

IFREMER  
Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes  
Boîte postale 133  
Ronce les Bains  
17390 LA TREMBLADE

IUT de TOURS  
Département Génie Biologique  
Option Génie de l'Environnement  
29, rue du Pont-Volant  
37082 TOURS CEDEX

**Influence des paramètres environnementaux sur la mortalité  
estivale de l'huître creuse  
*Crassostrea gigas*  
dans le bassin de Marennes-Oléron (Banc de Perquis)**

*Par Delphine DAVID*



## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Philippe Gouletquer pour m'avoir accueillie au sein de la station IFREMER de la Tremblade.

Merci également à Olivier Le Moine, chef du Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes, pour m'avoir acceptée parmi les Mickey.

Un grand merci à Patrick Soletchnik, mon maître de stage, pour sa patience, pour ses nombreuses relectures et ses précieux conseils.

Merci à Zé, le « maître saucisson », qui m'a si bien appris à faire la distinction entre « le » et « la »...et oui « la » sonde n'est pas toujours prévisible ! En tout cas : vive l'entêtement des Bretons !

Merci à Phiphi pour son éternelle bonne humeur et à Fredo pour son aide au décryptage du « livre des bœufs » ainsi qu'à ses nombreuses explications d'hydrologie.

Merci à l'Amiral pour avoir conduit le « Mélosira » lors de nos nombreuses aventures, ainsi que pour ses petites astuces afin de ne pas finir à l'eau...

Je remercie également tous les autres Mickey qui savent mettre de la bonne humeur dans le laboratoire dès le matin.

Merci à Angélique pour ses petites blagues lors des pauses et à Nadège que je n'ai pas cessé de harceler de questions. Excusez-moi les filles de vous avoir sans arrêt dérangé !

Enfin, je remercie toutes les personnes de la station IFREMER de la Tremblade.

# SOMMAIRE

<i>Introduction</i> .....	p 5
<i>1-Présentation générale</i> .....	p 6
1.1 L'ostréiculture et l'IFREMER .....	p 6
1.1.1 Historique de l'ostréiculture.....	p 6
1.1.2 Présentation générale de l'IFREMER .....	p 7
1.2 La station IFREMER de la Tremblade .....	p 8
1.2.1 Présentation géographique du site .....	p 8
1.2.2 Le Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes et ses missions.....	p 8
1.2.3 Définition du programme MOREST et études antérieures .....	p 9
<i>2-Matériel et méthode</i> .....	p 11
2.1 Conditions expérimentales .....	p 11
2.1.1 Site expérimental.....	p 11
2.1.2 Matériel biologique et infrastructure d'élevage .....	p 11
2.2 Suivi des mortalités .....	p 12
2.3 Etudes environnementales .....	p 12
2.3.1 Analyses en « continu » à l'aide de sondes multiparamètres YSI PC6000.....	p 12
2.3.2 Analyses par prélèvements discrets.....	p 15
<i>3-Résultats</i> .....	p 16
3.1 Etude de la mortalité estivale de <i>C.gigas</i> en 2003 .....	p 16
3.2 Comparaisons des paramètres environnementaux sur les deux niveaux d'élevage .....	p 17
3.3 Comparaison inter-annuelle des différents paramètres environnementaux .....	p 22
<i>4-Discussion</i> .....	p 25
4.1 Mortalité de <i>C.gigas</i> sur le banc de Perquis.....	p 25
4.2 Qualité de l'environnement sur le bassin de Marennes-Oléron.....	p 26
4.2.1 Evolution et influence de la température.....	p 26
4.2.2 Teneur en oxygène dissous et blooms phytoplanctoniques.....	p 27
4.2.3 Influence des facteurs anthropiques .....	p 28
4.3 Paramètres influençant la différence de mortalité entre les deux niveaux d'élevage ....	p 28
4.4 Les limites de la méthode d'acquisition des données .....	p 29
<i>Conclusion</i> .....	p 31

<i>Lexique</i> .....	p 32
<i>Bibliographie</i> .....	p 33
<i>Annexes</i> .....	p 36
<i>Annexe 1 : Présentation des deux hauteurs d'élevage expérimentales sur estran</i> .....	p 37
<i>Annexe 2 : Présentation de la sonde YSI</i> .....	p 38
<i>Annexe 3 : Protocoles d'analyses des prélèvements discrets</i> .....	p 39
<i>Annexe 4 : Analyse de l'environnement général du bassin de Marennes-Oléron</i> .....	p 41
<i>Annexe 5 : Données d'origine des différents paramètres environnementaux</i> .....	p 43

## Introduction

La chronicité des mortalités de l'huître creuse (*Crassostrea gigas*) observée depuis 1988 sur le bassin de Marennes-Oléron (Charente-Maritime) est à l'origine de pertes économiques conséquentes pour les entreprises ostréicoles (environ 20 % de la production par an). De plus, le cycle d'élevage ostréicole sur estran\* induit une commercialisation des huîtres après 3 ou 4 ans seulement; de ce fait, le caractère annuel des mortalités implique des répercussions sur les productions d'une année sur l'autre. Des différences de mortalités entre les élevages à même le sédiment et les élevages en surélevés ont également été observées depuis quelques années.

Afin d'expliquer ces phénomènes, des travaux scientifiques ont été entrepris. En effet, l'IFREMER, basé à la Tremblade, met en œuvre un ensemble de réseaux de surveillance destinés à assurer la qualité sanitaire des huîtres et du littoral. De plus, l'IFREMER essaie de déterminer, en relation avec les conchyliculteurs, la meilleure gestion possible des cheptels afin d'améliorer la production. Pour ce faire, une étude de la mortalité estivale de l'huître creuse (*Crassostrea gigas*) a, entre autres, été mise en œuvre. Ainsi, le programme MOREST (MORTalité ESTivale de *Crassostrea gigas*) a été mis en place, afin de favoriser une approche multidisciplinaire des mortalités avec trois éléments principaux: l'environnement, l'huître et les éléments pathogènes.

Ce sont les études sur les paramètres environnementaux qui seront présentées dans ce rapport. En effet, la situation géographique du banc de Perquis (banc faisant objet d'un suivi par l'IFREMER depuis plusieurs années) étant particulière par rapport au reste du bassin ostréicole ceci implique l'existence de paramètres spécifiques dans cette zone de culture sur estran. Les conditions environnementales peuvent alors jouer un rôle important dans l'explication de la mortalité estivale de *C.gigas* et de la différence de mortalité entre les deux niveaux d'élevage.

Ce rapport sera donc constitué, dans un premier temps, d'une présentation générale de la conchyliculture, de l'IFREMER et plus particulièrement du Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes (LCPC), en passant par l'historique de la mortalité estivale de *C.gigas*.

Puis, le matériel et les méthodes employés afin d'étudier les paramètres environnementaux seront ensuite présentés.

Enfin, une étude de la mortalité estivale de *C.gigas* en 2003 sera présentée ainsi que les résultats obtenus par mesures en continu sur le banc de Perquis à l'aide de sondes multiparamètres.

A la suite, une comparaison des paramètres environnementaux en 2003 avec la tendance que suivent ces paramètres depuis 1998 sera effectuée.

Une discussion sur ces résultats sera exposée en fin de rapport.

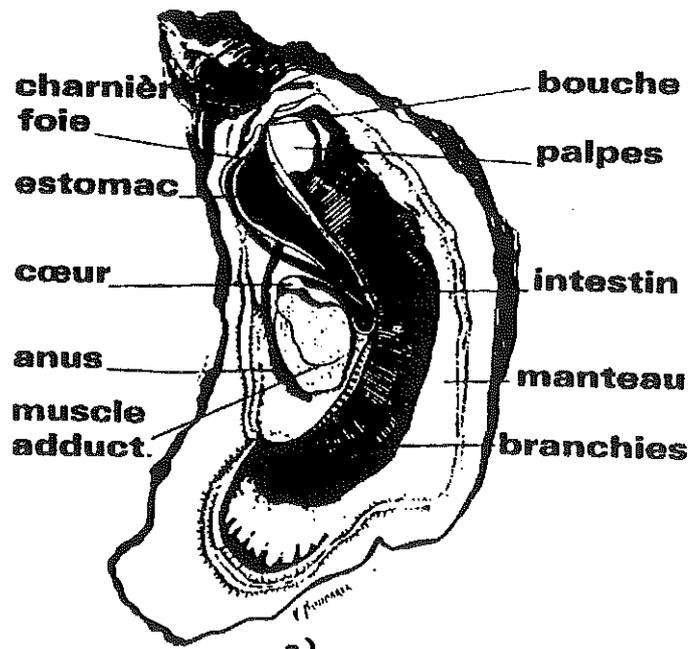


Figure 1: Schéma anatomique de *Crassostrea gigas*  
Source: IFREMER de la Tremblade

# 1-Présentation générale

## 1.1 L'ostréiculture et l'IFREMER

### 1.1.1 Historique de l'ostréiculture

L'huître est un mollusque hermaphrodite\* lamelibranche\* à coquille feuilletée appartenant à la classe des bivalves. L'ostréiculture (élevage des huîtres) proprement dite prend son essor à partir de 1850 (Mineur, 1999). De cette date à nos jours, plusieurs espèces ont été exploitées successivement sur les côtes françaises :

- *Ostrea edulis* (L'huître indigène) encore appelée l'huître plate: elle a été cultivée en France depuis le XVII<sup>e</sup> siècle (Fruchard, 1998). Elle a très vite été victime d'une importante mortalité dont les causes ont longtemps été méconnues, puis des recherches pathologiques ont permis de découvrir dans les années 1970, deux parasites :
  - *Marteilia refringens* découvert en 1974 (Grizel *et al.*, 1974)
  - *Bonamia ostreae* découvert en 1979 (Elston *et al.*, 1986)

L'huître plate a alors complètement disparu du bassin de Marennes-Oléron.

- *Crassostrea angulata* : la culture des huîtres creuses a commencé en France en 1867. L'huître portugaise, *Crassostrea angulata*, était d'abord importée pour la consommation. Puis, à la suite d'un incident, un bateau a déchargé sa cargaison d'huîtres dans l'estuaire de la Gironde.

Cette espèce s'est alors acclimatée et s'est dispersée jusqu'à la Vendée. Dans les années 20, elle remplace l'huître plate. L'ostréiculture se développe intensivement jusqu'en 1960. Puis, de 1966 à 1969, les huîtres portugaises sont frappées par une épizootie\* virale connue sous le nom de «maladie des branchies», suivie de la virose hémocytaire de 1970 à 1973. Cette dernière maladie s'est accompagnée d'une mortalité massive des portugaises et de leur disparition des côtes françaises.

- *Crassostrea gigas* : la nouvelle espèce, *Crassostrea gigas* (Figure 1), importée du Japon et de la Colombie britannique permet la reprise de l'élevage de l'huître creuse. En 1984, la production française est de 100 000 tonnes pour 20 000 hectares de parcs. En 1999 cette production est passée à 140 000 tonnes. Cependant, depuis plus d'une dizaine d'années, on peut observer une mortalité chronique estivale de l'huître japonaise sur le littoral atlantique français.

Les graphiques présentés en Figure 2 montrent l'évolution, en peu de temps, de la production mondiale de *Crassostrea* (1985 et 1999).

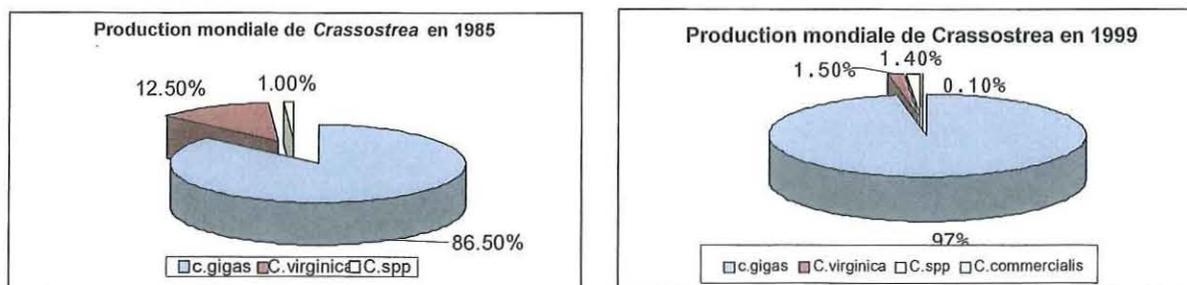


Figure 2: Evolution de la production mondiale de *Crassostrea* de 1985 à 1999

Source: [www.ifremer.fr/aquaculture/conchyliculture/page6.htm](http://www.ifremer.fr/aquaculture/conchyliculture/page6.htm)

En effet, en 1999, 99,8 % de la production d'huîtres était du genre *Crassostrea. C.gigas* a pris une part importante dans la production mondiale de *Crassostrea* en passant de 86,5% en 1985 à 97% en 1999, ce qui montre son importance économique grandissante justifiant de telles études.

### 1.1.2 Présentation générale de l'IFREMER

L'IFREMER, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, est un établissement public à caractère industriel et commercial créé par un décret du 5 juin 1984.

Il résulte de la fusion du Centre National d'Exploitation pour les Océans (CNEXO) et de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (ISTPM).

L'IFREMER, qui se concentre exclusivement sur un travail dans le domaine marin, remplit diverses missions, avec :

- La recherche finalisée dans tous les domaines de la mer et le développement des technologies d'intervention et de détermination en milieu marin
- La surveillance, l'observation, la protection et l'aide à la gestion des ressources et des milieux
- Le contrôle de la qualité du milieu et des cheptels pour l'activité aquacole
- Le conseil et l'expertise auprès de l'Etat, des collectivités territoriales, des milieux professionnels de la mer (marins, pêcheurs, aquaculteurs), et aussi des industriels de la transformation et de la valorisation des ressources marines.

Pour atteindre ces objectifs, l'IFREMER concentre son action dans les domaines suivants :

- L'expertise d'intérêt public (surveillance de l'environnement littoral et contrôle de la qualité des produits de la mer)
- La mise à disposition de moyens (flotte océanographique et développement technologique)
- Le transfert des connaissances vers les entreprises et la valorisation de ses activités

L'IFREMER est placé sous la tutelle conjointe des ministères chargés de la Recherche, de l'Agriculture et de la Pêche, de l'Équipement, des Transports et du Logement, et de l'Environnement. (IFREMER, 2003)

L'IFREMER participe activement aux travaux de l'Union européenne et à l'ESF (Fondation Européenne pour la Science), est membre des organisations internationales dans son domaine de compétence (commission générale des pêches en Méditerranée, Commission Océanographique Intergouvernementale, Conseil International pour l'Exploitation de la Mer (CIEM),...) et contribue également aux programmes internationaux de recherche (étude du climat, de l'environnement et de la biodiversité).

Ce sont les services de l'IFREMER qui étudient depuis plusieurs années la mortalité estivale de l'huître creuse. Cinq causes principales pouvant provoquer la mortalité de *C.gigas* ont déjà été examinées :

- L'action d'événements climatiques (crues, températures élevées,...)
- Les maladies contagieuses propres aux mollusques
- Les perturbations physiologiques d'origine naturelle (stress thermique, hypoxie\* ...)
- L'action de substances toxiques d'origine humaine sur les mollusques
- L'action de substances toxiques, pour les mollusques, d'origine naturelle (espèce du phytoplancton)

Ces causes ont été étudiées, entre autres, par la station IFREMER de la Tremblade.

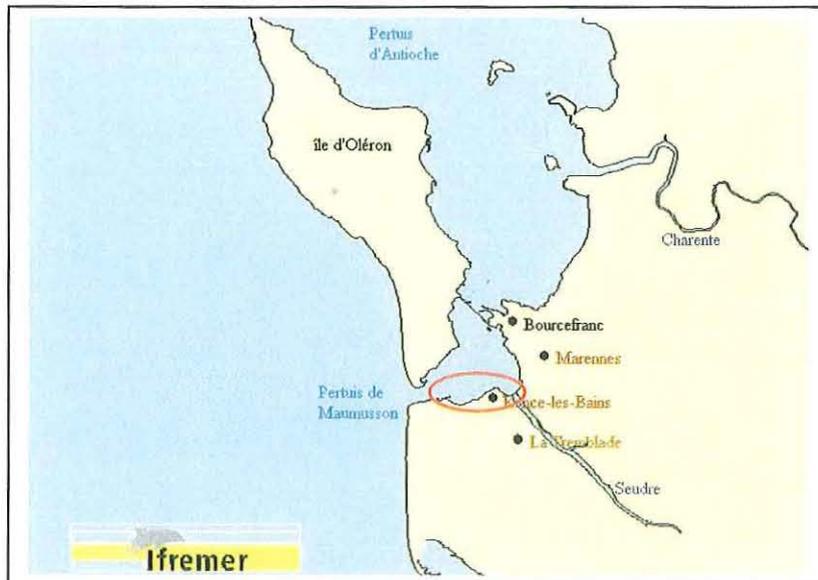
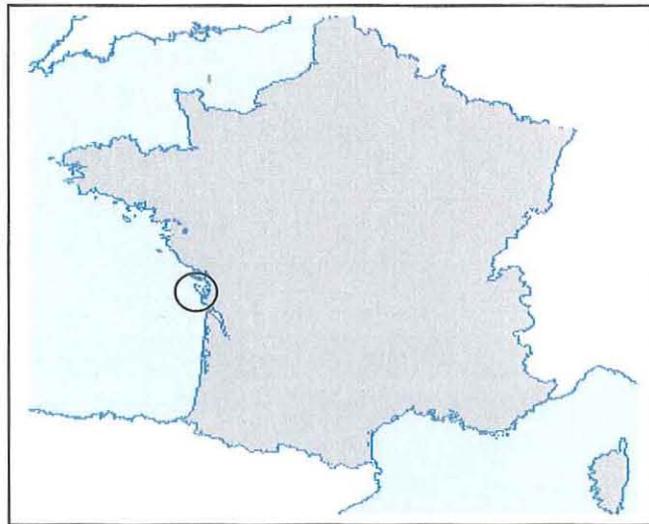


Figure 4: Situation du lieu d'étude par rapport à la France  
Source: IFREMER de la Tremblade

## 1.2 La station IFREMER de la Tremblade

### 1.2.1 Présentation géographique du site

La station IFREMER de la Tremblade (Figure 3) s'est implantée géographiquement dans le bassin de Marennes-Oléron qui est le premier bassin ostréicole d'Europe (Figure 4).

En effet, le bassin de Marennes-Oléron, situé aux embouchures de la Seudre et de la Charente et d'une superficie de 150 km<sup>2</sup>, possède un stock de 110 000 tonnes d'huîtres creuses pour une production annuelle de 30 à 40 000 tonnes. Cette forte activité conchylicole est délimitée : à l'ouest par l'île d'Oléron, au nord par le pertuis\* d'Antioche, au sud par le



Figure 4: Photo aérienne de l'IFREMER de la Tremblade  
Source: IFREMER de la Tremblade

pertuis de Maumusson et à l'est par le continent. Dans ce bras d'océan protégé, que les marées couvrent et découvrent, se trouve un milieu propice à leur élevage, en partie grâce à l'apport d'eau douce (par la Seudre et la Charente) nécessaire à la reproduction (Cabuzel, 2003). Ces apports d'eaux influencent beaucoup l'écologie du bassin par l'apport de nutriments.

Les eaux océaniques circulent du nord au sud de la baie pour sortir au pertuis de Maumusson. Le bassin est ainsi bien drainé et assaini par les courants marins à marée haute. Lors des grands coefficients, il est possible que des masses d'eau, en provenance de l'estuaire de la Gironde, entrent dans le

bassin par le nord. De plus, la quantité d'eau sortante est deux fois plus importante au pertuis de Maumusson que l'apport d'eaux océaniques entrant en période de vives eaux\* (Fruchard, 1998).

La frange littorale est parsemée de nombreux bassins (souvent d'anciens marais salants) irrigués par l'eau de mer. Il s'y développe une diatomée (*Navicula ostrearia*) qui donne la couleur verte aux huîtres de Marennes-Oléron : ce sont les «claires»\*. Les claires sont très répandues à l'embouchure de la Seudre et représentent à peu près un tiers de la superficie de l'île d'Oléron.

### 1.2.2 Le LCPC et ses missions

Le LCPC (Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes) est l'un des trois laboratoires de la station IFREMER de la Tremblade (les deux autres étant le LGP, Laboratoire Génétique-Pathologique et la DEL, Direction de l'Environnement et de l'aménagement du Littoral).

