

# Seuil de production de pseudo-fécès de l'huître creuse du Pacifique: *Crassostrea gigas* (Thunberg) dans des conditions de faibles charges particulaires

Patrick SOLETCHNIK<sup>1</sup>, Philippe GOULLETQUER<sup>1</sup>,  
Philippe GEAIRON<sup>1</sup> et Daniel RAZET<sup>1</sup>

## ABSTRACT

### **Pseudo-faeces production threshold of the Pacific cupped oyster: *Crassostrea gigas* (Thunberg) under low particulate matter concentrations**

This study is part of a comprehensive research program focusing on the oyster shellfish management in the Marennes-Oléron Bay. Within this program, a task aimed to develop a biological model of the Pacific cupped oyster *Crassostrea gigas*. Our study addressed the issue of pseudo-faeces production threshold under various diet quality levels. Pseudo-faeces sampling was carried out using particulate matter concentration below 11 mg l<sup>-1</sup>. The various modalities prompted us to define two pseudo-faeces production models. The first model was developed using natural seawater. The organic matter ratio ranged from 25 to 45% while the pseudo-faeces production threshold reached 2.9 to 4.4 mg l<sup>-1</sup> of total particulate matter. The second model was established using seawater conditions enriched with algal culture. Within the range of 40 to 80 % of organic matter, the pseudo-faeces production threshold varied from 2.12 to 4.37 mg l<sup>-1</sup> of the total particulate matter. The pseudo-faeces production threshold was estimated to 1.0 mg l<sup>-1</sup> of consumed particulate matter.

## RÉSUMÉ

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche sur la gestion ostreicole du bassin de Marennes-Oléron. A l'intérieur de ce programme, un des objectifs est de développer le modèle biologique de l'huître *Crassostrea gigas*. Des mesures de production de pseudo-fécès sont réalisées dans des conditions de charges particulaires inférieures à 11 mg l<sup>-1</sup>. Les différentes modalités alimentaires étudiées permettent d'obtenir deux modèles de production de pseudo-fécès complémentaires. Le premier est un modèle basé sur des conditions naturelles d'eau de mer. Dans une gamme de teneur organique de 25 à 45 %, le seuil de production de pseudo-fécès est compris entre 2,90 et 4,40 mg l<sup>-1</sup> de matière particulaire totale. Le deuxième modèle est un modèle "eau de mer" enrichie en algues de culture. Dans une gamme de teneur organique de 40 à 80 %, le seuil de production de pseudo-fécès est compris entre 2,12 et 4,37 mg l<sup>-1</sup> de matière particulaire totale. Le seuil de production de pseudo-fécès, en matière particulaire consommée est de 1,0 mg l<sup>-1</sup> dans le cadre de cette étude.

## INTRODUCTION

Les bivalves filtreurs s'alimentent à partir de la matière en suspension dans l'eau de mer dont la valeur nutritionnelle présente de fortes variations (Héral *et al.*, 1980 ; Widdows *et al.*, 1979).

Les études écophysiologiques réalisées depuis de nombreuses années ont été développées à des fins de modélisation des écosystèmes côtiers et la gestion des bassins conchylicoles. Le bassin de Marennes-Oléron constitue un site atelier modèle pour ces études scientifiques (Bacher, 1989; Raillard *et al.*, 1993). Parmi les quelques bivalves filtreurs présents sur ce site, l'huître *Crassostrea*

<sup>1</sup> IFREMER/GAP/URAPC, Mus du Loup, BP 133, F-17390 La Tremblade.

*gigas* est un modèle biologique privilégié en raison de la forte biomasse qu'il représente, de son importance économique dans le bassin et des problèmes d'adéquation entre la capacité trophique et la biomasse en élevage (Héral, 1989). Le modèle huître a été développé afin d'optimiser la gestion du bassin conchylicole, en simulant la physiologie d'une population d'huître, et son impact sur l'écosystème. Ce modèle évolue parallèlement aux connaissances physiologiques acquises sur cette espèce.

Par ailleurs, si l'aquaculture traditionnelle de l'huître demeure de type extensif, l'activité de recherche en génétique et pathologie passe par le contrôle de l'élevage dans des structures intensives où la gestion alimentaire est essentielle (e.g., coût, pollution) (Baud *et al.*, 1990). En particulier, l'ajustement de la ration alimentaire aux besoins physiologiques des mollusques est essentiel. La production de pseudo-fécès constitue une perte d'énergie non négligeable dans le bilan énergétique de l'animal et l'optimisation des élevages.

La production de pseudo-fécès est une caractéristique des mollusques filtreurs et constitue un moyen de contrôler l'ingestion de matière en suspension (Newell et Jordan, 1983).

Des études de physiologie ont démontré la capacité des bivalves à exercer une sélection au sein de cette matière ; sélection liée aux caractéristiques physiques de la matière particulaire (e.g., taille, densité) (Atkins, 1937 ; Bernard, 1974), à la qualité de la matière (e.g., organique, type, espèces) (Foster-Smith, 1975). Parallèlement, des études sont réalisées pour connaître les mécanismes associés à cette sélection. Plusieurs écoles s'affrontent, entre les "mécanistiques" (Jorgensen, 1981) et les "sensoriels", dont Shumway *et al.* (1985) qui considèrent que les mollusques ont une capacité de sélection et de tri des espèces d'algues au niveau des palpes labiaux et (ou) de l'estomac.

Chez *Crassostrea gigas*, Razet *et al.* (1990) démontrent le tri organique effectué par l'huître, et Deslous Paoli *et al.* (1992), un enrichissement en carbohydrates. Barillé *et al.* (1993) présentent un modèle de sélection basé sur la concentration particulaire sans qu'intervienne la qualité alimentaire.

Très peu d'informations existent sur le seuil de production de pseudo-fécès chez les bivalves. Bayne et Newell (1983) passent en revue les résultats obtenus sur 4 espèces de bivalves. Ce seuil pourrait dépendre du poids du mollusque comme dans le cas de la moule, *Mytilus edulis* (Bayne et Worall, 1980 ; Widdows *et al.*, 1979).

En laboratoire, de nombreuses études ont été réalisées en dessous du seuil de production de pseudo-fécès avec ou sans prise en compte des variations de qualité de la matière particulaire (Bayne et Hawkins 1992 ; Bayne *et al.*, 1987 ; Navarro *et al.*, 1992) . Les études d'écophysiologie dans le bassin de Marennes-Oléron concernent de fortes charges particulières pouvant atteindre 250 mg l<sup>-1</sup> (Héral *et al.*, 1980) qui induisent de fortes production de pseudo-fécès (Sornin *et al.*, 1983 ; Deslous-Paoli *et al.*, 1987). Peu d'études précisent les mécanismes autour du seuil de production de pseudo-fécès, qui devraient permettre d'affiner le modèle huître.

