). Ceci permet d'expliquer à la fois la présence d'une fraction fine plus importante et la plus grande teneur en matière organique des sédiments de la zone ostréicole par rapport à la zone témoin.

Les sédiments superficiels de la zone ostréicole ont une teneur en pigments chlorophylliens plus forte que les sédiments prélevés dans la zone témoin. Ceci peut être mis en relation avec la nature des biodépôts qui comprennent de la matière organique dégradée, d'origine planctonique et microphytobenthique. Dans les biodépôts, la teneur en chlorophylle a est un indice de la biomasse planctonique vivante tandis que l'abondance des phéopigments est caractéristique du phytoplancton en voie de dégradation (Sornin *et al.* 1983). Dans notre étude, à partir de -3cm, le sédiment se compose majoritairement de phéopigments, dû à la dégradation de la chlorophylle. Une corrélation entre la teneur en phéopigment et les biodépôts a d'ailleurs été montré lors d'une précédente étude (Ringot 2001). Cependant les rejets d'huîtres peuvent inclure aussi des algues, qui ont traversé le système digestif des huîtres en demeurant vivantes et fonctionnelles (chlorophylle a) mais en quantité plus faible (Sornin *et al.* 1983). L'effet de la filtration et de la nutrition des mollusques a pour conséquence, par



l'intermédiaire des biodépôts, une augmentation très nette des teneurs relatives en chlorophylle a et en phéopigments des sédiments récoltés sous les huîtres. Pour la zone témoin, la présence de chlorophylle a est nettement moins élevée, en raison d'un hydrodynamisme fort, qui remanie en profondeur le sédiment sableux, à chaque épisode de marée, et par suite de l'absence de biodépôts.

Les quantités de Carbone organique rejetées sont étroitement liées à la quantité de biodépôts. Ainsi, en zone ostréicole, l'accumulation de biodépôts (fèces et pseudofécès) entraîne une augmentation qui peut atteindre 83% de la teneur en Carbone Organique du sédiment (Sornin et al. 1983). Dans notre étude, des concentrations plus élevées en carbone et en azote ont été mesurées dans la zone ostréicole, ce qui peut refléter l'influence des biodépôts riche en polysaccharides (Galois *et al.* 2000). Cependant, ces teneurs diminuent très rapidement dans les premières couches (0 à -9cm). Les processus à l'œuvre dans les couches superficielles du sédiment (détritivores macrophages et activité bactérienne), peuvent entraîner une modification de leur composition et de ce fait modifier les concentrations en carbone et azote.

Le rapport C/N est également une indication de la qualité du milieu, et plus particulièrement sur l'état de dégradation de la matière organique. En effet, d'après M.L. Chassany de Casabianca (1977), un C/N de matériel particulaire compris entre 7,5 et 10 est le témoin d'une forte proportion de matériel décomposé ou phytoplanctonique. Dans notre étude, les rapports les plus forts sont compris entre 8 et 9 et les plus faibles entre 4 et 6. Le sédiment témoin se compose donc essentiellement de matière fraîche, tandis que le sédiment de la zone d'élevage se compose en surface (0 à -6cm) de matière organique fraîchement déposée, et en profondeur, de matière organique dégradée. Par ailleurs, des études ont été faites dans le bassin de Marennes Oléron, notamment par Galois et al. (2000), qui trouvent des rapports C/N de 8 sur l'estran vaseux. Cependant, les rapports C/N ne semblent pas indiquer d'accumulation massive de la matière organique au cours du temps, comme cela peut être le cas dans des bassins de terre où sous des zones d'élevages à hydrodynamisme faible (Sornin et al. 1983). Les causes des faibles teneurs en matière organique peuvent être d'ordre physique, en raison d'un hydrodynamisme restreint par la présence de tables ostréicoles, mais suffisant pour disperser les biodépôts (courants de marée), ou d'ordre biologique en raison d'une dégradation rapide due à l'activité bactérienne (Deslous-Paoli & Jousset 1987).

Les sucres solubles totaux ont une teneur plus élevée dans les sédiments de la zone ostréicole, par rapport aux sédiments témoin. La richesse en polysaccharides des fèces et des pseudofécès excrétés par les huîtres peut expliquer cette teneur élevée (Galois et al. 2000). Les sucres simples, tel que les aldéhydes, les alcools, sont dégradés très rapidement par l'activité bactérienne, ce qui peut expliquer l'importante diminution de la teneur en sucres dans la première couche de sédiment vaseux. Les sucres complexes (polysaccharides notamment) nécessitent un temps plus long de dégradation. Ils sont



présents dans les couches plus profondes. C'est pourquoi le pourcentage d'EPS (exopolysaccharide) augmente avec la profondeur dans le sédiment vaseux. Il représente jusqu'à environ 70% des sucres totaux à des profondeurs allant de -9 à 15 cm. Les exopolysaccharides, sucres à haut poids moléculaires, sont excrétés par les huîtres sous forme de mucus afin de faciliter la sédimentation des fèces et des pseudofèces (Kusuki 1977). Ils sont également excrétés par le microphytobenthos, pour faciliter leur déplacement, et par les bactéries lors de leur processus de minéralisation, ce qui explique leur présence dans le sédiment sableux.