L'aire de compétence du laboratoire s'étend de la partie sud du département de la Charente-Maritime c'est-à-dire de la rive gauche de la Charente, à la Gironde (limite des départements Charente-Maritime et de la Gironde, région Poitou-Charentes) (Brest, 2000). Le LCPC de la Tremblade résulte du remaniement interne des laboratoires et unités de recherche au sein du département Ressources Aquacoles effectué en 1996 à l'IFREMER. Auparavant intégré au laboratoire de génétique, aquaculture et pathologie, l'Unité de Recherche Aquacole en Poitou-Charentes (URAPC devenu LCPC), créée en 1994, est devenue un laboratoire à part entière dans son fonctionnement depuis 1996, officialisé en 1998.

Les missions du LCPC :

- Assurer des missions d'avis, d'expertise et de conseil auprès des professionnels et des administrations concernées, ainsi qu'auprès des conseillers aquacoles régionaux
- Contribuer aux différents réseaux de surveillance du littoral et à l'acquisition des séries historiques (croissance des huîtres et moules, hydrologie, base thermique,...)
- Valoriser et transférer les connaissances acquises auprès des professionnels de la filière ainsi que des structures d'enseignement et de formations locales ou régionales
- Contribuer aux recherches plus spécialisées dans différentes disciplines biologiques (pathologie, génétique,...), écologiques ou économiques
- Développer des recherches spécifiques, comme les conditions d'élevage ainsi que les problèmes chroniques, et mettre au point de nouvelles techniques d'élevage améliorées (affinage en claires, élevage en eaux profondes, mortalité des élevages à plat,...)

Différents programmes ont été mis en place au LCPC: (Madec, 2002)

- REMORA : Réseau national de croissance de *Crassostrea gigas* (huître creuse)
- REMOULA : Réseau régional de croissance des moules
- MOREST : Etude de la mortalité estivale de *Crassostrea gigas* (huître creuse)
- RAZLEC : Réseau régional de surveillance (RAZet Laboratoire Environnement Côtier)- croissance Marennes-Oléron et bases de données hydrologiques
- REPAMO Suivi des maladies des mollusques
- Développement de cultures d'huîtres en eaux profondes

### 1.2.3 Définition du programme MOREST et études antérieures

#### Le programme MOREST

Le programme MOREST vise à étudier la mortalité estivale de *Crassostrea gigas* qui touche grand nombre de cheptels.

En effet, au début des années 60, des épisodes de mortalité de *C.gigas* se sont multipliés dans le monde. Ce sont tout d'abord le Japon et la côte ouest des Etats-Unis qui ont connu dans les années 60 et 70 des mortalités estivales détruisant jusqu'à 60% des cheptels de *C.gigas*. Puis, en 1982-83, ces mortalités estivales ont pu être observées dans le bassin d'Arcachon et de Marennes-Oléron pendant la reproduction de l'huître (juin à mi-août) associée à des températures élevées. Depuis 1983, la mortalité a augmenté de façon ponctuelle avec deux crises importantes en 1988 et en 1993 (Fruchard, 1998).

Ainsi, en 1998, 7800 tonnes ont été perdues sur le site de Ronce-Perquis (Figure 5) avec un taux de mortalité estivale atteignant 50 % (90% sur certains sites). Dans la plupart des cas se sont les juvéniles, caractérisées par un taux de croissance élevé, un métabolisme intense et par la formation de gonades, qui sont les plus touchées (Mineur, 1999). De plus, les productions les plus durement atteintes par la mortalité sont les cultures à plat comparativement aux individus sur table. Ces phénomènes récurrents de mortalité estivale ont poussé la section régionale de conchyliculture à porter plainte contre X à plusieurs reprises (Héral *et al.*, 1986).

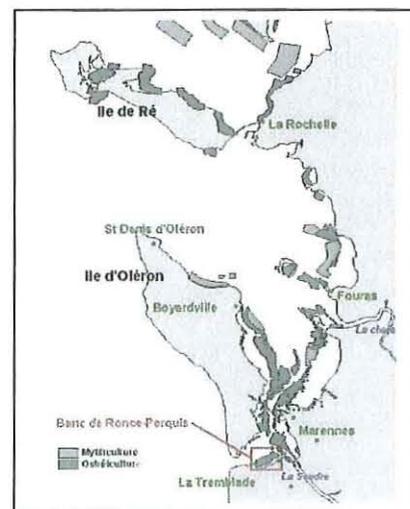


Figure 5 : Site de Ronce-Perquis – bassin de Marennes-Oléron  
Source : IFREMER de la Tremblade

Il était alors nécessaire de se préoccuper de ce phénomène qui menace *C.gigas* et d'en analyser les causes. C'est pour cela que l'IFREMER a lancé le programme MOREST.

Ce programme va chercher à identifier et caractériser les paramètres environnementaux susceptibles de favoriser la mortalité estivale.

En effet, l'étude des mortalités ne peut être dissociée du contexte environnemental, aussi bien au niveau des relations trophiques entre huîtres et écosystème, qu'au niveau des contraintes physiques et biologiques exercées par l'environnement sur le cycle de vie (MOREST, 2002, I et II). Ce programme permet de favoriser une approche multidisciplinaire des mortalités avec trois éléments principaux : l'environnement, l'hôte et les éléments pathogènes. Il comprend une analyse des paramètres environnementaux du bassin de Marennes-Oléron et, entre autres, du banc de Ronce-Perquis (oxygène dissous, température, salinité, pH, turbidité et fluorimétrie). En effet, le suivi comparé d'élevages au sein d'un même bassin implique un suivi fin de l'hydrologie du site. Température et oxygène dissous font, par exemple, partis des facteurs édaphiques\* souvent mis en cause lors des mortalités de *C.gigas*. Même si l'homme gère de son mieux la culture de l'espèce, la réussite des élevages est très dépendante du milieu environnant d'où l'importance du suivi de ces paramètres. Ainsi, le bassin de Marennes-Oléron est un estuaire soumis à des pressions anthropiques multiples et variées. Il sera alors nécessaire d'évaluer la variabilité spatiale et temporelle des paramètres environnementaux. La variabilité spatiale comprend l'hydrodynamisme, la dynamique sédimentaire, l'origine des différentes sources de nourriture, les facteurs météorologiques et éventuellement la présence de polluants. Pour la variabilité temporelle, les échelles sont multiples : cycle de marées, variations inter annuelles, variations nyctémérales...

Les modifications climatiques ont également une importance non négligeable sur les écosystèmes.

L'étude de l'évolution spatiale et temporelle des conditions environnementales est effectuée grâce à une méthode originale d'acquisition des données en continu, à l'aide de sondes environnementales multiparamètres (pH, teneur en oxygène dissous, température, salinité, fluorimétrie et turbidité) utilisées sur le terrain et grâce à des prélèvements discrets dans le bassin.

L'étude de ces différents paramètres permet d'avancer dans la compréhension de la mortalité estivale et d'envisager un développement durable des activités ostréicoles du bassin de Marennes-Oléron.

#### *Etudes antérieures sur la mortalité estivale de C.gigas*

En 1995, le suivi des paramètres environnementaux au moyen de sondes océanographiques a déjà été réalisé directement sur les zones ostréicoles. Une évaluation systématique des taux de mortalité au niveau des cheptels a, par ailleurs, été engagée afin d'estimer son importance et sa répartition spatiale. On peut alors souligner que les épisodes de mortalité ne présentent aucune logique apparente et que les études pathologiques n'ont jamais rien révélé de significatif. Les hypothèses d'une quelconque toxicité de l'eau ou de l'action d'un agent pathogène n'ont donc pas été retenus dans les études précédentes (Labeim, 1992 ; Héral, 1993 ; Lodato, 1997 ; Soletchnik *et al.*, 1998 b). L'insuffisance des réserves trophiques a également été soupçonnée. Toutefois, des modèles élaborés (Héral *et al.*, 1986) ne permettent que d'expliquer partiellement l'augmentation des mortalités chroniques mais pas celle des mortalités ponctuelles au printemps et en été. Par contre, l'hypothèse d'un déséquilibre physiologique des huîtres en liaison avec les conditions du milieu a été retenue en 1990 par Maurer (Maurer *et al.*, 1986) : les épisodes de mortalité correspondent, en effet, à la période

de maturation sexuelle et à la ponte de l'huître. Ce stress physiologique rendrait les huîtres plus vulnérables aux conditions environnementales estivales. Cet élément déterminant reste, toutefois, non suffisant pour expliquer à lui tout seul le phénomène.

En effet, cette période de mortalité correspond également au réchauffement des eaux qui s'accroît en juin-juillet. La température pourrait être un élément important intervenant dans le phénomène de mortalité estivale.

En 2003, l'objectif est :

- De maintenir la comparaison 15/70 cm du sédiment par le suivi des mortalités et la disposition de sondes multiparamètres aux deux niveaux d'élevage
- De réaliser des prélèvements discrets dans le bassin afin d'évaluer les conditions environnementales générales sur le bassin de Marennes-Oléron
- D'étudier l'influence de la reproduction ainsi que du matériel génétique sur les mortalités

## 2-Matériel et méthode

### 2.1 Conditions expérimentales

#### 2.1.1 Site expérimental

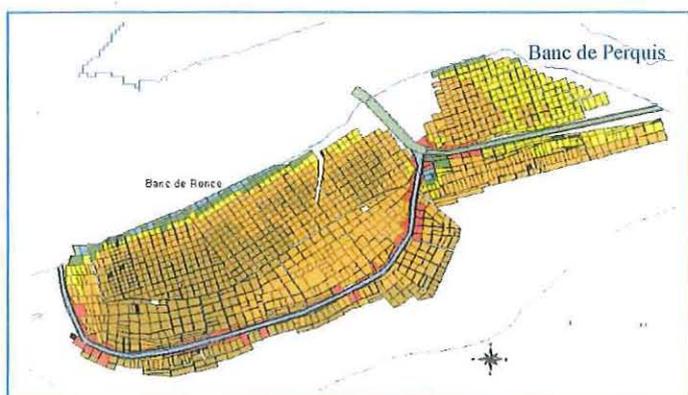


Figure 6 : Schéma du banc de Ronce-Perquis  
Source : Système d'Information Géographique de l'IFREMER de la Tremblade

En 2003, le banc de Perquis a été le seul site à être retenu pour l'étude des paramètres environnementaux et des mortalités (Figure 6). Ce banc ostréicole a été mis à disposition par les professionnels et est localisé au sud du bassin de Marennes-Oléron. Il est utilisé comme site atelier depuis 1995. Il a été choisi pour l'étude du fait de son altitude proche de 2,5 mètres. En effet, le banc ostréicole de Perquis est placé sur une des zones les plus élevées dans le bassin. De ce fait, cette zone, placée sur un estran\*, découvre aux mers basses de faibles coefficients (coefficient de 30).

En moyenne annuelle, cette zone découvre environ 30% du temps (Bodoy *et al.*, 1988). Ce banc se caractérise donc par un apport courantologique relativement faible et un temps d'exondation\* important (Madec, 2002).

#### 2.1.2 Matériel biologique et infrastructure d'élevage

Deux méthodes d'élevage de l'huître creuse sur estran sont pratiquées dans le bassin de Marennes-Oléron. La première, la plus traditionnelle, est l'élevage dit « à plat ». Les huîtres sont dispersées à même le sol. Dans le cadre de notre étude, l'élevage en surélevé à 15 cm du sédiment était préférable à l'élevage à plat afin qu'aucun facteur physique (type enfouissement) n'intervienne dans la mortalité.

La seconde méthode d'élevage, pratiquée depuis plus d'une trentaine d'années à Marennes-Oléron, est l'élevage en surélevé à 70 cm du sédiment (Annexe 1 p 37). Les huîtres

sont mises dans des poches grillagées qui sont ensuite placées sur des tables métalliques. Le développement de cette méthode a permis d'accroître la production en utilisant plus intensivement les surfaces disponibles.

Les cheptels étudiés présentent, quant à eux, une homogénéité de taille et ont été mis en place sur l'estran le 20 mars 2003. Ils ont été mis précocement sur le parc afin de maximiser l'exposition à divers facteurs d'affaiblissement (Lodato, 1997).

Le site est constitué de quatre séries de tables avec quatre cheptels :

- Les huîtres diploïdes obtenues en éclosérie et possédant le caractère résistant (« Top »)
- Les huîtres diploïdes obtenues en éclosérie et possédant le caractère sensible (« Flop »)
- Les huîtres diploïdes obtenues par captage\* naturel. Elles ont été captées dans l'estuaire de la Seudre (« Diplo »)
- Les huîtres triploïdes issues du croisement d'huîtres tétraploïdes et d'huîtres diploïdes (« Triplo »). Elles sont dotées de trois paires de chromosomes au lieu de deux. L'huître triploïde est stérile ce qui permet de voir, par comparaison des taux de mortalité, si la reproduction de l'huître creuse est en partie responsable de la mortalité estivale.

Chaque rangée contient 3 poches de 200 huîtres disposées à 70 cm du sédiment sur des tables ostréicoles et 3 poches de 200 huîtres disposées à 15 cm du sédiment. Cette disposition permet d'étudier l'influence des deux micro-environnements sur la mortalité estivale par comptage des mortalités de façon régulière. Huit conditions sont donc représentées : quatre lots d'huîtres différentes placés à 70 cm et quatre lots à 15 cm du sédiment.

Chaque rangée contient également des poches qui servent à l'échantillonnage pour diverses études (biométrie, pathologie, écotoxicologie, immunologie, ...).

Toutes les poches et toutes les rangées sont systématiquement numérotées en vue de leur identification, afin d'effectuer un suivi continu de la mortalité.

## 2.2 Suivi des mortalités

Le suivi des mortalités se fait sur l'estran même, par comptage des huîtres mortes et vivantes dans chacune des poches expérimentales. Chacune des poches contenait, au départ, 200 huîtres. Après chaque comptage, seules les huîtres vivantes sont laissées en poche. La date, ainsi que la quantité d'huîtres mortes pour chaque condition, sont relevés sur une fiche terrain. Cette fiche permet alors de déterminer, pour chaque poche de comptage, le taux de mortalité cumulée (TMC) et le taux de mortalité journalier moyen (TMJ) calculé pour chaque condition.

$$\begin{aligned} \text{TMC} &= \text{somme des individus morts depuis le premier échantillonnage} / 200 \\ \text{TMJ} &= \text{nombre d'individus morts pour une période donnée} / \text{nombre de jours de la période} \end{aligned}$$

Ces résultats de mortalité pourront être éventuellement mis en relation avec des variations de paramètres environnementaux mesurés en continu à l'aide de sondes multiparamètres.

## 2.3 Etudes environnementales

### 2.3.1 Analyse en « continu » par sondes multiparamètres YSI PC6000

Dans les études précédentes, le site n'était équipé que d'une seule sonde multiparamètres (Figure 7) qui enregistrait en continu les paramètres tels que la température, la turbidité, l'oxygène dissous, la salinité et le pH selon les années.

Afin d'étudier l'influence de la hauteur d'élevage sur la mortalité, une nouvelle stratégie d'étude a été remise en place cette année (stratégie déjà réalisée en 1999), à savoir, disposer deux sondes au lieu d'une sur le parc à huître. Une sonde est placée à 15 cm du sédiment et l'autre à 70 cm. Cette stratégie permet alors d'observer s'il y a des modifications de paramètres entre les deux hauteurs. En effet, les huîtres élevées à 15 cm du sédiment présentent une plus grande mortalité estivale que celles placées sur les tables à 70 cm.



Figure 7: sonde YSI  
Source: IFREMER de la Tremblade

On utilise des sondes multiparamètres YSI (Incorporated Yellow Springs) qui sont faciles à manier et à transporter. Elles peuvent être laissées sur place et enregistrer les paramètres sans assistance. Les données sont enregistrées grâce à la mémoire de la sonde. Ces données sont ensuite récupérées à l'aide d'un logiciel, sur ordinateur en laboratoire, intitulé *Ecowatch*. L'état des capteurs est alors vérifié puis ils sont réétalonnés.

Dans le cadre de cette étude, les mesures sur le terrain sont prises avec un intervalle de temps de 15 minutes. Les sondes sont récupérées environ toutes les semaines, voir plus selon la période et l'importance des mortalités.

Chaque sonde permet une mesure de la température, de la salinité, de la teneur en oxygène dissous, de la turbidité et du pH. La sonde placée à 70 cm permet de mesurer, en plus, la fluorimétrie. Voici une présentation des différents capteurs présents sur les sondes YSI :

#### Le fluorimètre

Le fluorimètre apprécie la présence de la chlorophylle à l'aide d'un émetteur de lumière bleue (425nm) qui va éclairer les cellules du phytoplancton. La chlorophylle ainsi que la phéophytine vont être excitées par la lumière qu'elles absorbent et vont émettre une longueur d'onde dans le rouge (685nm). Un détecteur sensible au rouge va alors capter ces émissions.

Le fluorimètre donne les résultats en pourcentage de déviation totale ce qui permet une meilleure comparaison des valeurs entre elles.

Exemple de relation que nous aurions pu avoir en  $\mu\text{g/L}$  de chlorophylle *a* et de phéopigments :

$$\text{Valeur lue en \% de déviation totale} * 18 = [\text{Chla} + \text{Phéo}] \text{ (en } \mu\text{g/L)}$$

Le fluorimètre a été mis en place sur la sonde à 70 cm du sédiment puisqu'il s'agit de la hauteur d'élevage la plus représentative des conditions d'élevage traditionnelles.

#### La salinité (YSI incorporated, 1999)

La salinité est déterminée à l'aide des données de conductivité et de température suivant une méthode algorithmique. Elle est mesurée par rapport à une conductivité standard de l'eau de mer à 15°C. Les résultats sont donnés en ‰. Dans l'Océan Atlantique, la salinité moyenne est de 35 ‰ (Aminot et Chaussepied, 1983).

#### Le pH (YSI incorporated, 1999)

Le capteur de pH combine une électrode de référence, un verre sélectif de protons et un réservoir contenant une solution tampon de pH 7. A l'intérieur de la solution tampon se trouve, en immersion, l'électrode de référence en AgCl utilisant un électrolyte en gel. Les protons ( $\text{H}^+$ ) de chaque côté du verre (les protons du milieu et ceux de la solution tampon)

vont interagir sélectivement et créer un gradient de potentiel à travers le verre. La concentration d'ions hydrogène à l'intérieur de la solution tampon restant invariante, la différence de potentiel est déterminée par l'électrode de référence. Cette différence de potentiel est proportionnelle au pH dans le milieu.

Le logiciel de la sonde calcule le pH à l'aide d'un rapport linéaire établi entre le pH et le potentiel en millivolt selon l'équation de Nernst:

$$E = E_0 + (2,3RT/nF) * \text{pH}$$

E = potentiel en millivolt

E<sub>0</sub> = potentiel associé à l'électrode de référence

T = température en Kelvin

R, n et F sont des constantes

Le pH est étalonné avec deux solutions tampons de pH respectifs 7 et 9, ce qui correspond à un intervalle de valeurs régulières dans l'eau de mer.

#### La température (YSI incorporated, 1999)

Le capteur utilise une résistance thermique en oxyde métallique permettant à la résistance de changer avec les variations de la température. La conversion algorithmique de la résistance à la température est faite par le logiciel de la sonde et, de façon précise, la température peut être obtenue en degrés Celsius, Kelvin ou Fahrenheit. Dans le cadre de cette étude, le degré Celsius a été choisi.

#### L'oxygène dissous (YSI incorporated, 1999)

Pour déterminer la concentration en oxygène dissous de l'eau, on utilise un capteur de type «sonde de Clark». Le système permet de mesurer le courant associé à la réduction de l'oxygène qui diffuse à travers la membrane en Teflon. En effet, ce courant est proportionnel à la pression partielle de l'oxygène dans la solution évaluée (et non pas à la concentration). Une membrane isole les trois électrodes du capteur qui permettent la réduction de l'oxygène (une anode, une cathode et une électrode de référence). Ces électrodes renferment une fine couche d'électrolyte (KCl) nécessaire afin de supporter les variations lors de marées et afin d'éviter que des éléments non gazeux ou encore des espèces électrochimiques actives ne faussent les mesures. Cette sonde est continuellement polarisée à un voltage suffisamment négatif pour que l'oxygène soit réduit par les ions hydroxydes à la cathode et oxydé par le chlorure d'argent à l'anode. L'oxygène va diffuser à travers la membrane en Teflon ; le courant associé à ce processus est alors proportionnel à l'oxygène présent dans la solution à l'extérieur de la membrane. Pour minimiser la consommation en oxygène, le détecteur du capteur *YSI Rapid Pulse* a un système permettant de polariser et de dépolariser rapidement durant une séquence de mesure. L'oxygène n'est donc réduit que d'1/100<sup>ème</sup> sur le temps total de mesure. Les mesures ont été réalisées en pourcentage de saturation du milieu (et non pas en mg/L) afin de permettre une comparaison plus facile et plus significative des données. L'étalonnage se fait automatiquement par ordinateur après lui avoir indiqué la pression atmosphérique et avoir placé le capteur dans une atmosphère saturée en eau.