L'objectif de la présente étude est de tester la diversité de l'alimentation sur la production de pseudo-fécès et de préciser le seuil de production de pseudo-fécès à partir d'un ensemble d'expérimentations à faibles charges particulières. Les conditions testées doivent varier dans une large gamme de pourcentage de matière organique afin de préciser l'effet de la qualité de l'aliment proposé sur la production de pseudo-fécès.

Cette étude précise la notion de qualité dans les processus physiologiques alimentaires de l'huître dans le cadre globale de l'étude du modèle écophysiologique.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les résultats présentés dans cette étude sont issus d'une série d'expériences de physiologie conduites en laboratoire entre le mois de mai 1991 et mai 1993.

La structure expérimentale mise en œuvre est présentée sur la figure 1. Les cellules de mesures sont décrites par Barillé *et al.* (1993). Une paroi transversale compartimente la cellule de mesure et permet de collecter d'une part les fécès, et de l'autre, les pseudo-fécès. La durée de collecte des biodépôts, mesurée précisément pour chaque expérience, est comprise entre 1h45 et 2h15.

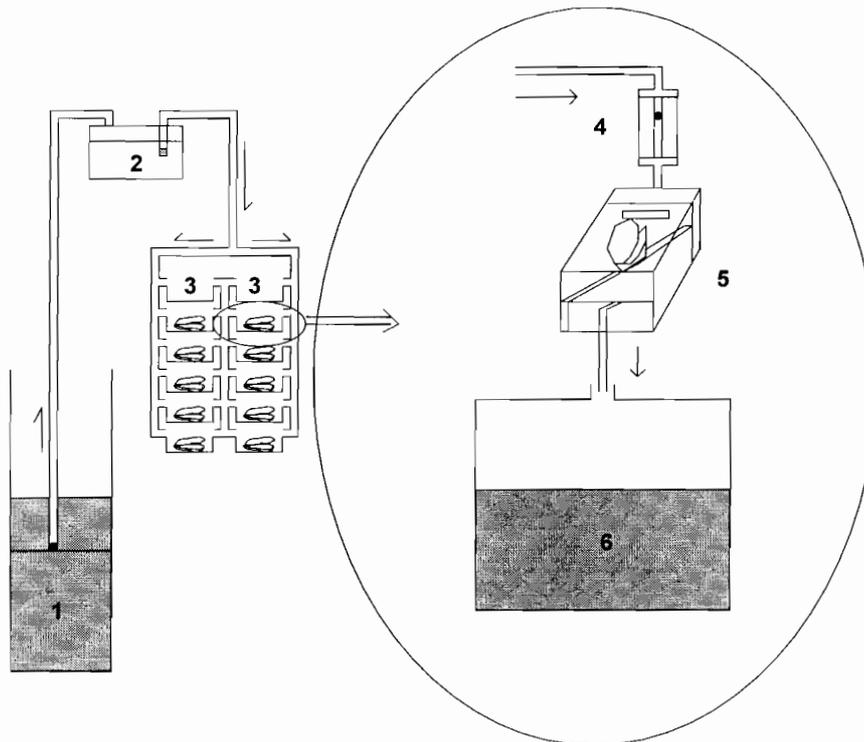


Figure 1: Dispositif expérimental: 1 approvisionnement en algues *Tetraselmis suecica* ; 2 bac d'homogénéisation; 3 cellules témoins; 4 débitmètre; 5 cellule de mesure; 6 sortie.

Les huîtres d'un poids sec de chair de 0,5 à 1,2 g sont issues du bassin de Marennes-Oléron. Toutes les mesures physiologiques sont réalisées dans les 24 heures qui suivent la collecte des huîtres afin d'éviter toute évolution des réponses physiologiques (Widdows *et al.*, 1975). Les mesures sont réalisées simultanément sur 10 à 15 huîtres naturellement adaptées aux conditions environnementales saisonnières (Bayne *et al.*, 1993).

Dans le protocole expérimental, l'eau de mer est directement pompée dans le milieu naturel et les mesures réalisées entre 13°C et 20°C. Plusieurs types alimentaires sont distribués afin d'estimer l'effet qualité et quantité sur la production de pseudo-fécès chez *Crassostrea gigas*. Le tableau 1 présente les 5 classes de conditions alimentaires : eau de mer naturelle (condition 1) ; eau de mer filtrée avec apport de *Tetraselmis suecica* (condition 2) ; eau de mer et apport de *Skeletonema costatum* (condition 3), eau de mer et *Isochrysis* (condition 4), eau de mer et mélange de *Tetraselmis* et de *Thalassiosira pseudonana* (condition 5). Les algues associées sont des algues de culture. Les 5 modalités représentées ont été testées au cours de 30 expériences, réparties en 69, 141, 27, 10 et 29 mesures respectivement pour les conditions 1, 2, 3, 4 et 5, soit un total de 276 mesures.

La matière particulaire totale (MPT, mg l<sup>-1</sup>), et la charge en matière organique (MOP, mg l<sup>-1</sup>) définissent la qualité de l'eau de mer. Les charges particulières sont déterminées par pesées et filtration sur filtres micropores GFC et la matière inorganique (MIP) par la méthode de la "perte au feu" après crémation à 450°C. Les pseudo-fécès sont analysés de façon similaire au seston. La production de pseudo-fécès (i.e., organique, minérale ou totale), est exprimée en milligramme par heure. La méthodologie d'analyse des échantillons est décrite en détail par Razet *et al.* (1990).

Tableau 1: Caractérisation des différentes conditions expérimentales. Les 5 modalités alimentaires sont: 1. Eau de mer; 2. *Tetraselmis*; 3. *Skeletonema*; 4. *Isochrysis*, 5. *Tetraselmis* et *Thalassiosira*.

