49266
H742-2-MOR-M

Rapport Interne de la Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER

# Mortalités printanières et estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas* dans le Bassin de Marennes - Oléron : Etude des élevages situés sur les bancs ostréicoles de Ronce-Perquis

Patrick Soletchnik
Olivier Le Moine
Nicole Faury
Daniel Razet
Philippe Geairon
Philippe Goulletquer
Gwenaëlle Forest

IFREMER Bibliothèque de BREST
OEL10924

IFREMER

H742-2
MOR-M

DRV/RA/RST/98-02/La Tremblade

Rapport Interne de la Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER

# Mortalités printanières et estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas* dans le Bassin de Marennes - Oléron : Etude des élevages situés sur les bancs ostréicoles de Ronce-Perquis


Patrick Soletchnik
Olivier Le Moine
Nicole Faury
Daniel Razet
Philippe Geairon
Philippe Goulletquer
Gwenaëlle Forest

DRV/RA/RST/98-02/La Tremblade

| | |
|---|---|
| **Numéro d'identification du rapport** : DIR/SER/Typdoc/An/Num<br><br>**Diffusion** : libre x restreinte ☐ interdite ☐<br><br>**Validé par** :<br><br>**Version du document** : | **date de publication**<br>Mars 1998<br>**nombre de pages : 55**<br><br>**bibliographie** Oui<br><br>**illustration(s)** Oui<br><br>**langue du rapport : français** |

**Titre et sous-titre du rapport** :

**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.**

**Titre traduit** :

Spring and summer mortalities of the pacific cupped oyster C*rassostrea gigas* in the Marennes Oléron bay : Pilot study from Ronce and Perquis leasing grounds.

| | |
|---|---|
| **Auteur(s) principal(aux)**<br><br>**Soletchnik Patrick, Le Moine Olivier, Faury Nicole, Razet Daniel, Geairon Philippe, Goulletquer Philippe et Forest Gwënaelle.** | **Organisme / Direction / Service, laboratoire**<br><br>IFREMER/DRV/RA/ Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes (LCPC) / La Tremblade<br>IFREMER B.P. 133 17390 La Tremblade |
| Collaborateur(s) : nom, prénom | Organisme / Direction / Service, laboratoire |

Travaux universitaires :

diplôme : discipline :

établissement de soutenance : année de soutenance :

| | |
|---|---|
| Titre du contrat de recherche : | n° de contrat IFREMER |

Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse

***Contractualisation 1997 Section Régionale de la Conchyliculture de Marennes-Oléron - IFREMER N° 96/5 211 186 Convention Particulière N°***

Organisme(s) réalisateur(s) : nom(s) développé(s), sigle(s), adresse(s)

Responsable scientifique :

Cadre de la recherche :

| | |
|---|---|
| Programme :Mortalités printanière d'huîtres dans le Bassin de Marennes - Oléron | Convention : contractualisation avec la Section Régionale de Marennes-Oléron |
| Projet : | Autres (préciser) : |

Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)

**Résumé** :

Depuis plusieurs années, le banc ostréicole de Ronce-Perquis dans le sud du Bassin de Marennes - Oléron constitue le site atelier pour l'étude des mortalités printanières de *Crassostrea gigas*. En 1997, l'effort a porté sur l'analyse spatio-temporelle d'une population homogène d'huîtres réparties sur 15 sites, à plat et en surélevé et à différentes altitudes. La température est enregistrée en continu sur 10 sites, à plat et (ou) sur tables. Des paramètres environnementaux descriptifs du sédiment sont analysés tous les 15 jours en parallèle des taux de mortalité. Les mesures biométriques ainsi que la maturation et la ponte sont suivies chaque mois pendant 6 mois. Les rendements biologiques restent positifs pour les deux types d'élevage, quelle que soit l'altitude des parcs du fait de la production de gamètes. Les rendements économiques sont négatifs (- 10 %) sur les parcs à plat les moins profonds. Ce rendement est positif pour les élevages en surélevé, et dépasse les 40 % pour les tables les plus "profondes". Une corrélation positive est mise en évidence entre la vitesse de croissance et de maturation des cheptels et la profondeur des parcs. Cette relation n'a pu être mise en évidence pour les élevages à plat. La situation géographique des sites est déterminante tant pour les élevages à plat que sur tables. Les taux de mortalité diffèrent considérablement entre les élevages à plat (22-33 %) et les élevages sur tables (7-18 %). A l'inverse des résultats obtenus en croissance, aucune relation n'a pu être mise en évidence entre la mortalité, l'altitude des parcs, leur emplacement géographique ou la nature du sédiment. Les taux de mortalité sont saisonniers, sous influence de la température, des chocs thermiques que subissent les huîtres ainsi que de leur stade de maturation et l'état des réserves en glycogène.

Abstract :

The leasing grounds located in the southern part of the Bay of Marennes-Oléron, namely Ronce les Bains and Perquis, are the focus of the pilot study on the cupped oyster *C. gigas* summer mortalities. During 1997, the research effort aimed to study the spatial and temporal trends of an homogeneous oyster population deployed equally on 15 leases using on- and off-bottom growing technics. The leases were chosen based on two factors : depth gradient and geographic (west-east) distribution. A monitoring survey concerning environmental variables was developed assessing continuous temperature records and sediment characteristics on a bi-weekly basis. Moreover, biometric data, maturation stages, and spawning events were surveyed on a monthly basis along the 6 month experimental period. The biological yields remained positive for both types of culture, whatever the depth location, and mainly resulting from the gamete production. The economic yields (-10 %) were negative for the on-bottom culture on sites characterized by large emersion time. This yield was positive for off-bottom culture and greater than 40 % for the deeper experimental sites. In contrast to on-bottom culture, a positive relationship was established between the growth rate, maturation stages, and depth location. The geographic location was critical for both on- and off-bottom rearing populations. The mortality rates were significantly different between the two types of oyster populations, ranging from 22-33 % to 7-18 % for on - and off-bottom cultures respectively. In contrast to the growth study, we were unable to establish a relationship between, mortality rate, depth gradient, distribution and sediment characteristics. A seasonal trend was observed for the oyster mortality rates, while dependent on temperature and thermal stress which affected oyster physiology, maturation stages and glycogen storage.

**Mots-clés** :
*Crassostrea gigas*, *Crassostrea gigas*, mortalité estivale, croissance, Bassin de Marennes - Oléron

Keywords :
*Crassostrea gigas*, summer mortality, growth rates, Bay of Marennes - Oléron

Commentaire :

# Sommaire


| | |
|---|---|
| **Résumé** | **3** |
| **Introduction** | **4** |
| L'ostréiculture dans le bassin de Marennes-Oléron. Les bancs ostréicoles de Ronce et Perquis | 4 |
| La problématique des mortalités | 5 |
| Les objectifs de l'étude menée en 1997 | 9 |
| **Matériel et méthodes** | **10** |
| Les sites ateliers | 10 |
| Echantillonnage des huîtres | 11 |
| Analyses des huîtres au laboratoire | 12 |
| Les paramètres environnementaux. Prélèvements discrets | 12 |
| Mesures en continu de la température sur les sites ateliers | 12 |
| Mesures hydrologiques en continu | 13 |
| Traitements et analyses statistiques | 14 |
| **Résultats** | **15** |
| **(1) Croissance, maturation, ponte et qualité** | **15** |
| (1-1) Effet de la date, du type d'élevage et de la profondeur. Analyse de la variance et covariance des descripteurs | 16 |
| (1-2) Croissance. Relation avec la profondeur et le type d'élevage | 16 |
| (1-3) Gain de poids sec journalier | 19 |
| (1-4) Maturation et ponte. Relation avec la profondeur et le type d'élevage | 20 |
| (1-5) Effort de ponte. | 21 |
| (1-6) Composition biochimique de la chair des huîtres. Relation avec la profondeur et le type d'élevage | 21 |
| **(2) Etude des descripteurs environnementaux** | **24** |
| (2-1) Caractéristiques spatiales des sites expérimentaux | 24 |
| (2-2) Effet de la température sur les sites expérimentaux | 27 |
| (2-3) Evolution saisonnière de la température et du potentiel rédox | 29 |
| **(3) Mortalités** | **31** |
| (3-1) Nature des descripteurs | 31 |
| (3-2) Mortalité par sites (plat et surélevé) | 32 |
| (3-3) Evolution de la mortalité dans le temps (plat et surélevé) | 32 |
| (3-4) Modèles de régressions multi-linéaires (plat et surélevé) | 33 |
| (3-5) Mortalité des huîtres sur tables. Effet de la température et de la maturité sexuelle | 35 |
| (3-6) Mortalité cumulée | 35 |
| **Discussion** | **37** |
| Effet du type d'élevage et de la bathymétrie sur les performances de croissance et de maturité sexuelle | 37 |
| Mortalité | 41 |
| Bilan de production | 45 |
| Approche spatio-temporelle | 47 |
| **Conclusion** | **48** |
| Comparaison des stratégies expérimentales mise en place entre 1996 et 1997 | 48 |
| Principaux résultats | 50 |
| Prospective | 51 |
| Annexes | 51 |
| **Bibliographie** | **52** |

# Introduction

**L'ostréiculture dans le bassin de Marennes-Oléron. Les bancs ostréicoles de Ronce et Perquis.**

Le Bassin de Marennes-Oléron, premier bassin ostréicole européen, est également un site de captage et de demi-élevage (figure 1). Cette valeur ajoutée à chaque stade de production représente une donnée économique importante pour le secteur. Le stock est de 110 000 tonnes d'huîtres creuses pour une production annuelle d'environ 30 000 à 40 000 tonnes (soit 20 % de la production nationale). Le tonnage affiné et commercialisé est de 60 000 tonnes (soit 40 % de la production française). Sur les estrans des pertuis Charentais, 4 500 hectares représentant quelques 32 000 parcelles sont concédés en 1996 aux activités conchylicoles. Les bancs de Ronce et de Perquis représentent 1 600 concessions réparties sur 175 hectares.

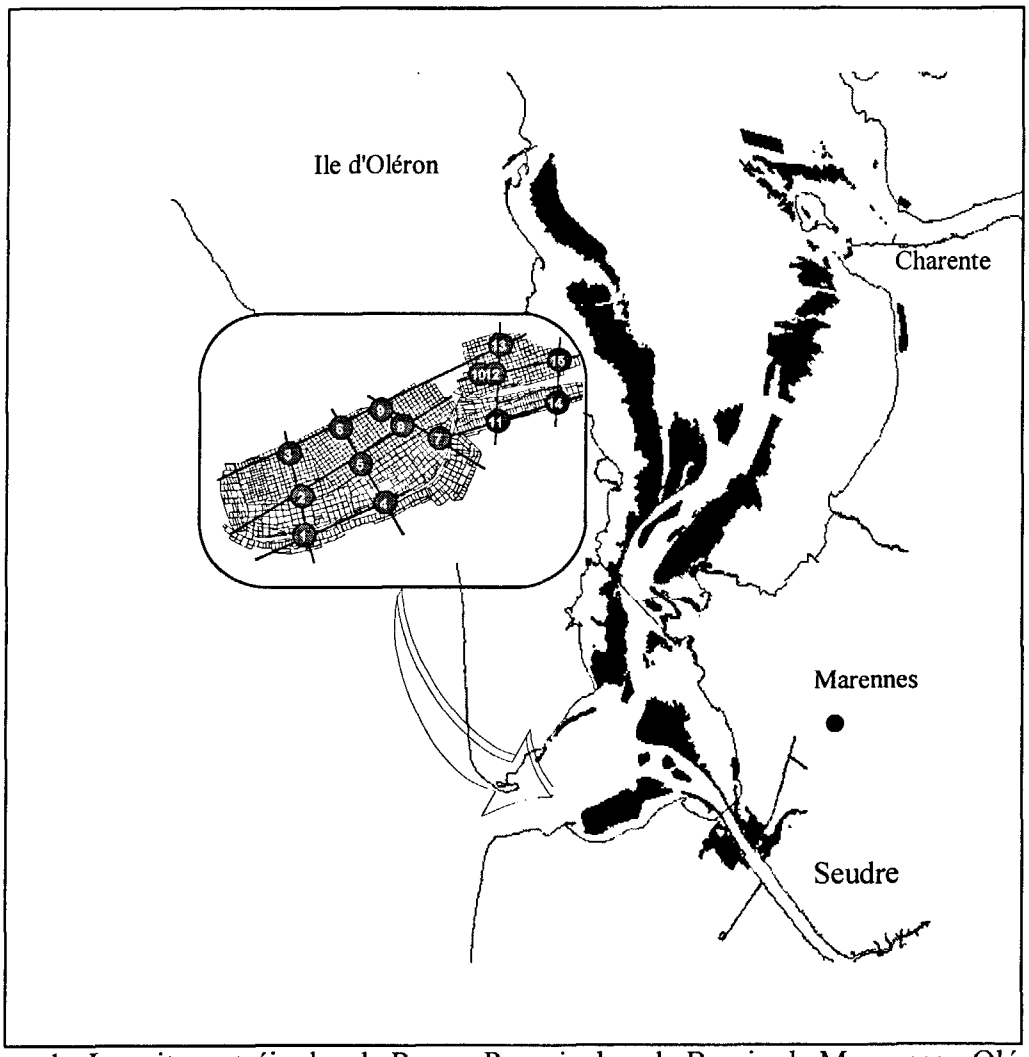



Figure 1 : Les sites ostréicoles de Ronce-Perquis dans le Bassin de Marennes - Oléron.

Les deux sites de Ronce et Perquis sont responsables de 8 à 10 000 tonnes d'huîtres creuses produites et commercialisées par le bassin. L'élevage pratiqué sur ces deux bancs affiche de surcroît d'excellents taux de croissance comparativement au reste du bassin (réseau REMORA

(Goyard *et al.,* 1997). Par conséquent, les bancs de Ronce et Perquis tiennent une place non négligeable dans l'économie du bassin de Marennes-Oléron Certaines entreprises conchylicoles ne disposent de parcs de grossissement que sur ce banc.
Les bancs de Ronce et Perquis sont situés le plus au Sud du Bassin de Marennes-Oléron. Ils sont peu irrigués par la veine de courant principal de circulation générale Nord-Sud. Les apports d'eau océanique se font au Nord par le large pertuis d'Antioche, et au Sud par l'étroit pertuis de Maumusson. Mais, au niveau du pertuis de Maumusson, la quantité d'eau sortante est 2,2 fois plus importante que l'apport d'eau océanique entrant en période de vives-eaux (Bodoy *et al.*, 1990). D'autre part, les bancs de Ronce et Perquis constituent la zone d'élevage située le plus haut sur l'estran dans le Bassin de Marennes-Oléron avec, en terme de marée, un sommet qui découvre par un coefficient de 30. En moyenne annuelle, cette zone découvre environ 30 % du temps (Bodoy *et al.*, 1990). En conséquence, les bancs de Ronce et Perquis se caractérisent par un apport courantologique amoindri par rapport au reste du bassin et des temps d'exondation supérieurs. Il s'agit également de deux zones ostréicoles stratégiquement importantes pour tout le Sud du Bassin de Marennes-Oléron. L'endroit est bien protégé des mauvaises conditions météorologiques, et constitue une zone sans contrainte d'enlèvement d'installations ostréicoles en période hivernale.

**La problématique des mortalités**

Des mortalités massives de bivalves cultivés ont été communément observées à travers les temps et à travers le monde (Sindermann, 1976). Le Japon et la côte Ouest des Etats-Unis ont connu, dans les années 1960 et 1970, des mortalités estivales d'ampleur importante sur les élevages de *Crassostrea gigas* (destruction de 60 % du stock certaines années) (Glude, 1975 ; Koganazawa, 1975). Il y a encore quelques années, ces causes étaient souvent classées comme "d'origine inconnue", leur identification étant très difficile.

Le développement de la recherche pathologique depuis ces quinze dernières années a permis d'identifier plusieurs organismes pathogènes à l'origine de mortalités sur des populations de mollusques. Différentes pathologies ont été à l'origine de baisses de production parfois considérables tout au long de l'histoire de la production d'huîtres en France. Par exemple, de 1966 à 1969, dans plusieurs régions françaises de production, l'huître portugaise a été atteinte par une maladie des branchies. L'huître plate, *Ostrea edulis* fut attaquée successivement par *Marteilia refringens* à partir de 1974 et *Bonamia ostreae* à partir de 1979. Les parasites sont apparus sur l'ensemble des centres de production (Héral, 1986).

Les mortalités de mollusques sont parfois mises en relation avec l'action de facteurs autres que des agents pathogènes. Des populations de prédateurs peuvent dramatiquement augmenter et des changements physico-chimiques dans l'environnement peuvent avoir pour conséquence des mortalités localisées massives, impliquant des aires géographiques restreintes, telle l'embouchure d'une rivière par exemple (Nikolic, 1964). Plus récemment, des perturbations environnementales ont été jugées responsables de mortalités d'huîtres creuses au cours de phénomènes d'eutrophisation (Mori, 1979), ou sous l'action de polluants (e.g.,TBT, Héral *et al.*, 1989).

D'après Sindermann (1976), les mortalités d'huîtres et leurs effets peuvent être classés en trois groupes : des mortalités "d'arrière plan", intervenant à n'importe quelle étape de l'histoire, souvent liées à une mauvaise gestion zootechnique (Héral, 1985), des mortalités "massives localisées", touchant des surfaces géographiques restreintes et entraînant la mortalité de 100 % des cheptels (e. g. anoxie), des mortalités "massives étendues", touchant de larges surfaces géographiques et ayant pour conséquence des diminutions significatives de

la production d'huîtres (e. g. épizooties). Des mortalités appartenant à la dernière catégorie ont été rencontrées le long des côtes françaises, au moins pour les deux espèces d'huîtres cultivées (*Crassostrea angulata & O. edulis*). De 1970 à 1972, les huîtres de cette espèce ont développé un second syndrome. Des mortalités massives entre 1970 et 1973 ont causé la disparition de l'huître portugaise des côtes françaises. Les populations d'huîtres plates européennes, *Ostrea edulis*, ont également été décimées par de fortes mortalités, a peu près à la même époque par les deux organismes pathogènes cités précédemment. L'huître japonaise *(Crassostrea gigas)* a été introduite massivement en France dans le but de remplacer l'huître portugaise. Ces importations effectuées de 1971 à 1975 concernent des géniteurs provenant de Colombie Britannique (Canada) et du naissain en provenance du Japon. De bonnes performances de croissance et le succès du captage sur la côte atlantique française traduisent la réussite de l'implantation de cette espèce dont la production atteint dès 1976, 80 000 tonnes (Grizel et Héral, 1991).

L'huître creuse (*Crassostrea gigas*) subit des mortalités estivales qui affectent les taux de survie du naissain sur l'ensemble du littoral français depuis 1991. Une mortalité chronique frappe les productions d'huîtres adultes sur quelques sites nationaux. Ainsi, le site de Pen Bé en Bretagne Sud et quelques secteurs du Bassin d'Arcachon (Maurer *et al.*, 1986) présentent l'été des pertes analogues à celles des bancs de Ronce et Perquis dans le Bassin de Marennes-Oléron.

Dans le bassin de Marennes-Oléron, l'information sur les mortalités est prise en compte depuis 1983 par le réseau de suivi de croissance et depuis 1993 également par le réseau national REMORA. Depuis 1983, la mortalité augmentant de façon ponctuelle sur certains sites du bassin, des suivis ont été mis en place à partir d'élevage en surélevé. S'agissant de suivis ponctuels, la mortalité n'est pas toujours mesurée de la même façon, parfois sur une ou deux marées (cas de la crise de mai 1988 ou juin 1993), ou bien sur les élevages à plat ou en surélevé. Dans d'autres cas, la mortalité est mesurée en mai ou juin (1995,1996) cumulée sur un mois, ou cumulée sur une année (1989, 1992) (tableau 1). Entre 1984 et 1986, des mortalités "d'arrière plan" étaient fréquentes, pouvant atteindre des valeurs de 21 % par an (Bodoy, 1986). Mais depuis quelques années, les mortalités ont commencé à dépasser notablement les valeurs moyennes enregistrées les années précédentes.

Tableau 1 : Mortalités de l'huître *Crassostrea gigas* sur le banc de Ronce les Bains entre 1983 et 1996.

| Année | mois | mortalités | références |
|---|---|---|---|
| 1983 | été | <10 % | Bodoy,1988 (professionnels) (plat) |
| 1984 | pas de données | | |
| 1985 | mai | 12 % | Bodoy, 1988 (rapport) |
| 1986 | mai | 2 % | Bodoy, 1988 (rapport) |
| 1987 | mai | 4 % | Bodoy, 1988 (rapport) |
| **1988** | mai | 40,7 % | Bodoy, 1988 (rapport) (plat) |
| 1989 | (cumulé année) | 2 % | Héral, 1993 (exposé oral Région) |
| 1990 | (cumulé année) | 9 % | Héral, 1993 (exposé oral Région) |
| 1991 | (cumulé année) | 9,3 % | Héral, 1993 (exposé oral Région) |
| 1992 | (cumulé année) | 14,7 % | Héral, 1993 (exposé oral Région) |
| **1993** | juin | 15 - 30 % | Héral, 1993 (note) (plat) |
| 1994 | pas de données | | |
| 1995 | juin (cumulé) | 10 - 15 % | Goulletquer, 1995 (Echo des Cab.) (plat) |
| 1996 | mai (cumulé) | 7 - 15 % | Lodato, 1996 (rapport) (plat) |

En 1988, 8 000 tonnes d'huîtres ont été perdues sur les bancs de Ronce-Perquis. Des mortalités chroniques affectent de façon hétérogène les rendements de production des élevages à plat. Des mortalités par tache et d'intensité variable (15 à 50 %) touchent les cheptels d'huîtres adultes chaque année pendant les périodes de juin à juillet. Ces mortalités ont amené la profession à déposer à plusieurs reprises des plaintes contre X, considérant qu'elles résultaient de phénomènes de pollution. Par ailleurs, aucune mortalité anormale ne semble affecter les élevages d'huîtres sur table dans cette zone.

Ce phénomène de mortalité estivale ainsi décrit a donné cours depuis 1988 à diverses hypothèses explicatives. L'hypothèse d'une origine toxique a été précocement écartée. En effet, les tests relatifs à la qualité des eaux impliquant une toxicité naturelle phytoplanctonique ou industrielle sont systématiquement négatifs (Bodoy *et al.*, 1990 ; LABEIM, 1992 ; Héral *et al.*, 1993).

Au cours des années précédentes, des prélèvements ont été également effectués pour réaliser des analyses pathologiques. Si des anomalies branchiales ou encore des inclusions intracytoplasmiques ont été ponctuellement observées, l'hypothèse d'une cause infectieuse n'a jamais été validée et même écartée (LABEIM, 1992).

L'insuffisance des réserves trophiques a également été soupçonnée. La modélisation des capacités trophiques a été mise en relation avec des chutes de production dans le Bassin de Marennes - Oléron. Ces modèles n'ont pas permis d'expliquer les mortalités ponctuelles bien que l'allongement des temps de croissance et une augmentation des mortalités chroniques ont été observés pour l'huître portugaise et l'huître japonaise (Héral, 1991).

Les périodes printanière et estivale correspondent à la période de maturation et ponte de *C. gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron au cours de laquelle l'huître présente un potentiel de croissance faible, voir négatif en période de maturation sexuelle avancée (Soletchnik *et al.*, 1997). Ce résultat met l'accent sur une certaine "détresse physiologique" que peut supporter l'huître durant cette période.

Aucune étude spécifique et locale destinée à rechercher et étudier précisément les causes de mortalité n'avait été entreprise jusqu'en 1995 sur le secteur. En accord avec la Section Régionale de la Conchyliculture de Marennes-Oléron, les bancs de Ronce et Perquis ont été choisis comme site atelier en 1995, 1996 et 1997.

En 1995 des suivis de paramètres environnementaux au moyen de sondes océanographiques ont été réalisés directement sur les zones ostréicoles concédées afin d'évaluer les facteurs de stress que pouvaient subir les huîtres en élevage. Parallèlement, ce secteur a été considéré comme un site pilote pour le développement d'un Système d'Information Géographique (S.I.G.) sur Marennes-Oléron. 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 (Goulletquer, 1996). En 1996, le programme spécifique a été élargi afin de rechercher les facteurs pouvant influencer l'apparition des mortalités. A la différence d'une approche expérimentale contrôlant quelques paramètres, la démarche engagée a été globale et multifactorielle. La stratégie d'échantillonnage développée prenait en compte une cinquantaine de concessions ostréicoles échantillonnées au cours de 3 périodes du printemps à la fin de l'été. En plus des mesures de biométrie et mortalité, les pratiques culturales ont également été étudiées (Lodato, 1997). L'ensemble des résultats a été incorporé sous forme de bases de données sous ARCView constituant le support du Système d'Information Géographique (S.I.G.).

Parallèlement, le contexte environnemental a fait l'objet de suivis en continu au moyen de sondes température, multiparamétrique, et d'un valvomètre. Ces suivis ont permis d'évaluer

quantitativement les facteurs stress au niveau des parcs d'élevages présentant des mortalités. Les principales conclusions de l'étude montrent que l'état physiologique initial des huîtres et l'origine des lots conditionnent peu l'apparition des mortalités (Lodato, 1997). Par contre, les performances biologiques et les pratiques culturales induisent une fragilisation des individus se traduisant ultérieurement par des taux de mortalité supérieurs. L'élevage en "une à une" pourrait constituer non seulement une cause directe de mortalité mais également un facteur favorisant la fragilisation d'individus ayant subi un stress de manipulation. Compte tenu des différences significatives des taux de mortalité entre un cheptel disposé à plat et en surélevé sur un même site, il apparaît que les conditions_environnementales au niveau de l'interface eau/sédiment constituent un facteur déterminant dans l'apparition des mortalités chroniques et ceci dès l'élévation printanière des températures. La comparaison des fluctuations de température au niveau des élevages en surélevé et à plat a permis de montrer que ces derniers pouvaient subir des températures maximales proches de 50°C et un différentiel thermique proche de 30°C en moins d'une heure et demie.

Il est important de souligner que la circulation des eaux dans le secteur des bancs de Ronce et Perquis est largement altérée. La principale coursière du secteur est fortement ensablée limitant fortement les mouvements d'eaux entre les concessions et le large. Ce phénomène d'envasement et d'ensablement est dû à l'évolution de la bathymétrie sur l'ensemble du Bassin de Marennes-Oléron. Cette évolution entre 1970 et 1994 a entraîné une augmentation moyenne du niveau bathymétrique de 0,5 m dans le Sud du Bassin (Le Moine, *com. pers.*). L'envasement des parcs ostréicoles et la diminution des temps d'immersion ont des conséquences directes sur la biologie des huîtres (e.g., temps de filtration).