#### La turbidité (YSI incorporated, 1999)

La turbidité permet de mesurer la matière en suspension dans l'eau. Elle est déterminée à l'aide d'un faisceau de lumière passant dans l'échantillon et émis par une diode\* produisant des radiations proches de l'infrarouge. Le détecteur est une photodiode\* à haute sensibilité. Puis un néphélomètre\* (sorte de photomètre) va permettre de mesurer la lumière diffusée par les particules présentes dans la solution. L'angle entre la lumière émise et la lumière détectée

varie (généralement entre 90 et 180 degrés) selon le capteur. Le capteur utilisé est conforme aux recommandations de *The International Standards Organisation* (ISO) : la source de lumière est comprise entre 830 et 890 nm et l'angle est de 90 degrés entre les radiations émises et les radiations détectées (ISO 7027).

L'optique du turbidimètre est particulièrement sensible, non seulement au développement de débris biologiques et chimiques à long terme, mais également, à court terme, à la formation de bulles de gaz. Ces bulles peuvent être évitées dans le cas d'échantillonnages courts par simple agitation manuelle de la sonde. La sonde est également équipée d'un système mécanique permettant le nettoyage de l'optique qui pourra se faire lors de l'acquisition sans pour autant l'interrompre. Un cycle de nettoyage automatique permet alors une mesure correcte de la turbidité. Les résultats de la turbidité sont donnés en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Ces sondes permettent une acquisition des données en « continu » de chacun des facteurs environnementaux sur le banc de Perquis. Ces données vont permettre d'observer l'évolution des différents paramètres environnementaux pour l'année 2003 et de définir les différences de conditions entre les deux micro-environnements.

Une base de données sous Access contient les données recueillies depuis 1998 (Franqueville, 2002). Grâce à cette base, une comparaison inter-annuelle de l'évolution des paramètres environnementaux est également réalisée dans la partie résultats. Pour cela, une moyenne de chacun des paramètres environnementaux entre 1998 et 2003 (entre 1998 et 2000 pour le pH) a été faite puis comparée aux moyennes journalières de 2003.

### 2.3.2 Prélèvements discrets sur le bassin de Marennes-Oléron

Les prélèvements discrets sont réalisés afin de compléter la base RAZLEC (base contenant les données hydrologiques du bassin de Marennes-Oléron). Le protocole d'hydrologie est réalisé afin de déterminer les conditions environnementales générales du bassin de Marennes-Oléron. Les prélèvements se font, au total, sur 5 stations à deux profondeurs : un prélèvement en surface et un prélèvement au fond.

Les prélèvements sont nommés de la façon suivante :

- 01S: bouée d'Auger surface
- 01F: bouée d'Auger fond
- 02S: bouée de Barat surface
- 02F: bouée de Barat fond
- 03S: pont de Chapus surface
- 03F: pont de Chapus fond
- 05S: bouée des Fontenelles surface
- 05F: bouée des Fontenelles fond
- 06S: fosse de Boyard surface
- 06F: fosse de Boyard fond

Seuls trois des cinq sites ont été conservés (site 1, 2 et 3) afin de cibler plus précisément les conditions environnementales du bassin au niveau du banc de Perquis. Une moyenne des valeurs obtenues pour les trois sites et les deux niveaux a été réalisée ce qui permet de voir, au cours du temps, l'évolution des différents paramètres environnementaux. Les différents paramètres étudiés sont : l'azote

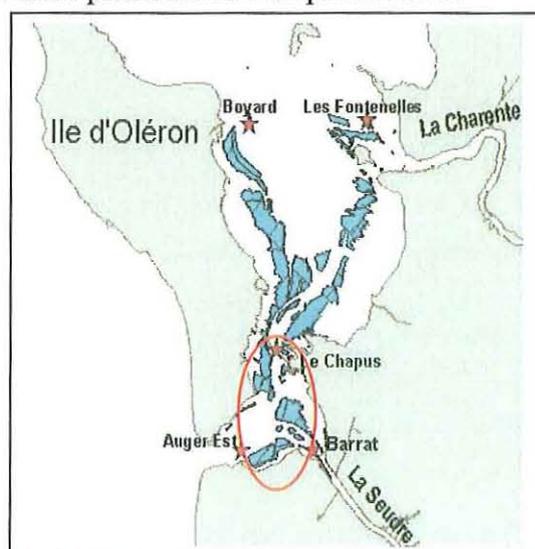


Figure 8 : Représentation des points de prélèvements discrets dans le bassin de Marennes-Oléron  
Source : IFREMER de la Tremblade

ammoniacal, la température, la salinité, la chlorophylle *a*, les phéopigments, la turbidité et l'oxygène dissous. Ces prélèvements permettent également de vérifier la cohérence des résultats obtenus par mesure en continu. Les protocoles d'analyse se trouvent en Annexe 3 p 39 et 40. Ce ne sont pas des analyses en continu, il faut tenir compte du fait qu'il peut y avoir des variations entre chaque point et qu'elles ne seront pas observables. Les résultats sont présentés en Annexe 4, p 41 et 42.

### 3-Résultats

#### 3.1 Etude de la mortalité estivale de *C.gigas* en 2003

La mortalité cumulée sur le banc de Perquis évolue entre 0 et 6% en plus de deux mois et demi (entre le 20 mars et le 10 juin) (Figure 9). Cette période ne présente pas de réelles différences entre les huit conditions. La mortalité cumulée des Flop 15 est comprise entre 0 et 28,5% entre le 20 mars et le 26 juin. La mortalité cumulée des Diplo 15 et des Top 15 est comprise entre 0 et 18%. Enfin, les mortalités cumulées des cinq autres conditions sont comprises entre 0 et 11%.

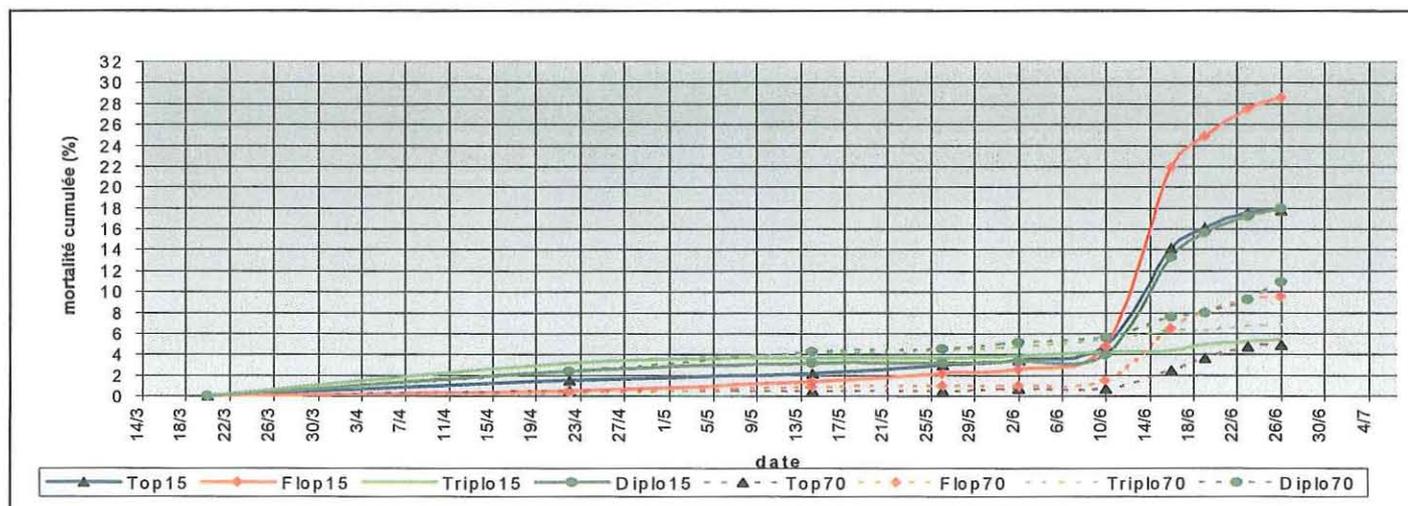


Figure 9 : Mortalité cumulée sur le banc de Perquis entre le 20 mars et le 26 juin 2003 (en %) pour quatre cheptels : huitres diploïdes issues d'écloserie possédant le caractère résistant (Top), huitres diploïdes issues d'écloserie possédant le caractère sensible (Flop), huitres diploïdes issues du captage naturel (Diplo), huitres triploïdes issues d'un croisement (Triplo), dans deux environnements : à 15cm du sédiment (15) et à 70 cm du sédiment (70).

La mortalité des Flop 15 augmente de façon brutale le 16 juin. En effet, la mortalité cumulée est de 4,7% au 10 juin et passe à 21,9% au 16 juin soit une augmentation de 17,1% de mortalité en seulement 6 jours. A la fin du mois de juin, 28,6% de mortalité chez les Flop 15 est observé c'est à la mortalité la plus importante parmi les huit conditions. La mortalité des Top 15 ainsi que les Diplo 15 suit la même évolution que celle des Flop 15 mais à degré moindre. Elle passe d'environ 4% à 14% entre le 10 et le 16 juin, soit une augmentation de 10% en 6 jours. Pour les cinq autres conditions, les mortalités n'ont augmenté que de 2% en moyenne entre ces mêmes dates.

Ce phénomène de mortalité se poursuit après le 16 juin mais avec une perte d'intensité. La mortalité se situe donc entre la mi-juin et la fin juin, s'exprimant de manière brutale et sur une courte durée.

### 3.2 Comparaison des paramètres environnementaux sur les deux niveaux d'élevage

Les enregistrements ont été effectués à 70 cm du sédiment entre le 20 mars au 26 juin. Une seconde sonde YSI a été positionnée à 15 cm du sédiment à partir du 14 mai afin de permettre une comparaison des paramètres environnementaux entre les deux hauteurs d'élevage.

#### La température

L'évolution de la température entre le 20 mars et le 26 juin 2003 laisse apparaître quatre périodes (Figure 10). Du 20 mars au 10 avril, les températures évoluent entre 10°C et 13°C, puis entre le 11 avril et le 25 avril les températures montent brusquement passant de 10°C à 16°C. L'augmentation est de 6°C en seulement 14 jours. La troisième période va du 26 avril au 20 mai. La température de l'eau se stabilise entre 15 et 16°C sur une période de 24 jours. Enfin, entre le 20 mai et le 26 juin, la température augmente à nouveau et passe de 15°C à 22,5°C. La température atteint presque les 23°C le 23 juin. En 34 jours, la température a donc augmenté d'environ 8°C.

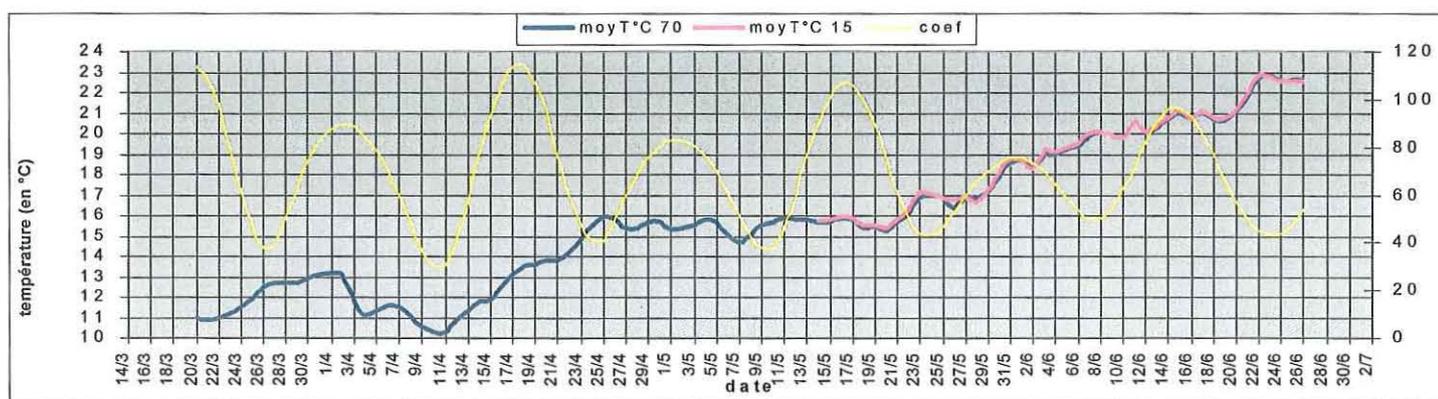


Figure 10 : Evolution de la température (en °C) en moyennes journalières, à 15 et 70 cm du sédiment, sur le banc de Perquis entre le 20 mars et le 26 juin 2003-données recueillies à l'aide de sondes YSI

Cette hausse de température rapide est visible sur tout le bassin (Annexe 4, Figure a, p 41). La température dans le bassin évolue entre 3°C et 23°C entre le 13 janvier et le 24 juin 2003. L'augmentation de la température de l'eau s'accroît à partir du 19 mai tout comme sur le banc de Perquis.

L'ensemble des données d'origine avec un pas de temps de 15 minutes est présenté en Annexe 5, Figure a, p 44. A 15cm du sédiment les variations de température sont beaucoup plus marquées qu'à 70 cm du sédiment.

Afin de mieux visualiser ce phénomène, une courbe des écarts de température entre la température maximale et minimale par jour a été réalisée (Figure 11).

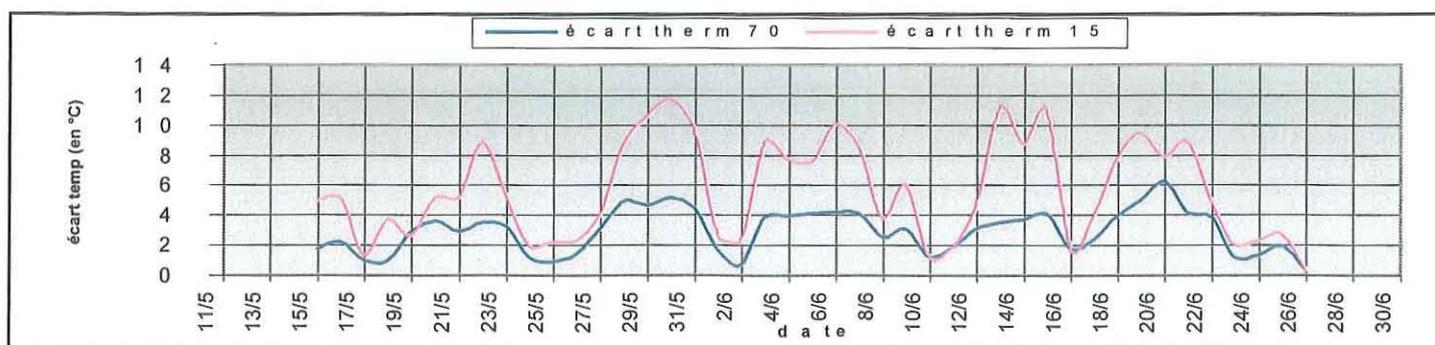


Figure 11 : Ecart thermique (en °C) entre la valeur maximale et minimale par jour entre le 15 mai et le 26 juin 2003 sur le banc de Perquis

Les écarts de températures à 70 cm du sédiment entre le 15 mai et le 26 juin oscillent entre 0,35 et 3,21°C tandis que les écarts de température à 15 cm du sédiment, pour les mêmes dates, oscillent entre 0,35 et 11,72°C. Les écarts thermiques journaliers sont globalement beaucoup plus importants à 15 cm qu'à 70 cm du sédiment.

### La salinité

La salinité de l'eau à 70 cm du sédiment évolue entre 32 ‰ et 33,5 ‰ entre le 20 mars et le 26 mai (Figure 12).

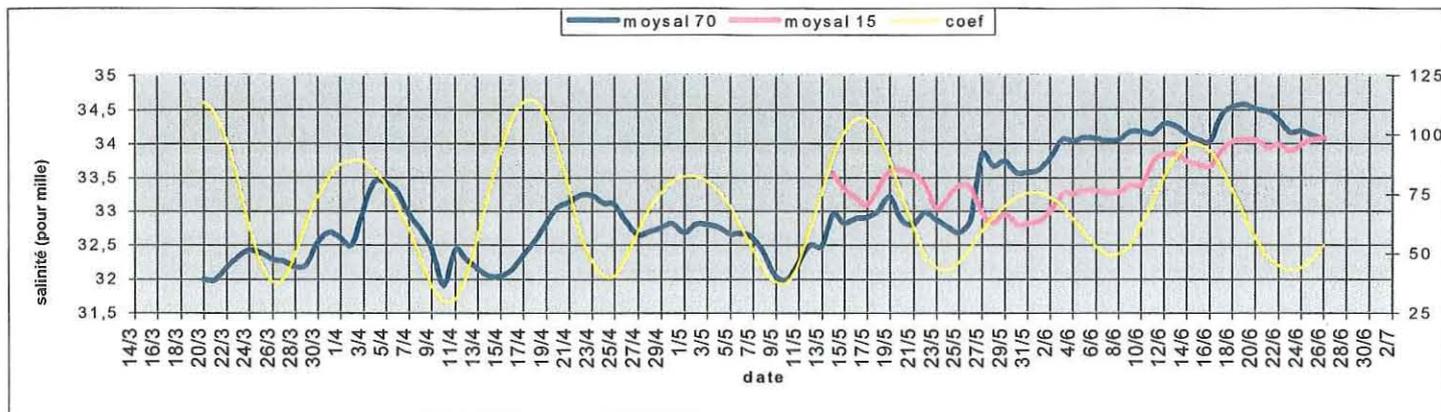


Figure 12 : Evolution de la salinité (en ‰) en moyennes journalières, à 15 et à 70 cm du sédiment sur le banc de Perquis entre le 20 mars et le 26 juin 2003-données recueillies à l'aide de sondes YSI.

La salinité, à 70 cm du sédiment, augmente de 1 ‰ entre le 25 et le 27 mai. Cette augmentation est suivie d'une courte stabilisation entre le 27 mai et le 2 juin à environ 33,7‰. Une nouvelle augmentation, plus faible cette fois-ci (0,5 ‰), se produit entre le 2 et le 12 juin et une légère chute (0,25 ‰) est observée pendant la période de mortalité entre le 12 et le 16 juin. Au 19 juin, la salinité est de 34,6 ‰ et de 34,1 ‰ le 26 juin.

La salinité à 15 cm du sédiment évolue entre 32,8 ‰ et 34,1 ‰ entre le 14 mai et le 26 juin. La salinité à 15 cm du sédiment suit la même évolution que la salinité à 70 cm du sédiment avec un léger décalage.

Dans un premier temps, l'eau à 15 cm du sédiment est plus salée qu'à 70 cm entre le 14 mai et le 26 mai (l'écart est d'en moyenne de 0,5 ‰). Le 26 mai, la salinité à 70 cm du sédiment augmente brutalement passant de 33 ‰ à 33,9 ‰. L'eau à 70 cm devient alors plus salée qu'à 15 cm avec en moyenne, un écart de 0,6 ‰. Au 26 juin, la salinité devient la même à 15 et à 70 cm du sédiment.

Dans le bassin de Marennes-Oléron, la salinité est comprise entre 26,5 et 34 ‰ entre le 13 janvier et le 24 juin 2003 (Annexe 4, Figure a, p 41). La salinité ne cesse d'augmenter et confirme la tendance sur le banc de Perquis.

Les données d'origine avec un pas de temps de 15 minutes sont présentées en Annexe 5, Figure b, p 45. Les variations de la salinité dans une même journée sont globalement faibles sauf entre le 3 et le 11 avril où des variations atypiques sont observées.

### La teneur en oxygène dissous

L'évolution en oxygène dissous de l'eau à 15 et à 70 cm du sédiment montre une grande irrégularité des valeurs (Figure 13).