## Conclusion

L'impact des parcs ostréicoles sur le sédiment concerne différents types de paramètres, et en particulier la granulométrie et la matière organique. L'activité de filtration des huîtres, entraîne un apport de matière organique dans les fèces, et de particules minérales fines dans les pseudofèces. L'étude des flux des éléments des composés minéraux et organiques montre que les quantités de matière organique sédimentant sont dépendantes de la quantité de biodépôts. La proportion de fraction fine supérieure dans la zone d'élevage, augmente la capacité d'adsorption de la matière organique du sédiment.

L'accumulation des différents constituants de la matière organique, Carbone, azote, chlorophylle a et les sucres solubles, s'effectue essentiellement dans les horizons les plus superficiels. Leurs teneurs sont plus élevées pour le sédiment vaseux. La diminution rapide de ces concentrations en profondeur témoigne de leur dégradation rapide après leur dépôt sur le sédiment. Le recyclage des grandes quantités de matière organique entraîne une augmentation de la consommation d'oxygène, rendant ainsi le sédiment de la zone ostréicole plus réducteur que le sédiment hors élevage.

Le rapport C/N ne montre pas une réelle accumulation de la matière organique dans le temps. Les faibles teneurs en matière organique peuvent être dû à un hydrodynamisme suffisant et/ou en raison d'une dégradation rapide par les bactéries (Deslous-Paoli & Jousset 1987), c'est la boucle microbienne.

Néanmoins les modifications induites par les biodépôts sur le sédiment ne sont pas irréversibles. Un arrêt des cultures s'accompagne en quelques semaines d'un retour proche de celles observées pour les zones hors cultures (Martin et al. 1989). La conchyliculture serait donc plus durable que d'autres formes d'anthropisation du milieu marin (aquaculture de poissons, rejets de dragages).



## Bibliographie

- Bernard FR (1974) Annual biodeposition and gross energy budget of mature Pacific oysters, *Crassostrea gigas*. J Fish Res Board Can 31:185-190
- Deslous-Paoli JM, Jousset J (1987) Transformation du matériel fécal de *Crassostrea gigas*: evolution biochimique à court terme. Oceanis 13:581-584
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F (1956) Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. Analytical chemistry 28:350-356
- Frontier S (1983) Stratégies d'échantillonnage en écologie, Vol, Paris
- Galois R, Blanchard G, Seguignes M, Huet V, Joassard L (2000) Spatial distribution of sediment particulate organic matter on two estuarine intertidal mudflats: a comparison between Marennes-Oléron bay (France) and the Humber estuary (UK). continental shelf research 20:1199-1217
- Girard S, Perez Agundez JA, Miossec L, Czerwinski N (2005) Recensement de la conchyliculture 2001. Agreste 1:89 p.
- Holm-Hansen O, Lorenzen CJ, Holmes RW, Strickland JDH (1965) Fluorometric determination of chlorophyll. Journal du Conseil permanent international pour l'Exploration de la Mer 30:3-15.
- Hussenot J, J.-L. M, Feuillet M, Gautier D (1994) Evaluation de la qualité des sédiments en aquaculture par des techniques simples et rapides. In: Kestemont P, Muir J, Sevilla F, Williot P (eds) Measures for success. CEMAGREF EDITIONS, p 109-114
- Kusuki Y (1977) Fundamental studies on the deterioration of oyster growing grounds. -I Production of faecal materials by the Japanese oysters. Bulletin of the Japanese Society for scientific Fisheries 43:163-166
- Martin JL, Sornin JM, Delmas D, El Sayed M, Berthet B (1989) La biodéposition dans les aires conchylicoles. Son rôle dans la concentration de la matière organique et de contaminants potentiels. Son impact sur le sédiment. Report No. DRV-89.013-RA/CREMA-L'Houmeau, IFREMER
- Mook DH, Hoskin CM (1982) Organic determinations by ignition: Caution advised. Estuarine coastal and shelf Science 15:697-699
- Nieuwenhuize J, Maas YEM, Middelburg JJ (1993) Rapid analysis of organic carbon and nitrogen in particulate materials. Marine Chemistry 45:217-224
- Ringot B (2001) Détermination des modifications sédimentaires induites par l'activité conchylicole dans la baie de Marennes-Oléron (Charente Maritime). Rapport de DEA, Université de la Méditerranée - Aix-Marseille II
- Sornin J-M (1987) Biodéposition et sédimentation en milieu conchylicole: Rapport d'étude., Ecocean, La rochelle
- Sornin J-M, Delmas D, Deslous-Paoli J-M (1987) Evolutions quantitatives et qualitatives du seston dans une claire à huîtres. Relation avec la sédimentation et la biodeposition. Océanis 13:531-541
- Sornin JM, Feuillet M, Héral M, Deslous-Paoli JM (1983) Effet des biodépôts de l'huître *Crassostrea gigas* (Thunberg) sur l'accumulation de matières organiques dans les parcs du bassin de Marennes-oléron. Journal of molluscan Studies suppl 12A:185-197
- Staats N, Stal LJ, Mur LR (2000) Exopolysaccharide production by the epipellic diatom *Cylindrotheca closterium*: effects of nutrient conditions. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 249:13-27
- Yentsch CS, Menzel Dw (1963) A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. Deep-Sea Research 10:221-231

# Annexe

## Carte des sédiments superficiels autour de l'île de Ré