Parallèlement, des critiques formulées par les professionnels vis à vis du fonctionnement d'une station d'épuration se déversant à l'embouchure de la Seudre ont amené IFREMER à tester la survie larvaire et adulte en présence des eaux de la lagune de la station. Aucune mortalité n'a été détectée à partir d'un suivi journalier au cours du mois de juillet 1996 (Lagarde, 1996). Par ailleurs, une étude réalisée par la Communauté de Communes du Pays Royannais a permis de démontrer, au moyen d'un lâcher de rhodamine, que le panache de dilution de cet émissaire atteint le secteur de Perquis avec cependant une dilution importante d'environ 1000 à $10^6$ vis à vis respectivement de l'émissaire et de la station d'épuration (SET Praud, 1996). L'utilisation d'un valvomètre, enregistrant l'activité valvaire des huîtres *in situ* depuis juillet 1996 n'a détecté aucune anomalie particulière au niveau du site. L'ensemble des données acquises devant servir de contrôle par rapport aux enregistrements de 1997 en périodes critiques de mortalité. Cependant, l'utilisation du valvomètre en tant que sentinelle de l'environnement en est encore à ses balbutiements. Le valvomètre permet la détection d'une toxicité aiguë dans le milieu, mais son efficacité face à des pollutions chroniques de faibles amplitudes n'est pas encore démontrée. Les suivis réalisés par le laboratoire IFREMER DEL de La Tremblade en coopération avec la DDASS, ont permis de montrer une contamination bactériologique systématique de l'émissaire du pluvial qui se déverse au niveau de la plage de Ronce Les Bains (Roësberg, 1997). Par ailleurs, les mesures réalisées par la DDE mettent en évidence un flux de matière organique important au niveau de ce pluvial en période estivale (Lacroix, *com. pers.*).

C'est à partir de l'ensemble de ces observations et dans ce contexte général que s'inscrit la présente étude dont les approches et les objectifs sont multiples. L'étude 1997 fait l'objet d'une contractualisation avec la SRC de Marennes-Oléron.

## Les objectifs de l'étude menée en 1997

L'hypothèse principale étudiée lors de cette étude est basée sur le possible enrichissement en matière organique au niveau de l'interface eau-sédiment résultant, du manque de circulation des eaux, des rejets au niveau du réseau pluvial, de l'absence d'enlèvement des installations ostréicoles qui constituent des pièges à sédiments. Outre les modifications de nature physique (e.g., envasement, viscosité), la biodéposition a pour conséquences un apport de composés et d'éléments chimiques qui vont modifier les équilibres chimiques du sédiment (Martin *et al.*, 1989).

Le programme mis en place à donc pour objectifs de tracer un bilan évolutif spatio-temporel le plus fiable possible de la mortalité d'huîtres creuses sur les bancs de Ronce et Perquis pour la période estivale 1997, de vérifier les hypothèses soulevées par l'étude menée en 1996 en essayant de rechercher des corrélations entre les taux de mortalité et les différents paramètres suspectés. L'étude comprend le suivi des paramètres biologiques des huîtres en élevage. Les paramètres environnementaux à l'interface eau-sédiment sont également étudiés. Une surveillance des paramètres chimiques et microbiologiques de la vase sur les élevages sera effectuée tous les 15 jours, un suivi des températures subies par les huîtres sera aussi mis en place.

# Materiel et Méthodes

***Les sites ateliers***

Les sites ateliers sont aménagés sur des parcs ostréicoles professionnels sur les 2 bancs ostréicoles de Ronce et Perquis (figure 2). Une population homogène d'huîtres de 3 ans en une à une a été mise en place simultanément sur les 15 sites expérimentaux, selon 3 radiales Est-Ouest, 3 radiales Nord-Sud sur Ronce et 2 sur Perquis. Cette répartition spatiale en trois dimensions tient compte du gradient bathymétrique sur les bancs. Chaque site comprend un parc de 10 $m^2$ avec 100 kg d'huîtres "à plat" et d'une table ostréicole avec deux poches de 200 huîtres en "surélevé". Ce sont les deux modalités du descripteur "type d'élevage" (tyel). Les sites sont positionnés dans l'espace selon leurs coordonnées géographiques (x et y selon une échelle relative), et l'altitude par rapport au niveau de plus basse mer (z) (tableau 2). Une échelle relative de profondeur à 3 niveaux (Zrel) est également établie. Le temps d'immersion des huîtres sur les sites (Timm) est également calculé.

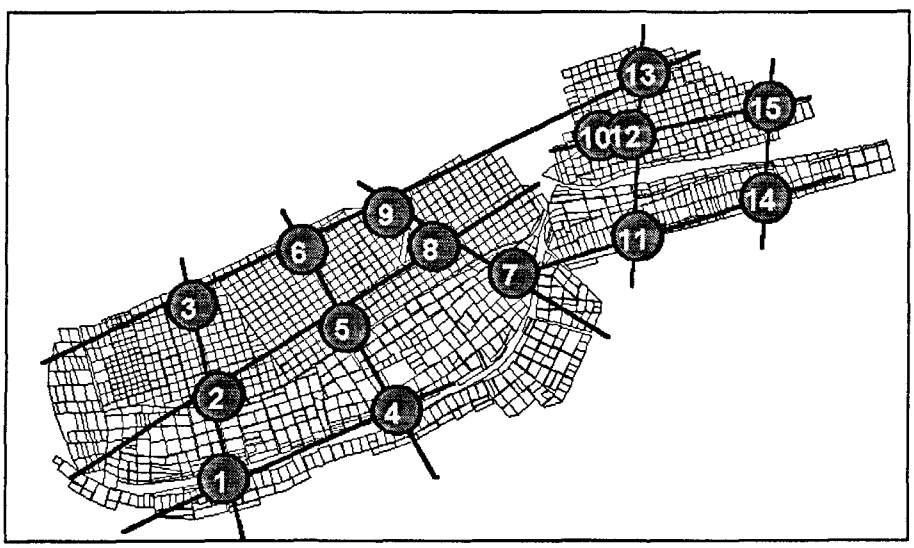



Figure 2 : Les sites expérimentaux sur les bancs de Ronce-Perquis.

Tableau 2 : Les descripteurs de l'étude.

| Type | Code | Signification | Définition |
|---|---|---|---|
| Site | X, Y | Coordonnées géographiques des sites ateliers | Echelle relative. |
| | Z | Bathymétrie des sites ateliers (m) | Altitude par rapport au zéro des cartes marines (m) |
| | Zrel | Bathymétrie relative des sites ateliers | Echelle relative de bathymétrie .1: de 1,7 m à 2,2 m; 2: de 2,3 m à 2,7 m; 3: de 2,8 m à 3,7 m. |
| | Timm | Temps d'immersion (%) | % du temps où le parc est immergé |
| Pratiques culturales | Tyel | Type d'élevage | 1 : à plat; 2 : surélevé (élevages sur tables). |
| | OCC | Occupation des parcs environnants (%) | % d'occupation sur environ 1500 $m^2$ autour du parc expérimental. |
| Vase | VEAU | Teneur en eau du sédiment (%) | |
| | VCOL | Teneur en coliformes fécaux | Echelle relative de contamination. 1: inférieur au seuil de détection; 2: peu contaminé; 3: légèrement contaminé; 4: contaminé; 5: fortement contaminé. |
| | VSTR | Teneur en streptocoques fécaux | Même échelle relative que pour les coliformes. |
| | VC | Teneur en carbone de la vase (‰) | |
| | Veh | potentiel d'oxydo-réduction | |
| Températures | T20MF<br>T25MF<br>T30MF | Somme des températures supérieures à 20, 25 et 30°C | En degrés-heure d'émersion à partir des mesures de températures sous abri à la Rochelle (Météo-France). |
| | CT20MF | Somme des températures supérieures à 20°C | classe de température selon une échelle à 3 niveaux. |
| | PET10 | Somme des températures supérieures de plus de 10 °C à la moyenne journalière. | En degrés-heure, à partir des sondes thermiques positionnés sur les sites. |
| | FET2<br>FET10 | Fréquence des pics thermiques supérieures de plus de 2 et 10°C à la moyenne journalière | En degrés-heure, à partir des sondes thermiques |
| Réponses biologiques | TMJ | Taux de mortalité journaliers | Nombre d'huîtres mortes / nombre total d'huîtres / jours |
| | PTOT | Poids total (g) | |
| | PCOQ | Poids de coquille (g) | |
| | PFRA | Poids de chair égouttée (g) | |
| | afnor | Indice de qualité (%) | (PFRA / PTOT) x 100 |
| | PSEC | Poids sec (g) | |
| | GPSJ | Gain de poids sec journalier (g/jour) | Prise de poids sec/jours |
| | MS | Stades de maturation sexuelle | Echelle relative à 8 niveaux. |
| | CSMS | Stades de maturation sexuelle | Echelle relative à 4 niveaux. |
| | prot | quantité de protéines (g) | Analyse de la chair sèche des huîtres |
| | lip | quantité de lipides (g) | |
| | glu | quantité de glucides (g) | |
| | gly | quantité de glycogène (g) | |
| Temps | Date | date d'échantillonnage | |
| | PERI | Périodes | Périodes de 15 jours et périodes de 30 jours. |

## *Echantillonnage des huîtres*

En biométrie, l'échantillonnage consiste en un prélèvement de 30 huîtres en poche (élevage en "surélevé") ou dans les parcs expérimentaux, chaque mois. Les mesures de mortalité sont effectuées par l'intermédiaire d'un "quadrat" d'échantillonnage (élevages à "plat") ou par comptage dans une poche de 200 huîtres (élevage en "surélevé") tout les 15 jours. Ainsi sont définies deux périodes inter-échantillonnage (PERI) à partir desquelles sont calculées des taux de mortalité journaliers (TMJ) et des gains de poids sec journaliers (GPSJ) (tableau 2). Les dates d'échantillonnage des périodes (PERI) sont indiquées sur le tableau 3.

Tableau 3 : Dates d'échantillonnage de la mortalité et de la biométrie des huîtres sur les sites expérimentaux. Définition des périodes (PERI) pour la mortalité (1 à 9) et la biométrie (1 à 6)

| jours (/ période) | jours (cumulés) | mortalité | biométrie |
|---|---|---|---|
| | | 25 mars | 25 mars |
| 13 | 13 | | 1 |
| | | 7 avril | 7 avril |
| 14 | 27 | 1 | 2 |
| | | 21 avril | |
| 14 | 41 | 2 | |
| | | 5 mai | 5 mai |
| 17 | 58 | 3 | 3 |
| | | 22 mai | |
| 12 | 70 | 4 | |
| | | 3 juin | 3 juin |
| 16 | 86 | 5 | 4 |
| | | 19 juin | |
| 18 | 104 | 6 | |
| | | 7 juillet | 7 juillet |
| 14 | 118 | 7 | 5 |
| | | 21 juillet | 21 juillet |
| 14 | 132 | 8 | 6 |
| | | 4 août | |
| 14 | 146 | 9 | |
| | | 18 août | 18 août |

***Analyses des huîtres au laboratoire***

Les analyses biométriques concernent, pour chaque individu, les mesures de poids total (Ptot) (g), du poids frais (Pfra) (g), du poids sec (Psec) (g) et du poids de coquille vide (Pcoq) (g) (tableau 2). L'indice de qualité (AFNOR) couramment utilisé chez les professionnels, est calculé. Les critères macroscopiques et microscopiques retenus pour la détermination des stades de maturation (MS) sont ceux mis en oeuvre par Soletchnik *et al.*, (1997) sur 15 individus. L'effort de ponte est calculé par différence entre le poids maximum et le poids minimum au moment de la ponte (Lucas *et al.*, 1978 ; Goulletquer *et al.*, 1987). Les analyses biochimiques consistent en un dosage spectrophotométrique des protéines (prot), des lipides (lip), des glucides totaux (glu) et du glycogène (gly) (Razet *et al.*, 1996).

***Les paramètres environnementaux. Prélèvements discrets (tableau 2)***

Les descripteurs de la vase et le coefficient d'occupation des parcs avoisinants (OCC) sont mesurés tous les 15 jours. Les prélèvements bactériologiques sont effectués en

échantillonnant la surface du sédiment proche du site atelier dans un flacon stérile. Au laboratoire, les teneurs en coliformes fécaux (Vcol) et streptocoques fécaux (Vstr) sont déterminées d'après la norme AFNOR (1981) (NF- VC 45-110) et la circulaire n° 8349 du 26/10/77. Un prélèvement de vase de 1 litre est réalisé par "raclage" du sédiment proche du site atelier. Au laboratoire, la teneur en eau (Veau) est mesurée, et la teneur en carbone (Vc) est mesurée grâce à l'analyseur thermique CHNS/O 2400.

***Mesures en continu de la température sur les sites ateliers***

Dix sondes thermiques (Tinytag) permettent de suivre en continu (pas de 15 min) la température sur 8 sites à plat et 2 sites en surélevé (figure 3). De plus, une sonde multiparamétrique (Solomat) enregistre également la température sur le site 12. A partir de ces mesures sont calculés des descripteurs qui tiennent compte de l'intensité ou de l'amplitude thermique enregistrée sur les sites (PET10, FET2 et FET10 - tableau 1).

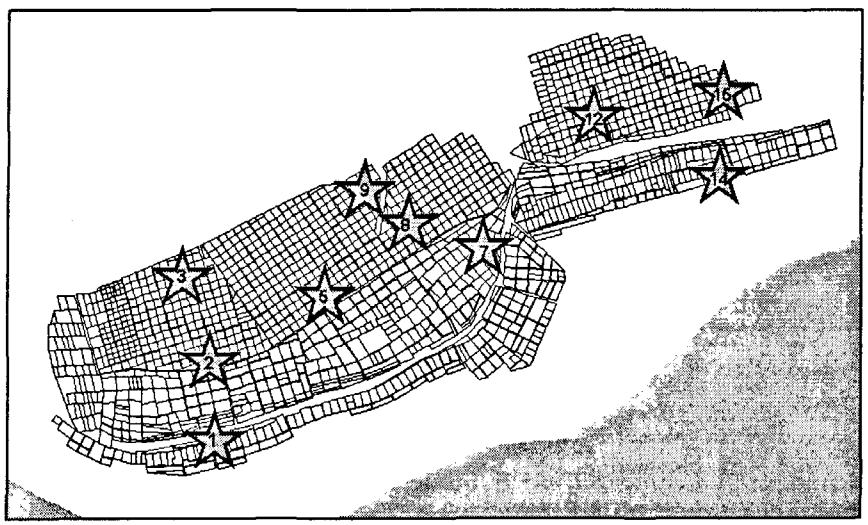



Figure 3 : Les sondes thermiques sur les sites expérimentaux des bancs de Ronce-Perquis.

Les données météorologiques (Météo-France) (T20MF, T25MF et T30MF) complètent l'information avec des données de températures saisonnières sous abri. Ces données sont utilisées pour calculer des descripteurs thermiques mis en oeuvre dans les analyses (tableau 1).

***Mesures hydrologiques en continu***

Le site atelier 12 situé sur le banc de Perquis a été équipé d'une sonde océanographique multiparamètres SOLOMAT, modèle 803 PS. Cette sonde permet de mesurer en continu la température, l'oxygène dissous, le pH, la conductivité, la turbidité (NTU).

***Traitements et analyses statistiques***

Les analyses statistiques sont effectuées à l'aide du logiciel "Statgraphics plus" (version 3).

L'ajustement ou non des descripteurs à la loi Normale est effectué par l'intermédiaire des descripteurs de Skewness et Kurtosis (Scherrer, 1984).

La distribution des descripteurs biométriques au cours des échantillonnages (30 mesures effectuées à chaque fois) suit la loi Normale.

Les analyses statistiques sont effectuées au moyen de tests paramétriques.

Pour les taux de mortalité, les tests de rang (non - paramétriques) de Kruskal-Wallis sont utilisés. Des "diagrammes en boîte" permettent de présenter les distributions autour de la médiane.

# Résultats

## (1) Croissance, maturation, ponte et qualité des huîtres.

Les résultats présentés concernent la croissance en poids total (ptot), coquille (pcoq), et poids sec (psec). Un indice de qualité (afnor) est calculé. Le stade de maturité sexuelle (ms) ainsi que les différentes teneurs en protéines (prot), lipides (lip), glucides (glu), glycogène (gly) sont mesurés.

### (1-1) Effet de la date, du type d'élevage et de la profondeur. Analyse de la variance et covariance des descripteurs

Des analyses de variances sont effectuées sur les descripteurs de biométrie et de maturité sexuelle. Des analyses de covariance sont effectuées sur les descripteurs de la qualité biochimique des huîtres. Les effets des trois facteurs date, type d'élevage et profondeur (Zrel) et de leur interaction sont testés (tableau 4).

Tableau 4 : Analyse de variance. Probabilité associée à l'effet des facteurs date, type d'élevage, profondeur relative et de leurs interactions sur les caractéristiques biométriques et la composition biochimique des huîtres.

| | ptot | pcoq | psec | afnor | ms | prot. | lip. | glu. | gly. | PLG |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **date** | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| **tyel** | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0799 | 0,0014 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0049 |
| **Zrel** | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0504 | 0,0000 | 0,0006 | 0,0002 | 0,0000 |
| **date-tyel** | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0419 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| **date-Zrel** | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,3657 | 0,0109 | 0,0406 | 0,0033 | 0,4114 |
| **tyel-Zrel** | 0,0808 | 0,0122 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0017 | 0,0660 | 0,0000 | 0,0168 | 0,0026 | 0,0000 |
| **date-tyel-Zrel** | 0,0184 | 0,0098 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0080 | 0,0000 | 0,1202 | 0,8664 | 0,0027 |

L'effet de la covariable poids sec est significative au seuil de 1 ‰ pour l'ensemble des descripteurs de la biochimie des huîtres. Les trois facteurs : date, Tyel et Zrel, présentent des effets significatifs vis à vis de l'ensemble des descripteurs (tableau 4) à l'exception du Tyel pour le descripteur protéines (prot.). La "date" est le facteur le plus "explicatif" de la variance (tableau 5). Il représente près de 74 % , 50 %, 43 % et 40 % de la variance respectivement pour le stade de maturité sexuelle (ms), les glucides, l'indice afnor et le glycogène qui sont donc les descripteurs les plus "saisonniers". Protéines et lipides sont plus associés au poids (effet de la covariable poids sec) que les lipides ou les glycogènes. La variance "inexpliquée" des descripteurs biométriques est très forte (44 -74 %).

Tableau 5 : Pourcentages de la variance expliquée par les facteurs date, type d'élevage, profondeur relative et leurs interactions.

| | ptot | pcoq | psec | afnor | ms | prot | lip | glu | gly | PLG |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **covariable pds** | | | | | | 81.6 | 73.3 | 11.4 | 7.1 | 88.6 |
| **date** | 21.0 | 20.0 | 33.5 | 42.6 | 73.9 | 4.8 | 2.9 | 50.5 | 39.3 | 3.1 |
| **tyel** | 0.7 | 1.6 | 5.4 | 3.0 | 0.6 | 0.1 | 0.3 | 3.4 | 3.1 | 0.1 |
| **Zrel** | 2.1 | 1.3 | 8.3 | 4.5 | 0.2 | 0.2 | 1.9 | 1.1 | 2.2 | 0.5 |
| **date-typel** | 0.4 | 0.7 | 1.4 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 3.8 | 6.6 | 5.8 | 0.5 |
| **date-Zrel** | 3.0 | 2.2 | 2.2 | 2.5 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 1.1 | 2.7 | 0.1 |
| **tyel-Zrel** | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 0.1 | 0.2 | 0.9 | 0.7 | 1.3 | 0.5 |
| **date-typel-Zrel** | 0.3 | 0.3 | 1.4 | 1.2 | 0.4 | 0.7 | 2.9 | 0.9 | 0.4 | 0.4 |
| **non expliquée** | 72.2 | 73.6 | 47.5 | 44.2 | 23.5 | 11.8 | 13.2 | 24.3 | 37.9 | 6.1 |

## (1-2) Croissance. Relation avec la profondeur et le type d'élevage

Dès le 5 mai, une différence significative de poids sec apparaît entre les huîtres des sites les plus profonds (2,8-3,7 m) , et les autres sites à profondeur moindre (figure 4). Ce n'est que beaucoup plus tard, le 7 juillet, que des différences significatives apparaissent au niveau du poids total ou du poids de coquille des huîtres (figures 5 et 6). Au terme de l'élevage, soit après 146 jours, la différence est de près de 10 g entre Zrel = 1 et les deux autres niveaux de bathymétrie. Alors que la croissance en poids de coquille est continue entre le 3 juin et le 18 août, et passe de 21 à 32 g pour les sites 3, 6, 9, 13, 15, la croissance en coquille des sites moins profonds, marque un palier entre le 7 et le 21 juillet pour reprendre ensuite. Le 18 août, la différence est de 4 g entre les sites de différentes profondeurs. Le poids sec évolue de 0,6 g (le 7 avril) à 1,2-1,8 g le 7 juillet, respectivement pour les Zrel de 2-3 et 1. A partir des valeurs maximales atteintes entre le 7 et le 21 juillet, l'effort de ponte en fin juillet, début août, fait chuter ces poids secs à 0,8-1,2 g le 18 août. L'indice de qualité (afnor) (figure 7) qui prend en compte le rapport du poids frais sur le poids total montre bien comment la perte de poids liée à la ponte apparait dès le 7 juillet pour Zrel = 1 et seulement le 21 juillet pour Zrel = 2 ou 3.

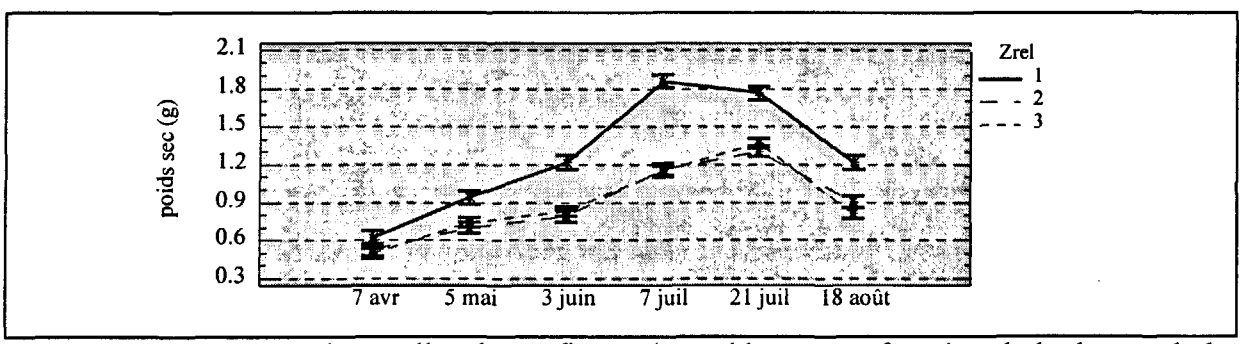



Figure 4 : Moyennes et intervalles de confiance des poids secs en fonction de la date et de la profondeur *(1:1,7-2,2 m; 2: 2,3-2,7 m; 3: 2,8-3,7 m).*

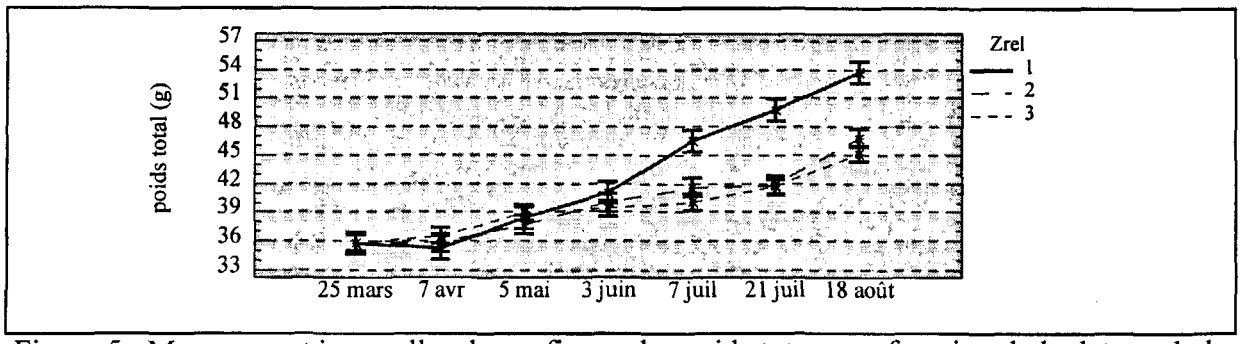



Figure 5 : Moyennes et intervalles de confiance des poids totaux en fonction de la date et de la profondeur *(1:1,7-2,2 m; 2: 2,3-2,7 m; 3: 2,8-3,7 m).*

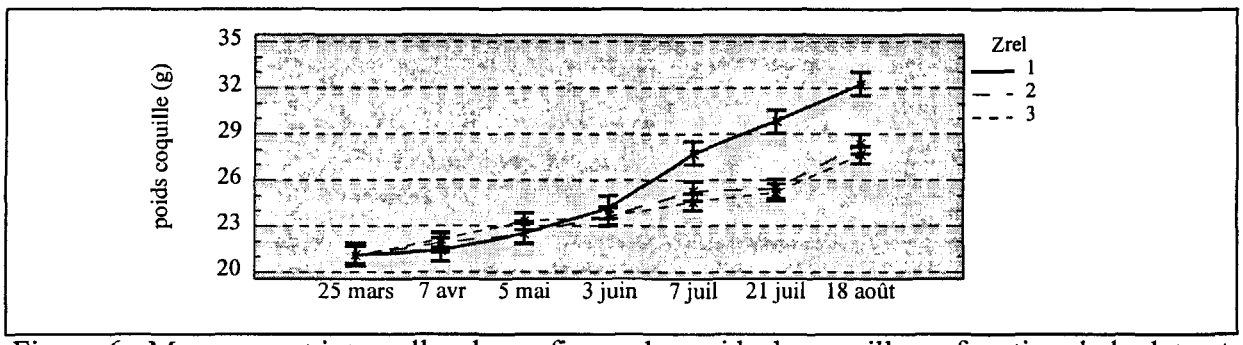



Figure 6 : Moyennes et intervalles de confiance des poids de coquille en fonction de la date et de la profondeur *(1:1,7-2,2 m; 2: 2,3-2,7 m; 3: 2,8-3,7 m).*

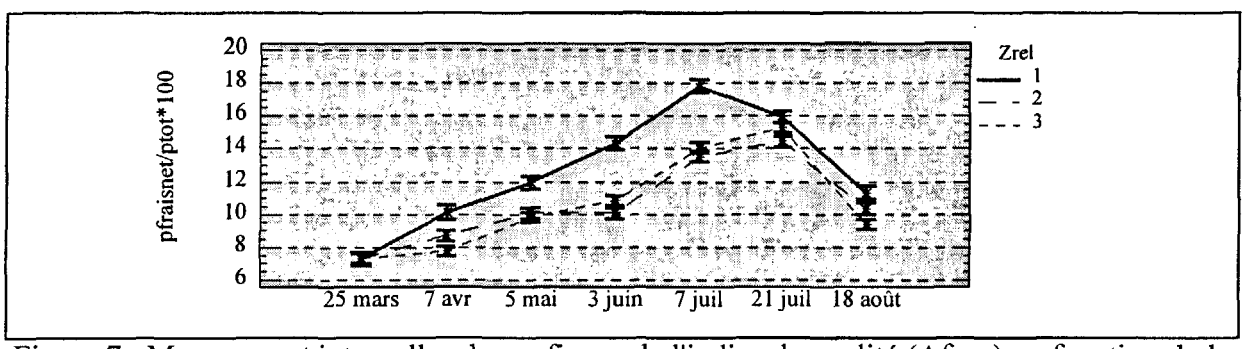



Figure 7 : Moyennes et intervalles de confiance de l'indice de qualité (Afnor) en fonction de la date et de la profondeur *(1:1,7-2,2 m; 2: 2,3-2,7 m; 3: 2,8-3,7 m).*

La relation entre les descripteurs de croissance et le type d'élevage est explicitée pour chaque descripteur (figures 8, 9, 10 et 11). Le poids total (figure 8) et le poids de coquille (figure 9) sont significativement plus élevés sur les élevages sur table par rapport aux élevage à plat dès le 5 mai. Les interactions entre la date et le type d'élevage sont significatives pour tous les descripteurs de la biométrie (tableau 4). L'évolution du poids sec et de l'indice afnor au cours du temps (figures 10 et 11), sont marqués par une distinction de l'indice afnor entre les deux conditions d'élevage, dès le 7 avril. Les indices afnor atteignent 13,5 et 16,5 le 7 juillet, respectivement pour les élevages à plat et sur table. Un plateau apparait entre le 7 et le 21 juillet. Entre le 21 juillet et le 18 août, l'effort de ponte fait chuter l'indice afnor autour de 10-10,5 pour les deux types d'élevage, sans différence significative, alors que le poids sec moyen des élevages sur tables, à 1,15 g, reste supérieur au poids sec moyen des huîtres en élevage à plat (0,9 g). Pour les élevages à plat uniquement, la période du 5 mai au 3 juin est marqué par un plateau pour le poids sec aux alentour de 0,75 g.