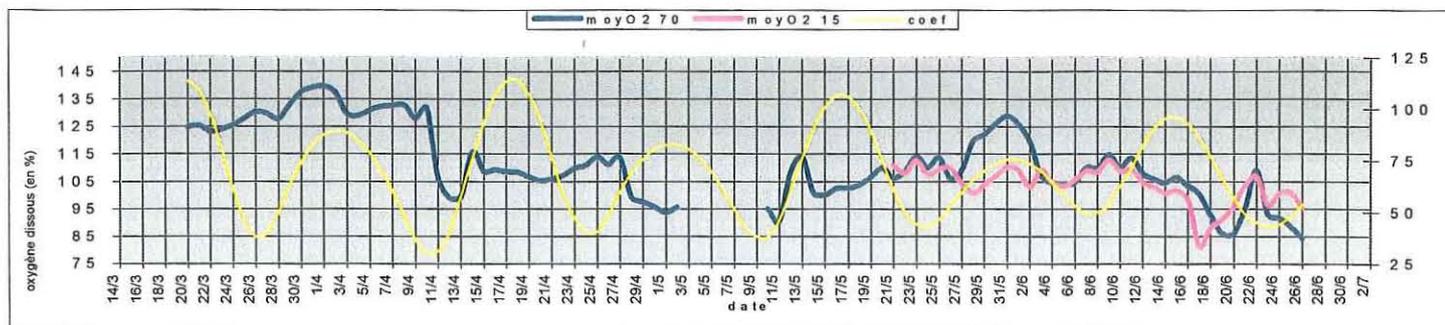


Figure 13 : Evolution de la teneur en oxygène dissous (en %) en moyennes journalières, à 15 et à 70 cm du sédiment sur le banc de Perquis entre le 20 mars et le 26 juin 2003-données recueillies à l'aide de sondes YSI.

La teneur en oxygène dissous de l'eau à 70 cm du sédiment évolue entre 85 et 140 % entre le 20 mars et le 26 juin. Entre le 20 mars et le 10 avril, la teneur en oxygène dissous évolue entre 125 % et 140 %. La teneur en oxygène dissous chute brutalement entre le 10 avril et le 12 avril pour arriver à 100 %. Entre le 13 avril et le 11 juin, elle se stabilise entre 105 et 115%, avec toutefois une augmentation entre le 26 mai et le 4 juin (134 %). Une chute de la teneur en oxygène dissous se produit entre le 11 juin et le 19 juin, la faisant passer de 113 % à 86 %. Un pic (110%) se produit le 22 juin.

L'évolution de la teneur en oxygène dissous à 15 cm du sédiment évolue entre 82 % et 112 % entre le 21 mai et le 26 juin. Cette courbe suit sensiblement la même évolution que celle représentant la teneur en oxygène dissous à 70 cm du sédiment. Un écart important entre 15 et 70 cm est observé entre le 27 mai et le 3 juin. L'écart maximal entre les deux courbes est atteint le 31 mai avec une différence de 18 %. Le 17 juin, la teneur en oxygène dissous à 15 cm du sédiment chute plus vite que la teneur à 70 cm ce qui induit un décalage entre les deux hauteurs pour cette période.

Les valeurs de la teneur en oxygène dissous dans le bassin ne présentent pas la même évolution que sur le banc de Perquis (Annexe 4, Figure b, p 42). Les valeurs sont sur une gamme plus basse, puisque la teneur en oxygène dissous dans le bassin évolue entre 70 % et 105 %. Les valeurs les plus basses ont été mesurées le 24 février et le 21 mars. La valeur du 24 mars est en contradiction avec les valeurs sur Perquis.

Les données d'origine avec un pas de temps de 15 minutes sont présentées en Annexe 5, Figure c, p 46. Les variations de la teneur en oxygène dissous entre les deux hauteurs sont très différentes. Elles sont, en effet, très variables au cours d'une journée, tandis qu'à 70 cm du sédiment, les variations sont moindres. A 15 cm du sédiment, des pics d'oxygène dissous sont visibles en pleine journée et à l'inverse, des chutes importantes sont visibles la nuit.

L'écart entre la valeur maximale et minimale dans une même journée montre encore mieux cette différence (Figure 14).

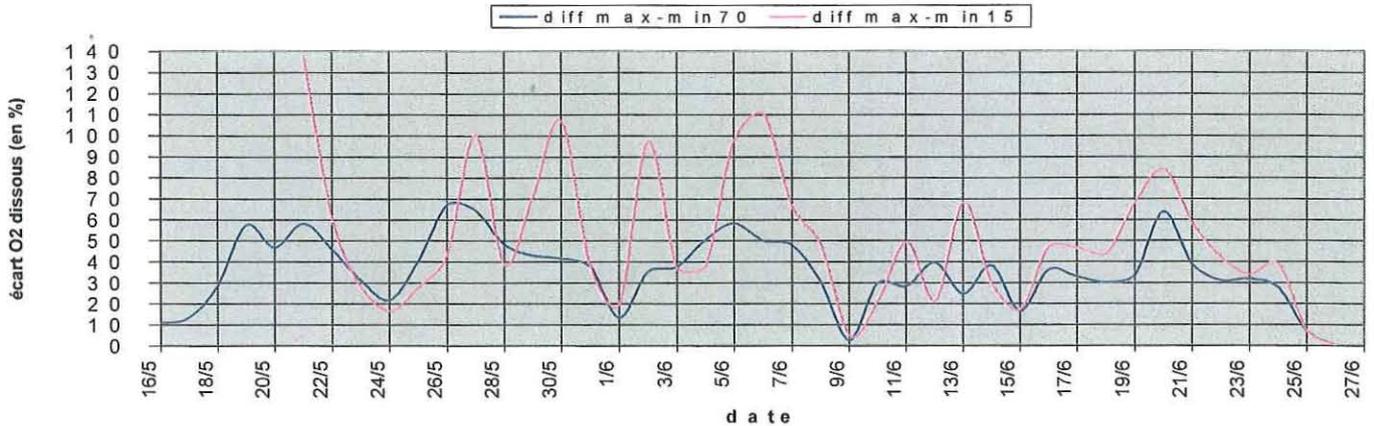


Figure 14 : Ecart de la teneur en oxygène dissous (en %) entre la valeur maximale et minimale entre le 15 mai et le 26 juin 2003 sur le banc de Perquis

Les écarts de teneur en oxygène dissous varient entre 0 et 138% à 15 cm du sédiment tandis qu'à 70 cm du sédiment, les écarts varient entre 0 et 69%. Trois chutes majeures de l'écart de la teneur en oxygène dissous sur les deux niveaux sont visibles le 24 mai, le 1<sup>er</sup> juin et le 9 juin. Entre chacune de ces dates, de forts écarts sont visibles avec des pics à 15 cm du sédiment le 27 mai, le 30 mai, le 2 juin et le 6 juin. Après l'importante chute le 9 juin, les écarts de teneur en oxygène dissous reprennent pendant la période de mortalité mais de façon beaucoup plus modérée. A partir du 24 juin, les écarts de teneur en oxygène sont les mêmes pour les deux niveaux et deviennent quasi nuls le 26 juin.

### La turbidité

La turbidité, à 70 cm du sédiment, évolue entre 10 et 73 NTU entre le 20 mars et le 26 juin (Figure 15). La turbidité, à 15 cm du sédiment, évolue entre 12 et 41 NTU entre le 21 mai et 26 juin.

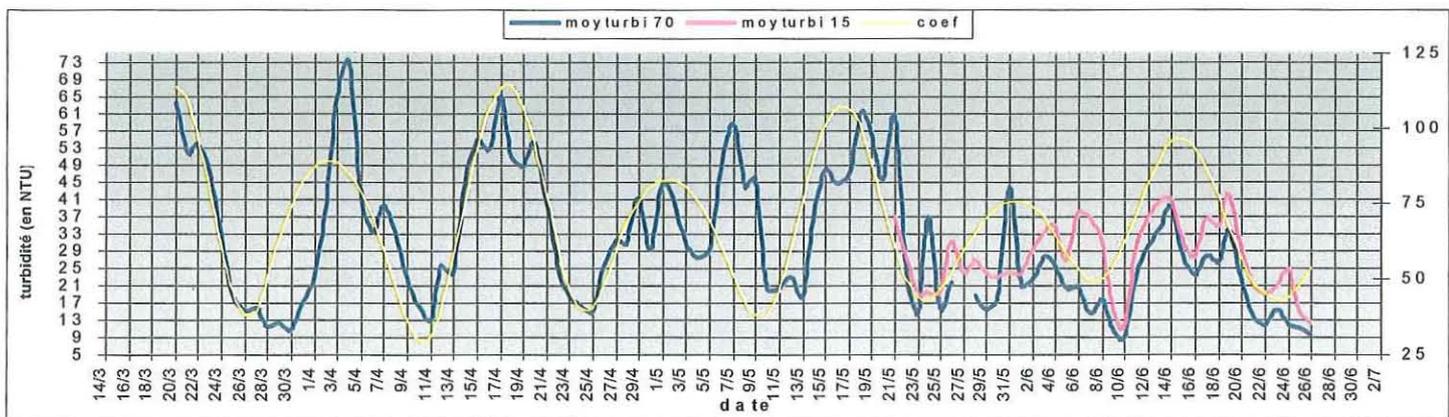


Figure 15 : Evolution de la turbidité (en NTU) en moyennes journalières à 15 et à 70 cm du sédiment sur le banc de Perquis entre le 20 mars et le 26 juin 2003-données recueillies à l'aide de sondes YSI

Pour les deux hauteurs, la turbidité suit parfaitement l'évolution du cycle des marées. Lorsque la marée est de faible coefficient, la turbidité est moins élevée et inversement. La

turbidité à 15 cm et à 70 cm du sédiment suit, sensiblement, la même évolution avec très peu d'écart. Il n'y a que le 24 et le 31 mai où la turbidité à 70 cm du sédiment augmente alors qu'à 15 cm, elle diminue. D'une façon générale, l'eau à 15 cm du sédiment est la plus turbide.

La turbidité dans le bassin suit la même évolution que sur le banc de Perquis (Annexe 4, Figure a, p 41), avec toutefois une gamme de données plus faibles sur le bassin. La turbidité évolue entre 5 NTU et 46 NTU sur le bassin. Plus on approche la période estivale, plus la tendance générale de la turbidité tend à diminuer.

Les données d'origine avec un pas de temps de 15 minutes sont présentées en Annexe 4, Figure d, p 47. De fortes variations de turbidité à 70 cm au cours d'une journée se produisent en fonction des coefficients de marée.

### Le pH

L'évolution du pH à 70 cm du sédiment évolue entre 7,92 et 8,35 entre le 14 mai et le 26 juin (Figure 16).

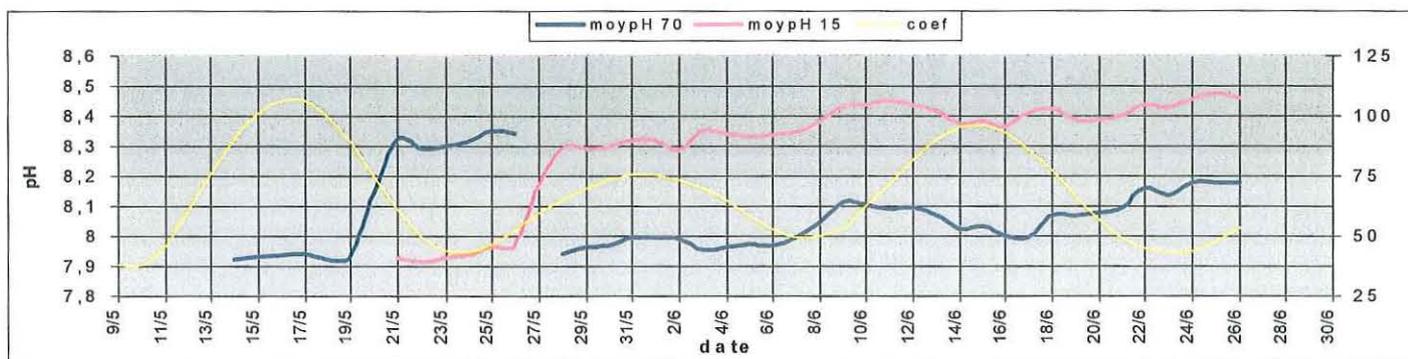


Figure 16 : Evolution du pH en moyennes journalières à 15 et à 70 cm du sédiment sur le banc de Perquis entre le 14 mai et le 26 juin 2003-données recueillies à l'aide de sondes YSI

Le pH, à 70 cm du sédiment, est compris entre 7,92 et 7,95 entre le 14 et le 19 mai puis augmente brusquement jusqu'à 8,33 en l'espace de 48h (du 19 au 21 mai). Le pH stabilise ensuite entre 8,29 et 8,35 du 21 au 26 mai. L'évolution du pH à 15 cm du sédiment évolue entre 7,92 et 8,47 entre le 21 mai et le 26 juin. Les deux courbes de pH suivent exactement la même évolution mais avec un écart important, d'en moyenne 0,32. Une inversion de phase se produit le 27 mai : le pH à 15 cm devient alors plus basique qu'à 70 cm avec une différence de 0,35. Du 28 mai au 26 juin, le pH à 15 et à 70 cm ne cesse d'augmenter, l'écart de pH entre les deux hauteurs reste le même. Une augmentation plus prononcée se produit entre le 6 et le 9 juin donnant lieu à un plateau entre le 9 et le 12 juin suivi d'une chute de pH entre le 12 et le 14 juin. Ces dates correspondent à la période de mortalité de *C.gigas*. Au 26 juin, le pH à 70 cm du sédiment est de 8,17 et de 8,46 à 15 cm.

L'ensemble des données d'origine avec un pas de temps de 15 minutes est présenté en Annexe 4, Figure e, p 48. On remarque alors des pics de pH ainsi que des chutes dans une même journée beaucoup plus importants à 15 cm qu'à 70 cm du sédiment. L'amplitude des pics est beaucoup plus faible entre le 7 et le 13 juin.

### La fluorimétrie

L'évolution de la fluorimétrie (Figure 17) à 70 cm du sédiment évolue entre 0,07 et 0,9 entre le 14 mai et le 26 juin et présente de grandes variations. Entre le 28 mai et le 26 juin, la fluorimétrie est plus faible qu'entre le 14 et le 20 mai. Un pic de fluorimétrie est remarquable le 12 juin. Des chutes importantes de fluorimétrie sont constatées le 7 et le 17 juin.

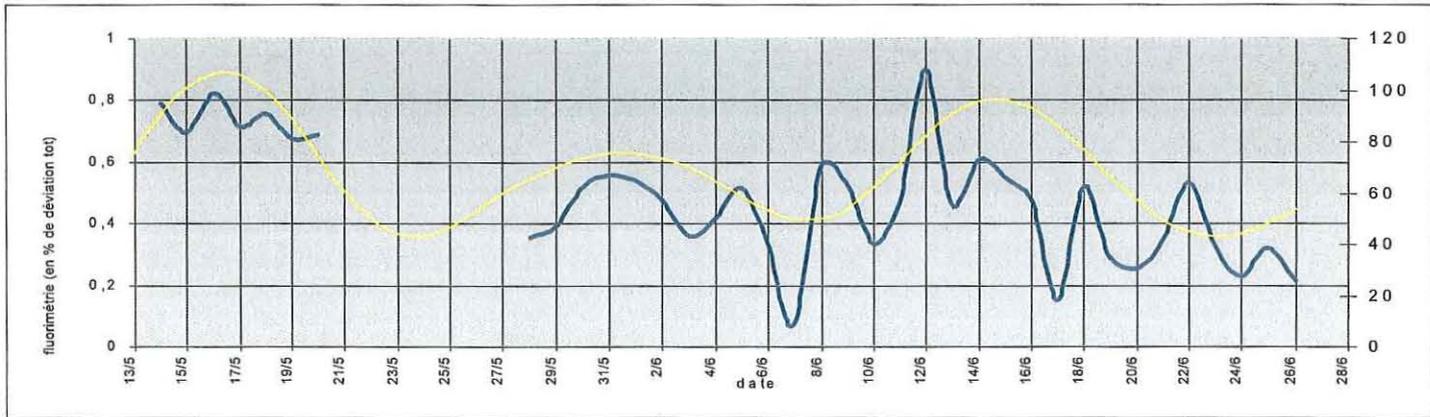


Figure 17 : Evolution de la fluorimétrie en moyennes journalières à 70 cm du sédiment sur le banc de Perquis entre le 14 mai et le 26 juin 2003-données recueillies à l'aide de sondes YSI

L'ensemble des données d'origine avec un pas de temps de 15 minutes est présenté en Annexe 4, Figure f, p 49.

### 3.3 Comparaison inter annuelle des différents paramètres environnementaux

#### La température

La température de l'eau du bassin de Marennes-Oléron évolue, depuis cinq ans, entre 16°C et 20,2°C entre le 14 mai et le 15 juillet (Figure 18).

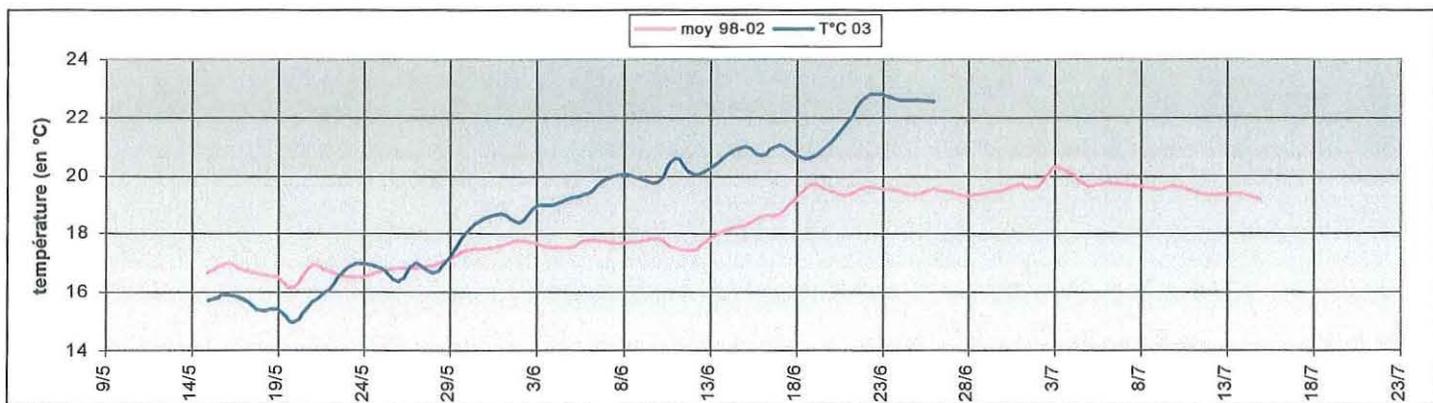


Figure 18 : Comparaison entre la moyenne de la température depuis 5 ans sur le banc de Ronce-Perquis et la moyenne de l'année 2003 à 70 cm du sédiment

La température de l'eau en 2003 entre le 14 mai et le 26 juin, évolue entre 15°C et 22,8°C. L'évolution de la température en 2003 augmente très rapidement comparativement aux cinq années qui ont précédé. En effet, la température entre le 14 et le 22 mai est relativement faible

par rapport aux cinq dernières années puis augmente de façon brutale en passant ainsi de 15°C au 20 mai à 22,8°C au 22 juin. Il s'agit donc d'une augmentation d'environ 8°C en 1 mois. L'augmentation de la température pendant cinq ans dans le bassin de Marennes-Oléron est beaucoup plus régulière et moins abrupte. Le passage au-dessus de 19°C se fait habituellement autour du 18 juin tandis que cette année, il s'est fait le 4 juin. Habituellement les températures ne passent guère les 20°C, ce qui n'est pas le cas cette année puisque les températures ne cessent de grimper tout au long de la période d'étude pour aller jusqu'à 23°C le 23 juin.

### La salinité

La salinité évolue entre 31,6 ‰ et 32,4 ‰ entre le 14 mai et le 15 juillet depuis cinq ans dans le bassin de Marennes-Oléron (Figure 19).