| qualité aliment | expérience | effectif (n) | poids sec (g) | MPT (mg/l)   | MOP (mg/l)  | MOP (%) |
|-----------------|------------|--------------|---------------|--------------|-------------|---------|
| 1               | 1          | 5            | 1,11 ± 0,22   | 7,52         | 2,70        | 35,90   |
|                 | 2          | 5            | 1,11 ± 0,22   | 8,22         | 3,40        | 41,36   |
|                 | 3          | 5            | 1,11 ± 0,22   | 9,88         | 4,08        | 41,30   |
|                 | 4          | 5            | 1,03 ± 0,13   | 8,08         | 3,24        | 40,10   |
|                 | 5          | 6            | 1,07 ± 0,09   | 8,86         | 3,45        | 38,91   |
|                 | 6          | 15           | 0,73 ± 0,17   | 10,63 ± 0,57 | 2,68 ± 0,32 | 25,28   |
|                 | 7          | 14           | 0,60 ± 0,14   | 5,03 ± 0,23  | 1,67 ± 0,17 | 33,28   |
|                 | 8          | 15           | 0,59 ± 0,14   | 5,53 ± 1,32  | 2,11 ± 0,44 | 38,22   |
| 2               | 9          | 26           | 1,25 ± 0,34   | 3,78 ± 0,65  | 2,80 ± 0,06 | 74,01   |
|                 | 10         | 29           | 1,03 ± 0,31   | 4,42 ± 0,18  | 3,28 ± 0,17 | 74,63   |
|                 | 11         | 15           | 0,67 ± 0,15   | 4,54 ± 0,37  | 3,12 ± 0,64 | 68,70   |
|                 | 12         | 14           | 1,15 ± 0,39   | 3,97 ± 0,96  | 2,61 ± 0,10 | 65,76   |
|                 | 13         | 15           | 0,76 ± 0,11   | 4,22 ± 0,12  | 2,75 ± 0,11 | 65,04   |
|                 | 14         | 13           | 0,42 ± 0,15   | 6,94 ± 1,08  | 2,78 ± 0,53 | 40,06   |
|                 | 15         | 8            | 0,37 ± 0,16   | 32,58 ± 2,55 | 6,52 ± 1,70 | 20,01   |
|                 | 16         | 15           | 0,65 ± 0,11   | 3,64 ± 0,21  | 1,92 ± 0,22 | 52,70   |
| 3               | 17         | 15           | 0,50 ± 0,08   | 3,67 ± 0,33  | 1,98 ± 0,17 | 54,06   |
|                 | 18         | 5            | 0,97 ± 0,20   | 8,90         | 4,10        | 46,07   |
|                 | 19         | 4            | 1,01 ± 0,22   | 10,19        | 2,78        | 27,23   |
|                 | 20         | 3            | 1,06 ± 0,27   | 10,34        | 4,82        | 46,62   |
|                 | 21         | 5            | 0,95 ± 0,20   | 7,50         | 3,00        | 40,00   |
|                 | 22         | 5            | 0,95 ± 0,20   | 7,92         | 3,34        | 42,17   |
| 4               | 23         | 5            | 0,95 ± 0,20   | 8,70         | 3,84        | 44,14   |
| 4               | 24         | 10           | 0,37 ± 0,10   | 11,87 ± 0,98 | 8,60 ± 0,43 | 72,45   |
| 5               | 25         | 5            | 1,20 ± 0,15   | 10,80        | 4,22        | 39,07   |
|                 | 26         | 5            | 1,20 ± 0,15   | 12,36        | 5,34        | 43,20   |
|                 | 27         | 5            | 1,20 ± 0,15   | 13,36        | 4,76        | 35,63   |
|                 | 28         | 5            | 1,10 ± 0,13   | 9,56         | 4,02        | 42,05   |
|                 | 29         | 4            | 1,07 ± 0,14   | 9,66         | 3,72        | 38,51   |
|                 | 30         | 5            | 1,10 ± 0,13   | 12,86        | 4,48        | 34,84   |

La consommation est calculée par la méthode des biodépôts ; La production horaire de matière minérale dans l'ensemble des biodépôts estime la consommation minérale (Sornin *et al.*, 1987). La consommation particulière est obtenue en multipliant la consommation minérale par le rapport MPT/MIP.

Dans un premier temps, la production de pseudo-fécès, en fonction des différentes conditions alimentaires, est comparée à l'aide d'une analyse de covariance. Les différentes covariables retenues sont le poids et la température. La production de pseudo-fécès est ensuite analysée au moyen de régressions linéaires et de régressions multivariées pas à pas.

Dans un deuxième temps, l'étude précise les seuils de production de pseudo-fécès de *Crassostrea gigas* dans les conditions de faibles charges particulières. Seules les conditions 1 et 2, avec

respectivement 69 et 141 mesures feront l'objet de cette étude. Seul le nombre de mesures dans ces deux conditions expérimentales permet une comparaison statistique appropriée. L'étude se trouve ainsi réduite à une plage de charge sestonique de 3,5 à 11,0 mg l<sup>-1</sup> propice à l'effet loupe recherché sur les seuils de production de pseudo-fécès.

## RÉSULTATS

### *Production et consommation*

La production de pseudo-fécès (Y) peut être considérée comme fonction linéaire de la consommation minérale (X) de l'huître (figure 2).

$$Y = 0,718 X - 0,396 \quad (n = 30) \quad (1)$$

Cette relation significative explique 76 % de la variance totale du modèle. Dans nos conditions expérimentales, la température n'intervient pas comme un facteur significatif du modèle de production de pseudo-fécès. Une consommation minérale de 0,55 mg h<sup>-1</sup> correspond au seuil minimum induisant une production de pseudo-fécès chez *Crassostrea gigas*.

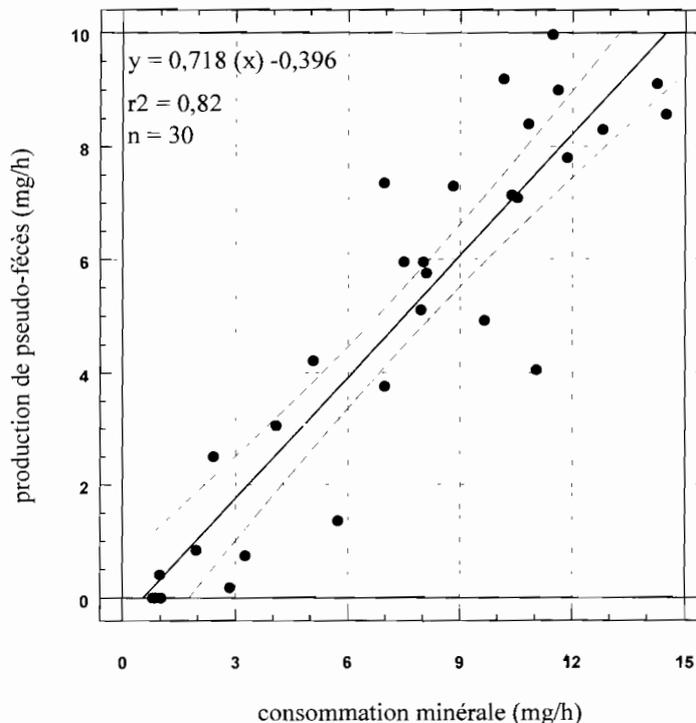


Figure 2: Relation linéaire entre la production de pseudo-fécès et la consommation en matériel particulaire inorganique. Les lignes pointillées marquent l'intervalle de confiance des valeurs prédites.