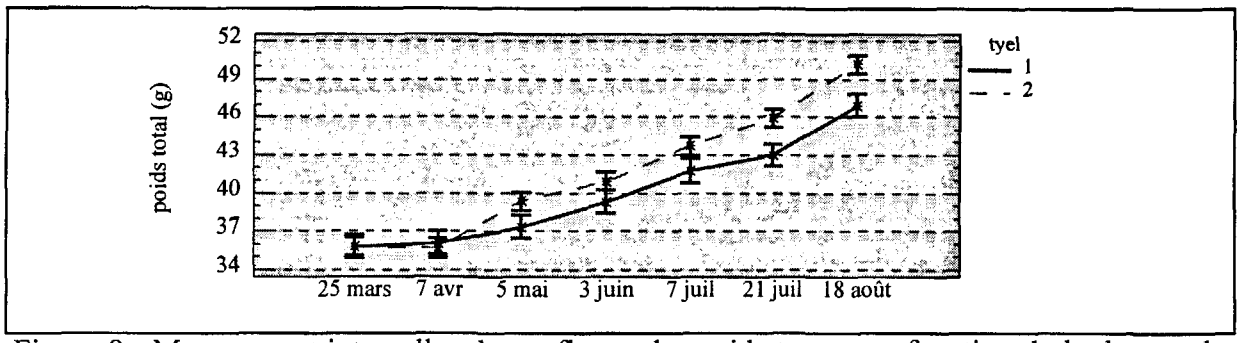



Figure 8 : Moyennes et intervalles de confiance des poids totaux en fonction de la date et du type d'élevage *(1: plat; 2: surélevé).*

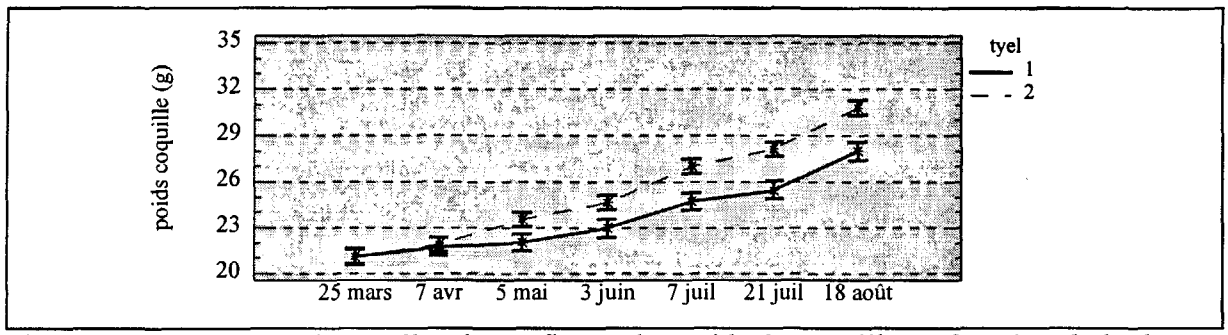



Figure 9 : Moyennes et intervalles de confiance des poids de coquille en fonction de la date et du type d'élevage *(1: plat; 2: surélevé).*

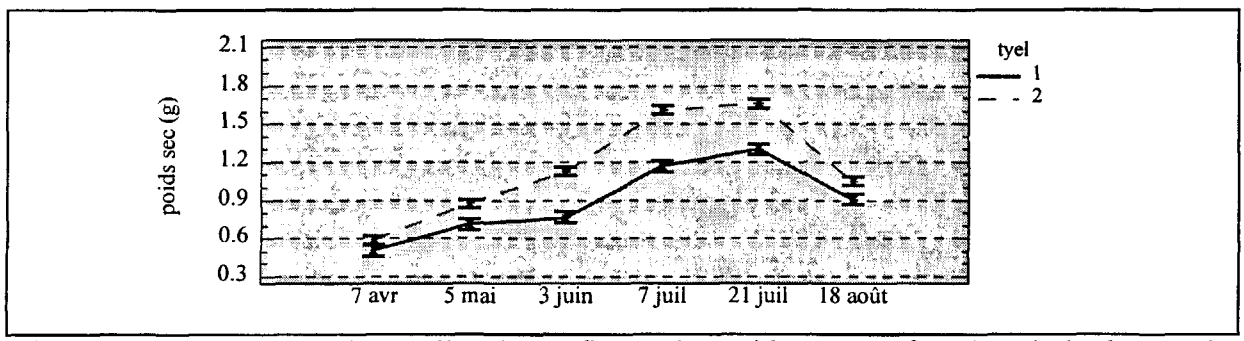



Figure 10 : Moyennes et intervalles de confiance des poids secs en fonction de la date et du type d'élevage *(1: plat; 2: surélevé).*

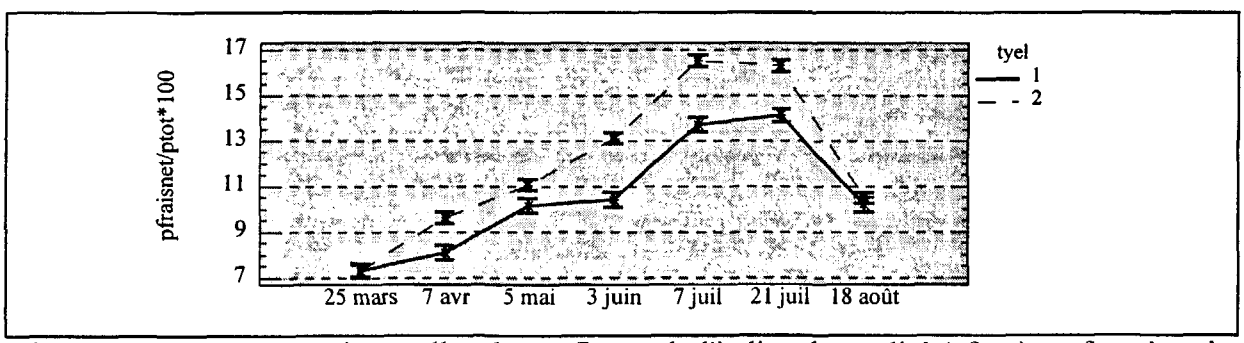



Figure 11 : Moyennes et intervalles de confiance de l'indice de qualité (afnor) en fonction de la date et du type d'élevage *(1: plat; 2: surélevé).*

## (1-3) Gain de poids sec journalier

Les tests de rang de Kruskal-Wallis montrent l'effet significatif de la période sur les gains de poids secs pour chacun des types d'élevage (figures 12 et 13). A plat comme sur table, se retrouve un gain de poids sec négatif durant la période 6, soit entre le 21 juillet et le 18 août. Pour les élevages à plat, apparaît en période 3, soit entre le 5 mai et le 3 juin, une période de gain de croissance proche de zéro (médiane = 1). Cette "défaillance" de la croissance ne se retrouve pas sur les élevages sur table durant cette période. Sur les tables, le taux de croissance journalier va croissant du 5 mai au 21 juillet.

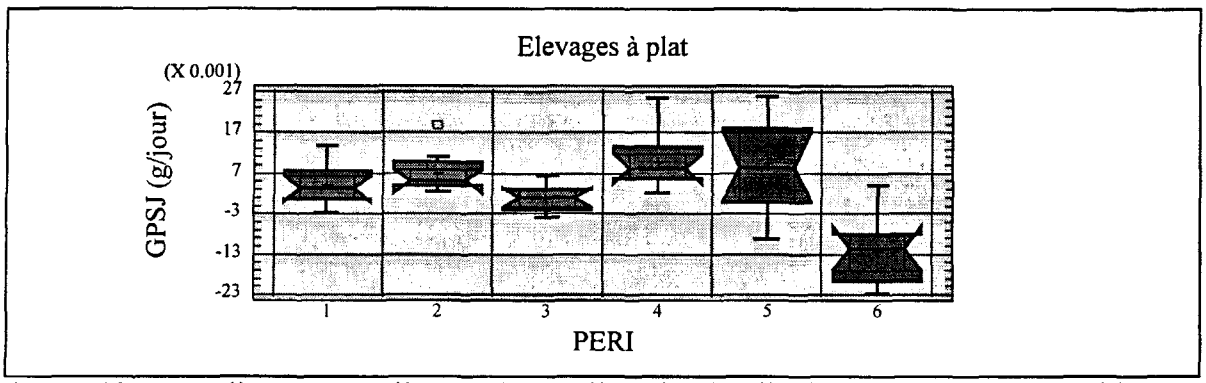



Figure 12 : Médianes, quartiles et intervalles de distribution des gains de poids secs journaliers (GPSJ) en fonction des différentes périodes (PERI).

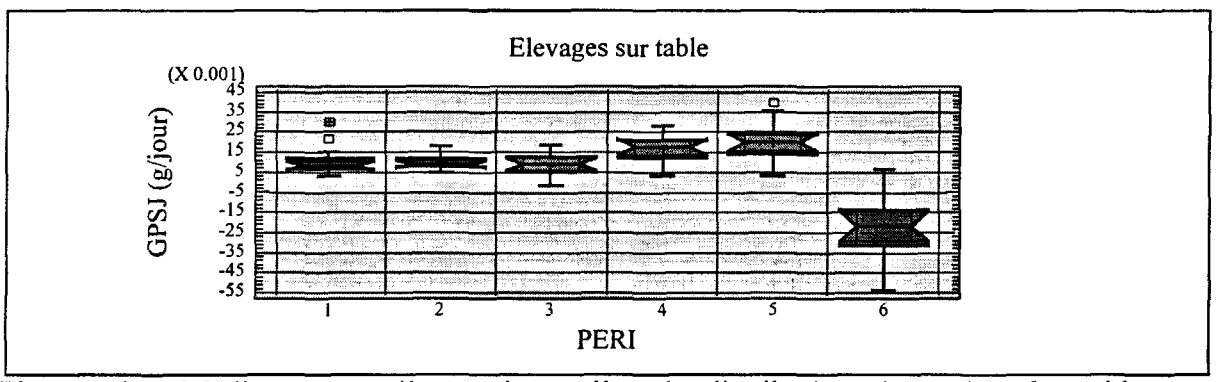



Figure 13 : Médianes, quartiles et intervalles de distribution des gains de poids secs journaliers (GPSJ) en fonction des différentes périodes.

## (1-4) Maturation et ponte. Relation avec la profondeur et le type d'élevage

Les huîtres sont au stade "immature" entre le 25 mars et le 7 avril (stade 2). Du 7 avril au 7 juillet, la gamétogénèse évolue d'un stade de 2 à 8. L'indice de maturation atteint ensuite une valeur de 4 identique à celle d'avril. Le stade sexuel retombe ensuite à 4 entre le 7 juillet et le 18 août, après la ponte. C'est à la date du 3 juin et du 18 août qu'une différence significative apparait entre les élevages à plat et les élevages en surélevé (figure 14). Le 5 mai, les huîtres

sur les sites les plus profonds, ont une avance à la maturation de près de 1 unité à l'échelle relative de ms (figure 15).

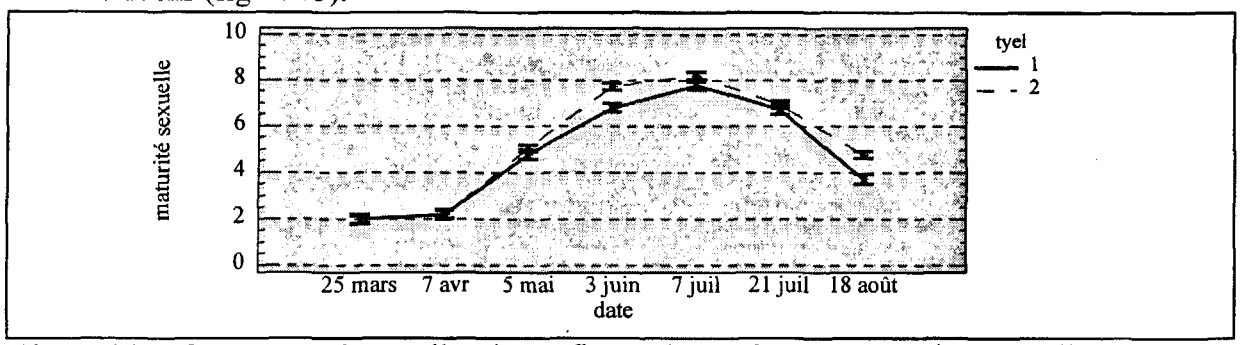



Figure 14 : Moyennes et intervalles de confiance des stades de maturation sexuelle (SMS) en fonction de la date et du type d'élevage. *(1: plat; 2: surélevé).*

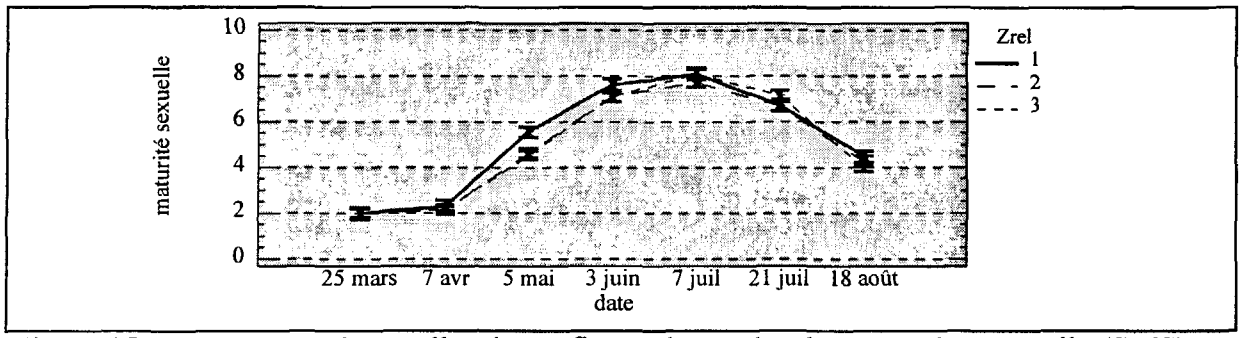



Figure 15 : Moyennes et intervalles de confiance des stades de maturation sexuelle (SMS) en fonction de la date et de la bathymétrie relative (Zrel) des parcs ostréicoles. *(1:1,7-2,2 m; 2: 2,3-2,7 m; 3: 2,8-3,7 m).*

## (1-5) Effort de ponte

Sur la base de cette information concernant le poids sec, l'effort de ponte est mesuré pour chacune des conditions (tableau 6, figure 16). Il est de 0,18-0,62 g pour les élevages à plat, et de 0,63-0,80 g pour le surélevé.

Tableau 6 : Quantification de l'effort de ponte en fonction de la bathymétrie relative (Zrel) et du type d'élevage.

| Zrel | tyel | psec (g) au 21 juillet | psec (g) le 18 août | différences de psec (g) entre le 21 juillet et le 18 août |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1,82 | 1,20 | 0,62 |
| 1 | 2 | 2,03 (*) | 1,23 | 0,80 |
| 2 | 1 | 1,03 | 0,85 | 0,18 |
| 2 | 2 | 1,58 | 0,95 | 0,63 |
| 3 | 1 | 1,04 | 0,67 | 0,37 |
| 3 | 2 | 1,69 | 0,96 | 0,73 |

*(*) Ce poids sec correspond à la date du 7 juillet car, pour Zrel=1, pour les élevages sur table, la période de pré-ponte a eu lieu plus précocement que pour les autres altitudes.*

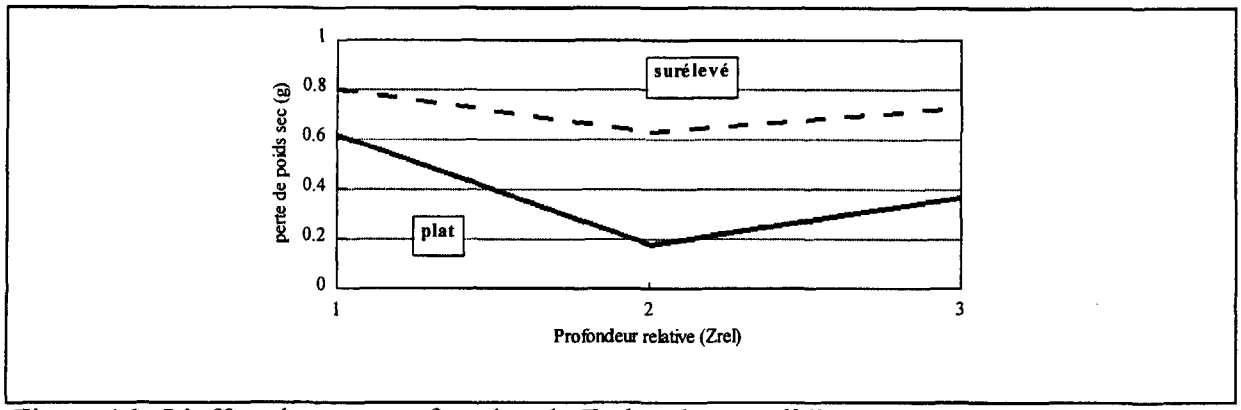



Figure 16 : L'effort de ponte en fonction de Zrel et du type d'élevage.

## (1-6). Composition biochimique de la chair des huîtres. Relation avec la profondeur et le type d'élevage

Les effets des différents facteurs (date, Zrel et tyel) et de leurs interactions sur les descripteurs de la qualité biochimique, sont significatifs, exception faite de l'effet du tyel, de Zrel et des interactions date-Zrel et tyel-Zrel sur les protéines (tableau 3). Les quantité de protéines dans la chair des huîtres sont comprises entre 0,35 et 0,41 g au cours de l'élevage, exception faite de la date du 5 mai ou les valeurs tombent autour de 0,32 g (figure 17). Aucune différence significative apparait entre les deux types d'élevage, plat et table (figure 17) ou la profondeur relative (figure 18).

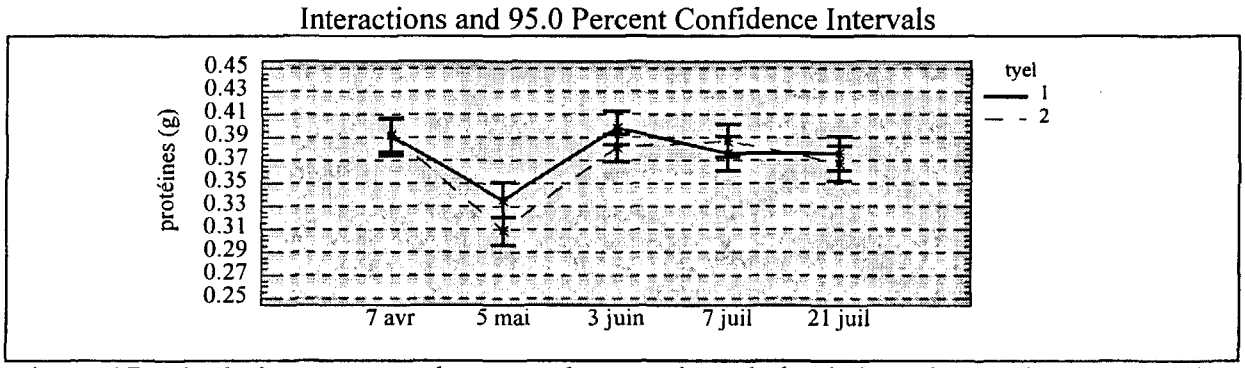



Figure 17 : Evolution au cours du temps des protéines de la chair sèche des huîtres pour les deux types d'élevage. *(1: plat; 2: surélevé).*

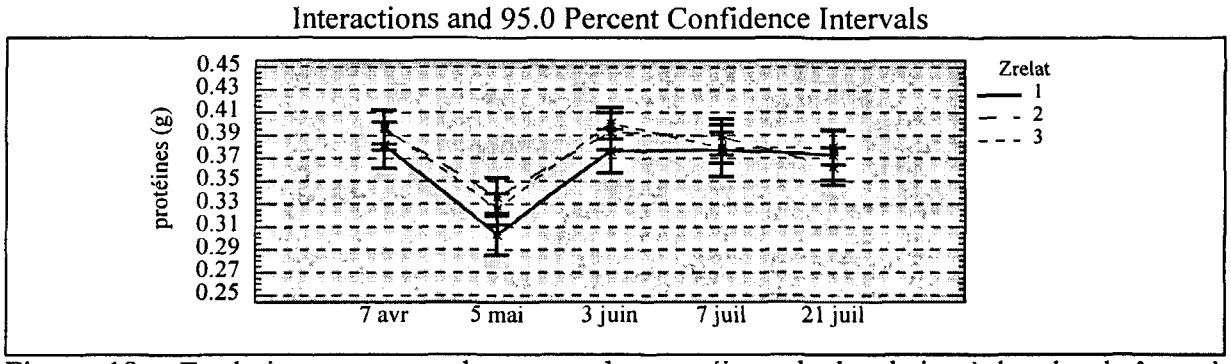



Figure 18 : Evolution au cours du temps des protéines de la chair sèche des huîtres à différentes profondeurs. *(1:1,7-2,2 m; 2: 2,3-2,7 m; 3: 2,8-3,7 m).*

La quantité de lipides est comprise entre 0,11 et 0,13 g du 7 avril au 21 juillet. Le 7 juillet la valeur tombe à 0,07 g pour les élevages à plat (figure 19). Pour les sites les plus profonds la quantité de lipides se situe à 0,08 g à partir du 7 juillet (début des pontes), quand elle est supérieure à 0,10 g pour les autres sites (figure 20).

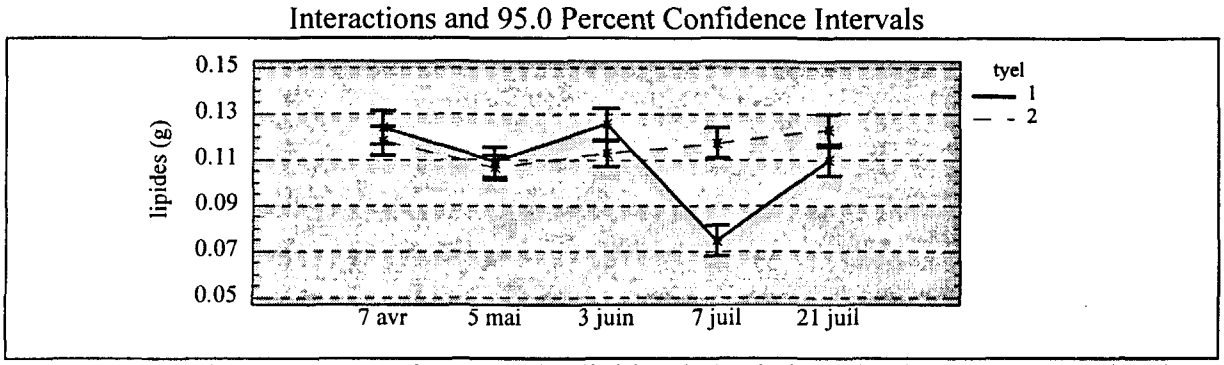



Figure 19 : Evolution au cours du temps des lipides de la chair sèche des huîtres pour les deux types d'élevage. *(1: plat; 2: surélevé).*

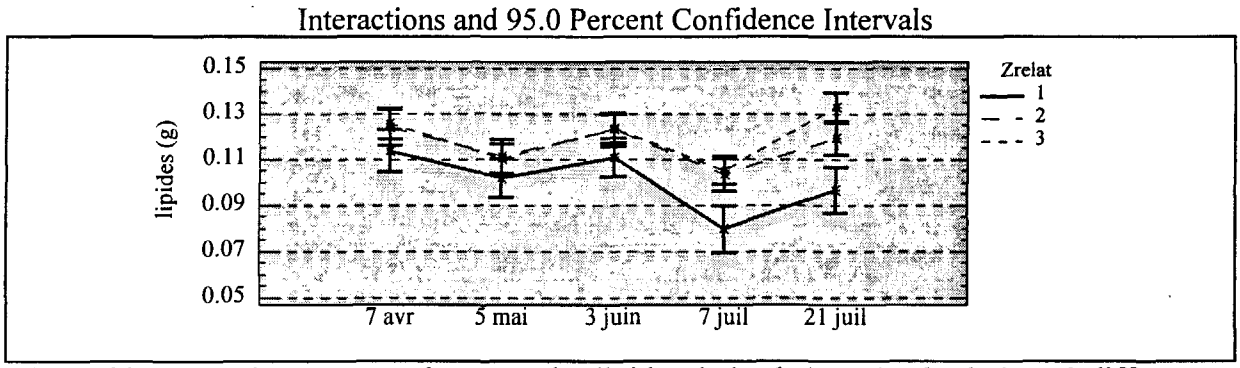



Figure 20 : Evolution au cours du temps des lipides de la chair sèche des huîtres à différentes profondeurs. *(**1**:1,7-2,2 m; **2**: 2,3-2,7 m; **3**: 2,8-3,7 m).*

Les quantités de glucides dans les huîtres évoluent de 0,06 g à 0,12 g du 7 avril au 5 mai pour les élevages sur tables. A partir du 5 mai, la quantité de glucides diminue du fait de la gamétogénèse. L'utilisation des glucides s'accélère entre le 7 juillet et le 21 juillet (figure 21). Les quantités de glucides comme de glycogène, sont alors proche de zéro. A cette période, les huîtres sont dans une situation physiologique qui devient de plus en plus précaire. L'effet conjoint des stress thermiques et la respiration anaérobie durant les périodes d'exondation fragilisent dangeureusement les cheptels d'huîtres. Les quantités de glucides en période de gamétogénèse se situent pour Zrel = 3 à un niveau intermédiaire entre Zrel = 1 et Zrel = 2 (figure 22).