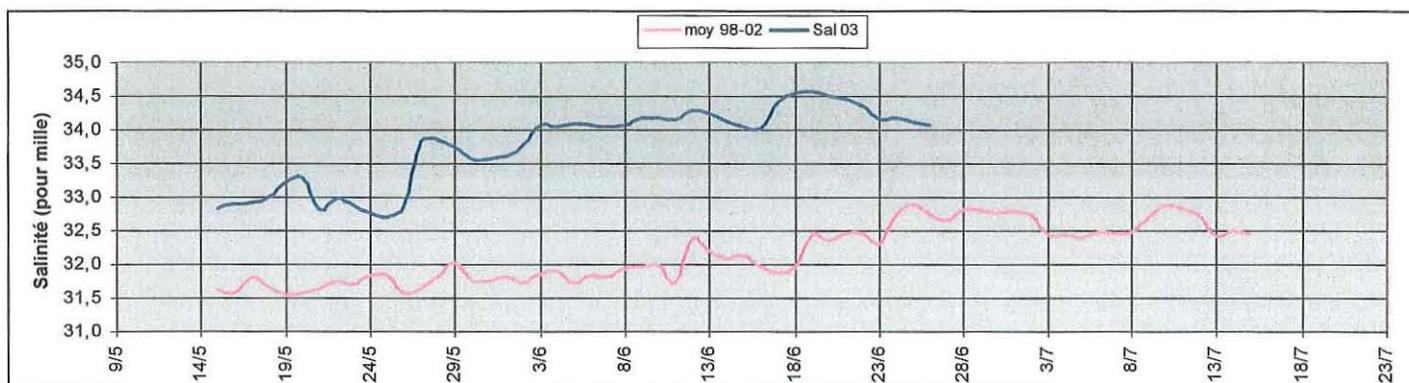


Figure 19 : Comparaison entre la moyenne de la salinité depuis 5 ans sur le banc de Ronce-Perquis et la moyenne de l'année 2003 à 70 cm du sédiment

Par contre, la salinité, entre le 14 mai et le 26 juin 2003, évolue entre 32,7 ‰ et 34,6 ‰. La salinité est donc anormalement élevée puisque l'écart entre les deux courbes est d'un peu plus de 2 ‰. Tandis que la salinité, depuis cinq ans, tend à augmenter progressivement jusqu'au 24 juin, la salinité en 2003 augmente brutalement le 25 mai puis continue de façon plus régulière.

### La teneur en oxygène dissous

La teneur en oxygène dissous évolue, depuis cinq ans, entre 90 % et 137 % entre le 14 mai et le 15 juillet (Figure 20). La teneur en oxygène dissous, en 2003, varie entre 84 % et 128% entre le 14 mai et le 26 juin.

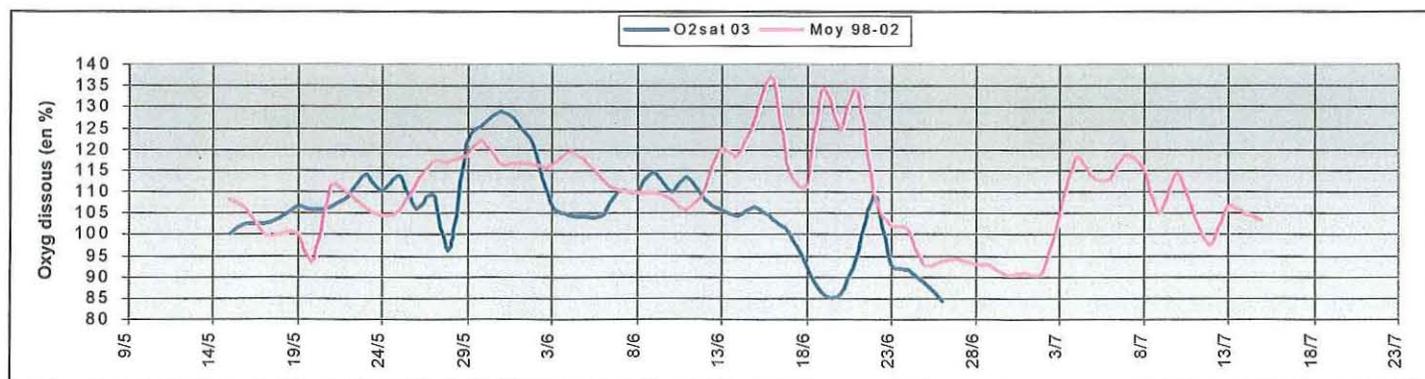


Figure 20 : Comparaison entre la moyenne de la teneur en oxygène dissous depuis 5 ans sur le banc de Ronce-Perquis et la moyenne de l'année 2003 à 70 cm du sédiment

L'évolution de la teneur en oxygène dissous en 2003 suit approximativement, la même évolution que ces cinq dernières années entre le 14 mai et le 12 juin.

A partir du 11 juin, une chute brutale de la teneur en oxygène dissous se produit en 2003. Cette chute brutale se produit également depuis ces cinq dernières années mais plus tardivement (à partir du 20 juin). Une remontée tout aussi brutale suit dans les deux cas.

### La turbidité

Depuis cinq ans, la turbidité évolue en moyenne entre 13 et 50 NTU entre le 14 mai et le 15 juillet (Figure 21).

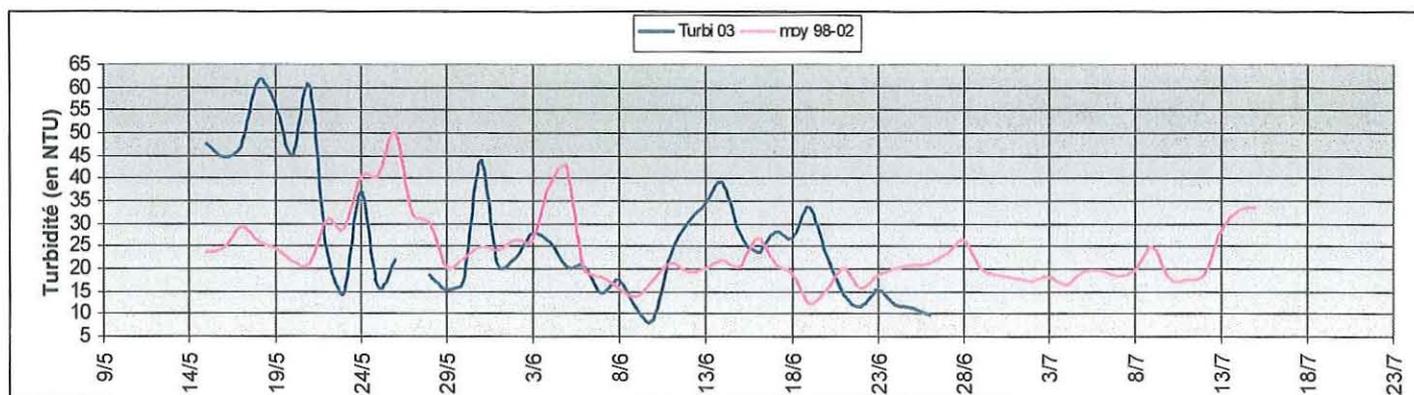


Figure 21 : Comparaison entre la moyenne de la turbidité dissous depuis 5 ans sur le banc de Ronce-Perquis et la moyenne de l'année 2003 à 70 cm du sédiment

En 2003, la turbidité évolue entre 7 et 61 NTU entre le 14 mai et le 26 juin. La turbidité en 2003, suit l'évolution de ces cinq dernières années, mis à part la forte turbidité entre le 14 et le 22 mai. Plus on avance dans la saison estivale, plus la turbidité diminue.

### Le pH

Entre 1998 et 2000, le pH évolue en moyenne entre 8,24 et 8,8 entre le 14 mai et le 15 juillet (Figure 22).

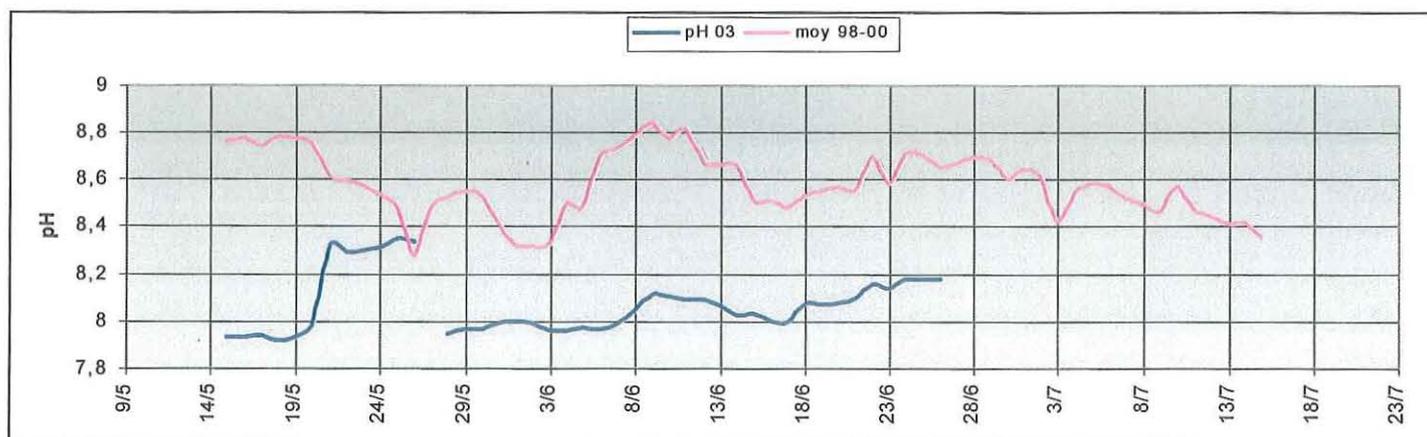


Figure 22 : Comparaison entre la moyenne du pH depuis 5 ans sur le banc de Ronce-Perquis et la moyenne de l'année 2003 à 70 cm du sédiment

Le pH, en 2003, évolue entre 7,92 et 8,35 entre le 14 mai et le 26 juin. Le pH, en 2003, suit globalement l'évolution de ces dernières années avec toutefois, un écart très important de 0,2 à 0,5.

En effet, le pH en 2003 est plus acide à 70 cm du sédiment que ces dernières années.

Les valeurs de pH, entre le 14 et le 27 mai 2003, sont moins régulières que ces dernières années.

## 4-Discussion

### 4.1 Mortalités de *C.gigas* sur le banc de Perquis

La mortalité de *C.gigas* s'est bien produite lors de la période estivale mais de façon plus précoce que les autres années. En effet, la mortalité s'est manifestée entre le 10 et le 16 juin cette année alors qu'en 2002, par exemple, elle s'est manifestée autour du 26 juin (Madec, 2002).

De plus, la mortalité est globalement plus faible que les autres années. En 3 mois, le taux de mortalité des élevages à 70cm du sédiment est compris entre 5 et 11% contre 5 et 28,5% pour les élevages à 15 cm du sédiment. En 2002, pour la même période, le taux de mortalité à 70 cm du sédiment était compris entre 4,5 et 11,5% contre 9% et 54% à 15 cm. Ainsi, les différences de taux de mortalité entre les deux niveaux étaient beaucoup plus marquées en 2002. Les huîtres à 15 cm du sédiment présentaient une très forte mortalité comparativement à cette année (seulement 30% des cheptels détruits au maximum). En effet, la mortalité à 15 cm du sédiment est quasiment deux fois moins élevée qu'il y a un an à la même date.

Par contre, comme les années précédentes, une distinction entre les huit conditions peut être faite.

Hormis pour les huîtres triploïdes, les huîtres de chacune des trois autres catégories (Diplo, Flop et Top) placées à 15cm du sédiment, présentent une mortalité plus importante qu'à 70 cm du sédiment. Le sédiment joue, peut-être, un rôle non négligeable dans les mortalités ou alors il peut y avoir des différences importantes de certains paramètres environnementaux entre les deux hauteurs. Dans tous les cas, cette différence de mortalité entre les deux niveaux d'élevage implique des conditions particulières.

Des différences sont également remarquables entre les catégories. En effet, les huîtres produites en éclosérie et possédant le caractère sensible (Flop) présentent la plus importante mortalité sur les deux niveaux.

Par contre, même si les Top (huîtres diploïdes produites en éclosérie et possédant le caractère résistant) semblent être les plus résistantes à 70 cm du sédiment, ce n'est pas le cas à 15 cm du sédiment. En effet, leur mortalité à 15 cm du sédiment est à peu près la même que les Diplo15 (huîtres diploïdes obtenues par captage naturel) et est plus élevée que la mortalité des triplo15.

Les huîtres diploïdes présentent une forte mortalité sur les deux niveaux sans pour autant dépasser celle des Flop. En moyenne, pour les deux niveaux confondus, le taux de mortalité des diploïdes se situe entre celui des Flop et celui des Top. Ceci est tout à fait logique étant donné que les diploïdes présentent une grande variabilité génétique équilibrant ainsi le taux de mortalité entre les huîtres diploïdes à caractère sensible et celles à caractère résistant.

Les huîtres triploïdes sont résistantes sur les deux niveaux et ne présentent pas de réelles différences de mortalité entre les deux niveaux (environ 1,43%). Il faut alors prendre en compte, le fait que ce sont des huîtres qui ne peuvent pas se reproduire. Elles ne sont alors pas

affaiblies par la reproduction (à l'inverse des huîtres diploïdes) et peuvent lutter plus facilement contre les causes provoquant la mortalité estivale.

## 4.2 Qualité de l'environnement sur le bassin de Marennes-Oléron

### 4.2.1 Evolution et influence de la température

D'après les études de 1999 (Soletchnik *et al.*, 1999), l'augmentation du taux de mortalité est associée à des températures de l'eau supérieures à 20°C. D'autres études plus récentes ont démontré qu'il s'agissait plutôt de températures supérieures à 19°C qui étaient associées à l'augmentation du taux de mortalité de *C. gigas*.

Toutefois, cette année, les mortalités ont été observées dès que la température de l'eau est passée au-dessus des 20°C. Après le passage au-dessus de 19°C, quelques jours sont peut-être nécessaires afin de pouvoir observer la mortalité de *C. gigas*. La mortalité peut également se manifester après un certain cumul de degrés jours. Enfin, il se peut que 19°C ne soit pas la température précise provoquant la mortalité, mais plutôt une température comprise entre 19 et 20°C.

De plus, il semblerait que ce ne soit pas l'intensité de la température seule qui détermine l'amplitude des mortalités. En effet, comparativement aux températures sur le banc depuis 1998, les températures de l'eau en 2003 sont beaucoup plus élevées. Dès le 4 juin, la température est passée au-dessus de 19°C pour atteindre quasiment les 23°C à la fin du mois de juin alors que les 19°C ne sont atteints habituellement qu'autour du 18 juin et que les températures ne dépassent guère les 20°C. Or, la mortalité à 70 cm du sédiment n'est pas plus élevée que d'habitude et la mortalité à 15 cm du sédiment est même plus faible que d'habitude. Cette forte augmentation est observable sur tout le sud du bassin (Annexe 4, Figure a, p 41).

Une augmentation progressive de la température de l'eau est observée d'année en année. L'étude des changements climatiques sur le bassin de Marennes-Oléron amène à l'observation suivante : une augmentation significative de la tendance de la température de l'air se produit. Ainsi, avec un regard à long terme, il a été observé que la température de la mer (toujours corrélée à celle de l'air) a augmentée significativement de deux degrés depuis les années 80 (Soletchnik *et al.*, 1998 a). C'est pourquoi, dans le graphique présenté en Figure 23, une simulation de la température dans les années 80 est comparée avec les moyennes des températures journalières de l'eau depuis six ans (1998-2003). La simulation a été conçue en

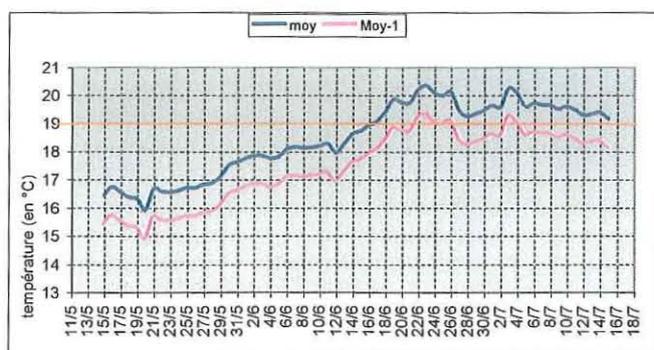


Figure 23 : simulation de l'évolution climatique entre les années 80 et maintenant

enlevant un degré à la courbe des moyennes des températures de l'eau depuis six ans. En retirant ne serait-ce qu'un degré à la tendance des températures depuis six ans (et non pas deux comme ce qui a été défini en théorie dans l'étude de 1998), les températures de l'eau ne dépassent que rarement les 19°C. Or, dans les années 80, le problème de la mortalité estivale de *C. gigas* n'existait pas encore.

biologie de l'huître et provoque un déséquilibre de l'écosystème estuarien. En effet, l'augmentation de la température de l'eau accélère la maturation des produits génitaux et

l'activité de filtration. La fragilisation des cheptels en période de pré-ponte est donc accentuée (Soletchnik, 2001).

On ne peut alors pas définir, par cette étude, s'il s'agit d'une augmentation brutale de la température de l'eau ou d'un seuil de température bien particulier (pouvant peut-être favoriser le développement de virus ou de parasites) qui est prépondérant. Par contre, il est démontré que la température a une influence certaine sur la mortalité de *C.gigas* et que ce ne sont pas les fortes températures seules qui vont conditionner le niveau de la mortalité.

#### 4.2.2 Teneur en oxygène dissous et blooms phytoplanctoniques

La teneur en oxygène dissous chute beaucoup plus tôt que ces cinq dernières années (Figure 20 p 23). En effet, à 70 cm du sédiment la teneur en oxygène dissous chute dès le 9 juin jusqu'au 19 juin et remonte par la suite. Tandis que depuis ces cinq dernières années, la chute de la teneur en oxygène dissous se produisait entre le 20 et le 25 juin. Ces chutes d'oxygène dissous correspondent, dans les deux cas, aux périodes de mortalités de *C.gigas*.

De plus, cette année, les teneurs en oxygène dissous chutent plus bas que d'habitude (86 % au lieu de 90 %).

Ce phénomène ne s'observe pas au niveau du bassin (Annexe 4, Figure b, p 42) mais il s'agit de prélèvements discrets avec des pas de temps importants entre les échantillonnages. La mesure des paramètres environnementaux s'avère complexe et des variations peuvent se produire sur une très courte échelle de temps. Ainsi, les résultats obtenus par prélèvements discrets ne révèlent pas toutes les variations des paramètres dans le bassin.

La chute de la teneur en oxygène dissous à partir du 9 juin correspond également à la chute brutale du bloom\* à la même date, suivie de la présence faible de phytoplancton entre le 10 et le 19 juin. Ces données sont confirmées par la fluorimétrie (Figure 17 p 22) et le pH (Annexe 5, Figure e, p 48). En effet, les variations de pH, dans la journée, ne sont plus visibles pendant la période de mortalité. Or, les variations de pH entre le jour et la nuit sont aussi liées à la photosynthèse. La nuit, le gaz carbonique n'est plus consommé par les plantes, ce surplus se transforme pour partie en acide carbonique, le pH va chuter. En journée, le gaz carbonique devient nécessaire pour la photosynthèse et l'acide carbonique se retransforme alors en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O : le pH remonte.

Le phytoplancton arrivait peut-être en fin de vie et la dégradation de la matière organique a consommé de l'oxygène diminuant ainsi la teneur en oxygène dissous sur le banc.

En effet, la présence du bloom était plutôt visible sur le banc fin mai-début juin. Or, le déclenchement du bloom phytoplanctonique est favorisé par des taux en salinité élevés, dans un environnement calme (Kautsky, 1995), avec de faibles turbidités (Christou et al., 1995). Toutes ces conditions étaient réunies assez précocement dans le printemps. De ce fait, le bloom a peut-être apparu plus tôt que d'habitude et la chute de croissance du phytoplancton s'est donc produite plus précocement dans la saison favorisant alors la mortalité de *C.gigas* plus tôt que les autres années.

En effet, les variations de turbidité sont le résultat de l'action, en synergie, des courants de marée et du vent sur la remise en suspension des matières particulaires (Mineur, 1999). Les dépressions ayant été peu fréquentes pendant le printemps, la turbidité a chuté rapidement tout en continuant de suivre le marnage.

Toutefois, la turbidité évolue globalement de la même façon d'année en année alors que les mortalités n'apparaissent pas forcément aux mêmes périodes (comme c'est le cas cette année). Elle ne semble donc pas intervenir dans le déclenchement des mortalités

Dans le bassin, des pics de chlorophylle *a* sont visibles le 21 mars et le 15 avril (Annexe 4, Figure b, p 42) tandis que la chute de chlorophylle *a* est visible le 19 mai. La chute de phytoplancton n'est donc pas visible dans le bassin au même moment que sur le banc de Perquis. Cependant, le pas de temps des échantillonnages est beaucoup trop important pour distinguer les variations fréquentes de phytoplancton dans le bassin.