### *Analyse de covariance sur les conditions alimentaires*

La production de pseudo-fécès en fonction des 5 conditions alimentaires est présentée sur la figure 3. La quantité de pseudo-fécès produite est comprise entre 0 et 15 mg h<sup>-1</sup>. Dans le cadre des mesures effectuées, la production de pseudo-fécès est liée linéairement à la charge sestonique de chaque mesure. L'analyse de l'effet de la qualité alimentaire passe donc nécessairement par une analyse de covariance qui permet d'introduire dans le modèle un caractère régressif concernant la charge particulaire. Ainsi, l'analyse permet de tester si la différence persiste après ajustement de la production de pseudofécès par régression avec la charge particulaire (Snedecor et Cochran, 1957).

L'effet de la qualité alimentaire sur la production de pseudo-fécès est présenté dans le tableau 2. Ainsi pour l'eau de mer additionnée d'*Isochrysis* (modalité 4), et malgré une charge particulière relativement élevée de 12 mg l<sup>-1</sup>, la production de pseudo-fécès demeure faible. Les valeurs moyennes de production sont de 5,98; 1,17; 7,17; 1,40 et 4,85 mg h<sup>-1</sup> respectivement pour les conditions 1, 2, 3, 4 et 5 (figure 4). La covariable, "charge particulière totale", intervient de façon significative (F = 65,6) dans la dispersion de la variable production de pseudo-fécès. Les quantités de pseudo-fécès produites diffèrent significativement (F = 67,2) en fonction des souches phytoplanctoniques utilisées. Le poids sec de l'huître n'intervient pas de façon significative sur la production de pseudo-fécès s'il est introduit en tant que covariable dans l'analyse. Le test de rang de Newmann et Keuls permet de distinguer 4 groupes sur les 5 conditions alimentaires. Seule la condition eau de mer naturelle avec *Tetraselmis* ne diffère pas significativement de la condition eau de mer avec apport d'*Isochrysis* (tableau 2, modalités 2, 4).

Tableau 2: Analyse de covariance et test de rang sur les 5 conditions alimentaires [VAR]. La charge particulière totale est choisie comme covariable [COVAR]. 1: eau de mer; 2: *Tetraselmis*; 3: *Skeletonema*; 4: *Isochrysis* et 5: *Tetraselmis* et *Thalassiosira*.

|         | carré des écarts | degré de liberté | moyenne au carré | test de Fisher | significativité du test |
|---------|------------------|------------------|------------------|----------------|-------------------------|
| [COVAR] | 394,05           | 1                | 394,05           | 65,6           | 0,000                   |
| [VAR]   | 1613,59          | 4                | 403,40           | 67,2           | 0,000                   |
| residus | 1680,73          | 280              | 6,00             |                |                         |
| total   | 4222,69          | 285              |                  |                |                         |

| qualité alimentaire | nombre de modalités | valeurs moyennes Production de pseudo-fécès | test de rang (Newmann et Keuls) |
|---------------------|---------------------|---|---------------------------------|
| 2                   | 150                 | 1,17  | *                               |
| 4                   | 10                  | 1,40  | *                               |
| 5                   | 29                  | 4,85  | *                               |
| 1                   | 70                  | 5,98  | *                               |
| 3                   | 27                  | 7,17  | *                               |

### Modèles globaux

Les deux conditions alimentaires d' eau de mer naturelle (1) et d' eau de mer naturelle avec un enrichissement en algue *Tetraselmis suecica* (2) sont les seules retenues du fait du nombre de réplicats respectivement de 69 et 141. Les autres modalités testées sur moins de 30 individus, n'ont pas été retenues du fait du faible effectif. Pour chacune de ces conditions, les variables, charge particulière (X), teneur organique (Y), et poids sec de l'huître, sont considérées dans les modèles explicatifs de la production de pseudo-fécès (Z). Ces modèles sont présentés sur les figures 5 et 6 dans l'intervalle expérimental des conditions de charge particulière et de teneur en matière organique de l'eau.

Pour la condition sur eau de mer naturelle, le modèle est le suivant, explique 60 % de la variance totale:

$$Z = 1,4254 X + 0,1455 Y - 9,9145 \quad (n = 69) \quad (2)$$

Pour la condition sur eau de mer et *Tetraselmis*, le modèle explique 61 % de la variance totale:

$$Z = 0,6138 X - 0,0344 Y + 0,0773 \quad (n = 141) \quad (3)$$

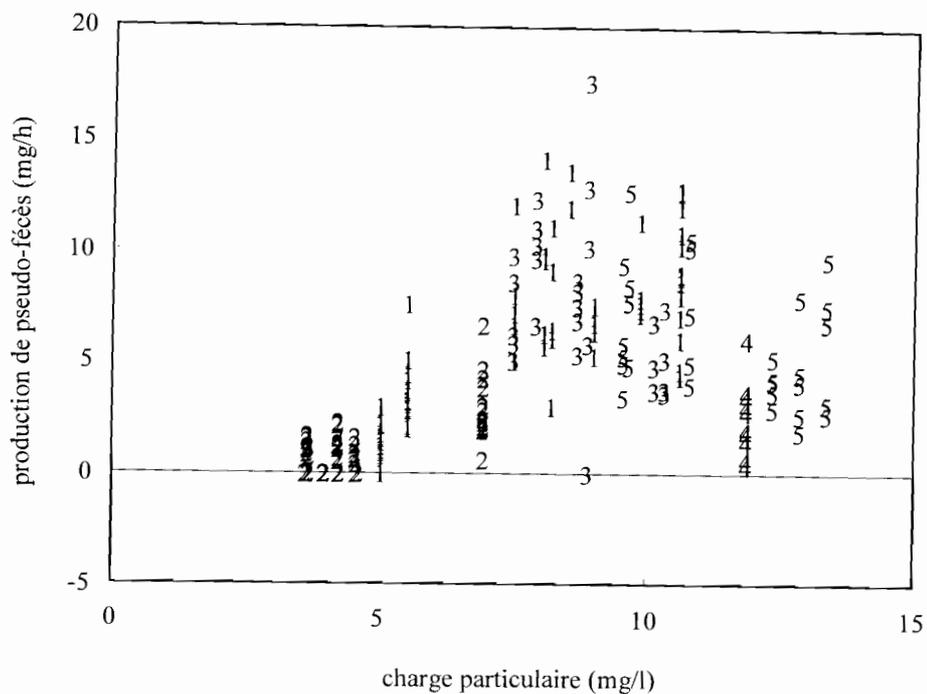


Figure 3: Production de pseudo-fécès de l'huître *Crassostrea gigas* dans des conditions de faibles charges particulaires. 1: eau de mer filtrée; 2: *Tetraselmis* sp; 3: *Skeletonema* sp; 4: *Isochrysis*; 5: *Tetraselmis* + *Thalassiosira*.

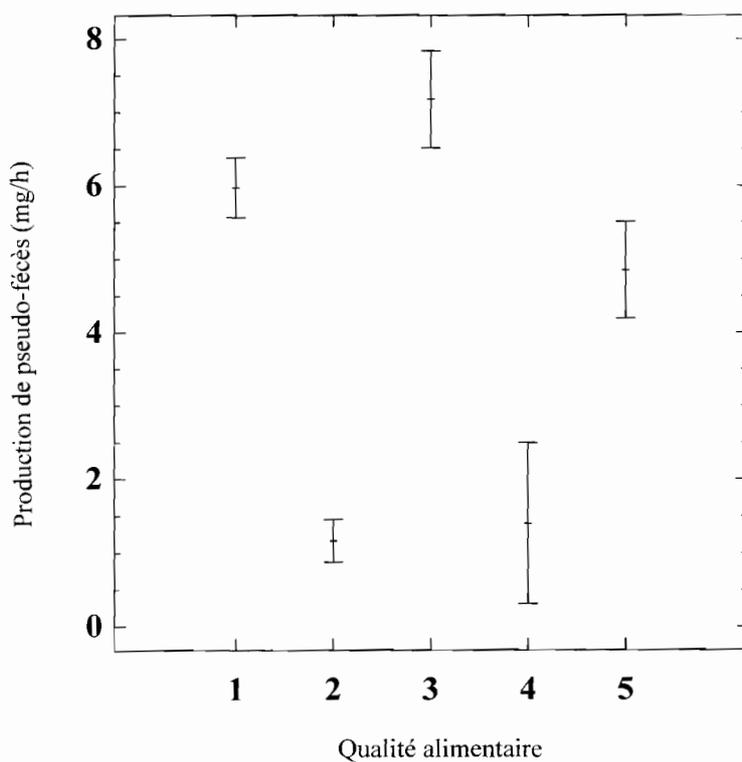


Figure 4: Valeurs moyennes de pseudo-fécès avec intervalle de confiance au seuil de 5%. 1: eau de mer filtrée; 2: *Tetraselmis* sp; 3: *Skeletonema* sp; 4: *Isochrysis*; 5: *Tetraselmis* + *Thalassiosira*.

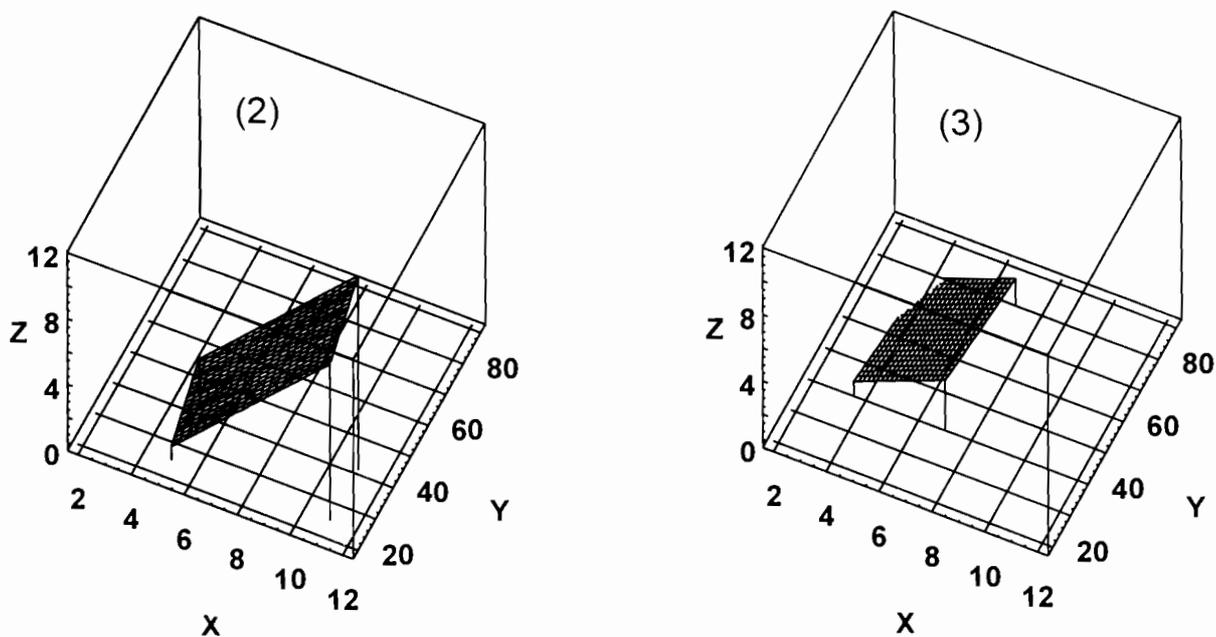


Figure 5: Modèles de production de pseudo-fécès. (2): eau de mer naturelle; (3): eau de mer + *Tetraselmis*. X: matière particulaire ( $\text{mg l}^{-1}$ ); Y: teneur organique de l'eau (%); Z: production de pseudo-fécès ( $\text{mg h}^{-1}$ ).

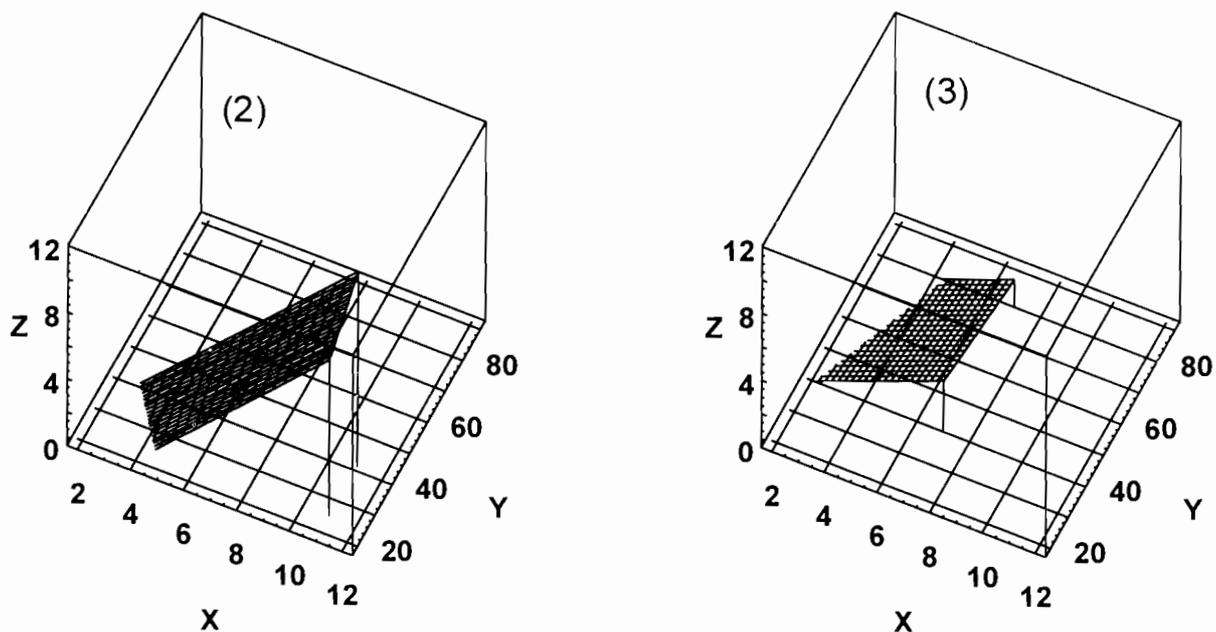


Figure 6: Production de pseudo-fécès. (2): eau de mer naturelle; (3): eau de mer + *Tetraselmis*. Extrapolation des modèles aux valeurs seuil de production de pseudo-fécès. X : matière particulaire ( $\text{mg l}^{-1}$ ); Y: teneur organique de l'eau (%); Z: production de pseudo-fécès ( $\text{mg h}^{-1}$ ).

La charge particulaire totale ne dépasse pas  $11 \text{ mg l}^{-1}$ . Elle est de  $5$  à  $11 \text{ mg l}^{-1}$  pour la condition sur "eau de mer naturelle" (modèle 2) et de  $3,55$  à  $7 \text{ mg l}^{-1}$  pour la condition algue (modèle 3). La teneur organique est comprise entre  $25$  et  $41 \%$  pour la condition eau de mer, et  $40$  à  $81 \%$  pour la condition alimentaire avec apport de *Tetraselmis*.

En condition d'eau de mer naturelle, l'huître se situe toujours au-dessus du seuil de production de pseudo-fécès (figure 5 (2)). Pour la condition alimentaire avec apport de *Tetraselmis*, le seuil de production est atteint pour les forts taux organiques (65 - 80 %) (figure 5(3)). L'extrapolation de ces deux modèles (2) et (3) permet de définir des seuils de production de pseudo-fécès entre 4,4 et 2,9 mg l<sup>-1</sup> (modèle 2) et entre 2.12 et 4.37 mg l<sup>-1</sup> (modèle 3) (tableau 3). Ces deux modèles sont complémentaires dans la gamme des teneurs organiques décrites. Elles varient entre 25 et 40 %, et 40 et 80 % pour les modèles 2 et 3 respectivement.

Tableau 3. Seuil de production de pseudo-fécès pour les deux modèles expérimentaux; (1): modèle sur eau de mer; (2): modèle sur algue *Tetraselmis sp.*

| Teneur organique (%) | eau de mer (1) | <i>Tetraselmis</i> (2) |
|----------------------|----------------|------------------------|
| 25                   | 4,40           |                        |
| 30                   | 3,89           |                        |
| 35                   | 3,38           |                        |
| 40                   | 2,87           | 2,12                   |
| 50                   |                | 2,68                   |
| 60                   |                | 3,24                   |
| 70                   |                | 3,81                   |
| 80                   |                | 4,37                   |

#### DISCUSSION

La quantification de la production de pseudo-fécès chez les bivalves, est un sujet largement abordé (Tenore et Dustan, 1973; Foster-Smith, 1975; Tsuchiya, 1980; Haven et Morales, 1966) et en particulier par Bernard (1974), Sornin (1981), Razet *et al.* (1990) et Barillé *et al.* (1994) pour *Crassostrea gigas*.

Au-delà de l'aspect quantitatif, différents niveaux d'investigation de la matière alimentaire peuvent être envisagés: sur des critères biométriques, dont l'origine remonte à Atkins (1937) et dont les mécanismes de tri sont décrits en détail par Barillé *et al.* (1994); sur des critères de densité (Bernard, 1974); d'espèces phytoplanctoniques (Loosanoff, 1949; Menzel, 1955; Kiorboe et Mohlenberg, 1981; Newell et Jordan, 1983; Bricelj et Malouf, 1984; Iglésias *et al.*, 1992; Navarro *et al.*, 1992); ou sur des critères organiques ou de nature biochimique (Razet *et al.*, 1990; Bayne *et al.*, 1993).

Si les mécanismes de tri chez les bivalves et chez *Crassostrea gigas* en particulier (Barillé *et al.*, 1994) commencent à être connus, nous avons actuellement peu de connaissances sur ceux contrôlant le déclenchement de l'émission des pseudo-fécès.

Les faibles charges particulaires, inférieures à 11 mg l<sup>-1</sup>, utilisées dans ces différentes expérimentations, ne permettent pas de comparaison directe avec les études réalisées jusqu'alors chez *Crassostrea gigas* (Bernard; 1974, Deslous Paoli *et al.*; 1992, Razet *et al.*, 1990). Les résultats expérimentaux obtenus "in vitro" à partir d'une eau de mer naturelle (modalité 1) correspondent en fait à des gammes de charges particulaires en suspension observées uniquement en marées de mortes eaux, et à une fréquence assez faible (Héral *et al.*, 1980, Soletchnik *et al.*, 1991). La deuxième condition testée (i.e., alimentation avec apport de *Tetraselmis*), est une condition plus exceptionnelle concernant les teneurs en matière organique qui ne dépassent pas 30% dans des conditions naturelles de blooms phytoplanctoniques (Héral *et al.*, 1980). Ainsi le deuxième modèle permet d'étendre le modèle de production de pseudo-fécès aux conditions de culture propres aux écloséries et à certaines conditions de cultures en marais où l'alimentation est beaucoup plus riche en matière organique.

La production de pseudo-fécès peut être exprimée en fonction de la consommation préférentiellement à la charge particulaire (Barillé *et al.*, 1994, Raillard *et al.*, 1992). Ce dernier auteur fait apparaître le seuil de production de pseudo-fécès à 10 mg h<sup>-1</sup> de consommation de matière particulaire. Cette valeur est en fait de 0,55 mg h<sup>-1</sup> de matière inorganique consommée, équivalent à 1 mg h<sup>-1</sup> de matière particulaire totale consommée dans le cadre de cette étude ciblée sur les charges particulières autour du seuil de production de pseudo-fécès.

Une relation est souvent mise en évidence entre le seuil de production de pseudo-fécès et la taille des particules (Loosanoff et Engle, 1947; Winter, 1969, 1978), qu'il s'agisse de particules minérales ou d'algues (Foster-Smith, 1975). Chez *Crassostrea gigas*, le seuil est situé à 2,1 mg l<sup>-1</sup> avec une variété de navicules *Haslea ostrearia* de taille moyenne de 98 µm, et à 2,33 mg l<sup>-1</sup> avec une variété à 65 µm.

Tableau 4. Charge particulaire minimale induisant la production de pseudo-fécès chez quelques bivalves marins.

|                              |  |         |                                    |
|------------------------------|--|---------|------------------------------------|
| <i>Mytilus edulis</i>        | matière particulaire                             | 4,5-5,0 | Widdows <i>et al.</i> , 1979       |
| <i>Mytilus edulis</i>        | matière particulaire +<br>phytoplancton          | 2,6-3,0 | Bayne <i>et al.</i> , 1993         |
| <i>Cerastoderma edule</i>    | matière particulaire                             | 1,5     | Navarro <i>et al.</i> , 1992       |
| <i>Crassostrea virginica</i> | matière particulaire                             | 3,0-5,0 | Haven et Morales-Alamo,<br>1966    |
| <i>Crassostrea gigas</i>     | matière particulaire                             | 4,6     | Deslous-Paoli <i>et al.</i> , 1992 |
| <i>Crassostrea gigas</i>     | Navicule ( <i>Haslea ostrearia</i> )             | 2,1-2,3 | Barillé <i>et al.</i> , 1994       |
| <i>Crassostrea gigas</i>     | matière particulaire                             | 2,5-4,3 | cette étude                        |
| <i>Crassostrea gigas</i>     | matière particulaire +<br><i>Tetraselmis</i> sp. | 2,2-4,0 | cette étude                        |

Le tableau 4 présente les principaux résultats de seuil de production de pseudo-fécès pour plusieurs espèces de mollusques bivalves en fonction de la charge sestonique. Le seuil est compris entre 2,1 et 5,0 mg l<sup>-1</sup> pour les trois espèces présentées et entre 2,6 et 5,0 pour *Mytilus edulis* (Widdows *et al.*, 1979; Bayne *et al.*, 1993), entre 3,0 et 5,0 pour *Crassostrea virginica* (Haven et Morales-Alamo, 1966) et entre 2,1 et 4,6 mg l<sup>-1</sup> pour *Crassostrea gigas* (Barillé, 1994; cette étude).

Le poids de l'huître, pris en compte lors de la recherche d'un modèle de production de pseudo-fécès, n'apparaît pas comme une variable explicative dans le cadre de cette étude. Chez d'autres espèces telle que la moule, *Mytilus edulis*, l'influence du poids sur la production de pseudo-fécès a été démontrée (Bayne et Worrall, 1980, Widdows *et al.*, 1979). Sur l'huître *Crassostrea gigas*, Arakawa (1970) montre également l'influence de la taille des huîtres sur la production de pseudo-fécès à la différence de la présente étude. La raison principale évoquée est l'intervalle des très faibles charges particulières comprises entre 3,5 et 11,0 mg l<sup>-1</sup>.

Concernant l'influence des facteurs abiotiques, la température est certainement le facteur qui semble le plus à même d'influencer la production de pseudo-fécès. Cet effet est mis en évidence au cours d'études "in situ" par Haven et Morales (1966) et Loosanoff (1958). Ces auteurs trouvent que les très basses températures (2-5°C) peuvent aller jusqu'à inhiber toute production de biodépôts chez *Crassostrea virginica*. Ces résultats sont confirmés par des études "in vitro" (Walne, 1972; Tsuchiya, 1980). Sornin (1981) obtient une relation inverse de celle obtenue par Kuzuki (1978), et considère l'effet direct de la température sur la production de biodépôts.

Dans le cadre de cette étude, la méthodologie mise en oeuvre (Widdows *et al.*, 1975) est associée à l'idée que les huîtres sont naturellement acclimatées à la condition de température saisonnière (13-20 °C) (Bayne *et al.*, 1993). Dans ces conditions de mesure et dans la gamme de température de 13-20°C, la fonction de production de pseudo-fécès est indépendante de la température saisonnière.

### CONCLUSION

Les deux modèles de production de pseudo-fécès obtenus au cours de cette étude correspondent à deux gammes de teneurs organiques bien distinctes et permettent d'affiner le seuil de production de pseudofécès dans des conditions environnementales également bien distinctes. La première gamme, entre 25 et 40 % de matière organique, représente les teneurs naturelles de matière organique dans le milieu (Héral *et al.*, 1980). Les seuils de production obtenus par Deslous-Paoli *et al.* (1992) et Barillé *et al.* (1994), avec respectivement 16% et 54% de matière organique dans l'eau, sont en accord avec les résultats de ce premier modèle. Le deuxième modèle construit avec une eau dont la teneur organique est comprise entre 40 et 85 %, correspond à une gamme de charges sestoniques et de teneur organique des conditions d'élevage en éclosérie ou en semi-intensif dans des structures telles que les claires ostréicoles. Par conséquent, les résultats doivent contribuer à l'évolution des modèles biologiques de l'huître *Crassostrea gigas*, ainsi qu'à leur application dans la gestion des élevages dans différents écosystèmes contrôlés.

### BIBLIOGRAPHIE

- Arakawa K.H., 1970. Scathological studies of the bivalvia (Mollusca). *Advanced Marine Biology*, 8: 307-436.
- Atkins D., 1937. On the ciliary mechanisms and interrelationships of the lamellibranchs. Part II: Sorting devices on the gills. *Journal of Microscopic Sciences*, 79: 339-373.
- Bacher C., 1989. Capacité trophique du bassin de Marennes-Oléron: couplage d'un modèle de transport particulaire et d'un modèle de croissance de l'huître *Crassostrea gigas*. *Aquatic Living Resources*, 2: 199-214.
- Barillé L., Prou J., Héral M. & Bougrier S., 1993. No influence of food quality, but ration-dependant efficiencies in the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 171: 91-106.
- Barillé L., Bougrier S., Geairon P. & Robert J.M., 1994. Alimentation expérimentale de l'huître *Crassostrea gigas* à l'aide de navicules bleues *Haslea ostrearia* (Simonsen) de différentes tailles. *Oceanologica Acta*, 17(2): 201-210.
- Baud J. P., Haure J. & Garnier J., 1990. Effet de l'apport de phytoplancton (*Skeletonema costatum*) sur la croissance et les variations de la composition biochimique de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* cultivée en marais. *Oceanis*, 16(5): 391-408.
- Bayne B.L. & Worrall C.M., 1980. Growth and production of mussels *Mytilus edulis* from two populations. *Marine Ecology Progress Series*, 3: 317-328.
- Bayne B.L. & Newell R.C., 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In: The Mollusca (Wilbur K.M. & Salenddin A.S., Eds), vol. 4, part 1: 407-513. Academic Press, London.
- Bayne B.L., Hawkins A.J.S., & Navarro E., 1987. Feeding and digestion by the mussel *Mytilus edulis* in mixtures of silt and algal cells at low concentrations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 111: 1- 22.
- Bayne B.L. & Hawkins J.S., 1992. Ecological and physiological aspects of herbivory in benthic suspension-feeding molluscs. In: Plant-animal inter-action in the marine benthos, (D.M. John, S.J. Hawkins and J.H. Price, Eds.), 46: 265-288. Clarenton Press, Oxford.
- Bayne B. L., Iglesias J.I.P., Hawkins A.J.S., Navarro E., Héral M., & Deslous-Paoli J.M., 1993. Feeding behaviour of the mussel, *Mytilus edulis*: responses to variations in quantity and organic content of the seston. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 73: 813-829.
- Bernard F.R., 1974. Particle sorting and labial palp function in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795). *Biological Bulletin*, Woods Hole, 146(1): 1-10.
- Bricelj V.M., & Malouf R.E., 1984. Influence of algal and suspended sediment concentrations on the feeding physiology of the hard clam *Mercenaria mercenaria*. *Marine Biology*, 84: 155-165.
- Deslous-Paoli J.M., Sornin J.M. & Héral M., 1987. Variations saisonnières in situ de la production et de la composition des biodépôts de trois mollusques estuariens (*Mytilus edulis*, *Crassostrea gigas*, *Crepidula fornicata*). *Halictis*, 16: 233-245.
- Deslous-Paoli J.M., Lannou A.M., Geairon P., Bougrier S., Raillard O. & Héral M., 1992. Effect of feeding behaviour of *Crassostrea gigas* (bivalve molluscs) on biosedimentation of natural particulate matter. *Hydrobiologia*, 231: 85-91.
- Foster-Smith R.L., 1975. The effect of concentration of suspension and inert material on the assimilation of the algae of three bivalves. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 55: 411-418.

- Haven D.S. & Morales-Alamo R., 1966. Aspects of biodeposition by oysters and other invertebrate filter feeders. *Limnology Oceanography*, **11**: 487-498.
- Héral M., Razet D., Maestrini S. & Garnier, J., 1980. Composition de la matière organique particulaire dans les eaux du bassin de Marennes-Oléron. Apport énergétique pour la nutrition des huîtres. *Conseil international pour l'exploitation de la mer*, C.N. /L: p 44.
- Héral M., 1989. L'ostréiculture française traditionnelle. In: *Aquaculture* (1), (G. Barnabe, Ed.): 348-397. Lavoisier.
- Iglesias, J. I. P., Navarro, E. Alvarez, P. et Armentia, I. 1992. Feeding, particle selection and absorption in cockles *Cerastoderma edule* (L.) exposed to variable conditions of food concentration and quality. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, **162**: 177-198.
- Jorgensen C.B., 1981. Feeding and cleaning mechanisms in the suspension feeding bivalve *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, **65**: 159-163.
- Kiorboe T. & Mohlenberg F., 1981. Particles selection in suspension-feeding bivalves. *Marine Ecology Progress Series*, **5**: 291-296.
- Kuzuki Y., 1978. Relationship between quantities of faecal material produced and of the suspended matter removed by the Japanese oyster. *Bulletin Japanese Scientific Fishery*, **44**(11): 1183-1185.
- Loosanoff V.L. & Engle J.B., 1947. Effect of different concentrations of microorganisms on the feeding of oysters (*O. virginica*). *Fishery Bulletin*, U.S. Fish & Wildlife Service, **51**: 31-57.
- Loosanoff V.L., 1949. On the food selectivity of oysters. *Science*, **110**: 122.
- Loosanoff V.L., 1958. Some aspects of behavior of oysters at different temperatures. *Biological Bulletin*, **114**: 57-70.
- Menzel R.W., 1955. Some phases of the biology of *Ostrea equestris* (Say) and a comparison with *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Publications of the Institute of marine Science*, University of Texas, **4**: 73-148.
- Navarro E., Iglesias J. I. P. & Ortega M.M., 1992. Natural sediment as a food source for the cockle *Cerastoderma edule* (L.): Effect of variable particle concentration on feeding, digestion and the scope for growth. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **156**: 69 - 87.
- Newell R.I.E. & Jordan S., 1983. Preferential ingestion of organic material by the American oyster *Crassostrea virginica*. *Marine Ecology Progress Series*, **13**: 47-53.
- Raillard O., Deslous-Paoli J.M., Héral M., & Razet D., 1993. Modélisation du comportement nutritionnel et de la croissance de l'huître japonaise *Crassostrea gigas*. *Oceanologica Acta*, **16**(1): 1-10.
- Razet D., Héral M., Prou J., Legrand J., & Sornin J.M., 1990. Variation des productions saisonnières de biodépôts (féces et pseudofécès) de l'huître *Crassostrea gigas* dans un estuaire macrotidal: baie de Marennes Oléron. *Haliotis*, **10**: 143-161.
- Shumway S.E., Cucci T.L., Newell. R.C. & Yentsch C.M., 1985. Particle selection, ingestion and absorption in filter feeding bivalves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **91**: 77-92.
- Snedecor G. W. et W. G. Cochran. 1957. Méthodes statistiques. Ed. ACTA. 6<sup>ème</sup> édition. 649 pp.
- Soletchnik P., Prou J., Héral M., Barillé L., Razet D. & Guezennec C.L., 1991. Influence de la charge particulaire sur la filtration d'une population d'huître *Crassostrea gigas* dans le bassin estuarien de Marennes-Oléron (France): analyse de deux cycles de marée. CIEM,C.M. 1991/F: 53 Mariculture Committee Shellfish Committee Ref. K, 10 p.
- Sornin J.M., 1981. Processus sédimentaires et biodéposition liés à différents modes de conchyliculture: Baie de Cancale, Anse de l'Aiguillon et Bassin de Marennes-Oléron. Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle. Géologie, Institut des Sciences de la Nature. Université de Nantes, 188 p.
- 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-Olérons. *Journal of Molluscan Studies*, Suppl. **12 A**: 185-197.
- Sornin J.M., Deslous-Paoli J.M., & Hesse O., 1987. Filtration différentielle d'argile par l'huître *Crassostrea gigas* (Thunberg). Note, 10 p.
- Tenore K.R., & Dunstan W.M., 1973. Comparison of rates of feeding and biodeposition of the American oyster, *Crassostrea virginica* Gmelin, fed different species of phytoplankton. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **12**: 19-26.
- Tsuchiya M., 1980. Biodeposit production by the mussel *Mytilus edulis* L. on rocky shores. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **47**: 203-222.
- Walne P.R., 1972. The influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **52**: 345-374.
- Widdows J., Phelps D.K. & Galloway, W., 1975. Measurement of physiological condition of mussels transplanted along a pollution gradient in Narragansett Bay. *Marine Environmental Research*, **4**: 181-194.
- Widdows J., Fieth P. & Worrall C.M., 1979. Relationships between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, **50**: 195-207.
- Winter J.E., 1969. On the influence of food concentration and other factors on filtration rate and food utilization in the mussels *Arctica islandica* and *Modiolus modiolus*. *Marine Biology*, **4**: 87-135.
- Winter J.E., 1978. A critical review on some aspects of filter-feeding in lamellibranchiate bivalves. *Haliotis*, **7**: 71-87.