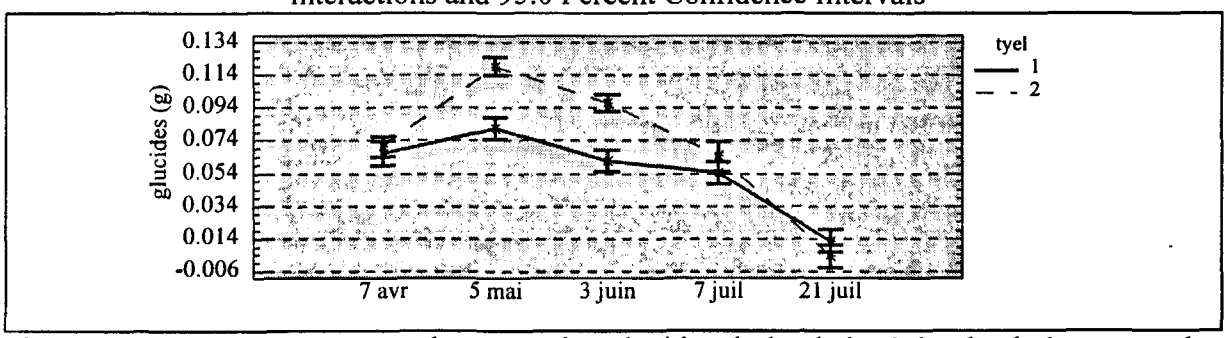



Figure 21 : Evolution au cours du temps des glucides de la chair sèche des huîtres pour les deux types d'élevage. *(1: plat; 2: surélevé).*

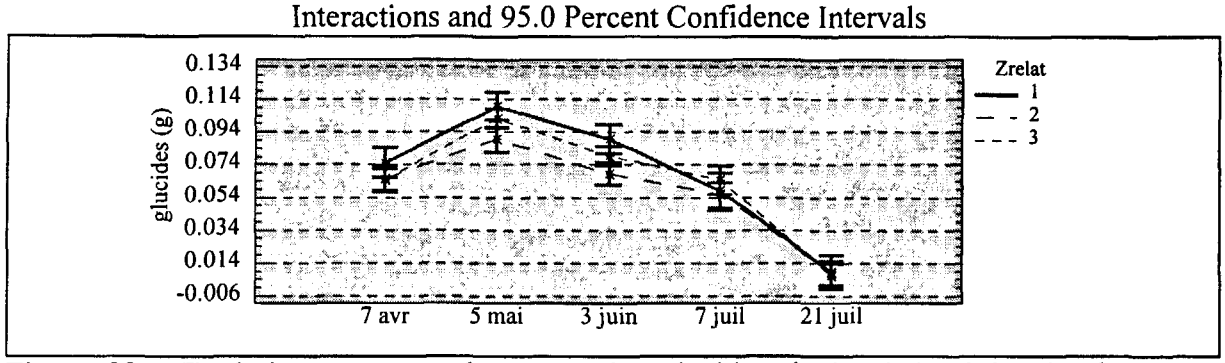



Figure 22 : Evolution au cours du temps des glucides de la chair sèche des huîtres à différentes profondeurs. *(1:1,7-2,2 m; 2: 2,3-2,7 m; 3: 2,8-3,7 m).*

Le glycogène est utilisé plus tardivement que les autres sucres. Les réserves en glycogène continuent à progresser sensiblement, de 0.05 g à 0.07 g du 7 avril au 3 juin pour les élevages sur table, pour chuter ensuite entre le 3 juin et le 21 juillet à des valeurs proches de zéro (figure 23). L'utilisation des réserves de glycogène pour les élevages à plat, commence dès le début mai.

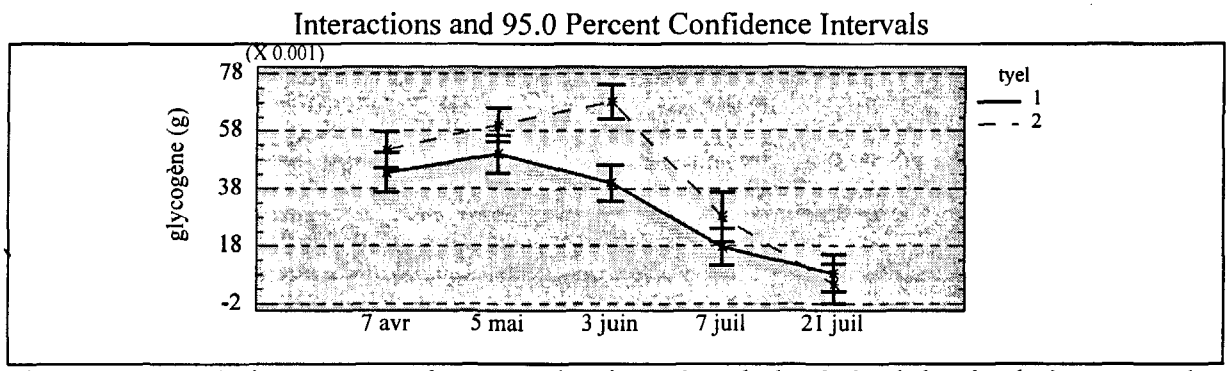



Figure 23 : Evolution au cours du temps du glycogène de la chair sèche des huîtres pour les deux types d'élevage. *(1: plat; 2: surélevé).*

Les profils d'évolution des quantités de sucre et de glycogène sont plus proches pour Zrel = 1 et 3. La profondeur intermédiaire (Zrel =2) semble avoir le profil le plus bas. Le 21 juillet, après ponte, la composition biochimique de la chair des huîtres redevient à peu près équivalente pour les différentes profondeurs et les deux types d'élevage. Seule la quantité de lipides est différente selon la bathymétrie des parcs, avec 0,10; 0,12 et 0,13 g pour les profondeurs respectives : Zrel 1, 2 et 3.

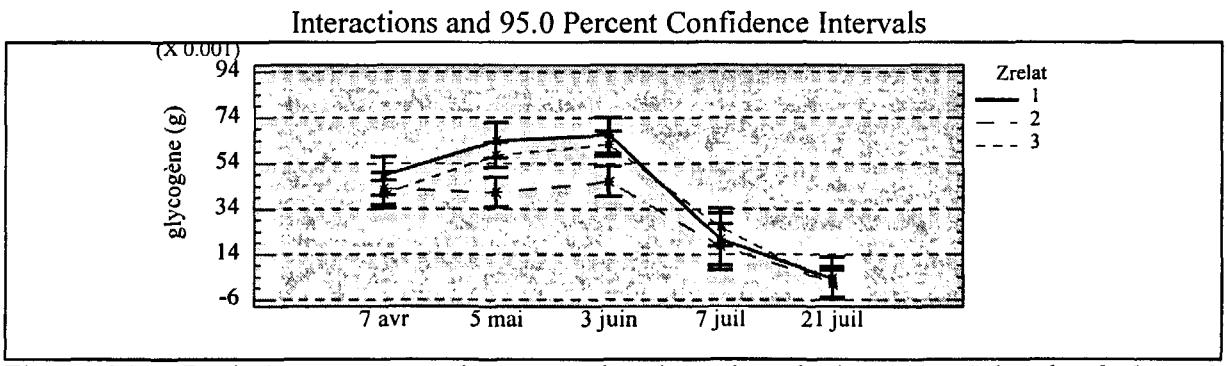



Figure 24 : Evolution au cours du temps du glycogène de la chair sèche des huîtres à différentes profondeurs. *(1:1,7-2,2 m; 2: 2,3-2,7 m; 3: 2,8-3,7 m).*

## (2) Etude des descripteurs expérimentaux

### (2-1) Caractéristiques spatiales des sites expérimentaux

Des relations simples entre les descripteurs de l'environnement permettent d'en réduire le nombre dans les analyses. Le temps d'immersion des parcs est en relation avec l'altitude des parcs :

$$\mathbf{Timm = 114{,}32 - 18{,}85 \times Z \text{ avec } R^2 = 99{,}9} \qquad \mathbf{(1)}$$

Le temps d'immersion moyen des huîtres sur les différents sites, varie entre moins de 50 % (site 2) et 80 % (site 13) pour les élevages sur plat (figure 25). Les élevages sur tables sont entre 30 cm et 50 cm au dessus des élevages sur plat, et les temps d'immersion sont compris entre 45 % (site 2) et 75 % (site 13). Ainsi les élevages sur tables ont un temps d'immersion inférieur de 3 à 10 % par rapport aux élevages à plat.

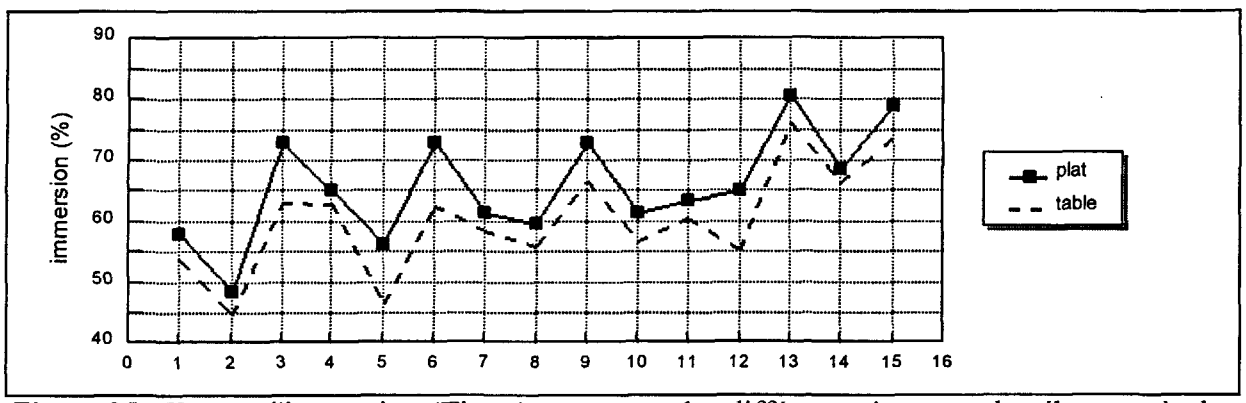



Figure 25 : Temps d'immersion (Timm) moyen sur les différents sites pour les élevages à plat et sur tables

La teneur en eau du sédiment et le carbone sont très liés par la relation :

$$\mathbf{Veau = 1 / (0{,}047 - 0{,}001046 \times Vc) \text{ avec } R^2 = 78{,}3} \qquad \mathbf{(2)}$$

La teneur en eau de la vase est fonction directe de la teneur en carbone. Ces deux descripteurs traduisent la nature du sédiment et précisent l'échelle relative à 3 niveaux mise en place en 1996 (Lodato, 1997). Ainsi peuvent se distinguer les sites vaseux (1,4,7,8,11,14), les sites sablo-vaseux (2,3,5,6,12), et les sites sableux (9,10,13,15) (figure 26; tableau 1). La teneur en eau est un descripteur du site, et donc un descripteur "spatial" de l'environnement. Il connaît peu de variations dans le temps.

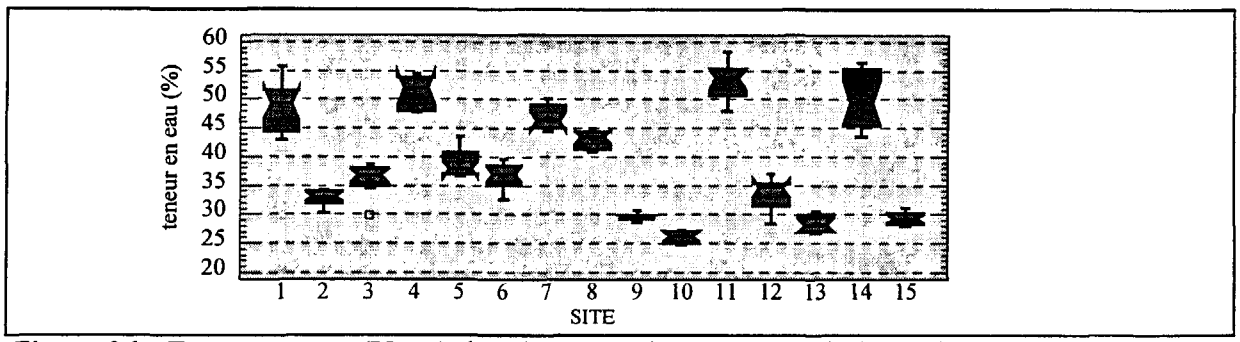



Figure 26 : Teneur en eau (Veau) des sites expérimentaux sur le banc de Ronce. Médianes et quartiles.

Au cours du temps, la teneur en eau de la vase évolue relativement peu. Les fluctuations sur une période de 6 mois sont au maximum de l'ordre de 10 % (figure 27). Pour l'ensemble des sites, la quantité de carbone augmente sensiblement du mois d'avril au mois de juin, pour retomber ensuite sensiblement au cours de l'été (figure 28).

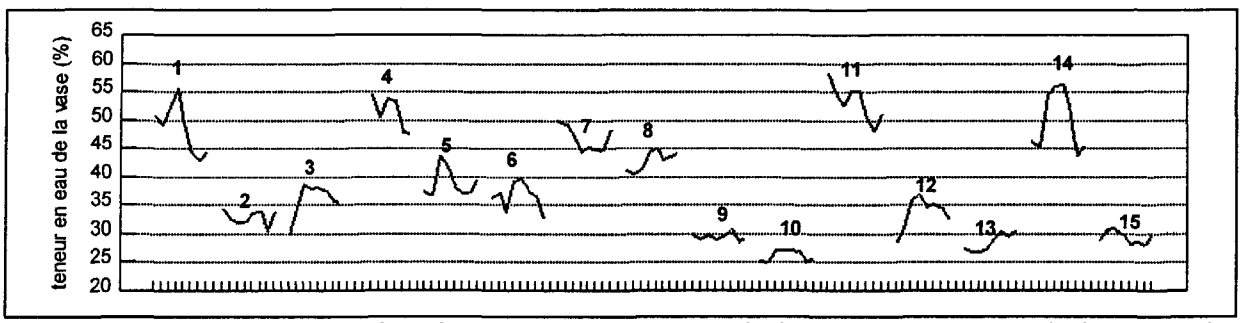



Figure 27 : Teneur en eau des sites expérimentaux sur le banc de Ronce. Evolution dans le temps.

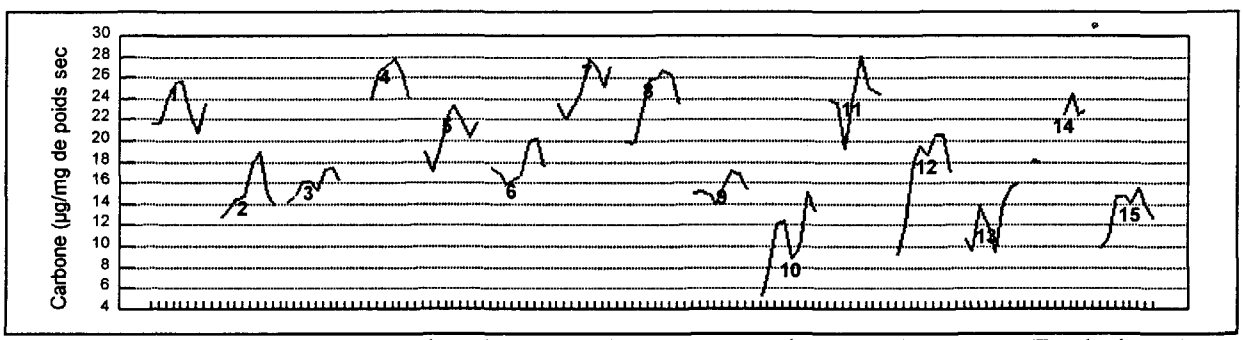



Figure 28 : Teneur en carbone des sites expérimentaux sur le banc de Ronce. Evolution dans le temps.

Occupation des concessions :

Aucune relation directe n'est mise en évidence entre la teneur en carbone sur les sites expérimentaux et l'occupation avoisinante sur les parcs (figures 29 et 30). Celle ci peut-être comprise entre 10 et 30 % sur le site 1 , ou entre 80 % et 100 % sur le site 2 , ou connaître de fortes fluctuations comme sur les sites 8, 9, 10, 12, 13 et 14. Des sites connaissent un "garnissage" printanier (sites 10,12, 14) ou estival (site 13); certains, un "dégarnissage" estivale comme les sites 8 ou 14.

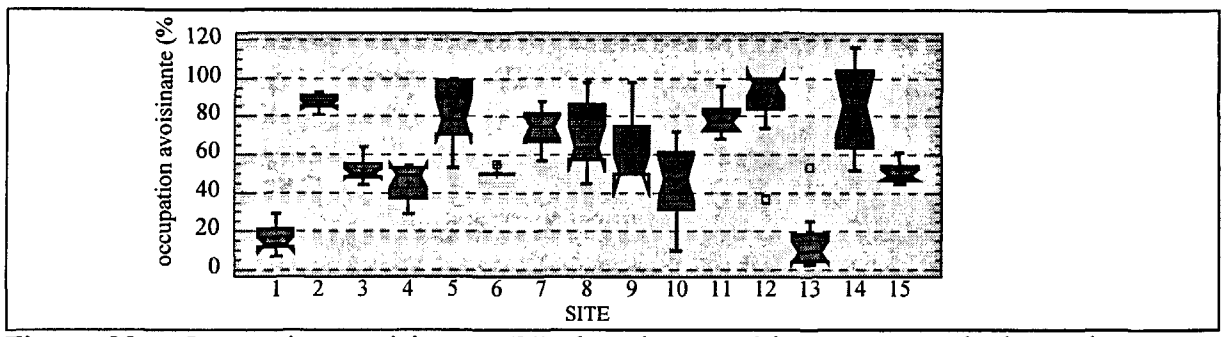



Figure 29 : Occupation avoisinante (%) des sites expérimentaux sur le banc de Ronce. Médianes et quartiles

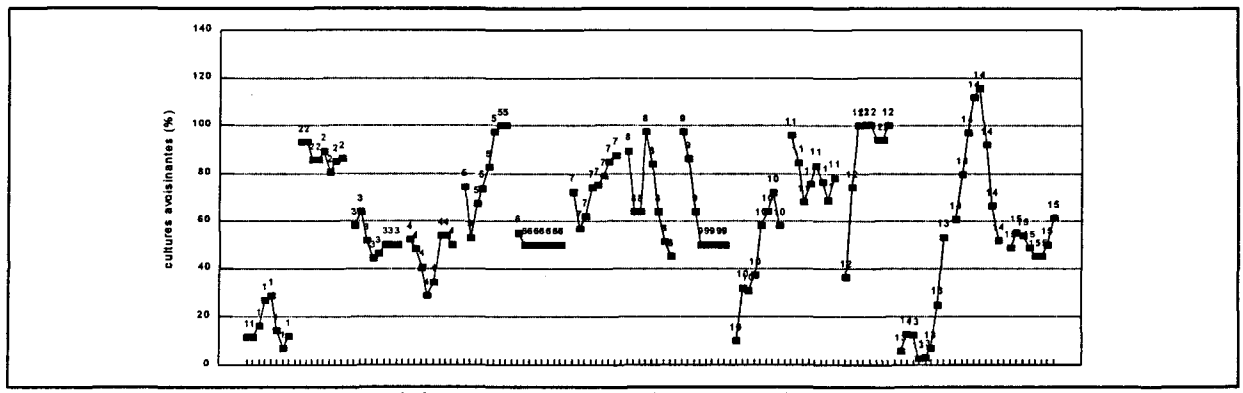



Figure 30 : Occupation avoisinante (%) des sites expérimentaux sur le banc de Ronce. Evolution dans le temps.

Caractéristiques bactériologiques des sédiments :

Les stréptocoques fécaux sont des indicateurs de pollution d'origine terrigène (pluvial). Certains sites sont significativement moins marqués que d'autres, comme les sites 2, 9, et dans une moindre mesure, les sites 4, 5, 10, 12 (figure 31). Le niveau de contamination est plus ou moins important selon le site. D'une façon générale, on note une augmentation de la teneur en stréptocoques de la vase, au cours de l'été, pour la plupart des sites expérimentaux du banc de Ronce (figure 32).

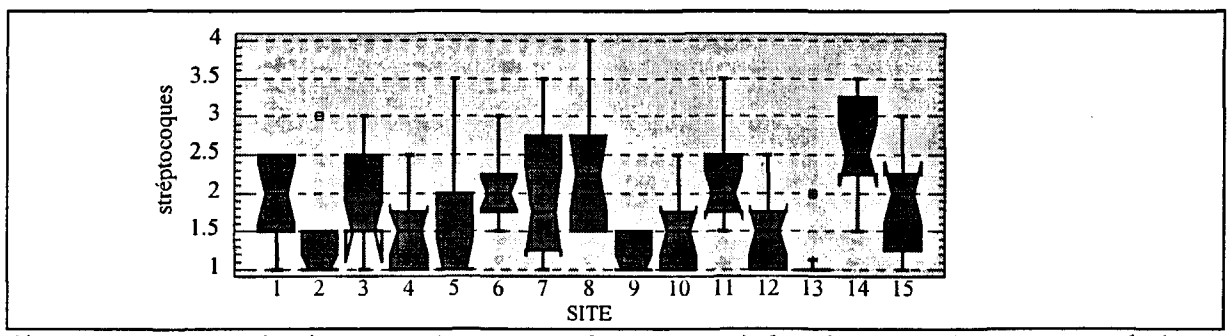



Figure 31 : Contamination en stréptocoques fécaux (Vstr) des sites expérimentaux sur le banc de Ronce. Médianes et quartiles.

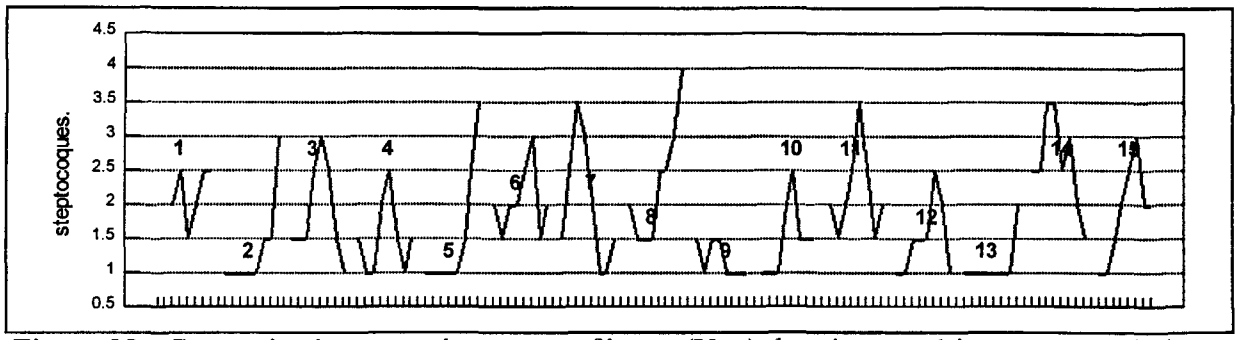



Figure 32 : Contamination en stréptocoques fécaux (Vstr) des sites expérimentaux sur le banc de Ronce. Evolution dans le temps.

Plus de 83 % des mesures de coliformes fécaux sont au niveau 1 de l'échelle relative de concentration (figure 33). Aucune relation ne peut être obtenue dans le temps et dans l'espace concernant ce descripteur. Indicateur d'une pollution tellurique (terrigène) aiguë, ce descripteur n'est pas pris en compte dans la suite de l'analyse.

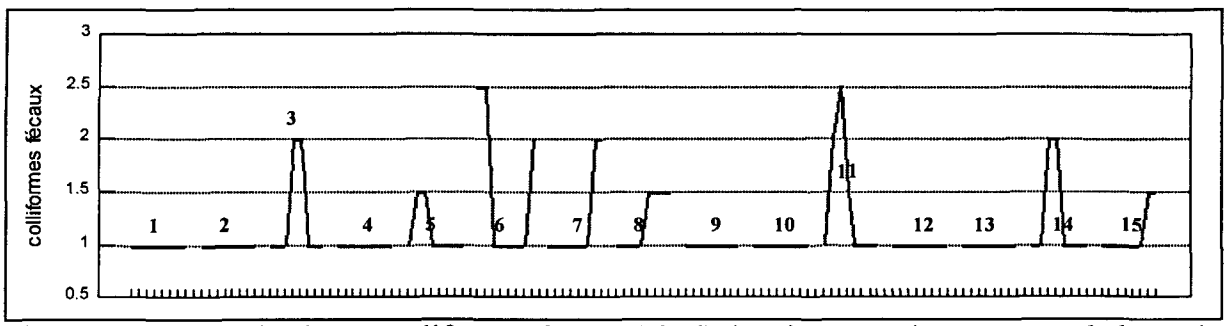



Figure 33 : Contamination en coliformes fécaux (Vcol) des sites expérimentaux sur le banc de Ronce. Evolution dans le temps.

Ainsi, les descripteurs de l'environnement peuvent se réduire aux descripteurs "purement spatiaux": z, x, y et à trois autres descripteurs peu variables dans le temps, mais très variables selon les sites : Veau et Vstrep (caractérisent la vase) et Vocc (plutôt représentatif des pratiques culturales). Ces 6 variables indépendantes caractérisent le site.

## (2-2) Effet de la température sur les sites expérimentaux. Chocs thermiques lors de l'exondation

La combinaison du temps d'immersion (et donc de Z) et de la température et des descripteurs thermiques calculés à partir des sondes positionnées sur les sites (tableau 1, figure 3) caractérisent également ce site (figure 34, 35). A contrario, les descripteurs thermiques calculés à partir des données Météo-France ne caractérisent pas spécialement un site (figure 36), mais décrivent plutôt des conditions thermiques environnementales à plus large échelle. Par contre, la fréquence des pics thermiques d'amplitude supérieure à 2°C ou 10°C par rapport à la moyenne journalière de la température sur le site, est un descripteur caractéristique des sites (figures 34 et 35). Les sites 3, 9 et 15, à la différence des sites 1, 2 et 5, sont des sites relativement stables sur le plan thermique.

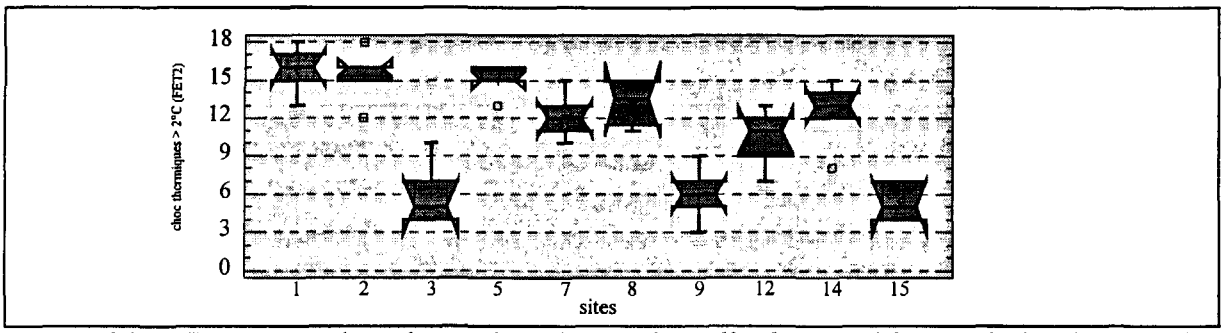



Figure 34 : Fréquence des chocs thermiques d'amplitudes supérieures à 2 °C pour les différents sites. Médianes et quartiles.

Ce résultat est précisé par l'information concernant les pics thermiques positifs sur le sédiment, supérieurs à 10°C (figure 35). Sur les 10 sites équipés d'une sonde thermique, le site 2 est le site le plus "chaud". Suivent ensuite les sites 1, 5, 8; et enfin, les sites 7 et 12. Les huîtres des sites 3, 9, 14 et 15, ne supportent pas de chocs thermiques d'une telle amplitude. Cette information est en parfaite corrélation avec la profondeur des sites, mais précise l'exposition thermique de chaque site.