#### 4.2.3 Influence des facteurs anthropiques

Les apports de la Seudre (débit de 0 à 40 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>) et surtout ceux de la Charente (débit de 10 à 400 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>) influencent fortement l'écologie du bassin (Soletchnik et al., 1998a) et peuvent être source de pollution pour le bassin de Marennes-Oléron. En effet, certaines industries ou stations d'épuration, par exemple, rejettent leurs effluents dans les rivières et les fleuves. Les facteurs anthropiques pourraient donc éventuellement intervenir dans la mortalité de *C.gigas*.

L'azote ammoniacal, qui a diverses origines (pluie, réduction des nitrates, dégradation de la matière organique, eaux usées domestiques ou encore eaux industrielles), a été mesurée sur le bassin de Marennes-Oléron (Annexe 4, Figure a, p41).

L'azote ammoniacal présente des valeurs plus élevées le 19 et le 28 mai (3,3-3,5 μmol/L). Les valeurs restent élevées le 10 juin et le 26 juin. Ces valeurs peuvent venir de la concentration des polluants par l'évaporation. L'azote ammoniacal aurait alors été apporté par la Seudre et la Charente. Cette concentration des éléments semble confirmée par la salinité qui est beaucoup plus élevée que les autres années (environ 2 ‰ plus élevée). Ce phénomène est dû aux faibles précipitations et aux fortes températures de l'air provoquant une évaporation intense. Il y a donc moins d'eau et donc une plus forte concentration des éléments.

Toutefois, les fluctuations de salinité sont sous l'influence des masses d'eau en présence (Mineur, 1999). L'évaporation a été intense et les précipitations faibles pendant la période d'étude. De ce fait, l'apport d'eau douce par la Charente et la Seudre n'ont pas été assez importants pour diminuer la salinité dans le bassin. L'apport d'azote ammoniacal ne proviendrait alors pas des apports d'eau douce mais d'une autre origine (pollution éventuelle par des substances d'origine animale).

Dans tous les cas, l'azote ammoniacal peut, peut-être, favoriser la fragilité de l'huître mais ne permet pas d'expliquer les différences de mortalité.

Entre le 3 et le 11 avril, des variations atypiques de salinité ont été observées (Annexe 5, Figure b, p 45). Ce phénomène peut provenir de l'apport d'une eau plus salée par les courants. La période semble, toutefois, longue pour qu'un tel phénomène ait perturbé à ce point la salinité. Aucune explication concrète ne peut donc être apportée.

### 4.3 Paramètres influençant la différence de mortalité entre les deux niveaux

La température moyenne journalière semble être exactement la même sur les deux niveaux d'élevage (Figure 10 p17) ce qui peut sembler tout à fait normal puisque la différence entre les hauteurs n'est que de 55 cm. Ainsi, même si l'Océan Atlantique présente une stratification thermique ce n'est visible que pour de fortes profondeurs. En effet, la surface est théoriquement chauffée par les rayonnements solaires mais ceux-ci ne pénètrent pas assez profondément pour chauffer toute la colonne d'eau (Jacques, 1991). Sur le bassin ce n'est pas le cas, puisqu'en pleine mer, la profondeur n'est que de deux mètres.

Par contre, les variations journalières pour les deux hauteurs présentent des différences marquées (Annexe 5, Figure a, p 44). La Figure 11, p 17 permet de visualiser l'écart de la température de l'eau entre la valeur maximale et minimale, dans une même journée. Les

chocs thermiques importants subis par les huîtres à 15 cm du sédiment sont alors bien visibles. En effet, le sédiment capte la chaleur à marée basse et la restitue ensuite dans l'eau lors de la remise à flot. La température de l'eau devient alors très élevée. Elle est montée jusqu'à 31°C le 15 juin alors qu'à la même date, la température de l'eau à 70 cm n'est montée qu'à 24,2°C. Ainsi, le temps que l'eau arrive à 70 cm du sédiment, la chaleur s'est déjà dissipée progressivement dans l'eau. Cette différence de température à 15 cm du sédiment est accrue par les baisses de températures la nuit.

Ces chocs thermiques ont-ils un effet sur la fragilisation des huîtres placées à proximité du sédiment ? D'autant plus que, lors de la remise à flot, l'eau devient très turbide et sa teneur en oxygène diminue (Dufourg, 1999).

Les diminutions d'oxygène sont également remarquables lors de la présence de blooms. Or, les variations de la teneur en oxygène dissous à 15 cm sont beaucoup plus importantes qu'à 70 cm du sédiment (Figure 14 p20). Ce phénomène montre, dans la grande majorité des cas, la présence d'un bloom. Cette présence de bloom est confirmée par le pH dont les variations sont également beaucoup plus importantes à 15 cm qu'à 70 cm du sédiment (Annexe 5, Figure e, p 48). En effet, le jour, le phytoplancton produit de l'oxygène par la photosynthèse grâce à la lumière et le gaz carbonique devient nécessaire (le pH est plus basique). La nuit, la photosynthèse s'arrête, il n'y a donc plus de production d'oxygène mais le phytoplancton continue de respirer et consomme de l'oxygène. De ce fait, une diminution de la teneur en oxygène dissous se produit la nuit et le pH diminue en même temps. Des phénomènes éventuels d'hypoxie apparaissent alors en fin de nuit, limitant la consommation en oxygène de l'huître à 15 cm du sédiment. Ainsi, même si la présence de blooms induit la présence de nourriture pour l'huître, elle induit également des diminutions importantes d'oxygène la nuit.

Or l'élévation de température entraîne, chez *C.gigas*, un besoin accru en oxygène (Goulletquer *et al.*, 1998). Ce besoin ne pourra alors pas être assouvi pour les huîtres à 15 cm du sédiment lors de la remise à flot. Si *C.gigas* se trouve, en plus, en période de maturation, la détresse physiologique n'en sera que plus grande (Lagarde, 1997).

De plus, consécutivement à un manque en oxygène dissous, le sédiment devient plus réducteur ce qui va favoriser l'ammonification\* ainsi que la réduction des sulfates en sulfures (H<sub>2</sub>S) (Ito et Imai, 1955).

La turbidité associée à un dégagement de sulfure peuvent alors réduire considérablement la filtration de l'huître.

L'hydrodynamisme avec la remise à flot ainsi que la présence de blooms provoquent donc un stress non négligeable pour les huîtres placées à 15 cm du sédiment, ce qui pourrait expliquer en partie la différence de mortalité entre les deux niveaux.

Un phénomène atypique a été observé entre les deux hauteurs le 27 juin sur trois descripteurs (teneur en oxygène dissous, salinité et pH). En effet, à cette date, la salinité ainsi que la teneur en oxygène dissous augmente brusquement à 70 cm alors que le pH chute brutalement. Ce phénomène ne se produit pas à 15 cm. Cet événement reste sans explication.

#### 4.4 les limites de la méthode d'acquisition des données

Afin de récupérer les données régulièrement et de vérifier le bon fonctionnement des capteurs, les deux sondes ont été ramenées environ toutes les semaines au laboratoire.

De ce fait, certaines données manquent, le temps que les sondes soient vidées puis replacées sur l'éstran. La valeur moyenne est donc calculée avec un nombre restreint de données à la date où les sondes ont été retirées.

De plus, l'acquisition des données ne s'est faite que toutes les 15 minutes.

Tout ceci ne permet donc pas d'obtenir une mesure parfaitement « continue ».

L'acquisition des données par les sondes YSI, bien que performante, ne se révèle pas sans faille. En effet, la membrane de l'oxymètre, très fragile, s'est rompue entre le 28 avril et le 13 mai ce qui induit des valeurs de teneur en oxygène dissous fausses.

L'oxymètre à 15 cm du sédiment est également beaucoup plus facilement recouvert et usé par les matières en suspension et par la remise à flot que celle à 70 cm du sédiment.

De plus l'étalonnage de l'oxymètre n'est pas toujours fiable. En effet, l'étalonnage se fait pour une pression atmosphérique à un moment précis et cette pression est gardée comme référence tout au long de l'acquisition jusqu'au nouvel étalonnage. Or, la pression atmosphérique n'est pas constante au cours du temps et 100 % de teneur en oxygène dissous théorique peut alors varier d'une acquisition à l'autre de plus ou moins 10 % (Madec, 2002).

D'autres dysfonctionnements peuvent apparaître, comme la panne du turbidimètre entre le 14 et 21 mai à 15 cm du sédiment ainsi que celle du pHmètre entre le 26 et le 28 mai à 70 cm du sédiment. De ce fait, l'augmentation du pH, qui a eu lieu dans cette période, n'a pas pu être observée.

Pour ce qui est de la comparaison inter-annuelle, les moyennes des paramètres environnementaux réalisées sur cinq années ne contiennent pas toujours les valeurs de toutes les années pour chaque jour. Ceci vient du fait, que chaque année, quelques dysfonctionnements dans le matériel où la méthode se sont parfois produits.

## Conclusion

La mortalité estivale de l'huître creuse, *Crassostrea gigas*, s'est manifestée plus tôt dans le mois de juin que les années précédentes.

La comparaison des huit conditions révèle une meilleure résistance sur les deux niveaux des huîtres triploïdes par rapport aux huîtres diploïdes toutes catégories confondues. De même, les huîtres diploïdes issues du captage naturel ont une mortalité moyenne comprise entre celle des huîtres diploïdes à caractère résistant et celles à caractère sensible. La maturation sexuelle fragiliserait donc bien les cheptels et le matériel génétique de l'huître pourrait influencer sa fragilité face à la mortalité.

De plus, il s'est avéré que la mortalité à proximité du sédiment a été deux fois moins élevée que d'habitude. Cependant, elle reste plus importante qu'en surélevé. Différents facteurs peuvent intervenir dans cette différence de mortalité.

La remise à flot de l'estran semble y être pour beaucoup. En effet, le sédiment capte la chaleur à marée basse qu'il va ensuite restituer dans l'eau lors de la remise à flot provoquant ainsi des chocs thermiques importants pour les huîtres placées à proximité du sédiment.

De même, cette remise à flot remet la matière particulaire en suspension provoquant une chute de la teneur en oxygène dissous. Le sédiment devient réducteur et l'augmentation de la turbidité associée au dégagement de sulfure limitent la filtration des huîtres.

Des diminutions d'oxygène dissous en fin de nuit ont également été observées en raison de la présence importante de phytoplancton à proximité du sédiment.

Tout ces événements contribuent à fragiliser les cheptels à 15 cm du sédiment.

L'hypothèse d'une toxicité ou pathogénicité du sédiment peut également être émise mais reste à démontrer. Ce phénomène, s'il existe, semble toutefois amoindri cette année. Ceci est probablement dû aux conditions environnementales particulières connues sur le banc cette année.

En effet, les précipitations ont été très faibles et l'évaporation importante ce qui a réduit l'influence de la Seudre et de la Charente limitant ainsi l'apport potentiel d'éléments toxiques ou de polluants. La température de l'eau a dépassé plus rapidement le seuil des 19°C ce qui peut être à l'origine de l'apparition plus précoce de la mortalité sur le banc. Par contre, les fortes températures ne semblent avoir aucune incidence sur le niveau des mortalités. De plus, l'évolution climatique sur le bassin depuis les années 80 peut expliquer, en partie, l'apparition de la mortalité de *C.gigas* par un déséquilibre biologique de l'huître.

La période de mortalité de *C.gigas* correspond également à une diminution de la ressource trophique et de la teneur en oxygène dissous. L'influence directe de ces paramètres sur la mortalité reste à démontrer.

La turbidité est quant à elle liée au marnage et ne semble donc pas intervenir dans les mortalités du fait qu'elle évolue chaque année de la même manière contrairement aux mortalités.

Par contre, une élévation de la concentration en azote ammoniacal a été décelée à partir de mi-mai dans le bassin grâce aux prélèvements discrets. Cette concentration en azote ammoniacal reste toutefois faible et n'a certainement pas fragiliser *C.gigas*. Des mesures de phosphore et de chlorures manquent pour confirmer une pollution anthropique potentielle dans le bassin.

C'est autant de raisons qui peuvent favoriser ou encore provoquer la mortalité de *Crassostrea gigas* ainsi que les différences remarquables entre les deux niveaux d'élevage.

Afin de déterminer avec précision l'influence des paramètres environnementaux sur la mortalité estivale, il serait intéressant d'étudier leurs effets sur le métabolisme de *C.gigas*.

## LEXIQUE

Ammonification : Dégradation des déchets azotés organiques. Il s'agit de la destruction des chaînes carbonées par des bactéries aérobies et anaérobies.

Bloom : Efflorescence brutale d'algues phytoplanctoniques

Captage : Opération par laquelle le naissain est recueilli sur des collecteurs artificiels.

Claire : Plan d'eau aménagé dans des terrains argileux du littoral en vue de l'affinage des huîtres: technique propre au bassin de Marennes-Oléron

Diode : Composant électronique à deux électrodes (cathode et anode)

Edaphique (facteur) : Relatif au sol

Epizootie : Epidémie qui frappe les animaux

Estran : Tout ce que la mer couvre et découvre pendant les nouvelles et pleines lunes et jusqu'où le plus grand flot de mars peut s'étendre sur les grèves.

Exondation : Retrait des eaux lors des marées basses

Hermaphrodite : Etre vivant possédant les deux sexes

Hypoxie : Diminution de la teneur en oxygène dans un milieu

Lamellibranches : Classe de mollusques aquatiques acéphales, bivalves, aux branchies en forme de lamelles

Naissain : Ensemble de larves d'huîtres naissant en juillet qui se sont fixées sur des supports.

Néphelomètre : Photomètre utilisé pour la mesure de la diffusion et l'intensité de la lumière dans une solution trouble

Pertuis : Etranglement d'un fleuve ou détroit entre une île et la terre

Photodiode : Diode à semi-conducteurs, sensible aux rayonnements infrarouges, visibles, et à l'ultraviolet proche

Vives-eaux : Marées de fort coefficient de pleine lune ou de nouvelle lune

# BIBLIOGRAPHIE

## Ouvrages

AMINOT, A., CHAUSSEPIED, M., (1983). –Manuel des analyses chimiques en milieu marin. –Brest : Centre National pour l'EXploitation des Océans (CNEXO). –45-46p

BODOY, A., GARNIER, J., RAZET, D., GEAIRON, P., (1988). –Mass mortalities of oysters (*Crassostrea gigas*) during spring 1988 in the bay of Marennes-Oléron, related to environmental conditions. –La Tremblade : Rapport IFREMER. –26p

CHRISTOU, E.D., PAGOU, K., CHRISTIANIDIS, S., PAPATHANASSIOU, E., (1995). –Temporal and spatial variability of plankton communities in a shallow embayment of the eastern Mediterranean. –Biology and ecology of shallow coastal waters, 1. –3-11p

DUFOURG, C., (1999). –Etude de la croissance de l'huître creuse *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron en relation avec la variabilité spatiale des conditions hydrologiques et alimentaires de la zone d'élevage, à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG). –Université de Pau : Rapport de D.E.S.S. –25p

ELSTON R.A., FARLEY C.A., KENT M.L., (1986). –Occurrence and significance of bonamiosis in European flat oyster, *Ostrea edulis*, in North America. –Distribution Aquatique organism. –49-54p

FRANQUEVILLE, J.P., (2002). –Mise au point d'une base de données Access au laboratoire Conchylicole de Poitou-Charente: standardisation des données à haute fréquence et des variables zootechniques discrètes. –Institut national agronomique Paris-Grignon: Rapport de deuxième année. –44p

FRUCHARD, P., (1998). –Contribution à l'étude de la mortalité estivale de l'huître creuse *Crassostrea gigas* en baie de Marennes Oléron sur le banc ostréicole de Ronce-Perquis. – Université de Rennes : mémoire de maîtrise. –35p

GOULLETQUER, P., SOLECHNIK, P., LE MOINE, O., RAZET, D., GEAIRON, P., FAURY, N., TAILLADE, S., (1998). –Summer mortality of the pacific cupped oyster *Crassostrea gigas* in the bay of Marennes-Oléron. –Ices Statutory Meeting, Population-Biology, Mariculture Committee. –14-20p

GRIZEL H., COMPS M., COUSSERANS F., BONAMI J.R., VAGO C., (1974). –Etude d'un parasite de la glande digestive observé au cours de l'épizootie actuelle de l'huître plate. – Académie scientifique de Paris : compte rendu série D. –783-784p

HERAL, M., DESLOU-PAOLI, J.M., PROU, J., (1986). –Dynamique des productions et des biomasses des huîtres creuses cultivées (*Crassostrea angulata* et *Crassostrea gigas*) dans le bassin de Marennes-Oléron depuis un siècle. –La Tremblade: ICES CM/F41

HERAL, M., (1993). –Mortalité de Ronce les Bains: Etat au 23 juin 1993. –Rapport provisoire DRV/RA, DEL. –3p

ITO, S., IMAI, T., (1995). –Ecology of oyster bed on decline of productivity due to repeated cultures. –The tohoku journal of agriculture research, 4. –251-268p

KAUTSKY, H., (1995). –Quantitative distribution of sublittoral plant and animal communities along the Baltic Sea gradient. –Biology and ecology of shallow coastal waters, 1. –23-30p

LABEIM, (1992). –Rapport sur les mortalités d’huîtres observées dans la première semaine du mois de juin 1992, sur le banc de Ronce les Bains (commune de la Tremblade). –La Tremblade: Rapport IFREMER. –10p

LAGARDE, F., (1997). –Eléments de l’écophysiologie de l’huître creuse *Crassostrea gigas* issue du banc ostréicole de Ronce. –La Tremblade : rapport de stage. –42p

LODATO, M.I., (1997). –Mortalité estivale de l’huître creuse *Crassostrea gigas* sur les bancs ostréicoles de Perquis et Ronce (bassin de Marennes-Oléron): étude des pratiques culturelles et des caractéristiques biologiques et spatiales des élevages. –Ecole vétérinaire de Nantes: thèse. –70p

MADEC, P., (2002). –Mortalité estivale de l’huître creuse *Crassostrea gigas*: performances d’élevage comparées dans deux écosystèmes du bassin de Marennes-Oléron. –Institut EGID-BORDEAUX III: Mémoire de fin d’étude. –58p

MAURER, D., COMPS, M., HIS, E., (1986). –Caractéristiques des mortalités estivales de l’huître *Crassostrea gigas* dans le bassin d’Arcachon. –Haliotis, 15. –309-317p

MINEUR, F., (1999). –Les mortalités estivales d’huîtres creuses *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron (banc de Ronce): performances zootechniques en divers sites et altitudes de la colonne d’eau. –Université de Liège : DES en océanologie. –73p

MOREST [Synthèse des propositions de l’ensemble des partenaires impliqués], (2002). –MORTALITÉS ESTIVALES de l’huître creuse *Crassostrea gigas*: I. Description des objectifs scientifiques, techniques et plan de travail. –47p

MOREST [Synthèse des propositions de l’ensemble des partenaires impliqués], (2002). –MORTALITÉS ESTIVALES de l’huître creuse *Crassostrea gigas*: II. Description par workpackage. –90p

SOLETCHNIK, P., FAURY, N., RAZET, D., GOULLETQUER, P., (1998 a). –Hydrobiology of the Marennes-Oléron bay : Seasonal indices and analysis of trends from 1978 to 1995. –La Tremblade : Hydrobiologia, 386. –131-146p

SOLETCHNIK, P., LE MOINE, O., FAURY, N., RAZET, D., GEAIRON, P., GOULLETQUER, P., FOREST, G., (1998 b). –Mortalités printanières et estivales de l’huître creuse *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron: étude des élevages situés sur les bancs ostréicoles de Ronce-Perquis. –La Tremblade: Rapport interne DRV/IFREMER. –56p

SOLETCHNIK, P., LE MOINE, O., FAURY, N., RAZET, D., GEAIRON, P., GOULLETQUER, P., (1999). –Mortalité de l'huître Crassostrea gigas dans le bassin de Marennes-Oléron: étude de la variabilité spatiale de son environnement et de sa biologie par un système d'informations géographiques (SIG). –La Tremblade: publication de l'IFREMER. –11p

SOLETCHNIK, P., (2001). –Impact du changement climatique sur un écosystème estuarien: le Bassin de Marennes-Oléron. –La Tremblade: Lettre pigb-pmrc (Programme International Géosphère Biosphère et Programme Mondial de Recherches sur le Climat)

YSI INCORPORATED, (1999). –Environmental Monitoring Systems Operations Manual: Principles et Operation. –Ohio USA: Brannum Lane. –171-192p

### Sites internet

IFREMER. Présentation de l'institut [en ligne]. Mise à jour du 03 mars 2003 [référence du 07 mai 2003]. –Accès disponible sur Internet: <http://ifremer.fr/français/institut.htm>

CABUZEL, D. Les huîtres de Marennes-Oléron [en ligne] [référence du 12 mai 2003]. –Accès disponible sur Internet: <http://cyber-evasion.chez.tiscali.fr/huitrep2.html>

BREST, G. Présentation du mandat et des activités spécifiques du laboratoire [en ligne] [référence du 07 mai 2003]. –Accès disponible sur Internet: <http://www.liberation.fr/>

EARL BOYARD. Historique de l'ostréiculture [en ligne] [référence du 20 mai 2003]. –Accès disponible sur Internet : [http://www.huitres-boyard.com/francais/quest\\_ce\\_que\\_lostréiculture.htm](http://www.huitres-boyard.com/francais/quest_ce_que_lostréiculture.htm)

JACQUES, G. Stratification et circulation des masses d'eau dans l'océan [en ligne] [référence du 9 juin 2003]. –Accès disponible sur Internet: <http://www.educnet.education.fr/obter/appliped/ocean/theme/ocean22.htm>

## ANNEXES

- ✓ ANNEXE 1 : *Présentation des deux hauteurs d'élevage expérimentales sur estran.....p 37*
- ✓ ANNEXE 2 : *Présentation de la sonde YSI.....p 38*
- ✓ ANNEXE 3 : *Protocoles d'analyse des prélèvements discrets .....p 39*
- ✓ ANNEXE 4 : *Analyse de l'environnement général du bassin de Marennes-Oléron.....p 41*
- ✓ ANNEXE 5 : *Données d'origine des différents paramètres environnementaux.....p 43*

# ANNEXE 1

## Présentation des deux hauteurs d'élevage expérimentales sur estran

(Source : IFREMER de la Tremblade)



Poches d'huîtres à 15cm du sédiment



Poches d'huîtres à 70cm du sédiment

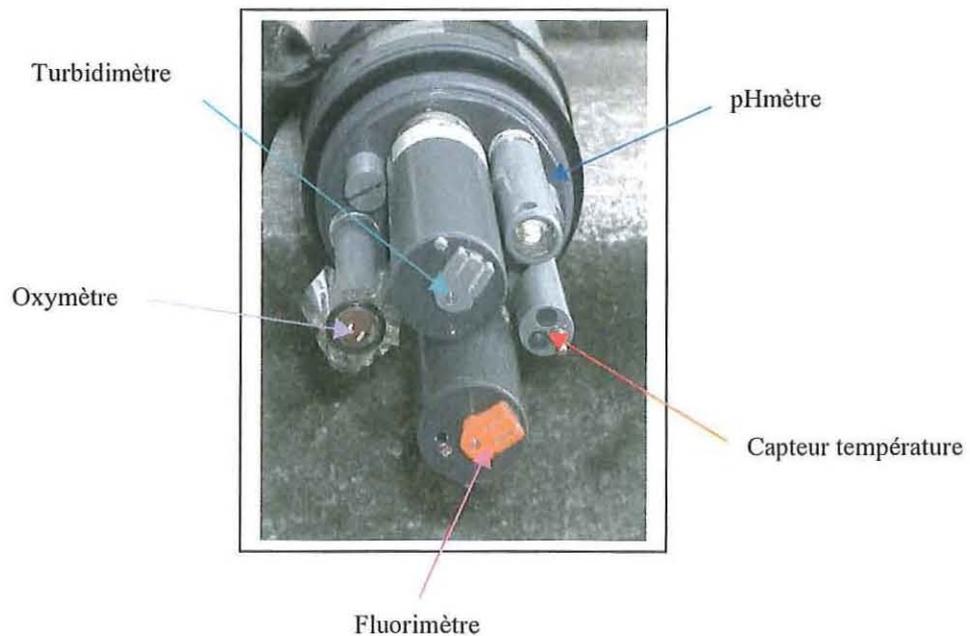
## ANNEXE 2

### Présentation de la sonde YSI PC6000

(Source : IFREMER de la Tremblade)



Les deux sondes YSI posées sur les tables à 70 cm du sédiment. Les capteurs se trouvent dans une sorte de bocal protégeant les sondes tout en laissant passer l'eau.



Les différents capteurs positionnés sur la sonde YSI à 70 cm du sédiment.  
La sonde YSI à 15 cm du sédiment présente les mêmes capteurs avec le fluorimètre en moins.

# ANNEXE 3

## Protocoles d'analyse des prélèvements discrets

(Source : IFREMER de la Tremblade)

### L'azote ammoniacal

On prélève de l'eau en surface et au fond pour chacune des stations à l'aide de flacons en verre bruns de 50mL identifiés. Au préalable, un réactif A et B ont été préparés en laboratoire. Le réactif A est constitué de phénol, de nitroprussiate de sodium et d'eau distillée; le réactif B est constitué de citrate de sodium, de sodium hydroxyde, d'acide dichloroisocyanurique et d'eau distillée. Ces deux réactifs doivent être conservés au frais et à l'obscurité. Une fois le prélèvement d'eau effectué, on ajoute 1,5mL de réactif A ainsi qu'1,5mL de réactif B (il en est de même pour la gamme étalon qui est préparée en parallèle). La gamme étalon devra être réalisée à partir d'une solution étalon de sulfate d'ammonium à 1mmol/L. La gamme étalon ainsi que les échantillons sont ensuite bouchés, agités puis placés à l'abri de la lumière afin de laisser se développer la coloration pendant la nuit.

L'absorbance et la concentration se lisent le lendemain au spectrophotomètre à 630nm. La concentration en azote ammoniacal est alors exprimée en  $\mu\text{mol/L}$ .

### Chlorophylle a

On prélève de l'eau en surface et au fond pour chacune des stations à l'aide de flacons plastiques de 1L identifiés. Les flacons sont ensuite mis à l'abri de la lumière. Ces échantillonnages serviront également pour la turbidité. On filtre une quantité précise d'eau de mer provenant des flacons en plastiques. Le filtre, qui est un filtre GF/F (il permet une filtration plus fine), est ensuite récupéré à l'aide d'une pince puis placé dans un tube identifié mis à l'abri de la lumière. La conservation des filtres se fait au congélateur à  $-20^{\circ}\text{C}$  pendant au maximum 1 à 2 mois. Pour le dosage, on verse 5 mL d'acétone à 90% (il permet de dissoudre la chlorophylle) dans le tube contenant le filtre puis, on réalise un broyage du filtre à l'aide d'une spatule aiguisée et enfin, on laisse extraire pendant  $\frac{1}{2}$  heure à 1h au réfrigérateur. On centrifuge à 3500tr/mn pendant 15mn, puis on lit la fluorescence avant acidification au HCl ( $F_{NA}$ ) et après ( $F_{A1}$ ). L'acidification permet de détruire la chlorophylle en phéophytine. L'étalonnage du fluorimètre est réalisé avec une solution ayant une densité optique à 664nm comprise entre 0,100 et 0,800. On lit la fluorescence de la solution avant acidification ( $F_0$ ) et après ( $F_A$ ).

$$[\text{Chlorophylle a}] (\mu\text{g/L}) = K \cdot F_{\text{max}} \cdot (F_{NA} - F_{A1}) \cdot V_a / (F_{\text{max}} - 1) \cdot V_f$$

$$[\text{Phéopigments}] (\mu\text{g/L}) = K \cdot F_{\text{max}} \cdot (F_{\text{max}} \cdot F_{NA} - F_{A1}) \cdot V_a / (F_{\text{max}} - 1) \cdot V_f$$

**K:** Constante environ égale à 0,00022

**$F_{\text{max}}$ :** Rapport de la fluorescence des étalons avant acidification  $F_0$  et après acidification  $F_A$ :  
 $F_{\text{max}} = F_0 / F_A$

**$F_{NA}$ :** Fluorescence de l'échantillon non acidifié

**$F_{A1}$ :** Fluorescence de l'échantillon acidifié

**$V_a$ :** Volume d'acétone en mL

**$V_f$ :** Volume filtré en L

### La turbidité

On utilise, au laboratoire, un turbidimètre de modèle Hach. On étalonne l'appareil, puis on passe les échantillons après avoir soigneusement agité le flacon afin de remettre les particules en suspension. La lecture doit être faite rapidement afin d'éviter la décantation. Les résultats sont donnés en NTU.

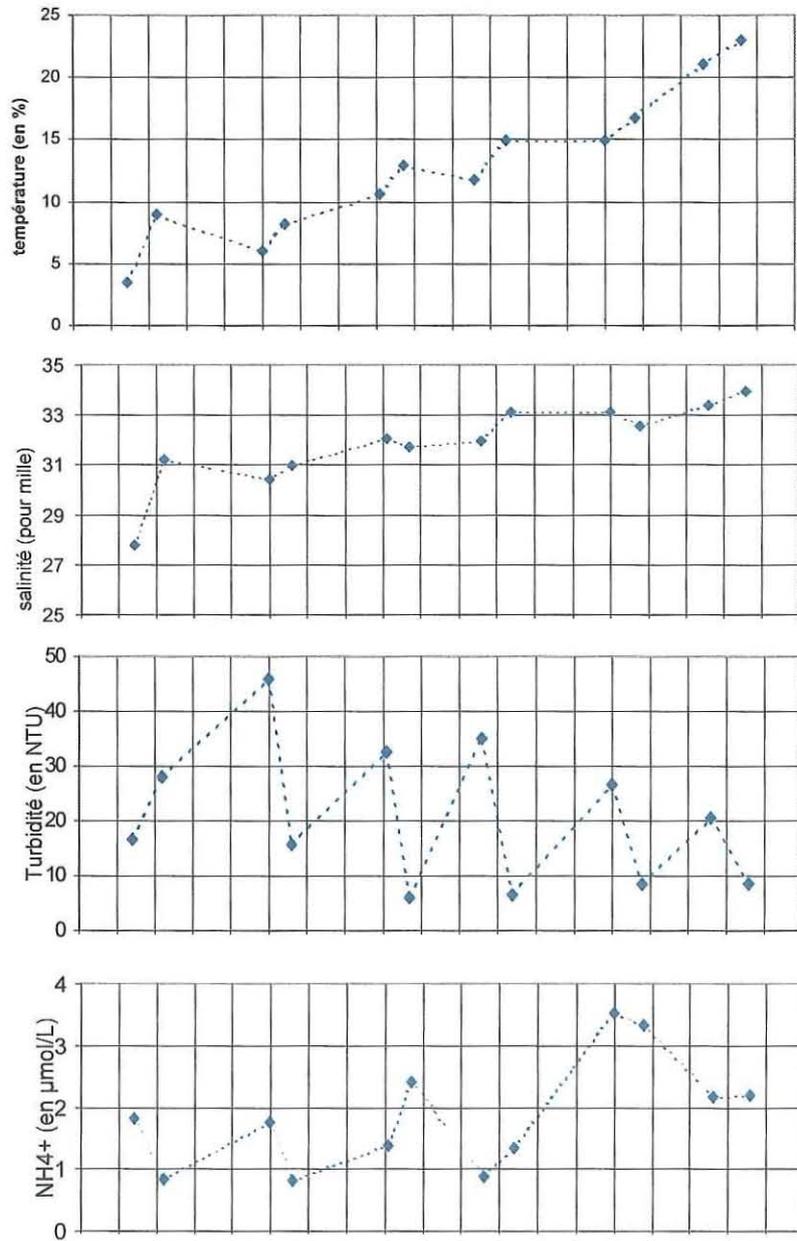
### L'oxygène dissous

On prélève de l'eau en surface et au fond pour chacune des stations à l'aide de flacons en verre brun de 250mL identifiés. Le réactif A composé de chlorure de manganèse et d'eau distillée ainsi que le réactif B composé d'hydroxyde de potassium, d'iodure de potassium et d'eau distillée, ont été préparés préalablement.

On réalise une gamme étalon à partir d'une solution étalon de thiosulfate de sodium à N/80 ainsi qu'une solution de iodate de potassium à N/80. On titre ensuite la solution de Thiosulfate de sodium à l'aide de la solution de iodate de potassium et du mémotitrateur selon la méthode Winckler. Le dosage se fait ensuite en ajoutant aux échantillons 1mL de réactif A et de réactif B. On laisse ensuite décanter pendant une journée, puis on ajoute de l'acide sulfurique afin de dissoudre le précipité et l'échantillon est passé au mémotitrateur. Le résultat est en mL/L. Le pourcentage d'oxygène dissous est calculé en tenant compte de la température et de la salinité du prélèvement.

# ANNEXE 4

## Analyse de l'environnement général du bassin de Marennes-Oléron



**Figure a :** Evolution temporelle des paramètres environnementaux (Température, salinité, turbidité et azote ammoniacal) dans le bassin de Marennes-Oléron obtenue par prélèvements discrets

# ANNEXE 4 (Suite)

## Analyse de l'environnement général du bassin de Marennes-Oléron

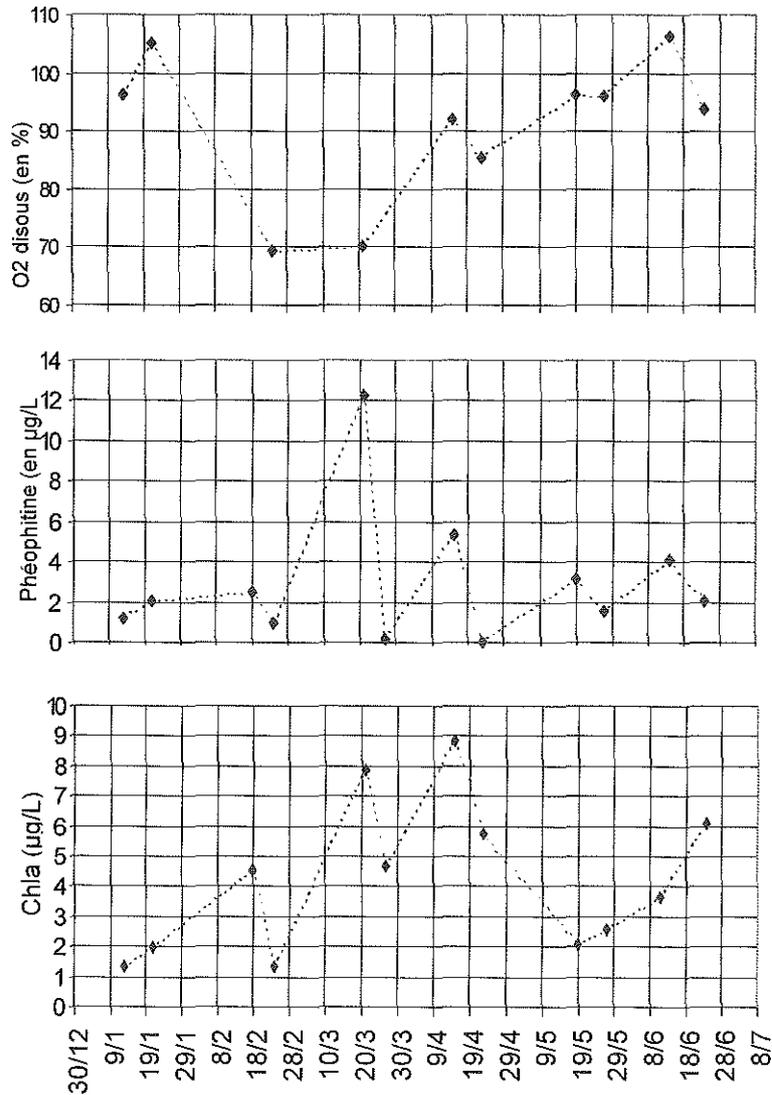


Figure b : Evolution temporelle des paramètres environnementaux (teneur en oxygène dissous, phéophytine et chlorophylle) dans le bassin de Marennes-Oléron obtenue par prélèvements discrets

# ANNEXE 5

## Données d'origine des différents paramètres environnementaux

- ✓ **Figure a** : Variations journalières de la température de l'eau entre le 20 mars et le 26 juin à 15 et 70 cm du sédiment
- ✓ **Figure b** : Variations journalières de la salinité entre le 20 mars et le 26 juin à 70 cm du sédiment
- ✓ **Figure c** : Variations journalières de la teneur en oxygène dissous entre le 20 mars et le 26 juin à 15 et 70 cm du sédiment
- ✓ **Figure d** : Variations journalières de la turbidité entre le 20 mars et le 26 juin à 70 cm du sédiment
- ✓ **Figure e** : Variations journalières du pH entre le 14 mai et le 26 juin à 15 et 70 cm du sédiment
- ✓ **Figure f** : Variations journalières de la fluorimétrie entre le 14 mai et le 26 juin à 70 cm du sédiment

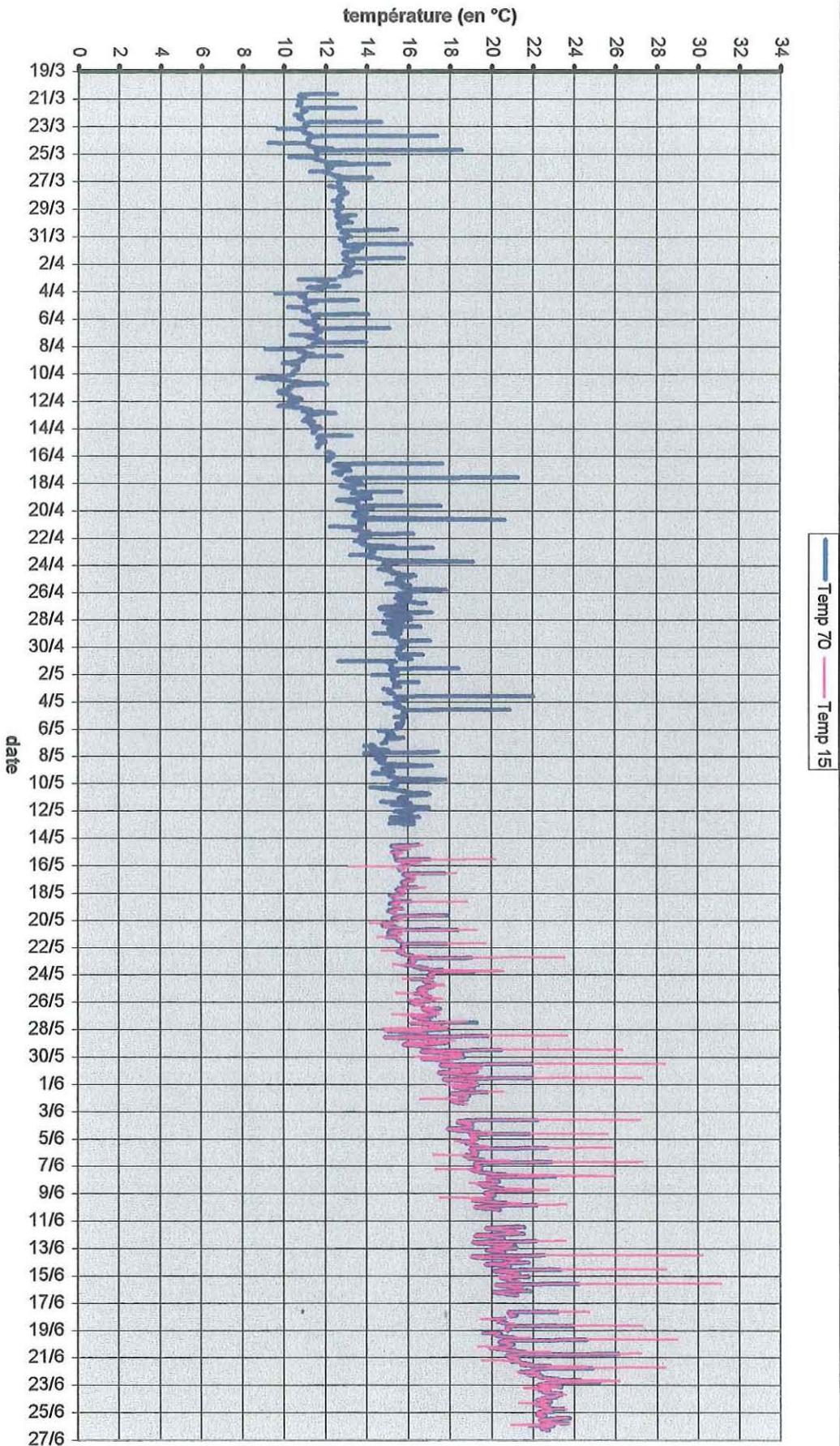


Figure a: Evolution journalière de la température de l'eau entre le 20 mars et le 26 juin 2003 sur le banc de Perquis à 15 et 70 cm du sédiment