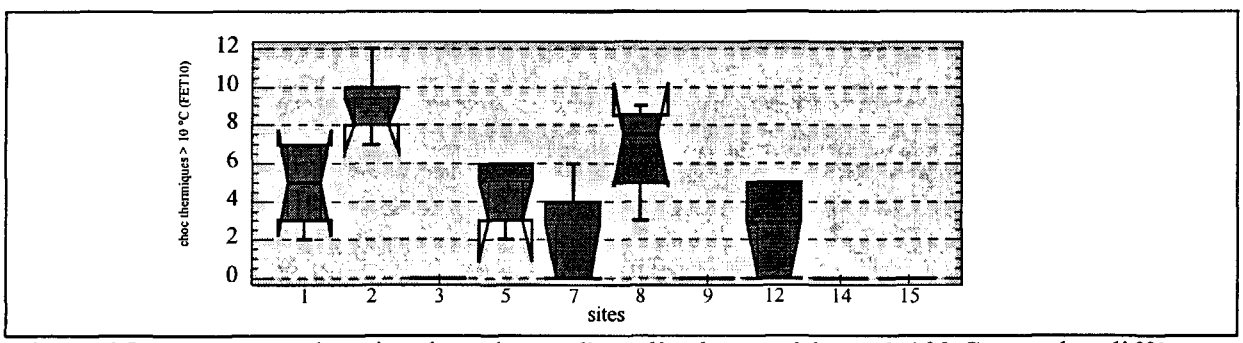



Figure 35 : Fréquence des pics thermiques d'amplitudes supérieurs à 10° C pour les différents sites. Médianes et quartiles.

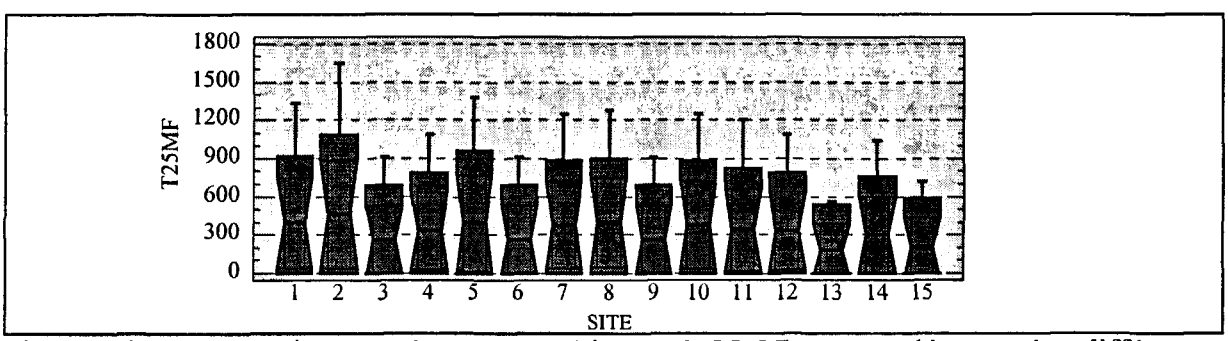



Figure 36 : Somme des températures supérieures à 25 °C et cumulées sur les différentes périodes, pour les différents sites expérimentaux. Médianes et quartiles.

Les informations caractéristiques des sites (données spatiales) sont résumés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Synthèse des caractéristiques spatiales des huîtres.
*(*): Zrel = profondeur relative à 3 niveaux: 1 (1,7 - 2,2 m); 2 (2,3 - 2,7 m); 3 (2,8 - 3,7 m). (**): de la plus courte à la plus longue immersion. (***): de la plus faible à la plus grande valeur.*

| sites | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| sable (1)-vase (3) | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| streptocoques (1-3) | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| occupation (1-3) | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| Zrel (1-3) (*) | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Imm (1-3) (**) | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| FET10 (***) | 3 | 4 | 1 | | 3 | | 2 | 4 | 1 | | | 2 | | 1 | 1 |
| FET2 (***) | 3 | 3 | 1 | | 3 | | 2 | 2 | 1 | | | 2 | | 2 | 1 |

Ces descripteurs environnementaux à dominante spatiale vont être pris en compte comme facteurs explicatifs de la mortalité totale enregistrée sur les sites au terme de l'élevage (cf § mortalité) (tableau 6).

## (2-3) Evolution saisonnière de la température et du potentiel rédox

La température est également un descripteur saisonnier (figures 37 à 41). La moyenne mobile journalière de la température de l'air est comprise entre 9 et 27°C. Un premier pic thermique apparait en début mai, puis en fin mai début juin, quand les températures atteignent 22°C. Une période plus fraîche se rencontre en fin juin, début juillet, quand les températures ne dépassent pas 17°C. Elle marque une discontinuité dans l'évolution croissante saisonnière de la température durant le printemps - été. Puis la température s'élève à nouveau durant la période fin juillet, et août.

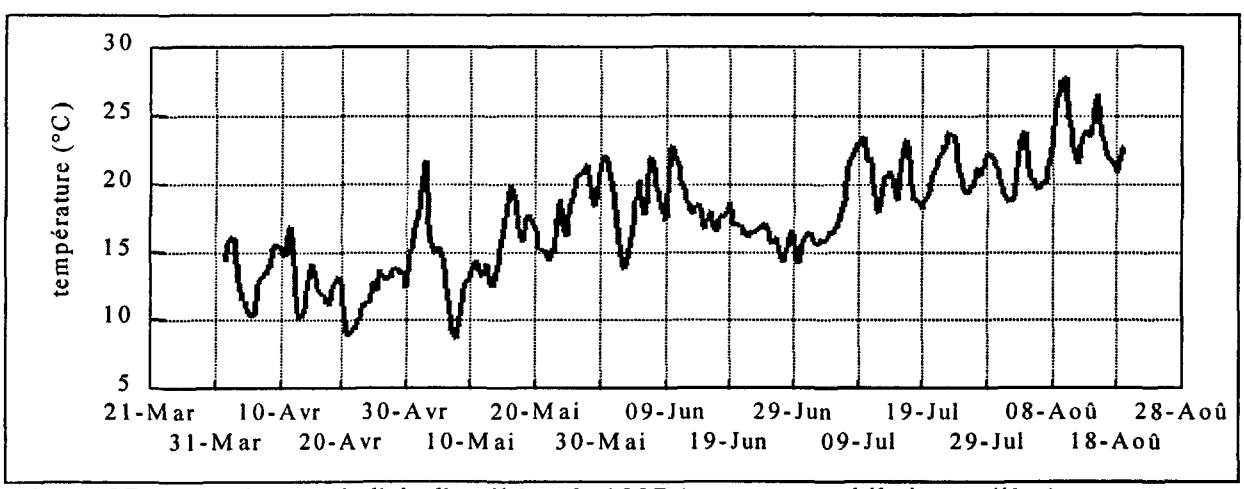



Figure 37 : Température de l'air d'avril à août 1997 (moyenne mobile journalière)

Les figures 38 et 39 précisent les conditions thermiques pour les périodes inter-échantillonnage, respectivement pour des températures cumulées supérieures à 20 et 25 °C. Une périodes "froide" apparait nettement entre le 19 juin et le 7 juillet. Elle introduit une discontinuité très nette dans la figure d'évolution de la température entre le mois de mai et le mois d'août.

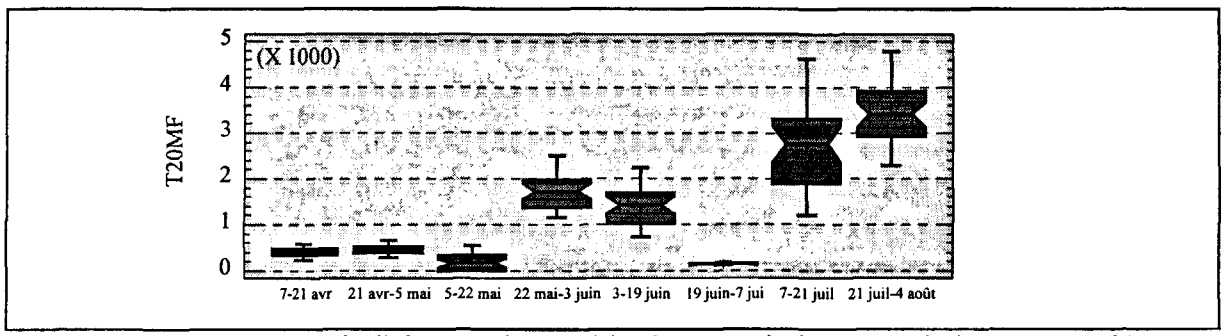



Figure 38 : Température de l'air supérieur à 20 °C, en période d'exondation et cumulée pour les différentes périodes "inter-échantillonnages". Médianes et quartiles.

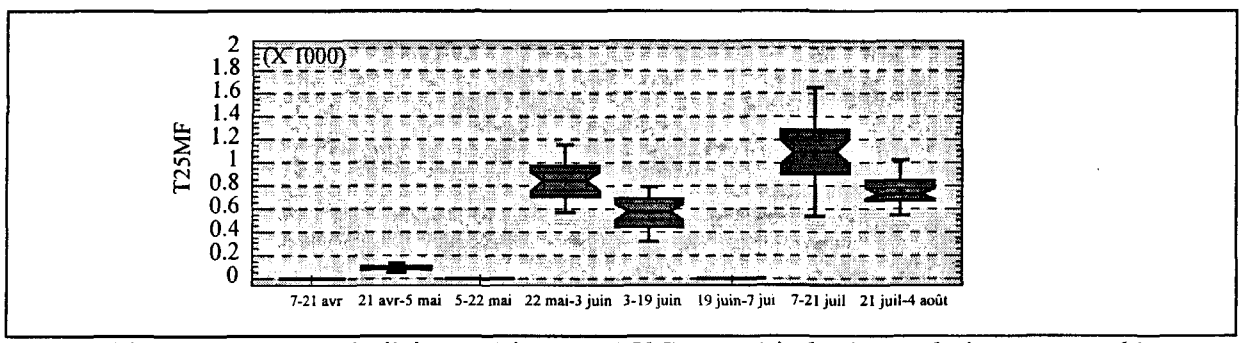



Figure 39 : Température de l'air supérieure à 25°C, en période d'exondation et cumulée pour les différentes périodes "inter-échantillonnages". Médianes et quartiles.

L'analyse des pics de températures supérieures à 10°C par rapport à la moyenne journalière tant en cumul des degrés qu'en fréquence de pics (respectivement figures 40 et 41), montre que les périodes du 22 mai au 19 juin sont les plus contrastées sur le plan thermique

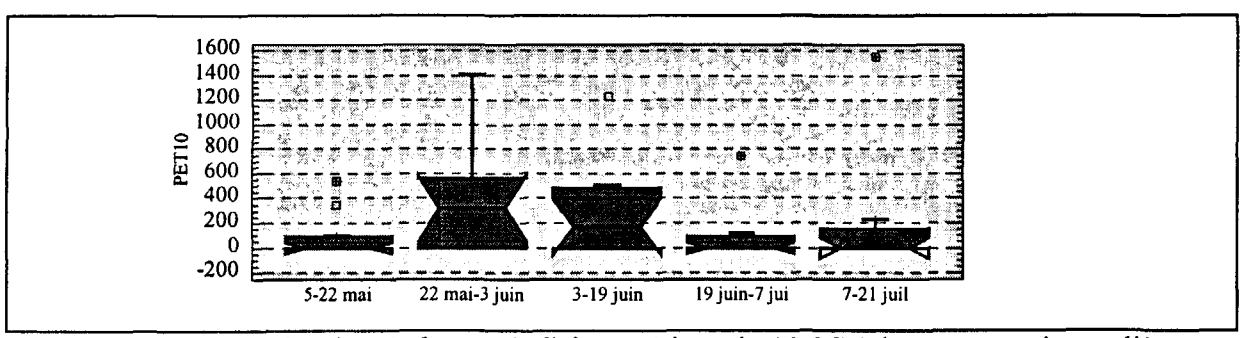



Figure 40 : Somme des degrés-heure de l'air supérieur de 10 °C à la moyenne journalière, en période d'exondation et cumulée pour les périodes "inter-échantillonnages". Médianes et quartiles.

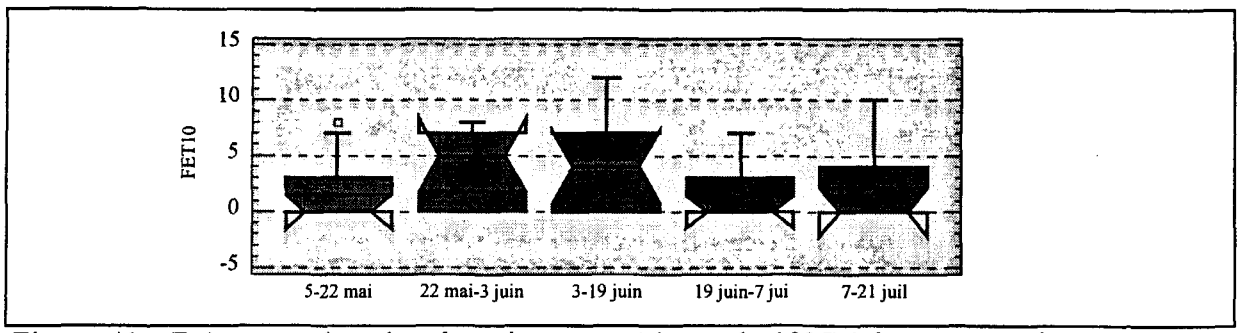



Figure 41 : Fréquence des pics thermiques supérieure de 10°C à la moyenne journalière, en période d'exondation et cumulée pour les différentes périodes "inter-échantillonnages".

Le potentiel d'oxydo-réduction est également un descripteur sous forte influence saisonnière (figures 42 et 43). Les valeurs les plus fortes (-160, -200) sont observées au cours de la première période chaude, dès fin avril, et pendant tout le mois de mai. En juillet, les valeurs ne sont pas aussi forte bien que la température soit supérieure à celle du mois de mai. Une baisse du potentiel d'oxydo-réduction est très nette en juin (- 250).

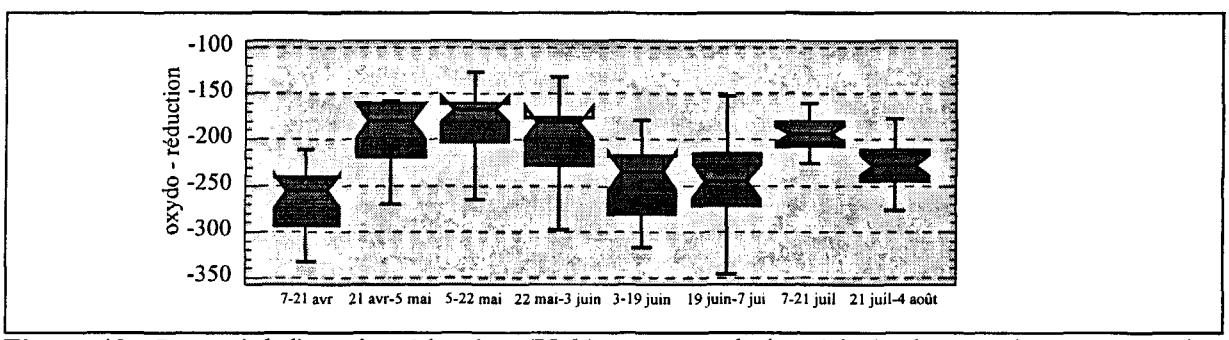



Figure 42 : Potentiel d'oxydo-réduction (Veh) au cours de la période de grossissement sur les bancs de Ronce - Perquis.

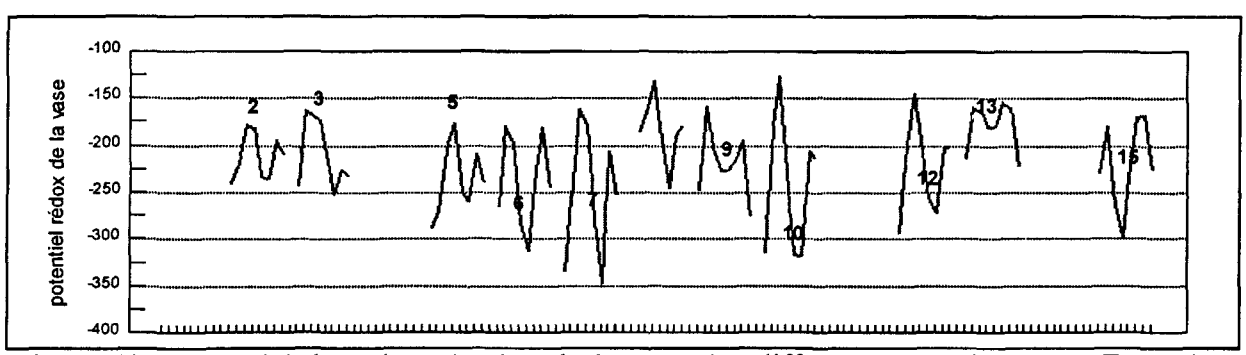
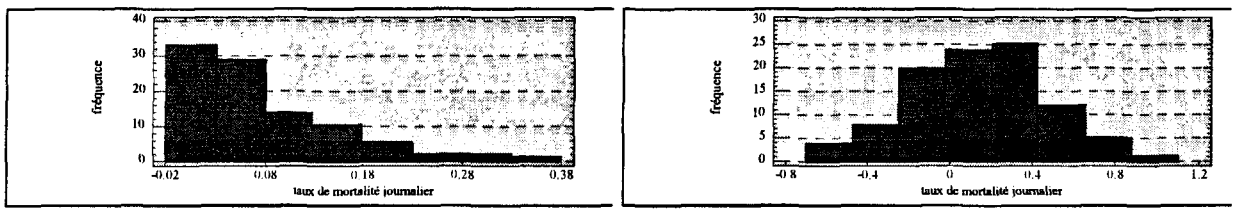



Figure 43 : Potentiel d'oxydo-réduction de la vase des différents sites d'élevage. Evolution dans le temps.

# 3 Mortalités

## (3-1) Nature des descripteurs

La distribution du descripteur "mortalité sur plat" satisfait les conditions de distribution d'une loi normale (figure 44) avec un coefficient de Skewness et Kurtosis qui est compris entre -2 et +2 (tableau 8). Les mortalités mesurées sur les élevages en surélevé ne satisfont pas la loi normale.




A B

Figure 44 : Distribution de la variable : taux de mortalité journalier (TMJ) sur tables (A) et sur le plat (B)

Tableau 8 : tests de normalité sur les variables mortalité sur plat et table.

| | plat | table |
|---|---|---|
| effectif | 75 | 120 |
| test de Skewness (aplatissement) | 0,44 | 5,91 |
| test de Kurtosis (symétrie) | -0,38 | 2,80 |

## (3-2) Mortalité par site (plat et surélevé)

L'analyse des taux de mortalité journaliers (TMJ) est effectuée au moyen du test de rang non paramétrique de Kruskall et Wallis. Le descripteur le plus simple du temps est la période (PERI = 15 jours avec 8 périodes). Le premier descripteur de l' "espace" est le "site" (de 1 à 15). Deux types d'élevages sont concernés : le plat et le surélevé. Aucune différence significative apparaît entre les sites pour le plat et le surélevé (figures 45, 46 et tableau 9).

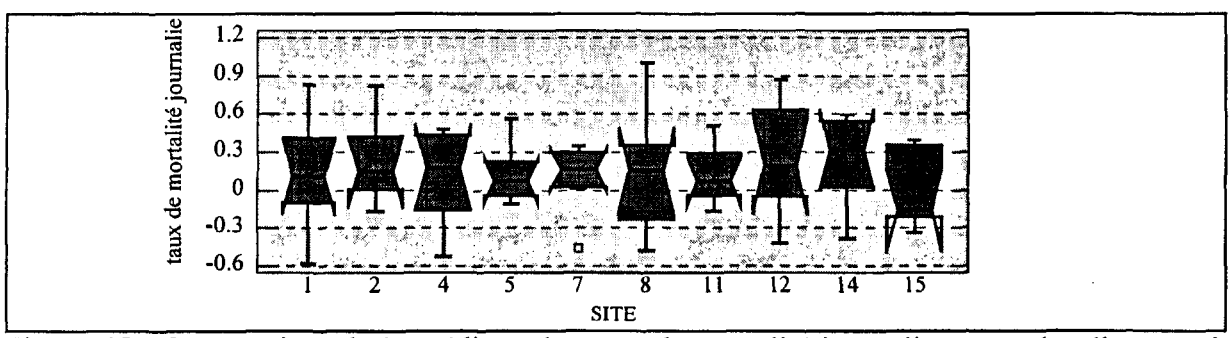



Figure 45 : Comparaison de la médiane des taux de mortalité journaliers pour les élevages à plat et pour les différents sites expérimentaux du banc de Ronce-Perquis.

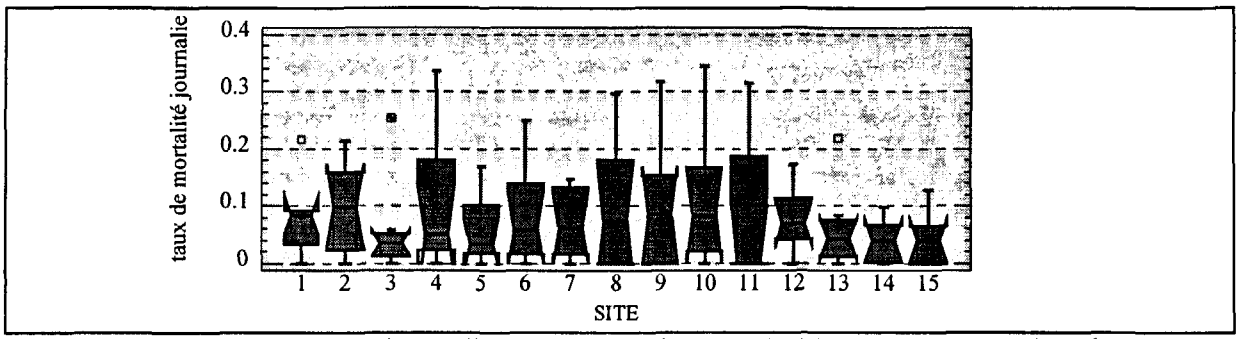



Figure 46 : Comparaison de la médiane des taux de mortalité journaliers pour les élevages en surélevés et pour les différents sites expérimentaux du banc de Ronce-Perquis.

Tableau 9. test de rang de Kruskal-Wallis effectué sur les taux de mortalité journaliers. Effet de la période et des sites expérimentaux.

| facteur | période | | site | |
|---|---|---|---|---|
| | plat | table | plat | table |
| | 0,176 | 0,000 | 0,968 | 0,949 |

## (3-3) Evolution de la mortalité dans le temps (plat et surélevé)

Au cours du temps, pour les élevages à plat, la médiane du TMJ, en dessous de zéro jusqu'au 5 mai (figure 47) se maintient ensuite entre 0,2-0,3. La variabilité des taux de mortalité entre les sites, est très importante pour les périodes du 22/5 au 3/6 et du 7/7 au 4/8.

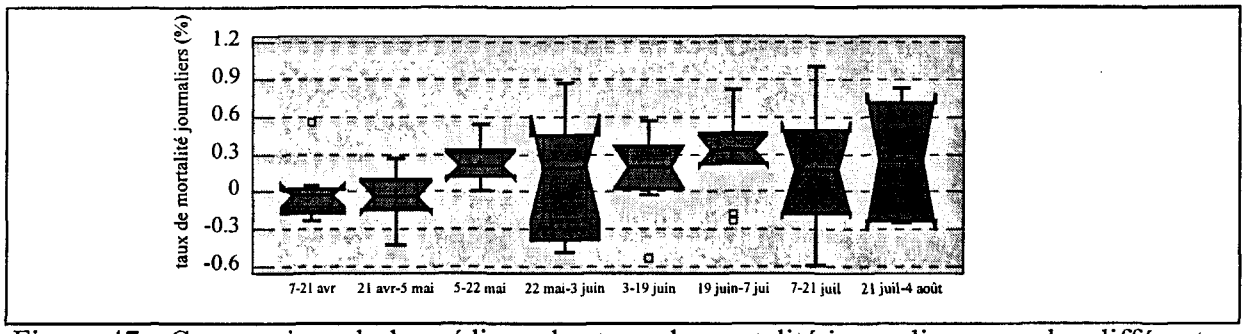



Figure 47 : Comparaison de la médiane des taux de mortalité journaliers pour les différentes périodes d'élevage à plat sur le site expérimental de Ronce-Perquis.

Pour les élevages en surélevé (figure 48), la médiane de mortalité est entre 0-0,04 du 7/4 au 3/6; puis autour de 0,06 du 3/6 au 7/7. La médiane du taux de mortalité est située autour de 0,16 entre le 7 et le 21 juillet. La variabilité est ensuite très importante durant la période de ponte entre le 21 juillet et le 4 août.

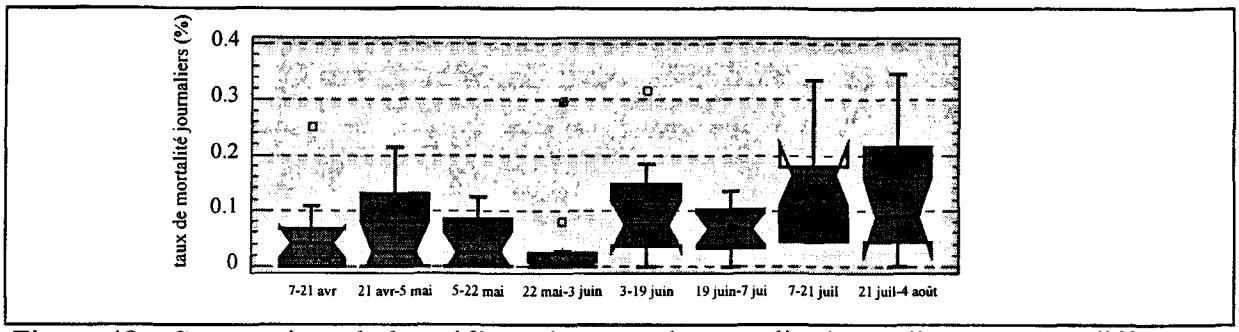



Figure 48 : Comparaison de la médiane des taux de mortalité journaliers pour les différentes périodes d'élevage en surélevés sur le site expérimental de Ronce-Perquis.

Ainsi l'effet "site" sur le taux de mortalité journalier, tant pour les élevages à plat que pour les élevages en surélevé, ne peut être mis en évidence. L'effet de la période est très significatif pour les élevages en surélevé, mais ne l'est plus pour les élevages à plat (tableau 9).

Afin de préciser l'effet des 2 facteurs (PERI et SITE) sur la mortalité des huîtres sur plat (test de normalité positif), une analyse de variance multifacteur est effectuée le TMJ. Ni le site (dimension spatiale), ni la période (dimension temporelle) n'apparaissent significatifs dans cette analyse. Aucune relation spatio-temporelle n'apparaît avec la mortalité et le site (p = 0,33 et 0,95 respectivement pour "péri" et "site".