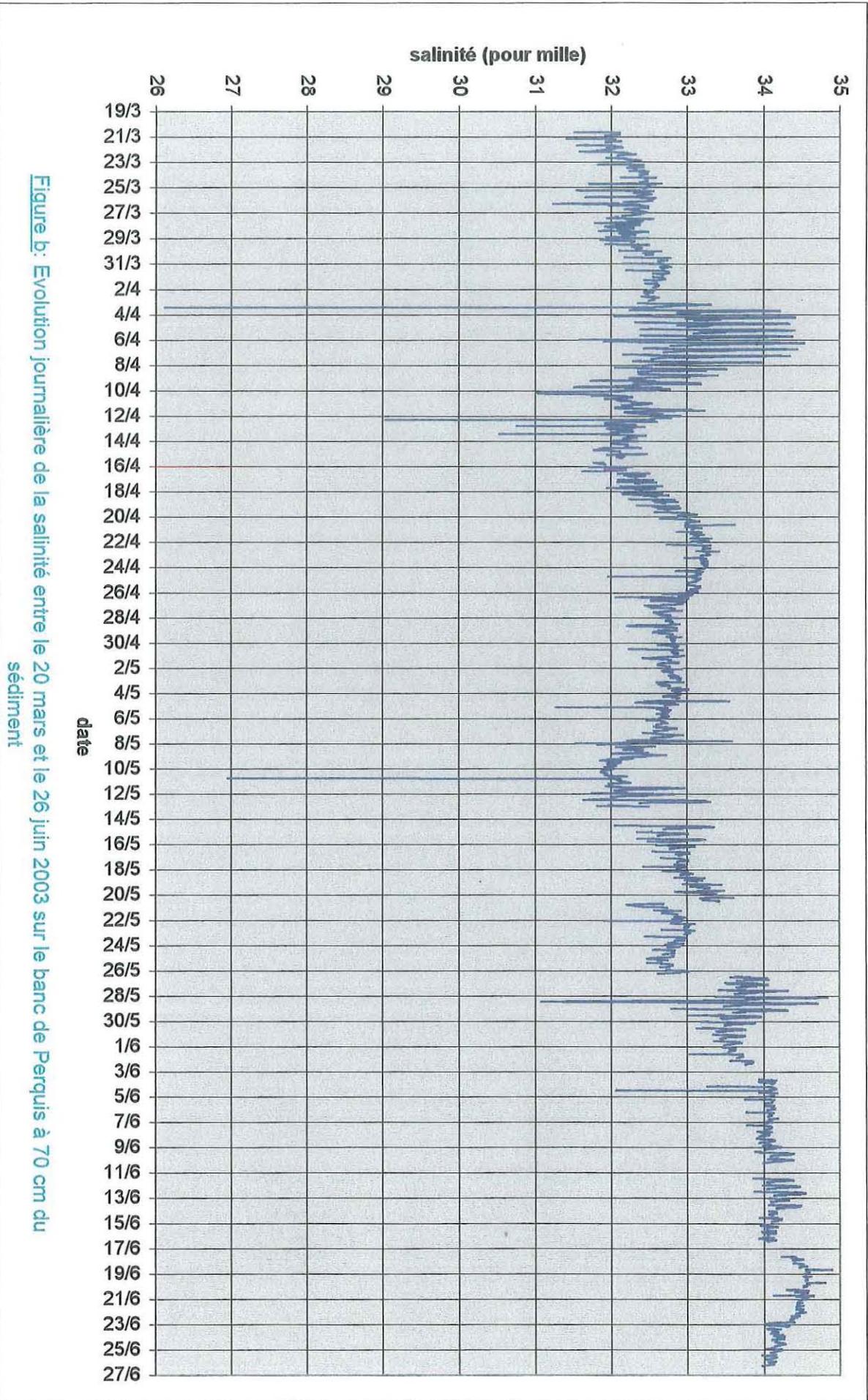


Figure b: Evolution journalière de la salinité entre le 20 mars et le 26 juin 2003 sur le banc de Perquis à 70 cm du sédiment

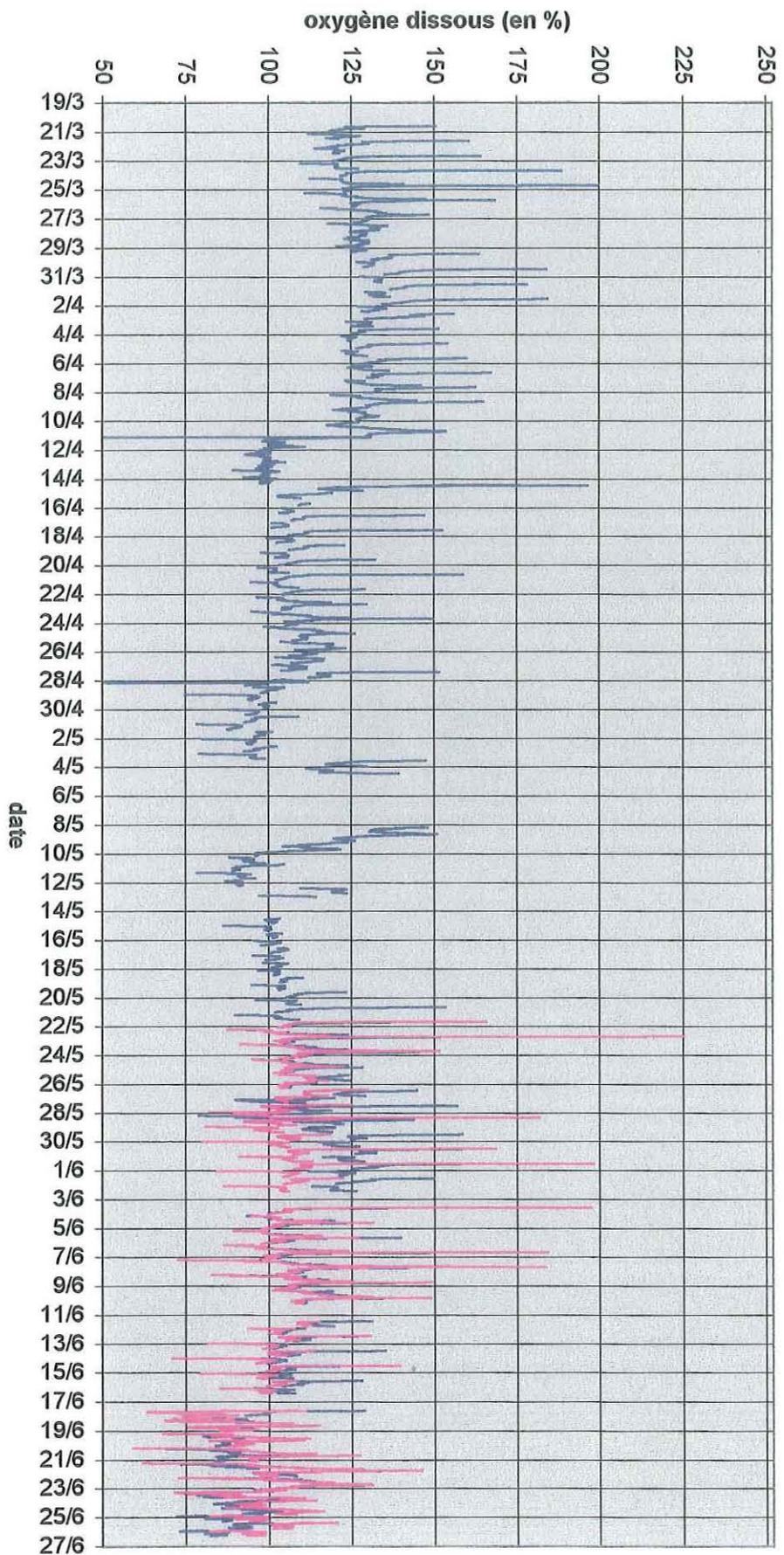


Figure c: Evolution journalière de la teneur en oxygène dissous entre le 20 mars et le 26 juin 2003 sur le banc de Perquis à 15 et 70 cm du sédiment

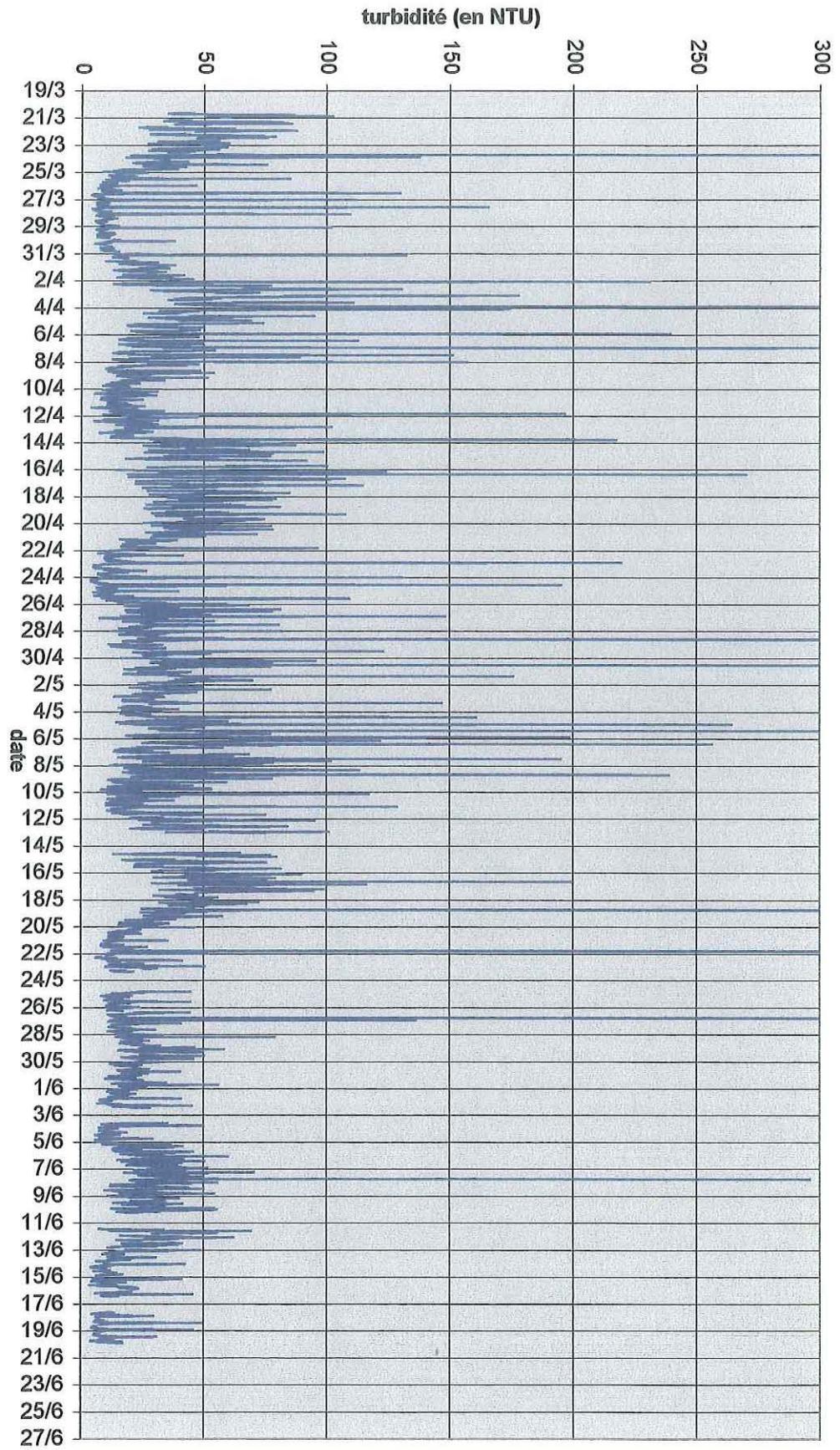


Figure d: Evolution journalière de la turbidité entre le 20 mars et le 26 juin 2003 sur le banc de Perquès à 70 cm du sédiment

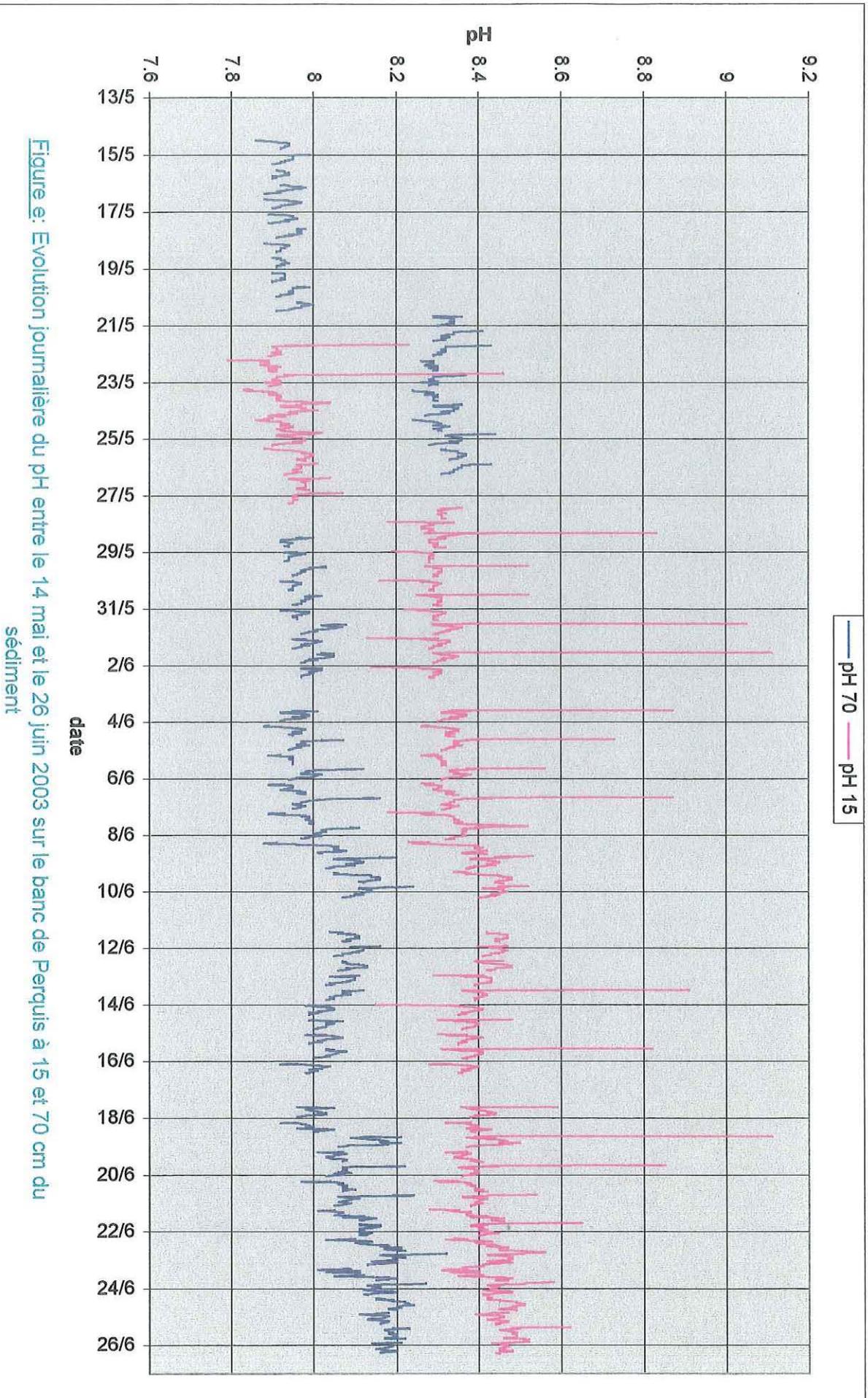


Figure e: Evolution journalière du pH entre le 14 mai et le 26 juin 2003 sur le banc de Perquis à 15 et 70 cm du sédiment

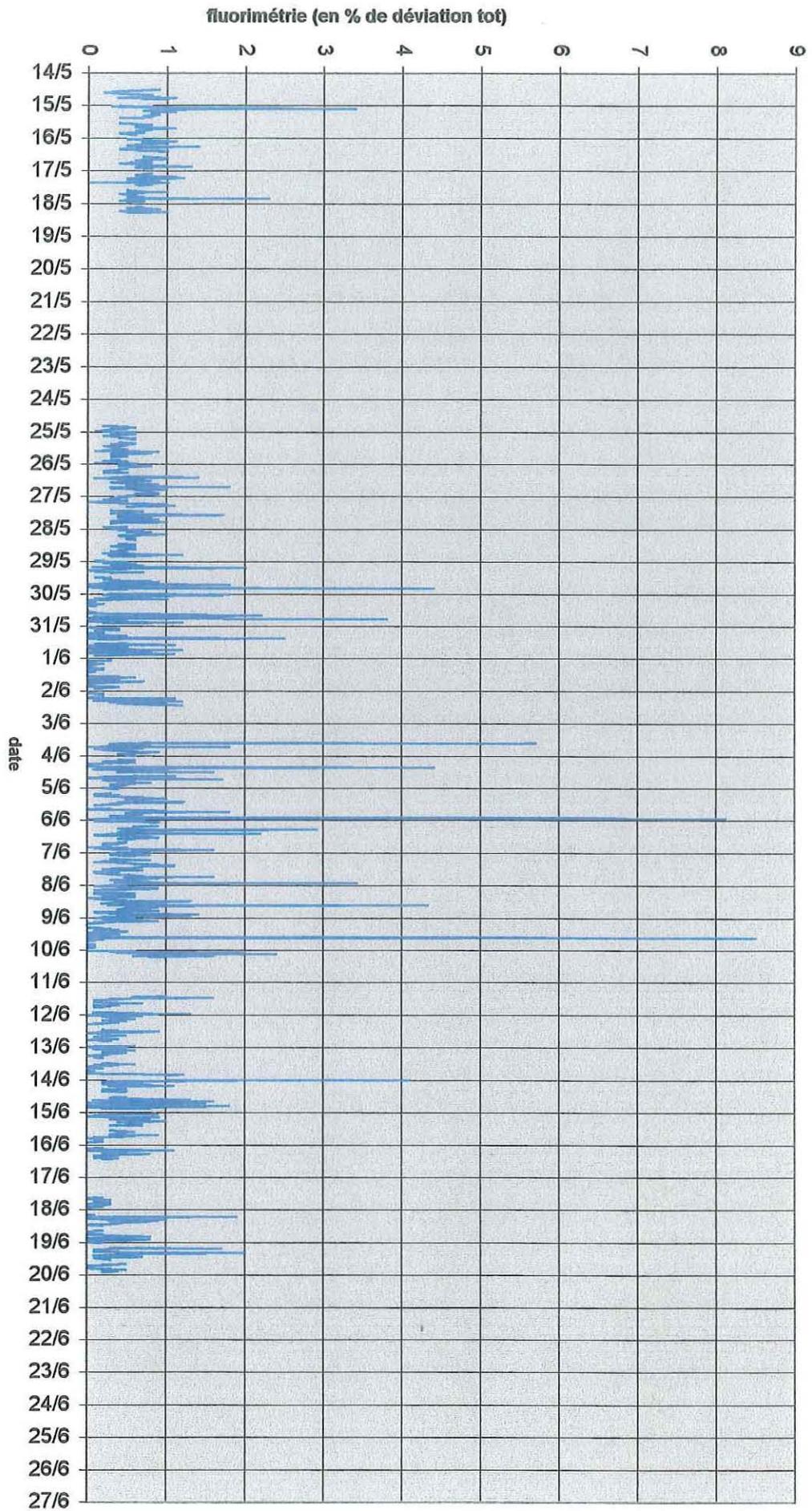


Figure f. Evolution journalière de la fluorimétrie entre le 14 mai et le 26 juin 2003 sur le banc de Perquius à 70cm du sédiment