## (3-4) modèles de régression multi-linéaires (plat et surélevé)

Cette analyse de la mortalité est effectuée à l'aide de régressions multilinéaires, sur la base des taux de mortalité enregistrés durant les différentes périodes d'échantillonnage. Les analyses sont effectuées sur le pas de temps de 30 jours, afin de prendre en compte le descripteur stade de maturité sexuelle (MS). La première analyse est effectuée uniquement sur la base des caractéristiques du site: x, y , z, vc, vstrep et occ (tableau 10), descripteurs "spatiaux" de l'étude. Les modèles ne sont pas significatifs, et le pourcentage expliqué ne dépasse pas 15 % sur plat comme sur table. La deuxième étape de l'analyse, consiste à ajouter le descripteur "temps". La période (peri), représente la succession des périodes, du 25 mars au 18 août. Sur "plat", le modèle n'est pas plus "explicatif". Sur table, l'introduction de la période (PERI) dans le modèle permet de faire "passer" le pourcentage expliqué à 38 %. La troisième étape consiste à rajouter le facteur environnemental "température". Ce descripteur est pris en compte de façon significative pour les élevages sur plat et sur table. Il fait passer la puissance de modèles à 35 % de la variance expliquée pour les élevages à plat, et à 52 % pour les élevages sur table. Le descripteur MS ajouté dans la dernière analyse, se substitue à la température, mais n'augmente pas la puissance du modèle.

Tableau 10 : Descripteurs des modèles explicatifs des TMJ (p <= 0,10) sur tables et sur plat.

| | X | Y | Z | VC | Vstrep | Occ | | | | probabilité (ANOVA) | pourcentage expliqué |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **plat** | | | | | | | | | | 0,40 | 15,3 |
| **table** | 0,10 | | | 0,018 | | | | | | 0,23 | 14,1 |
| | **X** | **Y** | **Z** | **VC** | **Vstrep** | **Occ** | **PERI** | | | | |
| **plat** | | | | 0,10 | | | | | | 0,45 | 16,9 |
| **table** | | | | | | | 0,000 | | | 0,000 | 38,3 |
| | **X** | **Y** | **Z** | **VC** | **Vstrep** | **Occ** | **PERI** | **Temp.** | | | |
| **plat** | | | | | | | | 0,048 (1) | | 0,19 | 35,4 |
| **table** | 0,07 | | | 0,08 | | 0,08 | 0,000 | 0,018 (2) | | 0,000 | 52,2 |
| | **X** | **Y** | **Z** | **VC** | **Vstrep** | **Occ** | **PERI** | **Temp.** | **MS** | | |
| **plat** | | | | | | | | 0,060 (3) | | 0,28 | 26,5 |
| **table** | 0,05 | 0,09 | | 0,09 | | 0,03 | 0,000 | | 0,019 | 0,000 | 48,7 |

Une analyse similaire à partir des données obtenues tous les 15 jours montre que le site n'explique que 5 % de la variabilité. Le facteur "période" n'améliore pas le pourcentage de variance expliquée. Le facteur température fait évoluer ce pourcentage de 8 % et 14 % respectivement pour le plat et les tables. Près de 90 % de la variabilité sur la mesure de mortalité ne peut être expliqué dans cette étude, sur la base des échantillonnages bihebdomadaires, alors que le pourcentage de la mortalité expliquée est supérieure sur la base de l'analyse mensuelle des résultats.

Tableau 11 : Effet du site, de la température et de la période sur les taux de mortalité journaliers (TMJ) sur plat et sur table.

| | plat | table |
|---|---|---|
| effet du site (x,y,z,vc,vstrep,occ) | 5 | 5 |
| effet du site + température | 3 | 9 |
| effet du site + température + peri | 0 | 0 |
| **total** | **8** | **14** |

## (3-5) mortalité des huîtres sur tables. Effet de la température et de la maturité sexuelle

Afin de compléter l'analyse de la mortalité sur table, 3 classes de température et 4 classes de maturité sexuelle sont créées (tableau 1). Les huîtres appartenant à la classe 1 des températures supérieures à 20°C présentent des médianes de mortalité significativement inférieures aux huîtres de la classe 3 (figure 49). L'intervalle de la distribution des taux de mortalité est très étalé pour les classes 2 et 3. Les résultats obtenus avec les classes des températures supérieures à 25°C sont identiques. Une distinction existe également entre les classes 1 et 3.

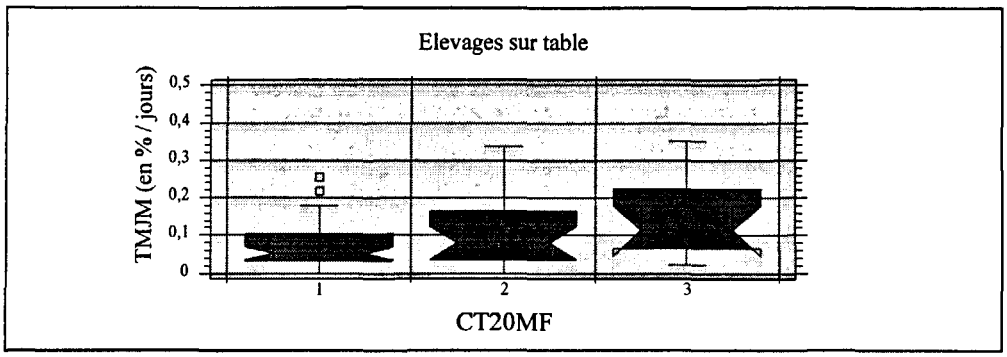



Figure 49 : Taux de mortalité journaliers (TMJ) en fonction des classes des températures supérieures à 20°C (CT20MF).

Les huîtres appartenant aux classes 1 et 4 de stades de maturation sexuelle (tableau 2) présentent des médianes de mortalité significativement supérieures aux huîtres de la classe 2 (figure 50). L'intervalle de la distribution des taux de mortalité est très étalé pour les classes de maturation 1 et 4.

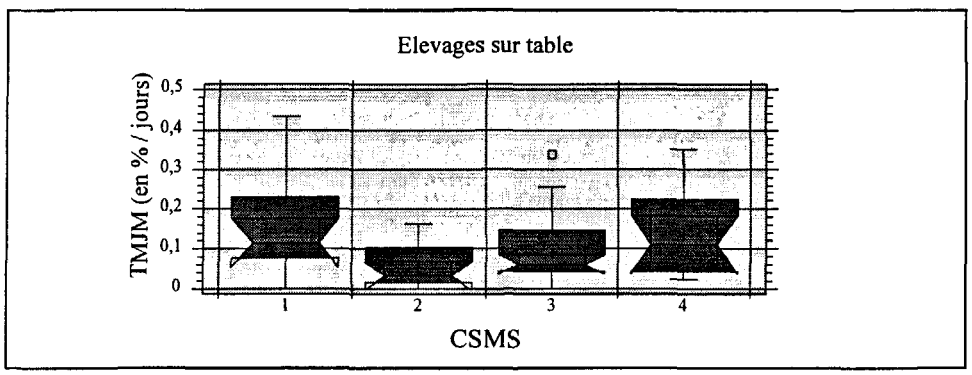



Figure 50 : Taux de mortalité journaliers (TMJ) en fonction des classes de maturation sexuelle (CSMS).

## (3-6) Mortalité cumulée

Dès le 21 Avril, soit un mois seulement après le début de la mise en place des cheptels, la mortalité cumulée pour les élevages à plat est supérieure à la mortalité des élevages sur table (test de Kruskal-Wallis) pour toutes les dates d'échantillonnage. Un test de rang de Kruskal-Wallis met en évidence une différence hautement significative (1 ‰) de la mortalité cumulée au 18 août selon le type d'élevage (figure 51). Le 18 août, les valeurs de mortalités cumulées des élevages à plat pour l'ensemble des sites ateliers, s'étalent de 16 % pour le site 14 à 36 % pour le site 12. Les valeurs de mortalités cumulées des élevages sur table, pour l'ensemble des sites ateliers s'étalent de 6 % pour le site 15 à 17 % pour le site 10.

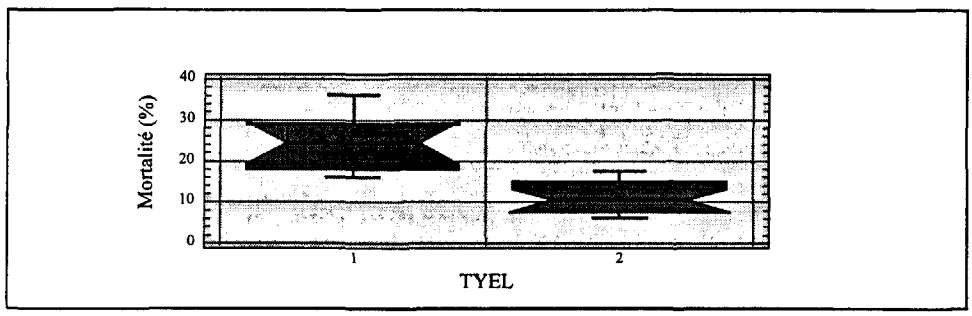



Figure 51 : Médianes, quartiles et intervalles de distribution de la mortalité cumulée au 18 août en fonction du type d'élevage.

A partir de l'étude de l'environnement (chapitre 2), les descripteurs "spatiaux" ont été précisés. Les informations de synthèse du tableau 6 (nature du sédiment, infestation bactérienne, occupation avoisinante et temps d'immersion des parcs) sont considérés comme facteurs à 3 ou 4 modalités pour tenter d'expliquer l'importance de la mortalité globale enregistrée le 21 juillet, le 4 août ou le 18 août (tableau 12). Les analyses de variance à plusieurs facteurs ne permettent pas de faire apparaître un effet significatif de tel ou tel facteur sur la mortalité.

Tableau 12 : Relation entre la mortalité globale (MG), le 21 juillet, le 4 août ou le 18 août (1,2 ou 3) sur plat (P) ou table (T), avec les descripteurs du site.

| sites | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MG1T | 6,36 | 10,51 | 5,88 | 8,67 | 5,22 | 9,52 | 7,75 | 10,81 | 7,42 | 8,51 | 7,36 | 8,85 | 7,39 | 4,46 | 3,28 |
| MG2T | 9,39 | 11,77 | 6,50 | 12,35 | 7,05 | 10,14 | 8,39 | 11,45 | 11,88 | 13,36 | 10,30 | 9,47 | 7,39 | 5,07 | 5,09 |
| MG3T | 12,77 | 14,92 | 7,12 | 14,85 | 8,59 | 10,44 | 8,72 | 13,04 | 16,81 | 17,38 | 11,78 | 10,41 | 7,70 | 6,92 | 6,31 |
| MG1P | 7,59 | | | 12,15 | 14,83 | | 12,75 | 27,81 | | | 20,39 | 18,87 | | 27,59 | 14,52 |
| MG2P | 19,19 | | | 15,58 | 12,05 | | 17,54 | 24,62 | | | 21,00 | 28,81 | | | 10,99 |
| MG3P | 21,15 | | | 20,59 | 16,67 | | 25,81 | 26,87 | | | 32,97 | 36,25 | | | 24,39 |
| sable (1)-vase (3) | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| streptocoques (1-3) | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| occupation (1-3) | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| Zrel (1-3) (*) | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Imm (1-3) (**) | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| FET10 (***) | 3 | 4 | 1 | | 3 | | 2 | 4 | 1 | | | 2 | | 1 | 1 |
| FET2 (***) | 3 | 3 | 1 | | 3 | | 2 | 2 | 1 | | | 2 | | 2 | 1 |
| Imm plat (%) | 57,9 | 48,5 | 72,9 | 65,2 | 56,2 | 72,9 | 61,4 | 59,6 | 72,9 | 61,4 | 63,3 | 65,2 | 80,5 | 68,6 | 78,8 |
| mm table (%) | 53,6 | 44,6 | 63,0 | 62,9 | 46,5 | 62,5 | 58,5 | 55,9 | 66,6 | 56,8 | 60,6 | 55,3 | 75,9 | 66,3 | 73,8 |

# Discussion

**Effet du type d'élevage et de la bathymétrie sur les performances de croissance et de maturité sexuelle.**

En plus de 5 mois, le poids moyen de la coquille des huîtres est passé de 21 g à 28 g pour le plat et 31 g pour les élevages sur tables. Les performances de croissance sont supérieures dans le cadre des élevages en surélevé que sur le plat. Les poids moyens sur l'ensemble de la période d'élevage sont de 25,3 g et 23,7 g pour les coquilles et de 1,15 g et 0,89 g pour les poids sec, respectivement pour les élevages sur table et à plat. Cette différence ne peut être expliquée par la différence d'immersion existant entre les élevages à plat et sur table. La différence d'altitude entre plat et table, de 20 à 50 cm selon les sites, représente en fait une différence d'immersion 4 à 10 % en défaveur des élevages sur table qui voient leur accès à la ressource trophique diminuer. Par contre la situation des huîtres sur les tables, en "surélevé", leur permet un meilleur accès au volume d'eau environnant, quand celui-ci est plus limité pour les huîtres "à plat". D'autre part, la vitesse d'écoulement de la masse d'eau est réduite au niveau du sédiment par des forces de frottement. Dans certaines conditions également, la turbidité peut devenir un facteur limitant de l'activité de filtration de l'huître, au delà de 200 mg $l^{-1}$ par exemple (Raillard, 1991). Ces deux éléments vont également dans le sens d'une diminution de l'accès à la ressource des huîtres à plat par rapport aux huîtres sur tables.
Une comparaison est effectuée à partir des données de croissance obtenues sur le même site (site 9) entre 1987-1994 et 1997 (figure 52). Les performances de croissance sur une période comparable sont plus faibles en 1997 sur la station 9. Cette faible croissance au cours du mois de juillet, n'apparaît pas sur deux autres stations situées à même profondeur (stations 3 et 6). Toutefois, la pente de croissance des élevages en 1997 semble plus faible jusqu'à mi-juin que celle obtenue de 1987 à 1994. La croissance de *C. gigas* peut avoir significativement diminuée sur ce site du fait de l'augmentation de la biomasse filtrante dans le Bassin de Marennes - Oléron et/ou d'une diminution de la capacité trophique du site pendant la période donnée. Par ailleurs, des modifications de l'environnement du bassin sont apparues depuis quelques années (Soletchnik *et al.*, 1998). La réduction de la ressource trophique du fait de l'ensablement du Pertuis de Maumusson peut également contribuer à affecter la croissance des cheptels en élevage.

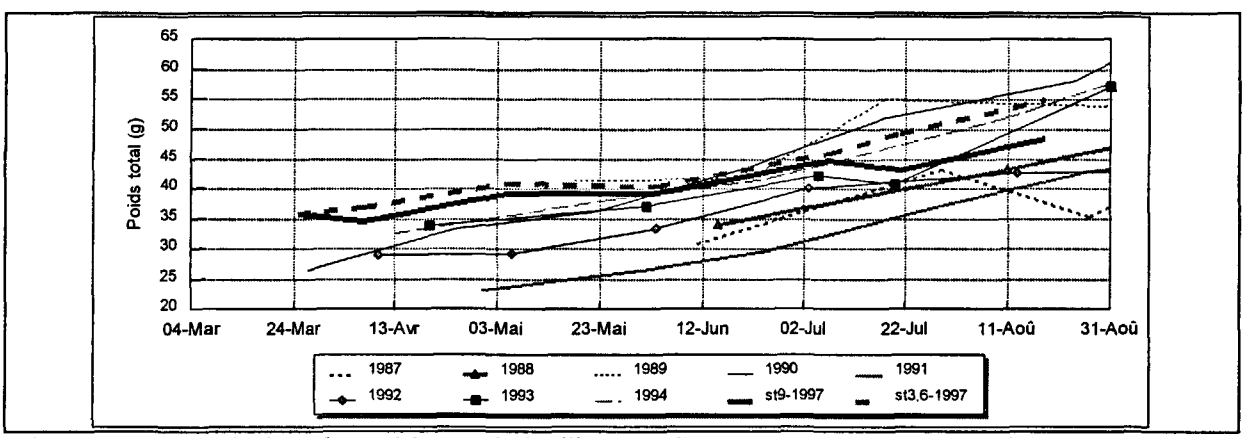



Figure 52 : Evolution du poids total de l'huître *Crassostrea gigas* en 1997 sur 3 stations situées à 2,2 m d'altitude. Comparaison avec des courbes de croissance obtenues sur le site 9 entre 1987 et 1994.

Les résultats de croissance sont cohérents avec l'évolution de la maturité sexuelle selon les deux types d'élevage. En effet, dès fin mai, et en moins de 2 mois, une "avance" de la maturation est observée pour les huîtres sur table. Alors que les degrés-jour cumulés sur le plat sont supérieurs à ceux des huîtres sur table, la maturation est plus rapide sur table que sur le plat. Ce résultat confirme que l'accès à la ressource trophique reste supérieur sur les tables. Par conséquent, même si les huîtres élevées à plat, du fait d'une bathymétrie plus faible, connaissent des temps d'immersion plus prolongés, leur croissance et leur maturation sont inférieures à celles des huîtres élevées sur table. Une relation significative ($p = 0,028$) existe entre la maturité sexuelle et l'immersion pour les élevages sur table (figures 53 et 54). La relation est la suivante le 3 juin :

$$MS = 5,463 + 0,0371 \times Timm \qquad \text{avec } R^2 = 0,51$$

Aucune relation n'a pu être mise en évidence pour les sites à plat (figure 55). Les sites 13 et 15 de la partie nord du banc de Perquis, s'opposent très nettement aux sites 11 et 14 du sud de Perquis. Ainsi pour les élevages à plat, intervient un facteur "supplémentaire" qui ne semble pas exister pour les élevages sur table.

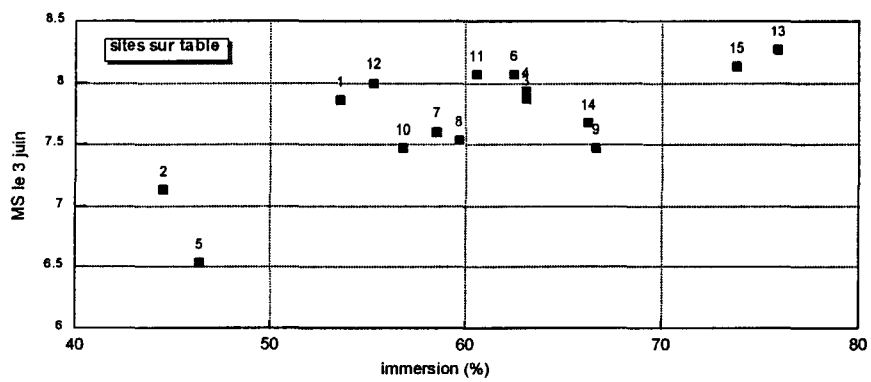



Figure 53 : Stade de maturation sexuelle atteint pour les huîtres des différents sites sur table, en fonction du temps d'immersion des huîtres.

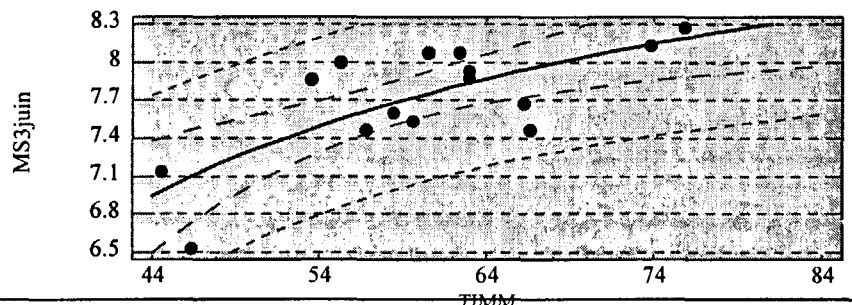



Figure 54 : Relation établie entre le stade de maturation sexuelle et le temps d'immersion pour les huîtres sur table le 3 juin.

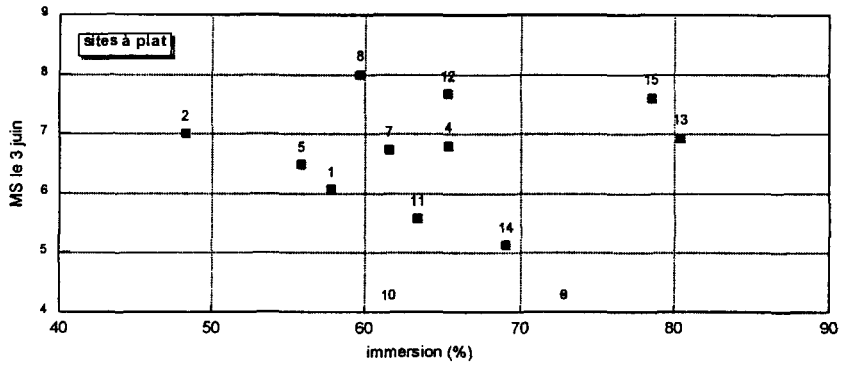



Figure 55 : Stade de maturation sexuelle atteint pour les huîtres des différents sites à plat le 3 juin, en fonction du temps d'immersion des huîtres.

La différence entre les élevages en surélevé et à plat apparaît bien également dans l'évolution de la teneur en glucides de la chair des huîtres. Les élevages sur table doublent pratiquement les réserves de glycogène au cours du mois d'avril, en début de vitellogénèse (+ 95 %), quand les huîtres à plat n'augmentent leurs réserves en sucre que de 20 %. Une deuxième différence importante concerne l'utilisation du glycogène par les huîtres dès le début mai pour les élevages à plat, et pas avant le 3 juin pour les élevages sur table. Ce résultat laisse penser que la maturation des huîtres sur le plat est initiée avant celle des huîtres sur tables. Cette hypothèse, confortée par la somme des degrés-jours cumulés sur la vase, supérieure à celle des huîtres sur tables, n'est pas confirmée par la cinétique d'évolution des stades sexuels des huîtres selon les deux types d'élevage. Par contre, le 21 juillet, avant la ponte principale, la quantité de glucides de la chair des huîtres est proche de zéro, tant sur le plat que pour les tables. Les résultats de croissance se retrouvent au niveau de l'effort de ponte avec une biomasse de gamètes émis de l'ordre de 0,72 g en moyenne pour les huîtres des élevages sur table, contre 0,39 g seulement pour les élevages à plat. Si sur le plat, l'effort de ponte évolue de 0,6 à 0,2 g de poids sec entre les altitude relatives 1 et 2 (respectivement 1,7-2,2 m et 2,3-2,7 m), en accord avec les données de Goulletquer *et al.*, (1987), l'effort de ponte se stabilise ensuite pour les altitudes de 2,8-3,7 m pour les élevages sur tables et à plat. L'étude site par site de la croissance doit permettre de préciser ces résultats et d'étudier au cas par cas les potentialités de chaque site.

La croissance tant en coquille qu'en poids sec est très nettement supérieure dans la gamme d'altitude des parcs de 1,7 à 2,2 m (Zrel = 1) par rapport à l'altitude de 2,3 à 3,7 m (Zrel = 2 et 3). Le poids de coquille est de 32 g le 18 août pour des sites à ¾ de temps d'immersion et plus, alors qu'elle n'est que de 28 g entre ½ et ¾ de temps d'immersion. A contrario de ce qui avait été observé pour la maturité sexuelle (figure 54), une relation positive apparaît entre le temps d'immersion pour les élevages à plat et le poids de coquille en fin d'élevage (figure 56). Cette relation est moins évidente pour les élevages sur tables (figure 57). Des stations atypiques 1, 4, 9 et 14 apparaissent avec des croissances en coquille inférieures. Les stations 10, 6 et 12 s'opposent aux précédentes, avec des performances de croissance de coquille supérieures. Elles s'opposent également par leur situation géographique : les premières sont situées sur la frange côtière quand les secondes sont des stations "du large" situées au nord du banc.

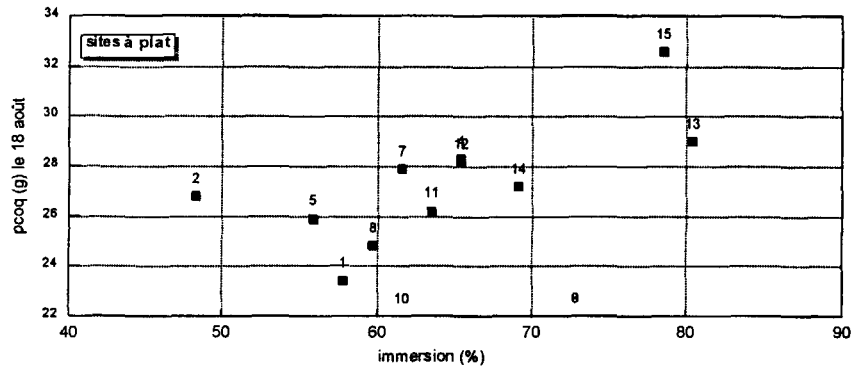



Figure 56 : Relation entre le poids de coquille au terme de l'élevage et le temps d'immersion pour les élevages à plat

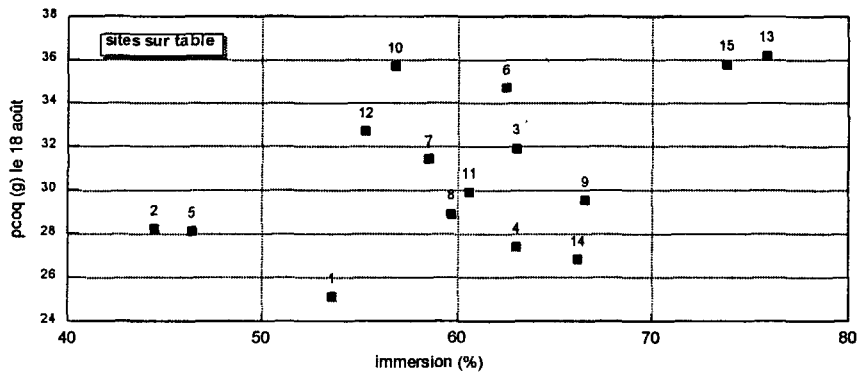



Figure 57 : Relation entre le poids de coquille au terme de l'élevage et le temps d'immersion pour les élevages sur tables

Les temps d'immersion moyens sont de l'ordre de 73 à 82 % pour Zrel=1 contre 72 à 45 % pour les deux autres classes de profondeur. Dans ces conditions, l'accès à la ressource trophique est réduit pour un bon nombre de sites. Au delà du temps d'immersion, il semble donc nécessaire d'intégrer des caractéristiques supplémentaires aux sites. Les performances de croissance des différents cheptels sont considérées le 7 juillet avant le ralentissement de la gamétogénèse. Une relation semble exister entre le poids sec et le temps d'immersion des sites qui confirme l'importance du temps d'accès à la ressource trophique pour la croissance. Toutefois, l'analogie de positionnement des sites expérimentaux, dans la relation poids sec-immersion pour les deux types d'élevage (figures 58 et 59) laisse à penser que d'autres facteurs propres aux sites influent sur les performances de croissance. Ainsi, les résultats des sites 7, 11, 4 et 14 présentent une orientation quasi orthogonale à la relation principale ordonnée de façon similaire pour le plat et les tables. Les sites 13 et 15 correspondent à des sites à la fois "performants" sur plat et sur tables, corrélés à la relation poids-immersion. Géographiquement, et sur le plat en particulier, les sites du banc de Perquis se caractérisent par un fort contraste, entre des sites à 0,8 g de poids sec sur le sud du banc (sites 11 et 14); un site intermédiaire au milieu du banc de Perquis à 1,4 g (site 12), et enfin les sites 13 et 15 au nord du banc, sur lesquels les poids secs moyens le 7 juillet, sont à 1,6-1,8 g. Ainsi, les sites bien décrits par la relation croissance-immersion peuvent être considérés comme "normaux", par opposition aux sites « atypiques » (e.g., 1, 4 et 14). Géographiquement, ils correspondent

aux sites les plus côtiers des bancs de Ronce et Perquis. Une étude détaillée site par site doit permettre de mieux expliquer l'origine de ces disparités importantes qui apparaissent sur un banc ostréicole de 40 ha de surface. Ainsi, qu'il s'agisse de la chair ou de la coquille, les résultats sont concordants concernant la différence de croissance selon l'exposition nord ou sud des parcs.

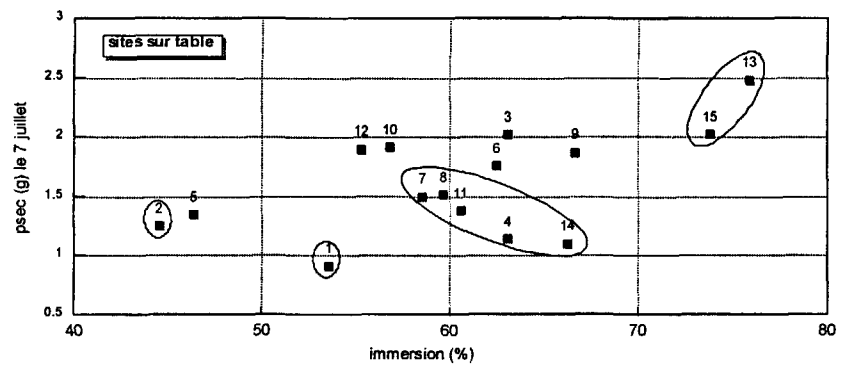



Figure 58 : Relation entre le poids sec et le temps d'immersion pour les élevages sur tables

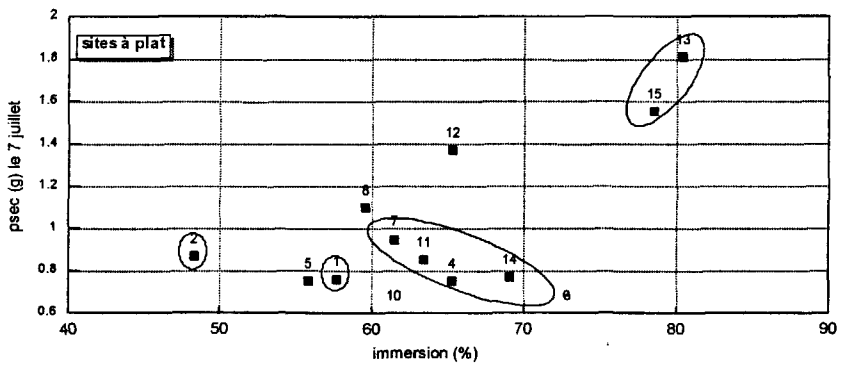



Figure 59 : Relation entre le poids sec et le temps d'immersion pour les élevages sur plat

## Mortalité

Au cours des 5 mois d'élevage, les taux de mortalité ont affecté de façon plus significative les élevages sur plat que les élevages sur table, sans que les raisons de cette différence aient pu être identifiées. A la fin du mois d'août, la mortalité est de 26 % (16-37 %) sur le plat, et de 11 % (6-18 %) sur les tables, soit plus de 2 fois supérieure que sur le plat. Les sites 3, 6, 9 et 13 sont les 4 sites les plus profonds (temps d'immersion supérieurs à 70 %) et sur lesquels les élevages à plat n'ont pas pu être représentés (problèmes d'envasement et d'ensablement). Ainsi la comparaison entre plat et table doit être faite sur les sites où les deux élevages sont présents. D'autre part, l'absence de représentation de ces sites profonds, les plus stables thermiquement révèle un biais de l'échantillonnage mis en place au début de cette expérimentation.

La mortalité (cumulée) des élevages à plat, enregistrée vers la mi-juillet, est comparable en 1997 aux résultats obtenus sur le même site de Ronce et Perquis en 1996 (Lodato, 1997). Les médianes de taux de mortalité sont à 19 % à cette date. En 1996, un phénomène de mortalité aiguë a été observé à partir du 14 juin. Elle a lieu pendant une période où la température était en hausse (+8°C - figure 60) et quand les huîtres ont atteint un stade avancé de maturité sexuelle (figure 61). En 1997, la mortalité a augmenté de manière continue tout au long de l'étude. Il n'y a pas eu de "crise" de mortalité. Toutefois la baisse de température entre le 19 juin et le 7 juillet, au moment où la maturation est la plus avancée, a peut être évité un épisode de mortalité aiguë à cette période.

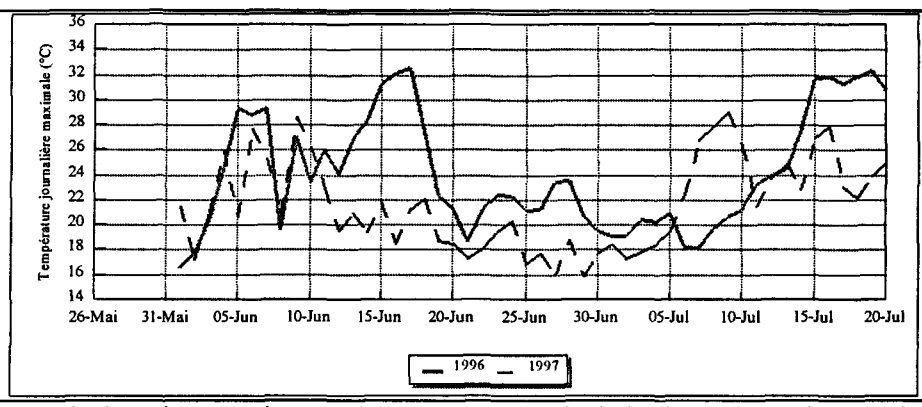



Figure 60 : Evolution des maximum de température de l'air durant la période de maturation avancée des huîtres en 1996 et 1997.

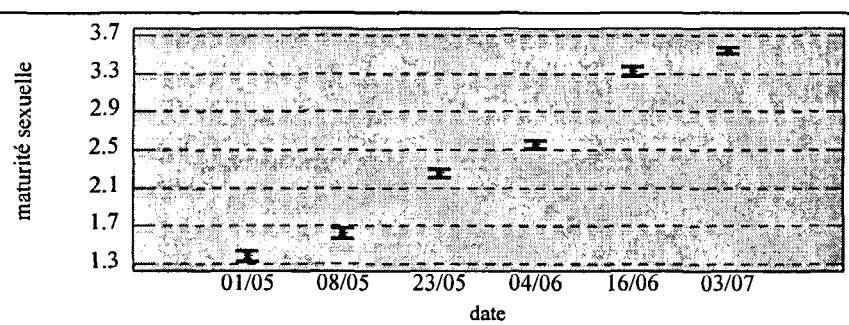



Figure 61 : Evolution de la maturation de *C. gigas* sur les bancs de Ronce et Perquis au cours de l'année 1996.

Le 15 octobre 1997, une dernière mesure de la mortalité a été effectuée à partir de 7 à 10 casiers d'huîtres pour chaque site (élevage à plat) (figure 62). Le test de rang de Scheffe (Statgraphics version 6) effectué sur les sites montre que le site 2, a une mortalité significativement plus faible (23 %) que les sites 1, 11 et 14 avec respectivement 30, 31 et 33 % de mortalité. De plus, le site 14 (33 % de mortalité), connaît une mortalité plus forte que les sites 2, 5 et 8 situés au centre du banc de Ronce. L'imprécision du résultat est importante et peut dépasser 20 % de la moyenne.

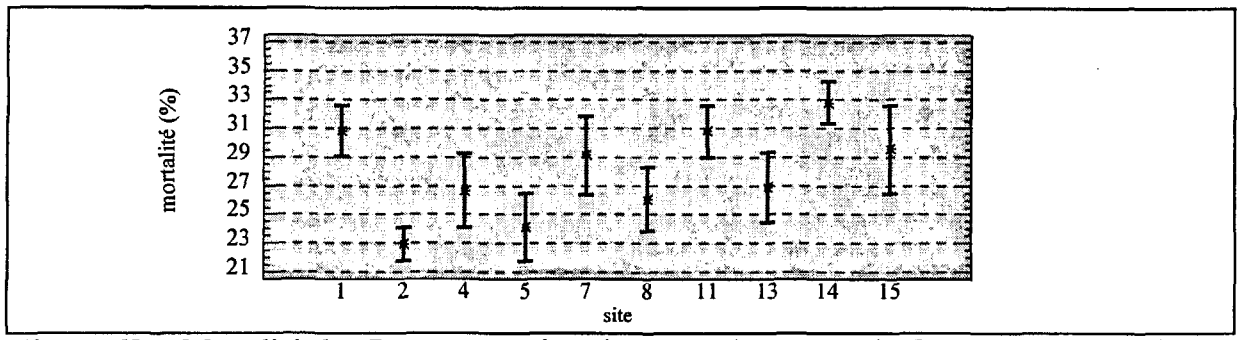



Figure 62 : Mortalité de *C. gigas* sur les sites expérimentaux de Ronce et Perquis le 15 octobre 1997 (7-10 mesures par site).

Les relations entre la mortalité cumulée et l'altitude des parcs ne sont pas significatives ($R^2 = 0,20$ - $0,22$) (figure 63). Toutefois, aucun recouvrement des intervalles des résultats entre les élevages à plat et sur table n'est observé.

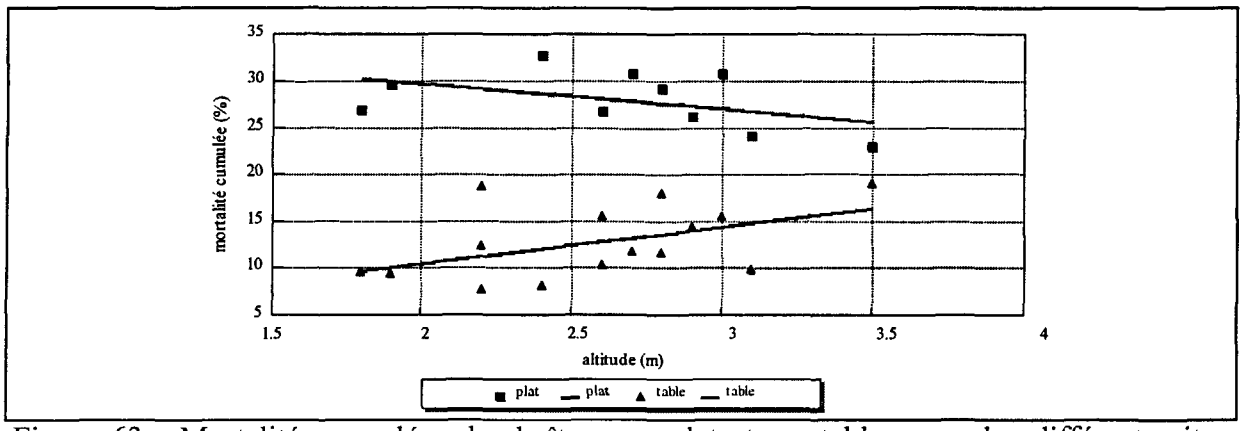



Figure 63 : Mortalités cumulées des huîtres sur plat et sur tables pour les différents sites expérimentaux.

En 1997, la comparaison environnementale des deux types d'élevage concerne la température pour laquelle des différences importantes ont été enregistrées. Les écarts importants apparaissent entre les élevages à plat et sur table lors des pics de température en périodes d'assec. A titre d'exemple, sur une période comprise entre le 3 et le 11 juin, la température dans certaines conditions est de plus de 10°C supérieure sur le plat que sur les tables (figure 64). Si la température moyenne est peu différente entre les deux conditions (de 18,2°C sur plat contre 18,8°C sur table dans cet exemple), les chocs thermiques que subissent les huîtres atteignent 34°C sur le plat, quand ils ne dépassent pas 28°C sur les tables. Sur table, les amplitudes thermiques sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées sous abri par Météo-France. Le sédiment est responsable d'un "effet thermique amplificateur" du fait de l'absorption et la réflexion des rayonnements solaires au niveau du sol. L'accumulation de biodépôts entraîne des modifications géochimiques du sédiment sous-jacent avec une augmentation de la teneur en carbone organique pouvant atteindre 83 % (Sornin *et al.*, 1983). Les études du sédiment ont montré comment la concentration en streptocoques, mais plus encore la teneur en carbone, caractérisent bien les sites, sans qu'aucune relation ait pu être établie avec la mortalité des huîtres à plat.

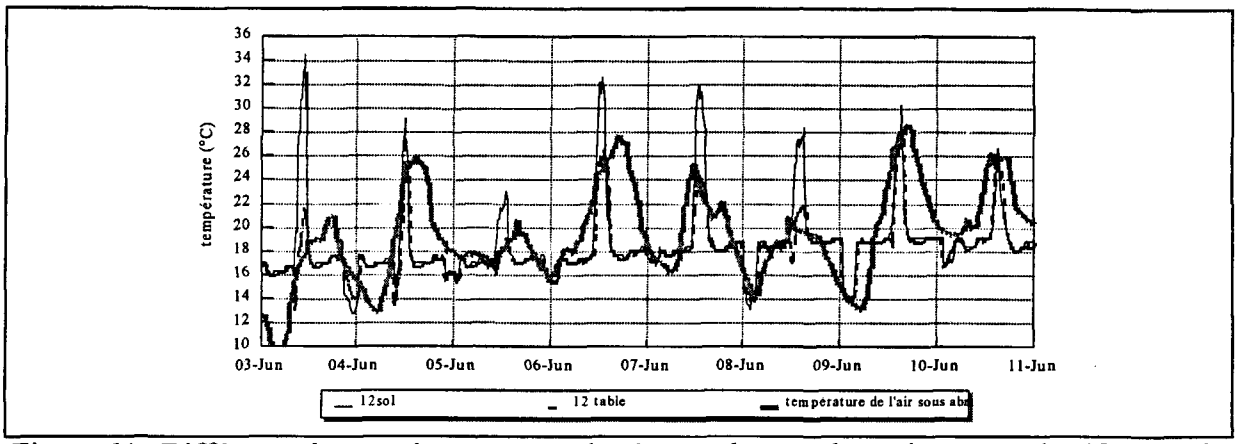



Figure 64 : Différence de températures enregistrées pendant quelques jours sur site 12, entre la température de l'air, sous abri, sur une table ostréicole et au niveau du sédiment.

Des phénomènes locaux d'hypoxie - anoxie peuvent donc être envisagés par le recyclage de quantités importantes de matières organiques et la consommation d'oxygène qu'elle entraîne (Sornin *et al.*, 1983). De plus, après des blooms phytoplanctoniques et en période d'hydrodynamisme faible, le phytoplancton sédimente et induit une consommation d'oxygène supplémentaire qui peut perturber l'environnement (e. g. anoxie à l'interface eau/sédiment). Des mesures des concentrations d'oxygène ont été effectuées au moyen d'une sonde SOLOMAT à 15 cm au-dessus de la surface du sédiment. Du fait de ce positionnement, on peut supposer que les hypoxies observées sont encore plus aiguës au niveau du sol. Consécutivement au manque d'oxygène, la vase devient réductrice favorisant ainsi l'ammonification et la réduction des sulfates en sulfures. Des teneurs en $H_2S$ quatre fois plus importantes ont ainsi été observées dans les zones de cultures intensives d'huîtres (Sornin *et al.*, 1983). Or, d'après une étude effectuée par Ito et Imaï (1995), le dégagement d'$H_2S$ nuit à la filtration des huîtres. La biodéposition concentre les particules (Martin *et al.*, 1989). Tous ces facteurs peuvent contribuer aux taux de mortalité anormaux observés pour les élevages à plat depuis quelques années.

La mortalité saisonnière augmente de façon significative à partir de la première quinzaine de juin pour les élevages sur table, et dès le mois de mai pour les élevages à plat, au moment où l'utilisation des réserves de glycogène devient importante. Si aucun lien n'est établi entre mortalité et performances de croissance pour les élevages à plat et en surélevé, l'évolution dans le temps des cycles biochimiques est différente. L'utilisation des réserves de glycogène par exemple, commence début mai pour le plat, et un mois plus tard (début juin), pour les élevages sur table. Cette réponse est corrélée à l'évolution de la maturation sexuelle du fait de la mobilisation des réserves glucidiques pour la gamétogénèse et de l'utilisation des glucides, dont le glycogène, lors des processus d'anaérobiose pendant les assecs de basses mers. Alors que le temps d'immersion est supérieur pour les huîtres à plat par rapport aux huîtres sur table, les performances de croissance montrent que le bilan énergétique est inférieur pour les élevages à plat. Du fait de ce catabolisme glucidique, les huîtres sont dans une situation physiologique qui devient de plus en plus précaire. L'effet conjoint des stress thermiques et la respiration anaérobie durant les périodes d'exondation fragilisent les cheptels d'huîtres. Cette réponse physiologique est probablement étroitement associée à la plus forte mortalité des élevages à plat par rapport aux élevages sur table. Pour les élevages sur table, l'influence du cycle thermique et du stade de maturation sur le taux de survie (ces deux facteurs étant liés par ailleurs) est mise en évidence dans cette étude. Seule la mortalité particulière au stade 1 de

maturité sexuelle est très probablement associée à la mise en place des cheptels sur les sites expérimentaux.
La relation entre les réponses physiologiques de *C. gigas* et les différents stades de maturité sexuelle a été étudié *in vitro* (Soletchnik *et al.*, 1996 et 1997). La "fragilité" physiologique de l'huître à un stade de maturité sexuelle avancé a donc été confirmée *in situ* dans des conditions environnementales naturelles. De plus, cette "fragilité" est également mise en relation avec le facteur « température ». Récemment, sur la même espèce, Lagarde (1997) a montré comment des stress thermiques de 28°C, identiques à ceux rencontrés dans le milieu naturel pour les élevages à plat, entraînent une augmentation du taux de respiration, au détriment du bilan énergétique de l'huître. Le manque de précision sur la détermination des taux de mortalité limite nos conclusions et un effort doit être consenti dans ce sens.
Si le suivi bactériologique effectué sur les bancs de Ronce et Perquis n'a pas mis en évidence de contaminations aiguës, une contamination ponctuelle de certains sites a été détectée. Les résultats de travaux complémentaires concernant les rejets du réseau pluvial doivent permettre d'expliquer l'origine de cette pollution tellurique.

## Bilan de production

Le 25 mars, 100 kg d'huîtres d'un poids moyen de 36 g (environ 2 700 huîtres) sont éparées sur chacun des sites. Cette année où aucune crise de mortalité aiguë n'a été signalée, la mortalité cumulée, au terme de 5 mois d'élevage, ne dépasse pas 40 % sur les sites d'élevage les plus touchés. Le rendement économique de l'élevage à plat est négatif pour des altitudes supérieures à 2,3 m (environ - 10 %) (tableau 13). Seule la profondeur relative de Zrel = 1 permet un rendement économique positif sur le plat (+ 9,2 %). Malgré cette situation de perte économique, seul le site 1 présente un "taux d'occupation" avoisinant faible (de 20 %). Enfin, pour les élevages sur table, les rendements sont positifs avec 16 à 17 % pour Zrel = 2, 3 et près de 40 % pour les élevages sur tables dont l'altitude est comprise entre 1,7 à 2,2 m (60 à 75 % d'immersion pour ces parcs).

Tableau 13 : Rendement économique de *C. gigas* à différentes profondeurs et pour les élevages à plat et en surélevé.

| type d'élevage | plat | | | table | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Profondeur relative (Zrel) | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Altitude des sites (Z) (m) | (1,7-2,2) | (2,3-2,7) | (2,8-3,7) | (1,9-2,7) | (2,5-3,2) | (3,0-4,2) |
| effectif initial / site (To) | 2780 | 2780 | 2780 | 200 | 200 | 200 |
| biomasse initiale (kg) | 100 | 100 | 100 | 7,2 | 7,2 | 7,2 |
| % survie | 75,6 | 70,1 | 77,4 | 90,3 | 89 | 87,4 |
| effectif final / site | 2100 | 1950 | 2150 | 181 | 178 | 175 |
| poids moyen final (/huître) | 52,0 | 46,1 | 42,6 | 55,3 | 47,5 | 47,7 |
| biomasse finale (kg) | 109,2 | 89,9 | 91,6 | 10,00 | 8,45 | 8,35 |
| **rendement économique (%)** | **+ 9,2** | **- 10,1** | **- 8,4** | **+ 38,8** | **+ 17,3** | **+ 15,9** |

La comparaison de croissance de *C.gigas*, effectuée à différentes profondeurs et sur une même période de temps (tableau 14) montre des résultats cohérents. Les taux de croissance journaliers augmentent avec le temps d'immersion. Les résultats sont très proches pour des

parcs profonds (87-92 mg $j^{-1}$), et présentent une variabilité avec un temps d'immersion croissant.

Tableau 14 : Effet de la profondeur des parcs sur la croissance de *Crassostrea gigas* (poids total)

| | cette étude | Goulletquer *et al.*, 1987 |
|---|---|---|
| nombre de jours d'élevage | 146 | 151 |
| poids moyen initial (g) | 35,83 | 31,55 |
| temps d'émersion du parc (%) | 20 * | 12 |
| | 35 ** | 29 |
| | 42 *** | 46 |
| poids moyen final (g) | 49,3 | 44,7 |
| | 47,4 | 40;6 |
| | 38,2 | 38,8 |
| taux de croissance journalier (mg) | 92,4 | 87,0 |
| | 79,3 | 59,6 |
| | 16,5 | 47,7 |

Les gains de coquille, de poids sec et la production de gamètes (Lucas, 1982) permettent de calculer un rendement biologique approché (tableau 15) (Lucas, 1982). Sans tenir compte de la mortalité, le rendement biologique est nettement supérieur pour les deux types d'élevage, à une altitude de 1,7-2,2 m. Le rendement sur plat est inférieur à celui sur table (coefficient multiplicateur de 0,83). Les bilans de production en Zrel 2 et 3, restent proches à la fois sur plat et sur table. Le rendement, comparé à la référence « table » et Zrel = 1 (100 %), est de 70-75 % sur tables en Zrel = 2, 3, et de moins de 40 % pour le plat en Zrel = 2, 3.

Tableau 15 : Rendement biologique de *C. gigas* à différentes profondeurs et pour les élevages à plat et en surélevé (par individu et sans tenir compte de la mortalité).

| type d'élevage | plat | | | table | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Profondeur relative (Zrel)<br>Altitude des sites (Z) (m) | 1<br>(1,7-2,2) | 2<br>(2,3-2,7) | 3<br>(2,8-3,7) | 1<br>(1,9-2,7) | 2<br>(2,5-3,2) | 3<br>(3,0-4,2) |
| gain de coquille (g) (146 jours) | 9,76 | 6,37 | 4,62 | 12,58 | 8,13 | 8,47 |
| gain de coquille (Kj) (1) | 12,88 | 8,41 | 6,10 | 16,61 | 10,73 | 11,18 |
| gain de chair sèche (g) (146 j)(*) | 0,70 | 0,35 | 0,17 | 0,73 | 0,46 | 0,46 |
| gain de chair sèche (Kj) (2) | 14,21 | 7,11 | 3,45 | 14,82 | 9,34 | 9,34 |
| effort de ponte (g) | 0,62 | 0,18 | 0,37 | 0,80 | 0,62 | 0,74 |
| effort de ponte (Kj) (3) | 15,44 | 4,48 | 9,21 | 19,92 | 15,44 | 18,43 |
| rdt biologique (Kj $ind^{-1}$) | 42,53 | 20,00 | 18,76 | 51,35 | 35,51 | 38,95 |

*(1): 6-7 % de matière organique dans la coquille x 20,3 $J.mg^{-1}$ = 1,32 $J.mg^{-1}$ ; (2): 20,3 $J.mg^{-1}$; (3): 24,9 $J.mg^{-1}$ (Deslous-Paoli et Héral, 1988).(*) calculé juste avant la ponte.*

Le calcul du rendement biologique net (tableau 16) prend en compte la perte énergétique occasionnée par la mortalité ayant affecté les différents sites. Ainsi, le gain (KJ $ind^{-1}$ vivant) correspond au rendement biologique brut calculé dans le tableau 15. Le rendement calculé pour chaque population présente des écarts encore plus importants que pour le rendement biologique brut (tableau 15). Dans cette situation, en référence à la meilleure performance (118 Kj pour table et Zrel = 1), les rendements des autres sites sur table atteignent 65-70 % de

cette valeur. Sur plat, le rendement en Zrel =1 est à 63,45 Kj, soit 50 % du rendement sur table et Zrel = 1. Enfin, les rendements à plat en Zrel = 2, 3 , sont respectivement de 16 et 7 fois inférieurs au rendement sur table avec Zrel = 1.

Tableau 16 : Rendement biologique "net" (avec mortalité) de *C. gigas* à différentes profondeurs et pour les élevages à plat et en surélevé.

| type d'élevage | plat | | | table | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Profondeur relative (Zrel) | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Altitude des sites (Z) (m) | (1,7-2,2) | (2,3-2,7) | (2,8-3,7) | (1,9-2,7) | (2,5-3,2) | (3,0-4,2) |
| effectif initial / site (To) | 2780 | 2780 | 2780 | 2780 | 2780 | 2780 |
| poids sec initial (g) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| poids sec initial (Kj) | 10,15 | 10,15 | 10,15 | 10,15 | 10,15 | 10,15 |
| poids de coquille initial (g) | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 |
| poids de coquille initial (Kj) | 27,85 | 27,85 | 27,85 | 27,85 | 27,85 | 27,85 |
| perte (Kj $ind^{-1}$ mort) | 38,00 | 38,00 | 38,00 | 38,00 | 38,00 | 38,00 |
| % survie | 75,6 | 70,1 | 77,4 | 90,3 | 89 | 87,4 |
| effectif final / site | 2100 | 1950 | 2150 | 2510 | 2470 | 2430 |
| gain (Kj $ind^{-1}$ vivant) | 42,53 | 20,00 | 18,76 | 51,35 | 35,51 | 38,95 |
| effectif mort | 680 | 830 | 630 | 270 | 310 | 350 |
| gain énergétique (population vivante)(x $10^3$ Kj) | 89,29 | 39,00 | 40,33 | 128,89 | 87,71 | 94,65 |
| perte énergétique (population morte)(x $10^3$ Kj) | 25,84 | 31,54 | 23,94 | 10,26 | 11,78 | 13,30 |
| rdt biologique net (x $10^3$ Kj) (1) | 63,45 | 7,46 | 16,39 | 118,63 | 75,93 | 81,35 |

*(1) pour une population initiale de 100 kg.*

Le rendement biologique laisse apparaître une perte sèche pour les élevages à plat sur les sites peu profonds (majorité des bancs de Ronce et de Perquis). Les rendements biologiques qui prennent en compte l'énergie libérée dans le milieu sous forme de gamètes restent positifs quels que soient les sites sur tables mais également sur plat. Ce rendement est toutefois 16 fois inférieur à plat entre 2,3-2,7 m d'altitude par rapport aux élevages sur table entre 1,9-2,7 m.

## Approche spatio-temporelle

Trois axes apparaissent dans cette étude : (1) La relation avec le type d'élevage est une relation de type "conjoncturelle", associée à la tradition ostréicole ; (2) La relation avec la bathymétrie est une relation "spatiale" (selon x, y et z) avec le site d'élevage et avec la température sur le site. Cette relation prend en compte les différences de profils thermiques qui peuvent exister en fonction des sites, de leur bathymétrie (et donc des temps d'émersion et d'immersion des cheptels d'huîtres), et de l'accès à la ressource alimentaire ; (3) L'aspect temporel. Elle permet de prendre en compte de nombreux phénomènes trophiques comme la saisonnalité d'apparition des blooms phytoplanctoniques, la saisonnalité thermique, la saisonnalité de la maturation sexuelle.

La dimension spatiale est principalement étudiée selon l'axe Z, soit la bathymétrie. La température sur les sites (principalement liée aux différences d'émersion et d'immersion), et l'accès à la ressource alimentaire sont les deux variables principales liées à cette dimension

spatiale qui affectent majoritairement la croissance de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Ce sont les deux variables forçantes qui interviennent dans les modèles biologiques de *C. gigas* (Bougrier, 1995 ; Barillé, 1996). En période de maturation sexuelle, on retrouve l'importance de cette dimension (Z) pour le déroulement de la gamétogénèse.
Au stade actuel de l'analyse, une carence existe dans l'étude selon les deux axes X et Y (situation géographique). Concernant la mortalité, il semble que la dimension temporelle ait plus d'importance que la dimension spatiale, et en particulier "géographique" (site). L'échantillonnage temporel est bien cerné en 1997 au moyen de 8 périodes d'échantillonnage d'un pas de temps de 15 jours environ. L'échantillonnage des 15 points expérimentaux est assuré en 1 seul journée, avec 6 personnes, ce qui correspond à un effort d'échantillonnage important. Ainsi, l'échantillonnage temporel ne peut être resserré pour des raisons techniques.
Tous les processus biologiques sont étroitement associés à cette échelle temporelle, en positif comme l'apport trophique (alimentaire), la température saisonnière, le développement de la gamétogénèse, ou en négatif comme l'excès de température (stress thermique) associé à un stade de maturation et/ou une faible teneur en glycogène.

# CONCLUSION

## Comparaison des stratégies expérimentales mises en place en 1996 et 1997

Les deux années 1996 et 1997 se distinguent tant par la stratégie que par l'effort d'investigation consenti. En 1996, l'effort d'investigation a surtout porté sur l'étude de lots, et principalement leur "historique zootechnique", avant la mise en élevage en grossissement sur le banc de Ronce-Perquis (figure 65). Les descripteurs étudiés concernent le lieu, la date, la durée des étapes des élevages traditionnels d'huîtres (e.g., captage, « battage », prégrossissement). Ainsi l'objectif principal de l'étude conduite en 1996 était de mettre en évidence un profil historique d'élevage, voir une dérive éventuelle de la gestion des élevages, pouvant influer sur la mortalité rencontrée sur le banc de Ronce. Seulement trois échantillonnages ont été effectués au cours du printemps-été 1996, mais sur un très grand nombre de parcs professionnels (48 sites en 1996). Devant l'absence de corrélations obtenues en 1996, et face aux difficultés méthodologiques d'échantillonnage de la mortalité sur des populations très hétérogènes, l'axe de recherche privilégié en 1997 a pris en compte un nombre de sites plus restreint (15 sites) sur lesquels ont été distribuées les huîtres en provenance d'un lot parfaitement homogène en mars 1997. Croissance et maturité sexuelle sont échantillonnés 8 fois. La mortalité sur plat et sur table ainsi que les descripteurs de la vase, sont échantillonnés 14 fois sur la période d'étude (figure 66).

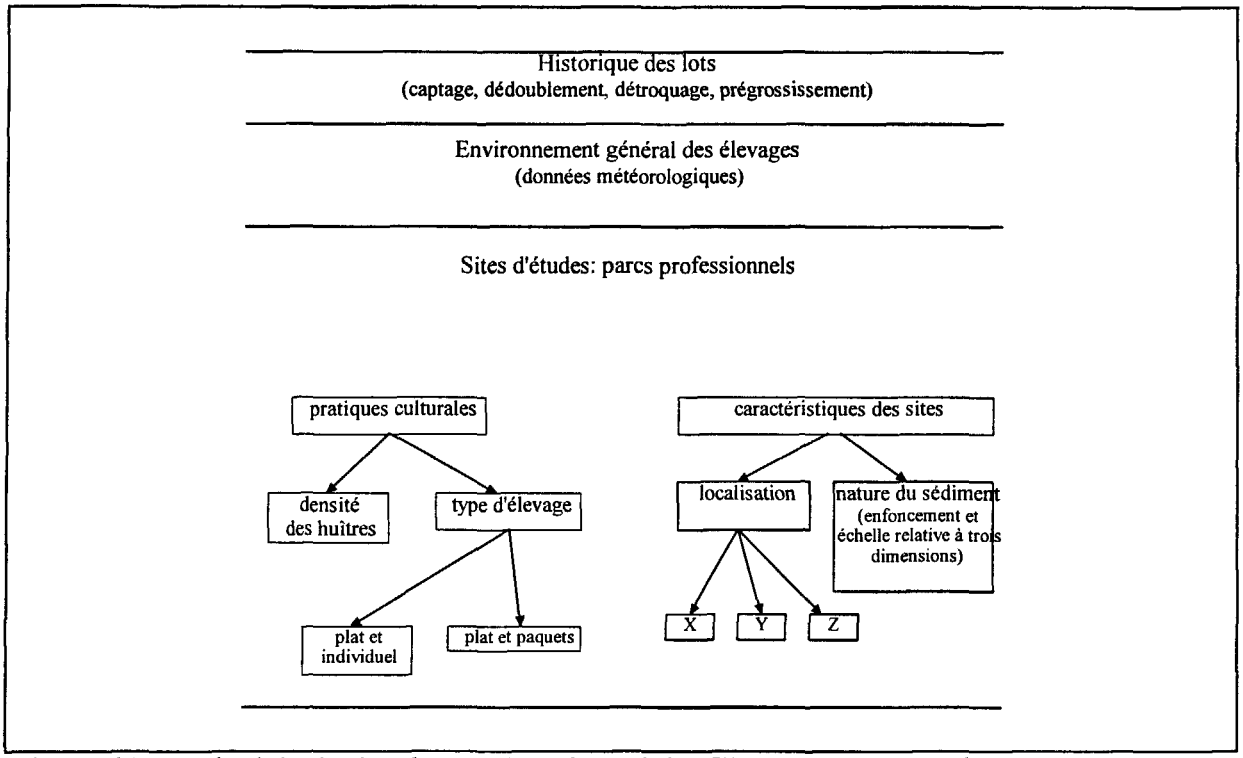



Figure 65 : Méthodologie développée lors des suivis IFREMER 1996 sur les Bancs ostréicoles de Ronce et Perquis.

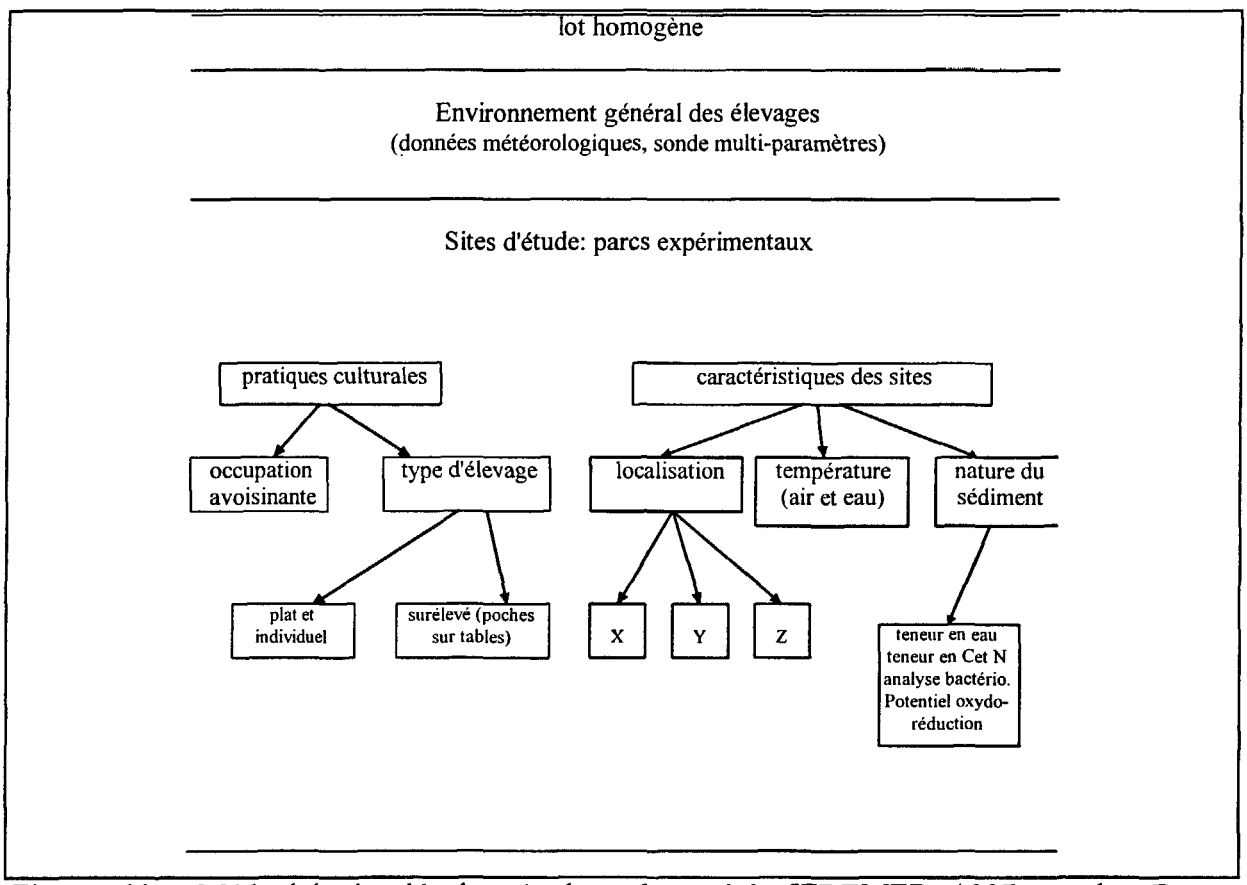



Figure 66 : Méthodologie développée lors des suivis IFREMER 1997 sur les Bancs ostréicoles de Ronce et Perquis.

Principaux Résultats

Au stade actuel de l'analyse de l'étude réalisée en 1997 sur la problématique de la mortalité des huîtres dans le bassin de Marennes-Oléron, et en particulier sur le site atelier de Ronce-Perquis, les principales conclusions sont les suivantes :
L'effort consenti sur la stratégie d'échantillonnage en croissance et suivi de la maturation a permis l'obtention de résultats de qualité pour chacun des 15 sites expérimentaux. L'effet de la profondeur et du type d'élevage (plat ou table) est mis en évidence. Une variabilité de réponse très importante apparaît sur des bancs ostréicoles de surfaces réduites à quelques dizaines d'hectares. Cette variabilité entraîne des décalages de plusieurs semaines dans la ponte des huîtres sur les différents sites. La profondeur du site est directement proportionnelle au temps d'accès à la ressource trophique (immersion) et inversement proportionnelle au temps d'utilisation des réserves au cours de la respiration en métabolisme anaérobie. Ainsi, la localisation en profondeur contribue-t-elle pour une bonne part aux performances de croissance et de ponte.
La comparaison entre les deux types d'élevage est parfaitement réalisée. Elle permet de vérifier que sur tous les sites, la mortalité à plat est supérieure (16-37 %) à la mortalité des élevages sur tables (6-18 %). Cette mortalité est une mortalité chronique. Elle est du même ordre de grandeur ces 3 dernières années sur le banc de Ronce-Perquis. En 1997, en absence d'épisodes de mortalité aiguë, la mortalité sur table autour de 10 % apparaît comme « normale ». La différence rencontrée avec le plat démontre à nouveau comme en 1996 que c'est bien au niveau de l'interface eau-sédiment que se situent les facteurs "explicatifs" de la mortalité anomale rencontrée sur le plat. Parmi les facteurs étudiés, les caractéristiques du site (e.g., nature du sédiment, richesse en matière organique, streptocoques fécaux) ne permettent pas de mieux comprendre les mortalités rencontrées sur le plat. Un effet "site" existe indiscutablement et sera précisé lors du traitement exhaustif des données environnementales acquises en continu (e.g., hypoxies). Cet aspect sera essentiel dans la méthodologie développée en 1998. L'effet de l'altitude n'a pu être corrélé directement avec les taux de mortalité. La saisonnalité de la mortalité est incontestable. La relation avec le processus saisonnier de maturation sexuelle, déjà démontrée en laboratoire, est confirmée pour les élevages sur tables. La période d'utilisation des réserves de glycogène semble correspondre à une période de plus grande mortalité, à plat comme sur table. Des résultats significatifs sont présentés par Lagarde (1997), et une synthèse des travaux LCPC sera effectuée sur la relation « température-huître » en élevage. Aucune relation apparaît entre les descripteurs étudiés et la mortalité à plat. On doit noter que la stratégie d'échantillonnage diffère considérablement entre croissance (30 mesures par site pour chaque échantillonnage) et la mortalité (1 mesure par site seulement). La principale raison invoquée fait appel à la variabilité des estimations des taux de mortalité (6 fois supérieure) sur les élevages à plat comparée à celles des élevages sur tables (annexe A). Cette imprécision limiterait la mise en évidence de corrélations entre ces taux de mortalité et les descripteurs "explicatifs" étudiés. Ainsi, si des améliorations méthodologiques considérables ont permis d'effectuer un travail important sur la croissance, maturation et ponte, un effort reste encore à fournir au niveau même de la stratégie d'échantillonnage de la mortalité sur les élevages à plat (voir § 3 "prospective").

## Prospective

Poursuite de l'analyse de l'étude menée en 1997

☞ Réaliser une étude site/site avec bilan de production afin de tenter de mettre en évidence des relations spatiales autres que selon la profondeur (+ relation éventuelle avec le modèle de croissance...). Ainsi, en passant d'une échelle relative de profondeur à trois niveaux à une étude site par site, une présentation dans le cadre du Système d'Information Géographique (SIG) permettra de cartographier la productivité des bancs de Ronce-Perquis.

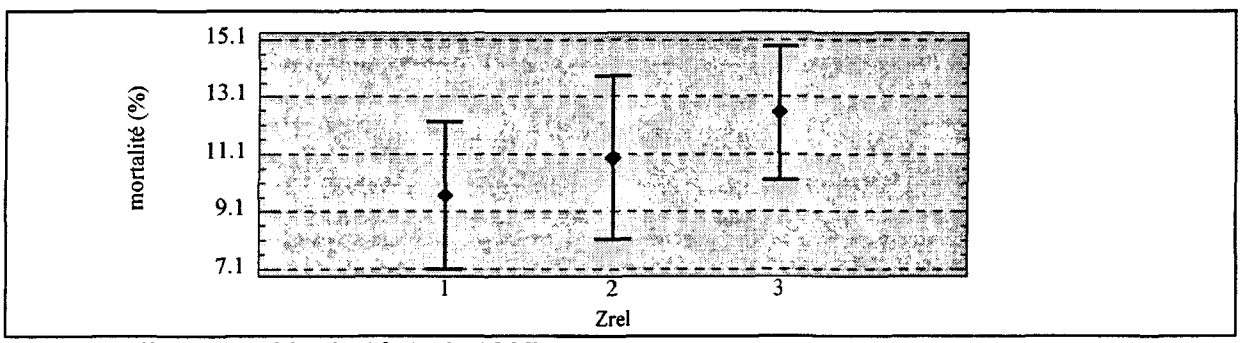
☞ Effectuer une étude plus particulière sur le site 12. Ce site étant équipé de la sonde multiparamètrique "Solomat", des relations particulières pourraient apparaître entre les performances de croissance, la mortalité, l'activité valvaire des huîtres, et les autres descripteurs de l'environnement (e.g., salinité, teneur en oxygène, pH).

☞ Préciser la relation temporelle entre l'évolution environnementale saisonnière sur le banc de Ronce-Perquis et les principaux événements de croissance et mortalité.

☞ Sur la base des études effectuées par le "LCPC", étudier la relation "température-huître d'élevage".

## Annexe A

Pour les élevages **sur tables**, l'analyse de variance sur les taux de mortalité à différents niveaux de profondeur ne permet pas de mettre en évidence un effet de la profondeur sur la mortalité dans le cadre de cette étude (p = 0,45). Le nombre de sites pour chaque profondeur relatives, Zrel (1,2,3), est respectivement de 5, 4 et 6. Ces nombres sont trop faibles pour une analyse statistique. On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse d'un effet de la profondeur sur la mortalité sur tables sur le banc ostréicole de Ronce-Perquis. Une stratégie d'échantillonnage complémentaire doit permettre de préciser cette relation (A).




A : Mortalités sur tables le 18 Août 1997.

En ce qui concerne les élevages **à plat**, plusieurs facteurs peuvent interagir pour entraîner une variabilité expérimentale 6 fois supérieure sur la plat par rapport aux tables. Bien que la précision des mesures ait été considérablement améliorée par rapport à la stratégie mise en place en 1996 (Lodato, 1997), certaines causes d'imprécisions de la mesure demeurent :

1) le problème de remise en place des huîtres après chaque comptage. En effet, 15 comptages vont être effectués au cours des 6 mois de mesures, et un chevauchement des surfaces de cadrats échantillonnées est inévitable sur un parc de 10 $m^2$.

2) les conditions météorologiques peuvent également introduire un biais dans la qualité d'échantillonnage. En effet, la nature du sédiment ainsi que les conditions d'hydrodynamisme propres à chaque site induisent une modification de la répartition des coquilles (huîtres mortes). Un biais d'échantillonnage en résulte inévitablement.

# BIBLIOGRAPHIE


Barillé A-L., 1996. Contribution à l'étude des potentialités conchylicoles du Pertuis Breton. Thèse de 3ème cycle de l'Université d'Aix-Marseille II. 311 p.

Bodoy A., 1986. Assessments of natural mortalities of cultivated oysters (*Crassostrea gigas*) in the bay of Marennes-Oléron (France). *ICES*, C. M. 1986/K : 38 p.

Bodoy A & Geairon P., 1988. L'élevage de l'huître creuse dans le Bassin de Marennes - Oléron en 1987. Estimation des stocks cultivés. 19 p.

Bodoy A., Garnier J., Razet D. & Geairon P., 1990. Mass mortalities of oysters (*Crassostrea gigas*) during spring 1988 in bay of Marennes-Oleron, related to environmental conditions. *CIEM*, Ref E + F : 26 p.

Bougrier S., Geairon P., Deslous-Paoli J. M., Bacher C. & Jonquières G., 1995. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture*, **134** : 143-154.

Deslous-Paoli J. M. & Héral M., 1988. Biochemical composition and energy value of *Crassostrea gigas* (Thunberg) cultured in the bay of Marennes-Oleron. *Aquat. Living. Res.* **1** : 239-249.

Gabbott P. A., 1975. Storage cycle in Marine bivalve molluscs: a hypothesis concerning the relationships between glycogen metabolism and gametogenesis. Proceedings of the 9th European Marine Biology Symposium, Oban, Scotland. H. Barnes Editor. Aberdeen University Press : pp. 191-211.

Glude J. B., 1975. A summary report of the Pacific coast oyster mortality investigations 1965-1972. Proc. third U.S. - Japan Meeting Aquaculture at Tokyo, Japan, October 15-16, 1974 : 1-28.

Goulletquer P., 1995. Etat des mortalités sur Ronce les bains dans le Bassin de Marennes - Oléron au 21 juin 1995. *L'Echo des Cabanes,* **10** : 7-8.

Goulletquer P., Lombas I & Prou J., 1987. Influence du temps d'immersion sur l'activité reproductrice et sur la croissance de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* et l'huître japonaise *Crassostrea gigas*. *Haliotis*. **16** : 453 - 462.

Goyard E. *et al.*, 1996. Réseau REMORA, bilan national de la croissance de l'huître creuse de 1993 à 1995. Avril 1996 : 30 p.

Goyard E. *et al.*, 1997. REMORA 96. Réseau de suivi de la croissance de l'huître creuse sur les côtes françaises. Résultats nationaux, année 1996. Avril 1997: 34 p.

Grizel H. & Héral M., 1991. Introduction into France of Japanese oyster (*Crassostrea gigas*). *J. Cons. Explor. Mer.* **47** : 399-403.

Héral M., 1986. Evolution et état du cheptel ostréicole dans le Bassin de Marennes-Oléron : Intérêt d'une régularisation. RI-DRV 86-06-AQ/La Tremblade, 35 p.

Héral M., Deslous-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. *ICES,* C.M. : F, 41 p.

Héral M., 1989. Traditional oyster culture in France. Aquaculture, vol. 1 (Editeur Barnabé - Ed. Lavoisier TEC & DOC) : 342-387.

Héral M. Alzieu C & Deslous-Paoli J. M., 1989. Effect of organic compounds (TBT) used in antifouling paints on cultured marine molluscs. A literature study. In : Aquaculture. A biotechnology in Progress. Eds : N. de Pawn, E. Jaspers, H. Ackefors and N. Wilkins.

Héral M., 1991. Approche de la capacité trophique des écosystèmes conchylicoles : synthèse bibliographique. *ICES mar. Sci. Symp.*, **192** : 48-62.

Héral M. *et al.*, 1993. Mortalité de Ronce les Bains : Etat au 23 juin 1993. Rapport provisoire DRV/RA, DEL : 3 p.

Ito S. & Imaï T., 1995. Ecology of oyster bed on decline of productivity due to repeated cultures. *The Tohuku Journal of Agriculture Research.* **4** : 251-268.

Koganazawa A., 1975. Present status of studies on the mass mortality of cultural oysters in Japan and its prevention. Proc Third U.S.- Japan Meeting on Aquaculture at Tokyo, Japan, October 15-16 : 29-34.

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). 10 p. + annexes.

Lagarde F., 1996. Tests préliminaires de toxicité des effluents de la station d'épuration de la Tremblade sur l'huître creuse (*Crassostrea gigas*). Rapport de stage INTECHMER/IFREMER URAPC : 18 p.

Lagarde F., 1997. Eléments d'écophysiologie de l'huître *Crassostrea gigas* issues du Bassin de Marennes-Oléron. Rapport de stage INTECHMER/IFREMER LCPC : 43 p.

Lucas A., Calvo J., & Trancart M., 1982. L'effort de reproduction dans la stratégie démographique de six bivalves de l'atlantique. *Haliotis*, **9** : 107 - 116.

Lucas A., 1982. Remarques sur les rendements de production chez les bivalves marins. *Haliotis*, **12** : 47-66.

Lodato M., 1997. Mortalité estivale de l'huître creuse, *Crassostrea gigas*, sur les bancs ostréicoles de Perquis et Ronce (Bassin de Marennes-Oléron) : Etude des pratiques culturales et des caractéristiques biologiques et spatiales des élevages. Thèse pour le diplôme d'Etat de Docteur Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes : 127 p.

Martin J. L., Sornin J. M., Delmas D., El Sayed M. & Berthet B., 1989. La biodéposition dans les aires ostréicoles. Son rôle dans la concentration de la matière organique et de contaminants potentiels. Son impact sur le sédiment. RI DRV-89-013-RA/CREMA-L'Houmeau. 60 p. + annexes.

Maurer D., Comps M. & His E., 1986. Caractéristiques des mortalités estivales de l'huître *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon. *Haliotis*, **15** : 309-317.

Mori K., 1979. Effect of artificial eutrophication on the metabolism of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.*, **12** : 11-13.

Nikolic M., 1964. Causes of oyster mass mortality. Limski Kanal, Istra, 1960. *Acta Adriatica*, **11** : 227-38.

Raillard O., 1991. Etude des interactions entre les processus physiques et biologiques intervenant dans la production de l'huître *Crassostrea gigas* (Thunberg) du bassin de Marennes-Oléron : essai de modélisation. Thèse de doctorat de l'université de Paris VI : 212 p.

Razet D., Faury N., Geairon P., Soletchnik P. & Goulletquer P., 1996. Les Notes Techniques de l'Unité de Recherche Aquacole Poitou-Charentes, NT/URAPC/96-01-02-03. RIDRV/RA 96-11 La Tremblade, 40 p.

Roësberg D., 1997. Suivi de la qualité bactériologique des eaux pluviales rejetées à la mer sur les sites de Ronce-Les-Bains et S$^{t.}$ Pierre-d'Oléron. Rapport de la Direction de l'Environnement et du Littoral, Laboratoire de La Tremblade : 18 p.

SET Praud, 1996. Etude d'impact : extension de la station d'épuration des eaux usées de La Tremblade réalisée pour la Communauté de Communes du Pays Royannais, Département de la Charente-Maritime : 165 p.

Sinderman C. J., 1976. Oyster mortalities and their control. In : Pillay T.V.R. and Dill W.M., eds. Advances in Aquaculture. Fishing News Brooks Farnham, England : 349-361.

Sherrer, 1984. Biostatistiques. Gaëtan Morin Ed., 850 p.

Soletchnik P., Geairon P., Razet D. & Goulletquer P., 1996. Physiologie de la maturation et de la ponte chez l'huître creuse, *Crassostrea gigas*. RI DRV-96-05-RA/La Tremblade : 27 p.

Soletchnik P., Razet D., Geairon P., Faury N. & Goulletquer P., 1997. Ecophysiologie de la maturation sexuelle et de la ponte de l'huître creuse *Crassostrea gigas* : réponses métaboliques (respiration) et alimentaires (filtration, absorption) en fonction des différents stades de maturation. *Aquat. Living Res.*, **10** : 177-185.

Sornin J. M., Feuillet M., Héral M. & Deslous-Paoli J. M., 1983. Effet des biodépôts de l'huître *Crassostrea gigas* (Thunberg) sur l'accumulation de matières organiques dans les parcs du bassin de Marennes-Oléron. *J. Moll. Stud., Suppt.*, **12A** : 185-197.

URAPC, 1995. Bilan des mortalités d'huîtres creuses *Crassostrea gigas* en 1995 en Charente-Maritime. Rapport de laboratoire. 9 p. + annexes.

| N° RI DRV | DEPARTEMENT | LABORATOIRE | AUTEURS | TITRE | DATE SORTIE | DIFFUSION | NB PAGES | TIRAGE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **98/01** | RA | Tahiti | S. Pouvreau, A. Bodoy, D. Buestel | Détermination du bilan énergétique chez l'huître perlière *Pinctada margaritifera* ; premier modèle écophysiologique de croissance dans le lagon de Takapoto (Polynésie fr.) | fév-98 | | | |
| **98/02** | RA | La Tremblade | P. Soletchnik, O. Le Moine, N. Faury, D. Razet, P. Geairon, P. Goulletquer, G. Forest | 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 | mars-98 | libre | 56 | 50 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |