



Station de la Tremblade

Mus du Loup, boîte postale 133, 17390 La Tremblade

Tél. 46.36.18.41

Fax 46.36.18.47

Télex 632 160 F

**ECOPHYSIOLOGIE *IN SITU* DE L'HUITRE *CRASSOSTREA*
GIGAS DANS UN MILIEU MACROTIDAL (BASSIN DE
MARENNES-OLERON - CHAPUS 1991).**

**GUEZENEC Loïc, PROU Jean, HERAL Maurice, RAZET
Daniel, BOUGRIER Serge, SOLETCHNIK Patrick**

MATERIELS ET METHODES

1. TRAVAIL EFFECTUE SUR LE SITE DU CHAPUS.

L'expérience menée lors du stage fait suite à deux expériences similaires menées en 1988 et 1990. Elle vise à étudier le comportement d'une population d'huîtres (100 individus) soumise aux variations du milieu naturel. La durée de l'expérience (3 semaines) permet de tester les effets simultanés des cycles haute mer, basse mer et celui des vives-eaux, mortes-eaux.

De plus, les données acquises en continu sur le milieu (fluorescence et turbidité, salinité, température) permettront le calage des modèles courantologiques et sédimentologiques.

Le choix du mois de mai pour l'expérience est déterminé par l'apparition, en général, d'un bloom phytoplanctonique à cette période de l'année.

Les expériences précédentes (1988 et 1990) ont permis déjà d'appréhender la grande variabilité de la turbidité pendant les cycles vives-eaux, mortes-eaux et haute mer, basse mer. La teneur en pigments chlorophylliens varie avec la turbidité montrant l'effet important de la remise en suspension des sédiments et des composantes phytoplanctoniques associées.

Cette année, l'expérience fut reconduite dans le cadre d'un contrat C.E.E. alliant l'IFREMER et le RIJKSWATERSTAAT des Pays-Bas. L'équipe de Aad Small utilise pour le même objectif un tunnel benthique posé à même le sédiment, recouvrant une population de 400 à 500 Kg d'huîtres.

Pour comparer les deux méthodes, deux cycles de 24 heures (vives-eaux et mortes-eaux) ont été choisis (le 13 et le 21 mai).

La méthode IFREMER privilégie l'acquisition en continu et automatisée permettant une durée d'expérimentation de 3 semaines.

La méthode hollandaise basée sur des cycles de 24 heures oblige à des prélèvements discrets toutes les demi-heures mais privilégie l'authenticité des méthodes d'élevage (500 Kg en poches ostréicoles sur les sites mêmes d'élevage).

1.1. Dispositif expérimental.

Le dispositif expérimental est constitué d'un circuit de distribution d'eau et d'un laboratoire destiné au traitement des échantillons sur place.

Le circuit de distribution se compose d'un circuit principal alimentant 4 circuits auxiliaires (figure 3) utilisés pour diverses expériences sur *Crassostrea gigas*.

Ces dernières portent sur :

- les rejets de fécès et de pseudofécès et leur composition.
- la respiration.
- le comportement trophique de l'huître.

1.2. Mesures effectuées.

Ces mesures ont été réalisées pour plusieurs paramètres physiques et biotiques touchant l'eau de mer circulant dans le race-way. Le race-way est un long bac de 2 mètres de long, contenant 100 huîtres (*Crassostrea gigas*) immergées sous 80 mm d'eau de mer (annexe II) afin d'étudier leur comportement trophique.

1.2.1. Mesures en continu.

Ces mesures ont porté sur les paramètres suivants :

- Les débits d'eau traversant le race-way et le bac fécès pseudofécès. Ils sont mesurés par des débitmètres SIGNET modèle 3-8500.101-0P.
- La température de l'eau à l'entrée du race-way mesurée grâce à une sonde thermométrique SIGNET modèle 3-8300.101-P.
- La fluorescence en entrée et en sortie du race-way mesurée par deux fluorimètres TURNER à flux continu modèle 112.
- La turbidité en entrée et en sortie du race-way mesurée par deux néphélomètres AF à flux continu modèle DRT 100B.

L'ensemble de ces appareils étant connecté à un micro-ordinateur GOUPIL G6 par l'intermédiaire d'une carte d'acquisition ANALOG CONNECTION de la société STRAWBERRY TREE INCORPORATION. Les données transmises par les différents capteurs sont ensuite gérées par le logiciel QUICKLOG et sont sauvées toutes les minutes dans un fichier journalier exploitable par la suite sous tableur (LOTUS 1-2-3).

Des mesures de la vitesse et de la direction du courant ont également été réalisées en continu grâce à une sonde VALPORT BFM 108 couplée à un ordinateur portable OLIVETTI M111 ; les données sont acquises toutes les minutes et enregistrées dans un fichier journalier.

L'ensemble des données ainsi recueillies sera traité ultérieurement ; les mesures enregistrées de néphélométrie et de fluorimétrie sont étalonnées à partir d'échantillons discrets d'eau prélevés à l'entrée et la sortie du race-way.

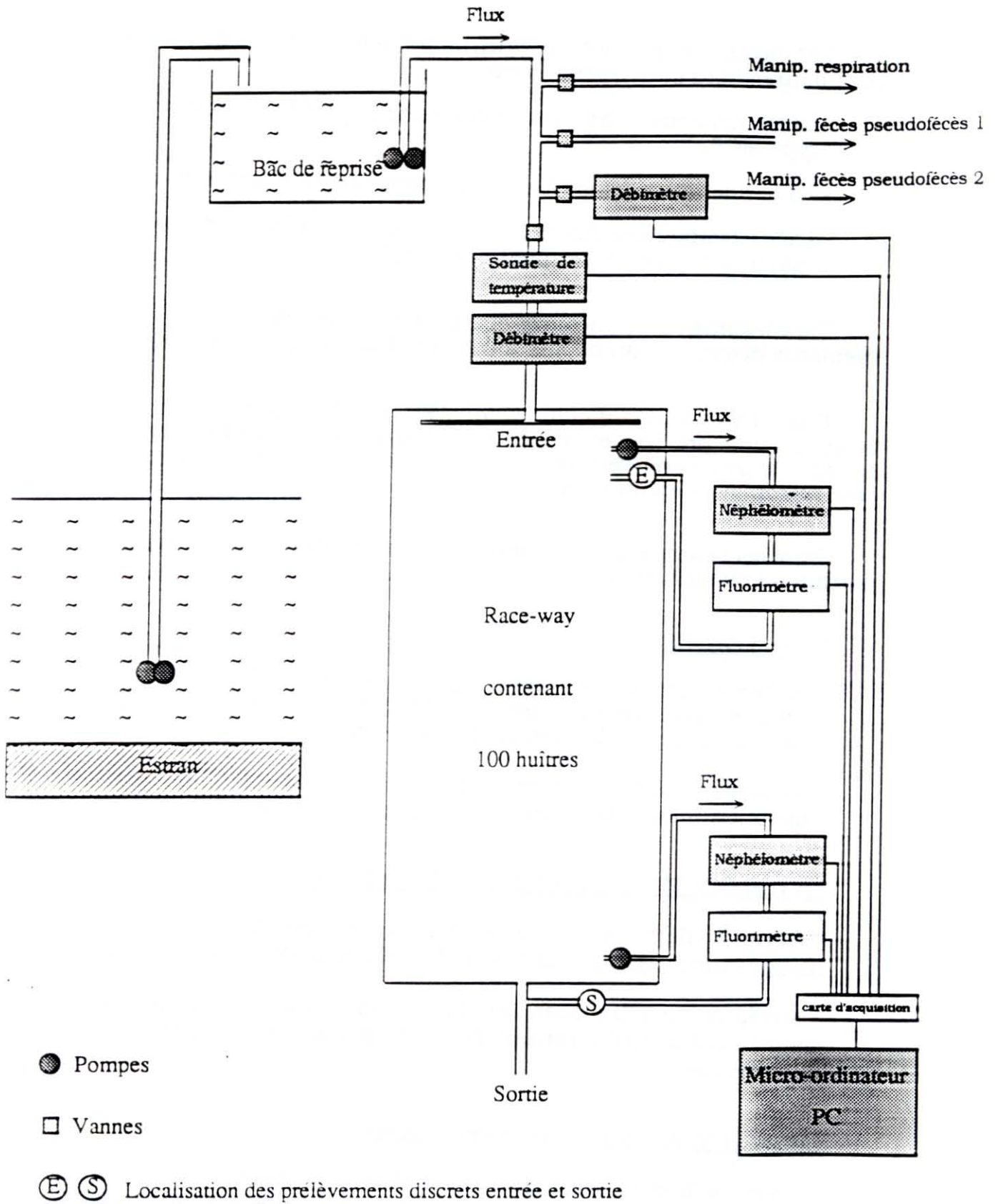


figure 3 : Schéma du protocole expérimental.

1.2.2. Mesures ponctuelles et prélèvements discrets.

Les mesures effectuées toutes les heures lors des cycles de 24 heures et toutes les 2 heures hors cycles portent sur :

- La température et la salinité grâce à une sonde ELECTRONIC SWITCHGEAR type MC5.
- La température seule grâce à un thermomètre à mercure.
- La vérification des débits du bacs fécès pseudofécès et du race-way sur l'afficheur digital des capteurs SIGNET.

Parallèlement à ces mesures et aux mêmes heures étaient effectués des prélèvements discrets d'eau de mer à l'entrée et la sortie du race-way.

Ces prélèvements sont immédiatement traités dans le laboratoire installé sur le site. Chaque prélèvement effectué est marqué de la façon suivante : jour (dans le mois), heure de prélèvement, entrée ou sortie (jj-hh-e/s). Ce marquage étant ensuite réemployé tout au long du traitement.

Pour les volumes d'eau de mer prélevés toutes les deux heures (1 litre), les prétraitements ont concerné :

LES SESTONS.

- filtration d'un volume connu d'eau de mer (de 100 ml à 250 ml suivant la charge sestonique) sur filtre WHATMAN GF/C diamètre 47 mm préalablement taré après 24 heures au dessiccateur.
- stockage du filtre dans une boîte de pétri à l'étuve (60°C) dans l'attente d'une utilisation ultérieure en vue de l'étalonnage des turbidimètres.

LA CHLOROPHYLLE A ET LES PHEOPIGMENTS.

- filtration de 50 ml d'eau de mer additionnée de 1 ml de carbonate de magnésium ($MgCO_3$) à 10 % sur filtre WHATMAN GF/C diamètre 25 mm.
- stockage du filtre dans un tube à vis, à l'abri de la lumière dans un congélateur à -30°C en vue d'une utilisation ultérieure pour l'étalonnage des fluorimètres.

LES C.H.N. (Carbone, Hydrogène, Azote).

- filtration de 50 ml d'eau de mer sur filtre WHATMAN GF/C diamètre 25 mm préalablement calciné au four à moufle à la température de 450°C durant 20 minutes.
- passage du filtre dans des vapeurs de HCl durant 1 minute afin d'éliminer les carbonates présents.

- stockage du filtre en boîte de pétri dans l'étuve à 60°C.
- le traitement de ce prélèvement se fera ultérieurement.

Pour les prélèvements réalisés toutes les heures (cycles de 24 heures uniquement) ; à partir des 2 litres échantillonnés, le prétraitement a porté, comme précédemment sur la préparation des échantillons en vue des travaux à effectuer sur : les C.H.N., la chlorophylle a et les phéopigments, les sestons, mais aussi sur d'autres paramètres étudiés seulement durant ces cycles :

LES SELS NUTRITIFS.

- prélever les premières eaux provenant de la filtration du séton.
- les stocker dans un pillulier et les congeler (analyse ultérieure).

LA SYSTEMATIQUE PHYTOPLANCTONIQUE.

- prélever un litre d'eau de mer dans un bidon plastique d'un litre.
- ajouter 2 ml de formol (traitement ultérieur).

LA TAILLE DES PARTICULES.

- préfiltrer 50 ml eau de mer sur filtre 60 μ .
- passage de l'échantillon au compteur de particules (COULTER COUNTER. MULTISIZER 256 canaux).
- transférer les données concernant le nombre et la taille des particules dans un fichier géré par le logiciel MAIN sur micro-ordinateur compatible de marque TANDON.

2. TRAITEMENT DES ECHANTILLONS AU LABORATOIRE.

2.1. Poids sec des huîtres.

A la fin de l'expérience, les 100 huîtres du race-way sont ouvertes, leur chair est récupérée et stockée au congélateur à -30°C.

Les chairs de ces 100 huîtres sont ensuite passées au lyophilisateur afin d'obtenir la masse totale, exprimée en gramme de poids sec, des 100 huîtres dans le race-way.

La pesée s'effectue après 24 heures au dessicateur.

2.2. Les sestons.

- placer les boîtes de pétri 24 heures au dessiccateur.
- peser les filtres, soit P2 la masse trouvée.
- placer le filtre au four à moufle à 450°C durant 20 minutes afin de détruire la matière organique.
- récupérer les filtres et les placer dans leur boîte de pétri.
- placer ces boîtes 24 heures au dessiccateur.
- peser les filtres, soit P3 la masse trouvée.

L'intérêt de placer les filtres 24 heures au dessiccateur avant chaque pesée réside dans l'obtention d'un degré d'hygrométrie homogène entre les différentes pesées.

A partir des trois pesées effectuées pour chaque filtre,

P1 : poids du filtre avant filtration

P2 : poids du filtre après filtration

P3 : poids du filtre après passage au four

il est possible de déterminer pour chaque prélèvement :

le sestion total = $P2 - P1$

la fraction de sestion minéral = $P3 - P1$

la fraction de sestion organique = $P2 - P3$

Les résultats ainsi obtenus sont exprimés en mg de sestion par litre d'eau de mer filtré.

2.3. La chlorophylle a et les phéopigments.

Le dosage de la chlorophylle a et des phéopigments est ici effectué par fluorimétrie. La méthode consiste à mesurer la fluorescence avant (Fa) et après acidification (Fb) d'une solution acétonique de chlorophylle a et de phéopigments.

La diminution de fluorescence observée est en relation avec le pourcentage relatif de chlorophylle a par rapport à la somme chlorophylle a + phéopigments (Annexe III).

2.4. Traitement informatique et exploitation des mesures.

Les mesures obtenues suite au traitement au laboratoire, c'est-à-dire les masses de seston, les fluorescences, sont saisies dans deux fichiers indépendants sous LOTUS 1.2.3..

Parallèlement les mesures de vitesse et de direction du courant, de débits, de température, de la taille et du nombre des particules sont transférées de leur fichiers bruts à d'autres fichiers exploitables sous LOTUS 1.2.3..

Le travail effectué ensuite consiste en l'étalonnage de l'ensemble des mesures en tenant compte :

- des dilutions effectuées (sestons, chlorophylle a et phéopigments, taille des particules)
- des différents filtres utilisés (fluorimétrie) tant sur le terrain qu'au niveau du laboratoire
- des formules de calcul nécessaires à la détermination de certaines concentration (sestons et chlorophylle a + phéopigments).

Suite à ce travail une étude de la validité des paramètres traités a été possible afin de d'éliminer les valeurs aberrantes.

Une fois ce travail de nettoyage effectué, une étude graphique de l'évolution des différents paramètres à été possible sous LOTUS 1.2.3.. Cette étude aboutissant à la recherche de relations entre ces paramètres et à l'interprétation de ces relations.

II. RESULTATS ET DISCUSSION.

1. LES ETALONS.

Sur les graphiques, l'échelle de temps est exprimée en heure relative par rapport au début de la manipulation. L'heure "0" correspondant à l'heure du début de l'acquisition des données pour la manipulation CHAPUS 91, c'est-à-dire au 11 mai 1991 à 15 heures. La manipulation finissant le 25 mai 1991 à 19 heures, ceci correspond à 340 heures en relatif.

1.1. *Les sestons.*

Les résultats obtenus sur l'ensemble de la manipulation (figure 4) mettent en évidence une forte charge sestonique, celle-ci étant en moyenne de 75 mg/l d'eau de mer à l'entrée du race-way. Cette charge sestonique évolue de 20 mg/l d'eau de mer à 360 mg/l en entrée du race-way et de 14 mg/l d'eau de mer à 280 mg/l avec une moyenne se situant à 55 mg/l en sortie. On constate que la charge sestonique en sortie reste inférieure à la charge sestonique en entrée.

Ces fortes charges sestoniques traduisent un important phénomène de remise en suspension lié à la marée mais aussi aux conditions atmosphériques agissant sur les dépôts sédimentaires du bassin de Marennes-Oléron.

En ce qui concerne les fractions du seston total en entrée et en sortie, c'est-à-dire le seston minéral et le seston organique (figures 5 et 6), on constate des variations de concentration du même type que celles observées pour le seston total. Il apparaît de plus sur ces courbes que la fraction organique du seston reste toujours inférieure à la fraction minérale aussi bien en sortie qu'en entrée.

Pour l'entrée la concentration de seston minéral varie de 16 mg/l d'eau de mer à 320 mg/l. Le seston organique variant lui de 0.2 mg/l d'eau de mer à 38 mg/l. La fraction minérale représentant ici en moyenne 86% du seston total en entrée.

Pour la sortie, la concentration en seston minéral varie de 14 mg/l d'eau de mer à 250 mg/l. Le seston organique variant lui de 1 mg/l à 32 mg/l. La fraction minérale représentant 84% du seston total en sortie.

Une étude des différentes fractions du seston par rapport au seston total en entrée et en sortie nous a permis d'obtenir, sur LOTUS 1.2.3., par régression linéaire les équations de droite suivantes (figures 7,8,9,10) :

seston total
(g/l d'eau
de mer)_{0.4}

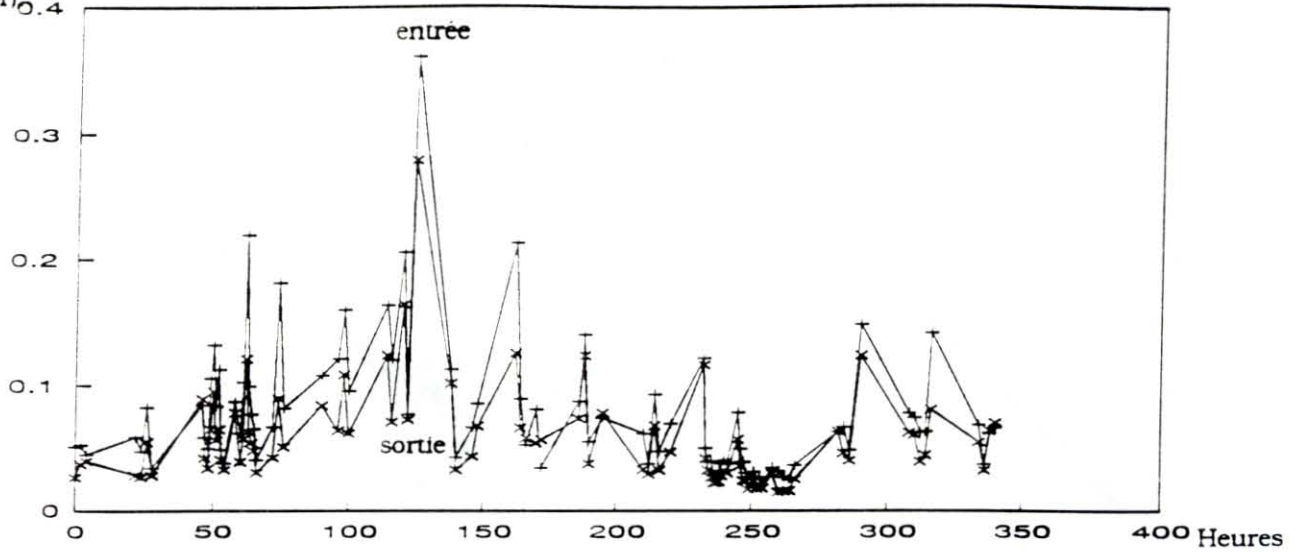


figure 4 : Evolution du seston total à l'entrée et à la sortie du race-way.

g/l d'eau de
mer.

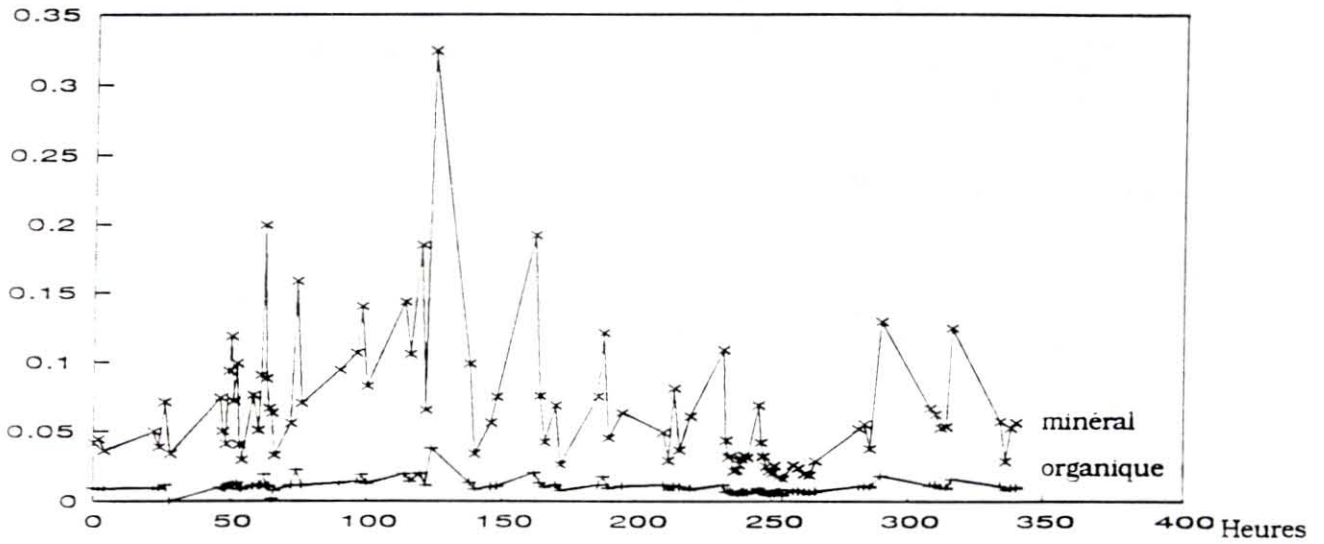


figure 5 : Evolution des fractions du seston à l'entrée du race-way.

g/l d'eau de
mer.

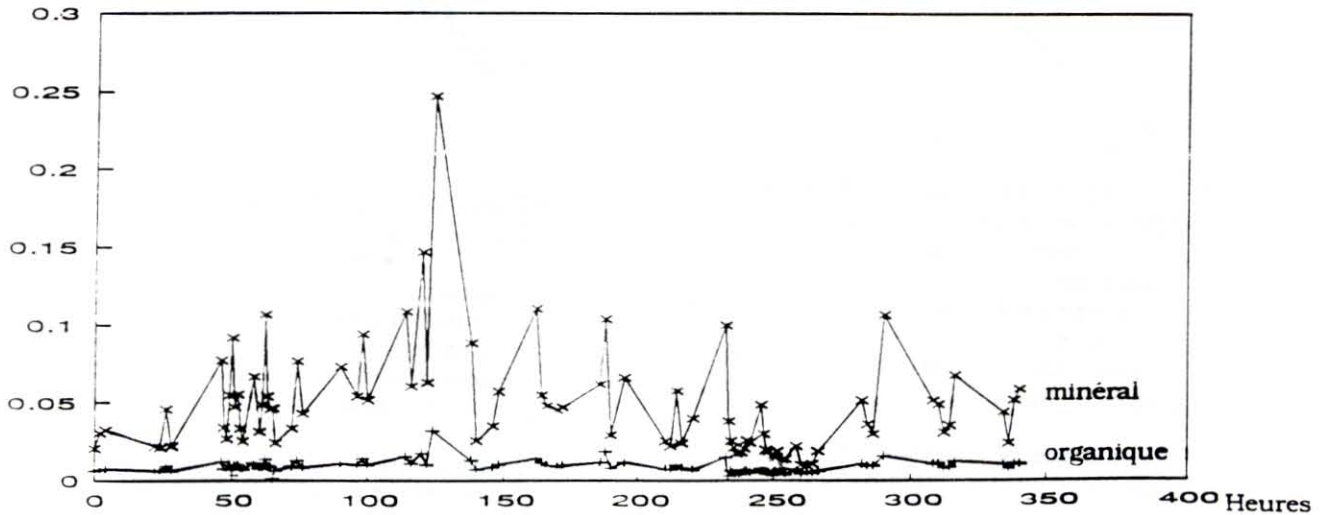
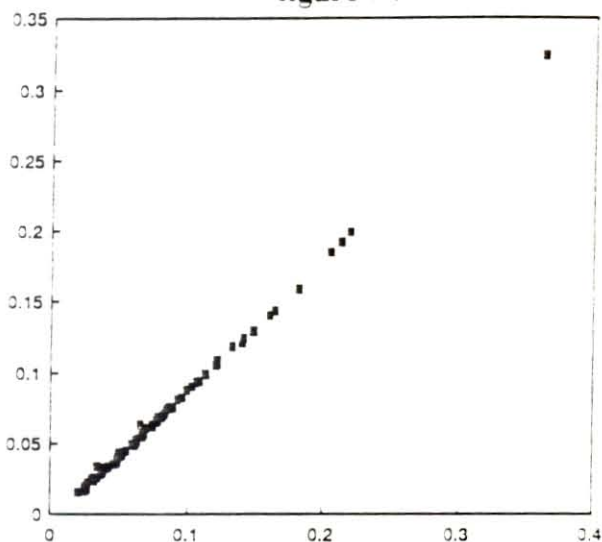


figure 6 : Evolution des fractions du seston à la sortie du race-way.

figure 7 :



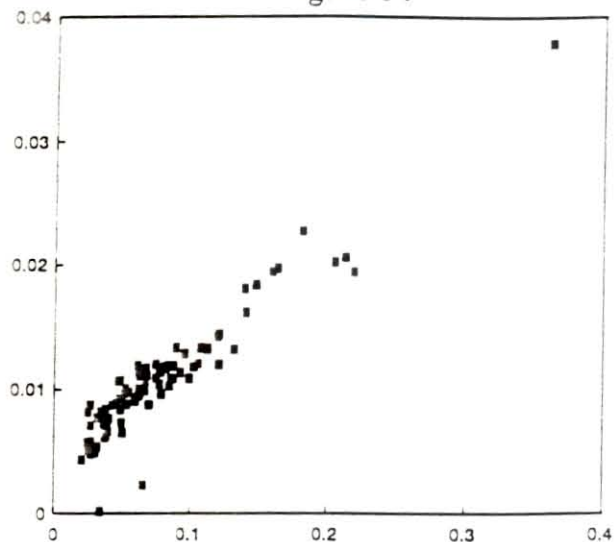
SESTON MINERAL ENTREE= f (SESTON TOTAL ENTREE) en mg/l d'eau de mer.

Sortie régression :

Constante	-0.0039581
Ecart type d'estimation Y	0.00169798
R au carré	0.9987838
Nombre d'observations	92
Degres de liberté	90

Coefficient(s) X 0.91202507
Ecart type de coef. 0.00335469

figure 8 :



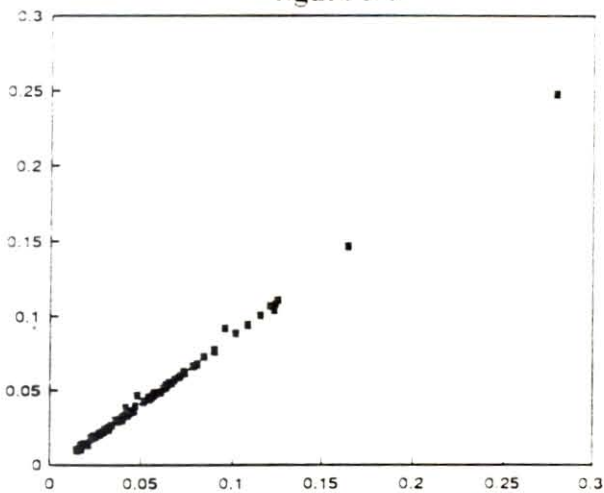
SESTON ORGANIQUE ENTREE= f (SESTON TOTAL ENTREE) en mg/l d'eau de mer.

Sortie régression :

Constante	0.0039581
Ecart type d'estimation Y	0.00169798
R au carré	0.88427761
Nombre d'observations	92
Degres de liberté	90

Coefficient(s) X 0.08797493
Ecart type de coef. 0.00335469

figure 9 :



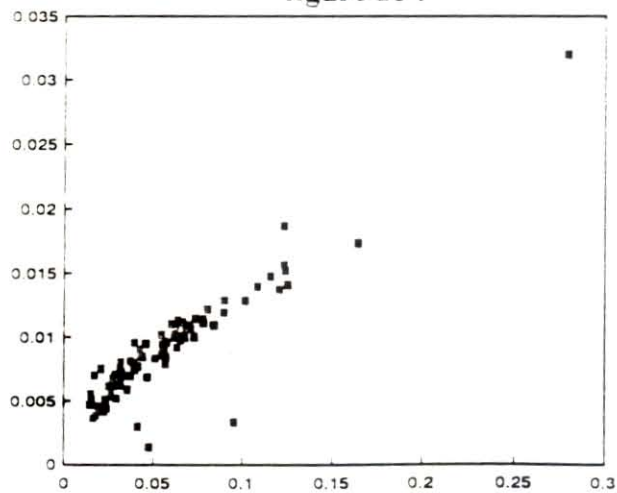
SESTON MINERAL SORTIE= f (SESTON TOTAL SORTIE) en mg/l d'eau de mer.

Sortie régression :

Constante	-0.0034602
Ecart type d'estimation Y	0.00162484
R au carré	0.99785638
Nombre d'observations	92
Degres de liberté	90

Coefficient(s) X 0.90315973
Ecart type de coef. 0.00441248

figure 10 :



SESTON ORGANIQUE SORTIE= f (SESTON TOTAL SORTIE) en mg/l d'eau de mer.

Sortie régression :

Constante	0.0034602
Ecart type d'estimation Y	0.00162484
R au carré	0.84256543
Nombre d'observations	92
Degres de liberté	90

Coefficient(s) X 0.09684027
Ecart type de coef. 0.00441248

$$\text{SME} = 0.91202507 * \text{STE} - 0.0039581$$

$$\text{SOE} = 0.08797493 * \text{STE} + 0.0039581$$

$$\text{SMS} = 0.90315973 * \text{STS} - 0.0034602$$

$$\text{SOS} = 0.09684027 * \text{STS} + 0.0034602$$

Avec:

SME : seston minéral entrée

SOE : seston organique entrée

STE : seston total entrée

SMS : seston minéral sortie

SOS : seston organique sortie

STS : seston total sortie

A partir de ces équations, une modélisation du pourcentage de seston minéral et organique en fonction du seston total a été possible (figure 11,12,13,14).

Suivant ces modèles nous pouvons déduire que :

- Plus la masse de seston total est importante et plus la proportion de seston minéral est importante. Celle-ci tendant vers une limite de 0.9 (90% du seston total). La proportion de fraction organique quant à elle décroît pour tendre vers une limite de 0.1 du rapport organique/minéral soit 10 % de celui-ci. Les fortes valeurs du seston total sont liées à d'importants phénomènes de remise en suspension du sédiment constitué essentiellement de particules minérales. Pour les fortes charges de seston total nous sommes très proches des teneurs minérales et organiques du sédiment.

- Parallèlement, plus la masse de seston total est faible et plus la proportion de seston organique augmente. Celle-ci s'accroissant de manière très importante pour les faibles valeurs de seston total, inversement la proportion de seston minéral décroît très rapidement pour les faibles valeurs de seston total. Les particules de la fraction minérale du seston étant plus lourdes que celles de la fraction organique, elles sédimentent rapidement ne laissant plus qu'une forte proportion de seston organique en suspension dans l'eau de mer.

1.2. La chlorophylle a et les phéopigments.

Sur l'ensemble des résultats obtenus au cours de la manipulation, nous pouvons constater le même type d'évolution entre les concentrations en chlorophylle a + phéopigments en entrée et en sortie (figure 15). Il faut cependant noter

MODELISATION DE LA PROPORTION DES DIFFERENTES FRACTIONS DE SESTON A L'ENTREE DU RACE-WAY.

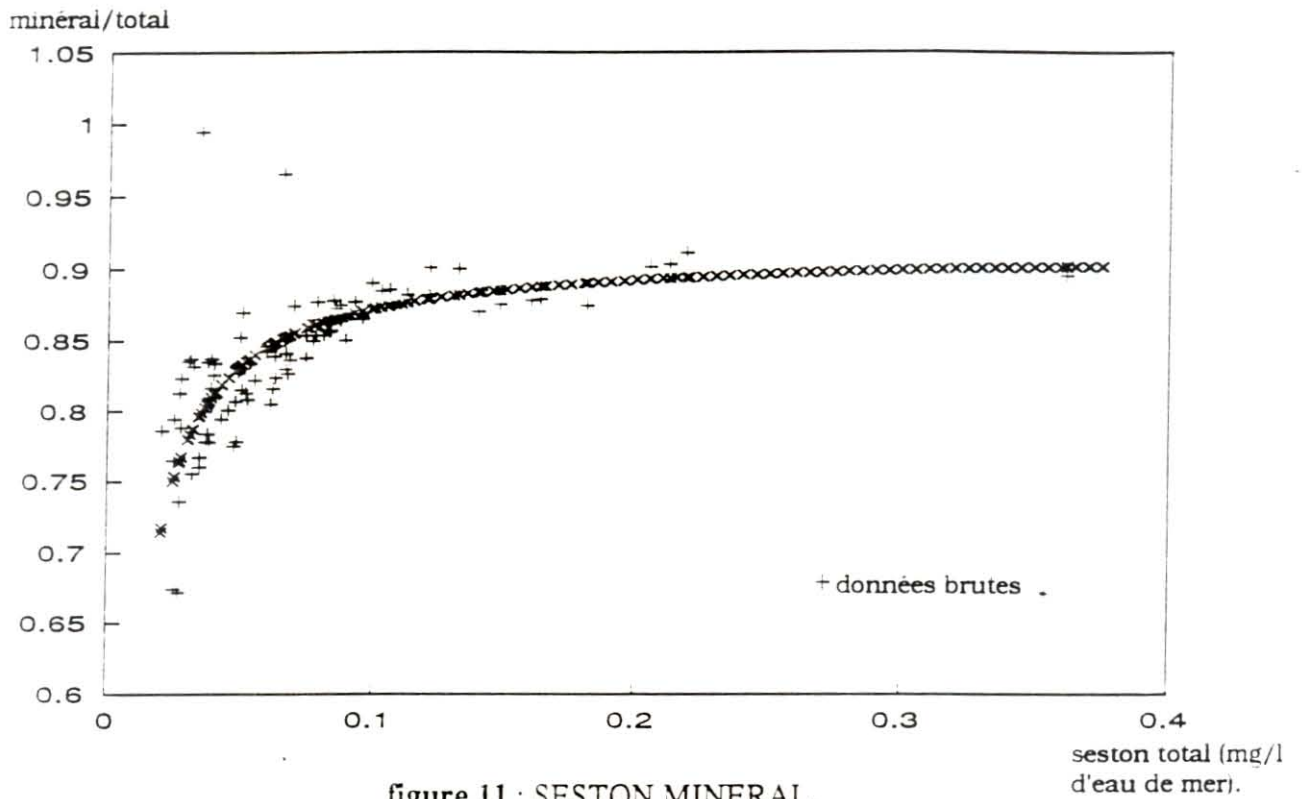


figure 11 : SESTON MINERAL.

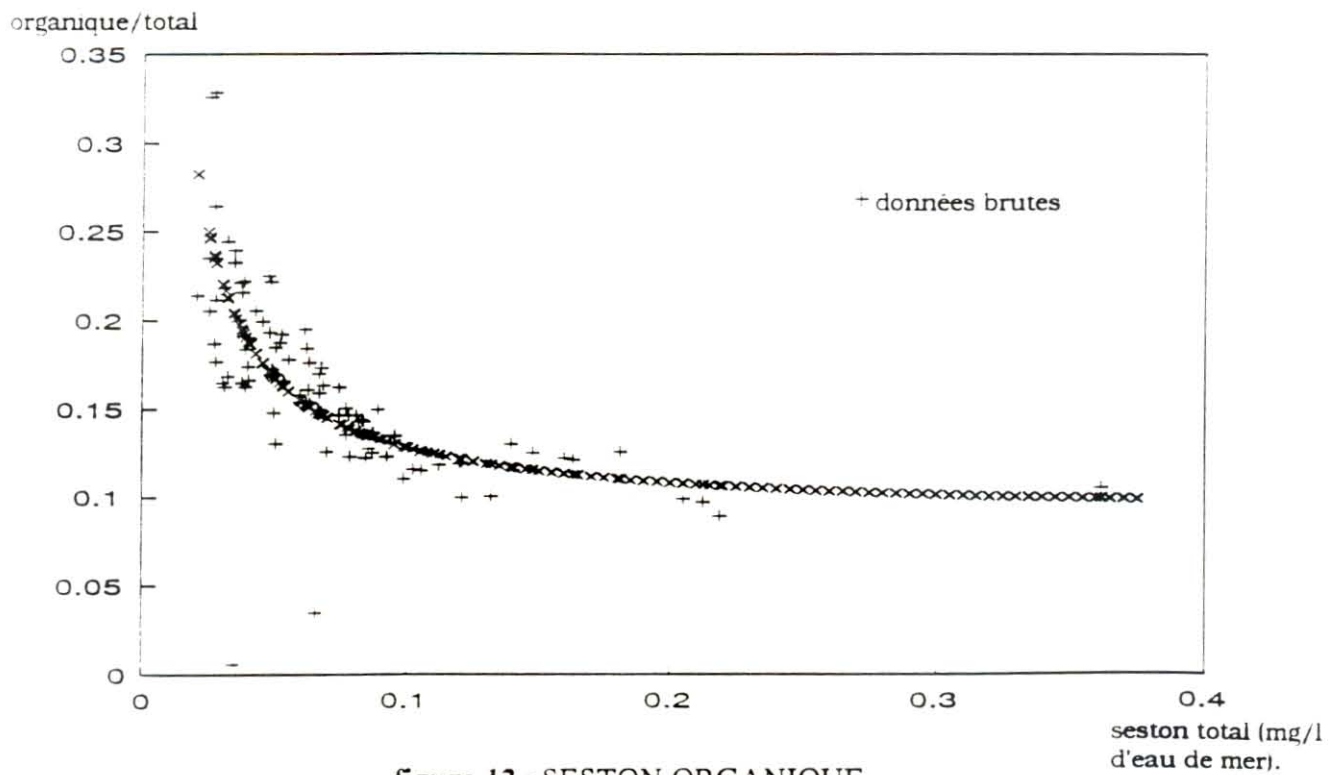


figure 12 : SESTON ORGANIQUE.

MODELISATION DE LA PROPORTION DES DIFFERENTES FRACTIONS DE SESTON A LA SORTIE DU RACE-WAY.

minéral/total

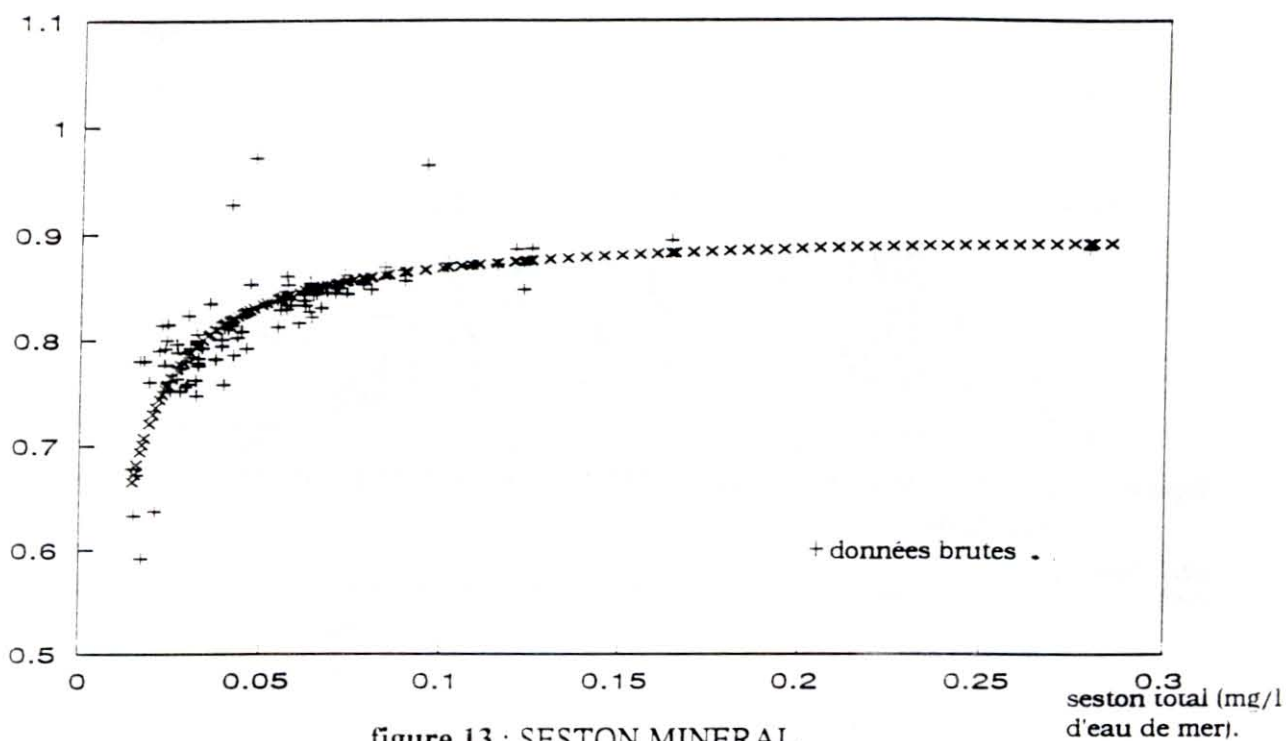


figure 13 : SESTON MINERAL.

organique/total

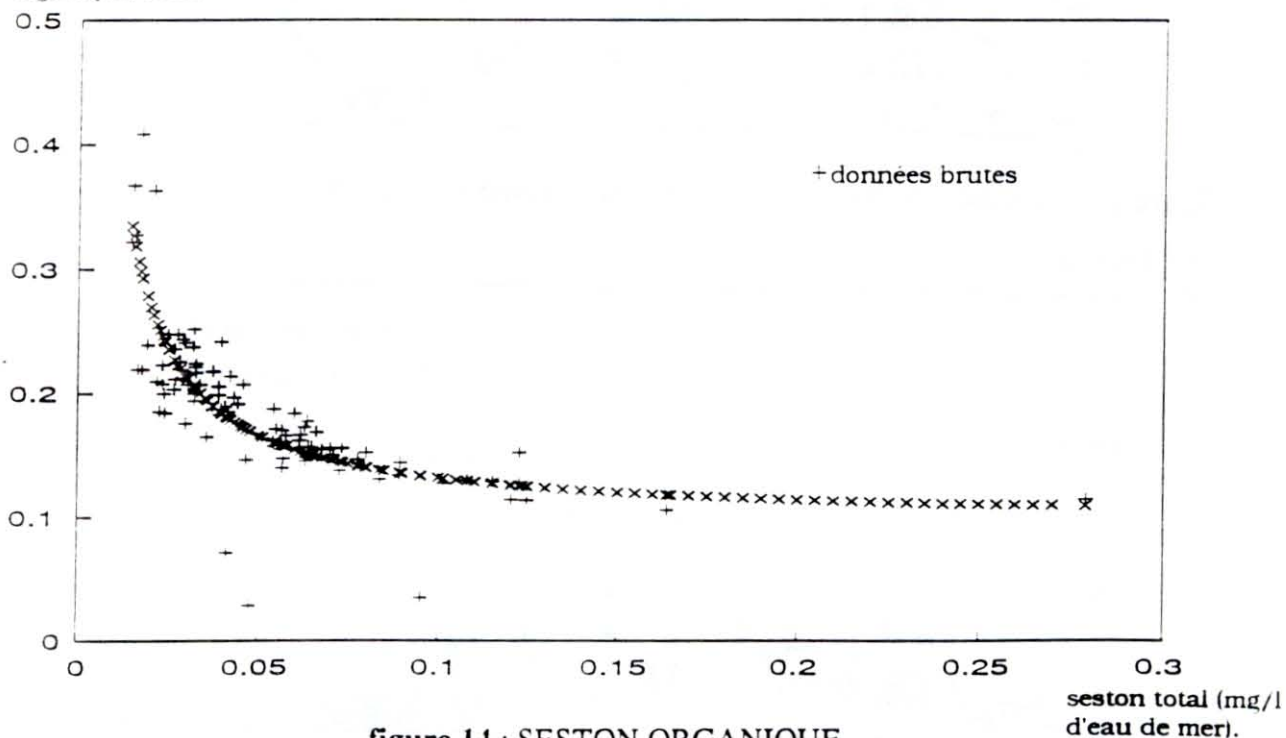


figure 14 : SESTON ORGANIQUE.

chlorophille a +
phéopigments
($\mu\text{g/l}$ d'eau de
mer)

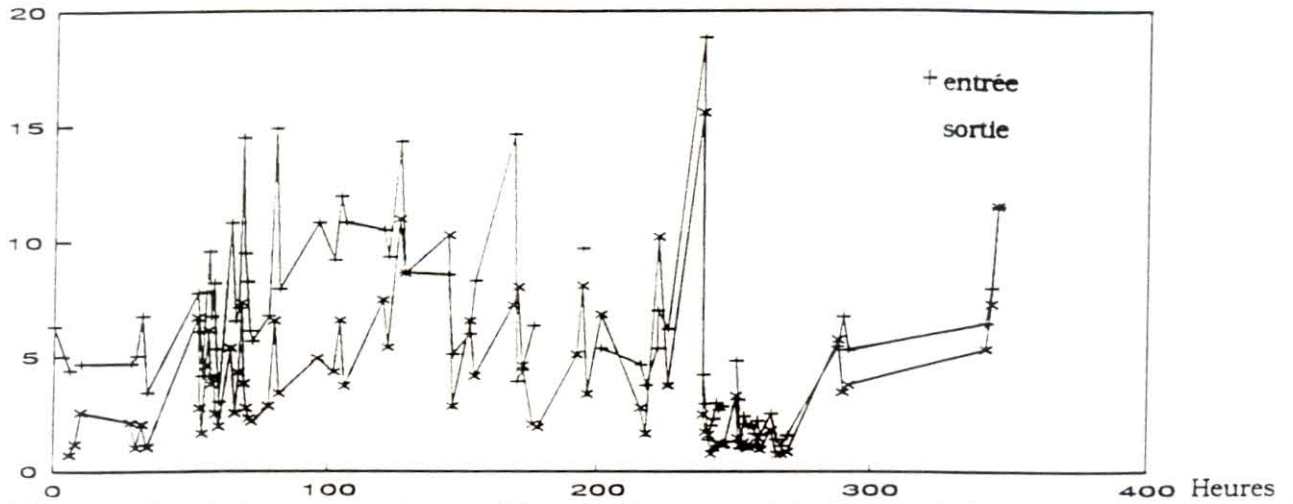


figure 15 : Evolution de la concentration en chlorophille a et en phéopigments à l'entrée et à la sortie du race-way.

$\mu\text{g/l}$ d'eau de
mer

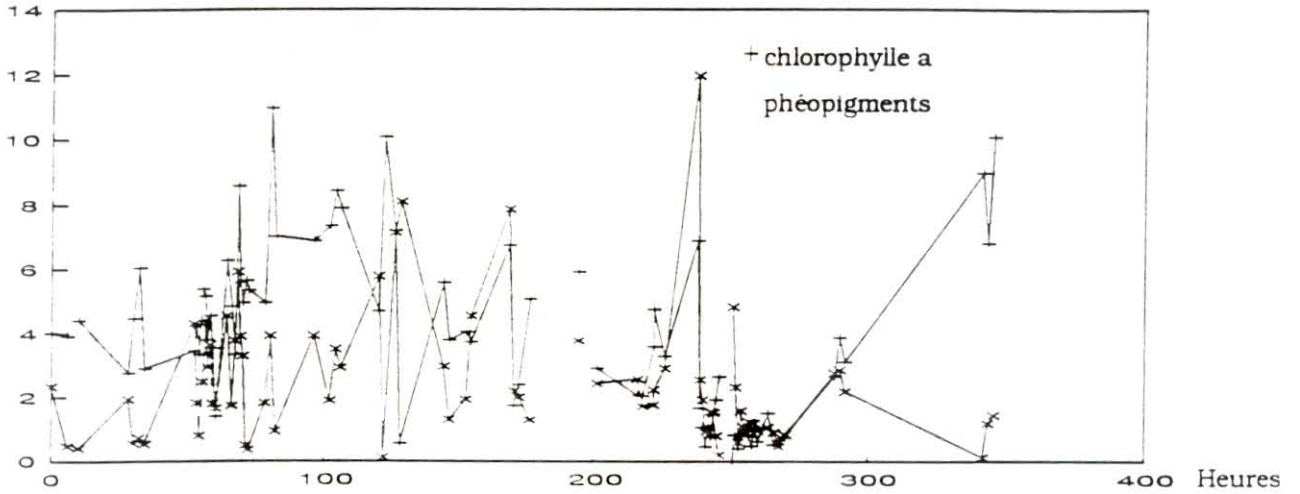


figure 16 : Evolution de la concentration en chlorophille a et en phéopigments à la sortie du race-way.

$\mu\text{g/l}$ d'eau de
mer

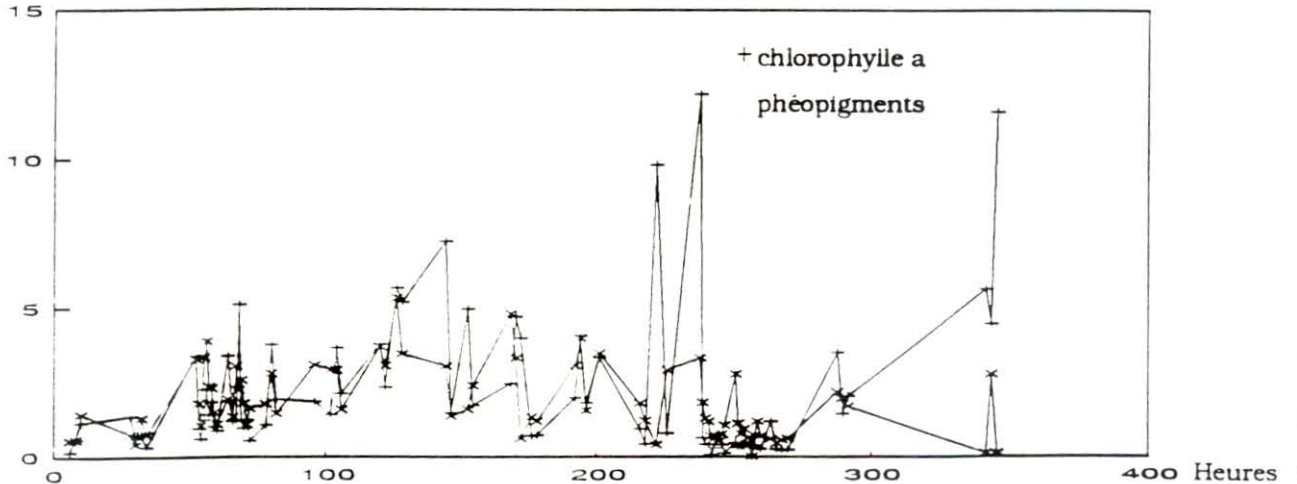


figure 17 : Evolution de la concentration en chlorophille a et en phéopigments à la sortie du race-way.

que ces concentrations restent, à la sortie du race-way, inférieures à celles d'entrée. En entrée, ces concentrations varient de 0.9 µg/l d'eau de mer à 18.8 µg/l avec une moyenne se situant à 6.25 µg/l. En sortie, on observe une variation de 0.69 µg/l à 15.55 µg/l avec une moyenne de 4 µg/l.

L'évolution comparée de la chlorophylle a et des phéopigments à l'entrée du race-way (figure 16) ne montre aucun lien visible entre ces deux paramètres. La concentration en chlorophylle a variant de 0 µg/l à 11 µg/l avec une moyenne se situant à 4 µg/l. La concentration en phéopigments variant de 0 µg/l à 12 µg/l avec une moyenne de 2.4 µg/l. Il n'a pas été possible de trouver de modèle simple liant la concentration en chlorophylle a et la concentration en phéopigments. Les variations de ces deux paramètres apparaissant, à ce stade du traitement indépendantes les unes des autres.

A la sortie du race-way (figure 17) nous retrouvons le même phénomène d'indépendance des paramètres qu'à l'entrée (figure 16). Il a ici aussi été impossible de trouver une relation simple liant chlorophylle a et phéopigments. La concentration de chlorophylle a variant de 0.1 µg/l d'eau de mer à 12.2 µg/l pour une moyenne de 2.2 µg/l. La concentration de phéopigments variant de 0.1 µg/l d'eau de mer à 5.3 µg/l avec une moyenne de 1.8 µg/l.

L'impossibilité de mettre en évidence une relation simple entre chlorophylle a et phéopigments est probablement due au fait que ces paramètres sont liés à des facteurs d'évolution des populations. Ainsi, il existe des inégalités de répartition spatiale du phytoplancton dans les masses d'eau. Ces inégalités étant liées à la profondeur, aux thermoclines, à l'abondance des nutriments (G.P.HARRIS, 1986).

1.3. Comparaison entrée sortie.

Etude du taux de rétention (TR).

Le taux de rétention correspond au pourcentage de substance disparu entre l'entrée et la sortie du race-way. Il se calcule par la formule :

$$TR = (C \text{ entrée} - C \text{ sortie}) / C \text{ entrée}$$

Avec :

C entrée : la concentration de la substance à l'entrée du race-way.

C sortie : la concentration de la substance à la sortie du race-way.

Pour le paramètre seston, le taux de rétention permet de visualiser la diminution du seston total dans le race-way par rapport au seston entrant. Cette diminution est due à une consommation du seston par les huîtres du race-way, ainsi qu'à la sédimentation de certaines particules.

L'évolution du taux de rétention du seston au cours de la manipulation CHAPUS 91 (figure 18) apparaît irrégulière, en effet celle-ci varie de 10 % à 50 % avec une moyenne se situant aux environs de 30 %.

Pour la chlorophylle a + les phéopigments, l'évolution du taux de rétention (figure 19) est du même type que celle rencontrée pour les sestons (figures 18). De plus, les valeurs négatives et les pics importants se retrouvent aux mêmes heures et dates que ceux rencontrés pour les sestons. Cependant le taux de rétention moyen, environ 50 %, est plus fort que celui rencontré pour les sestons. Ceci est dû aux différentes tailles des particules ; en effet, la taille du phytoplancton étant généralement supérieure à celle des particules minérales, celui-ci est retenu dans des proportions plus grandes que le minéral lors de la filtration de l'eau de mer par les huîtres.

Les valeurs négatives rencontrées sur les figures 18 et 19 peuvent s'expliquer soit par une remise en suspension de certaines particules sédimentées lors de leur transit dans le race-way, soit par un important rejet ponctuel de particules par les huîtres. Il apparaît en effet que, bien qu'elles soient agglomérées avec du mucus, les pelotes de pseudofécès ne sont que peu cohésives et sont facilement remises en suspension (Kusuki, 1978).

Il est à noter que les irrégularités du taux de rétention, au cours de la manipulation ne traduisent pas le fait que certains jours les huîtres consomment plus de phytoplancton que d'autres. Les prélèvements effectués toutes les deux heures étant insuffisants pour visualiser d'éventuels phénomènes de ce type. C'est pourquoi une étude plus détaillée sur un cycle de 24 heures avec des prélèvements horaires a été effectuée.

2. CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991.

Au cours de ce cycle, des prélèvements ont été effectués toutes les heures. Du 13 mai 13 heures au 13 mai 21 heures pour la première marée (coefficient 92,9 prélèvements réalisés) et du 14 mai 01 heure au 14 mai 09 heures pour la seconde marée (coefficient 95,8 prélèvements effectués).

Sur l'ensemble de ces deux séries de prélèvements (17 au total) et de mesures effectuées, seules seront traitées ici :

- l'évolution de la charge sestonique à partir des 17 prélèvements ponctuels.
- l'évolution de la chlorophylle a et des phéopigments à partir des 17 prélèvements ponctuels.
- l'évolution de la turbidité d'après les mesure en continu.
- l'évolution de la fluorescence d'après les mesures en continu.

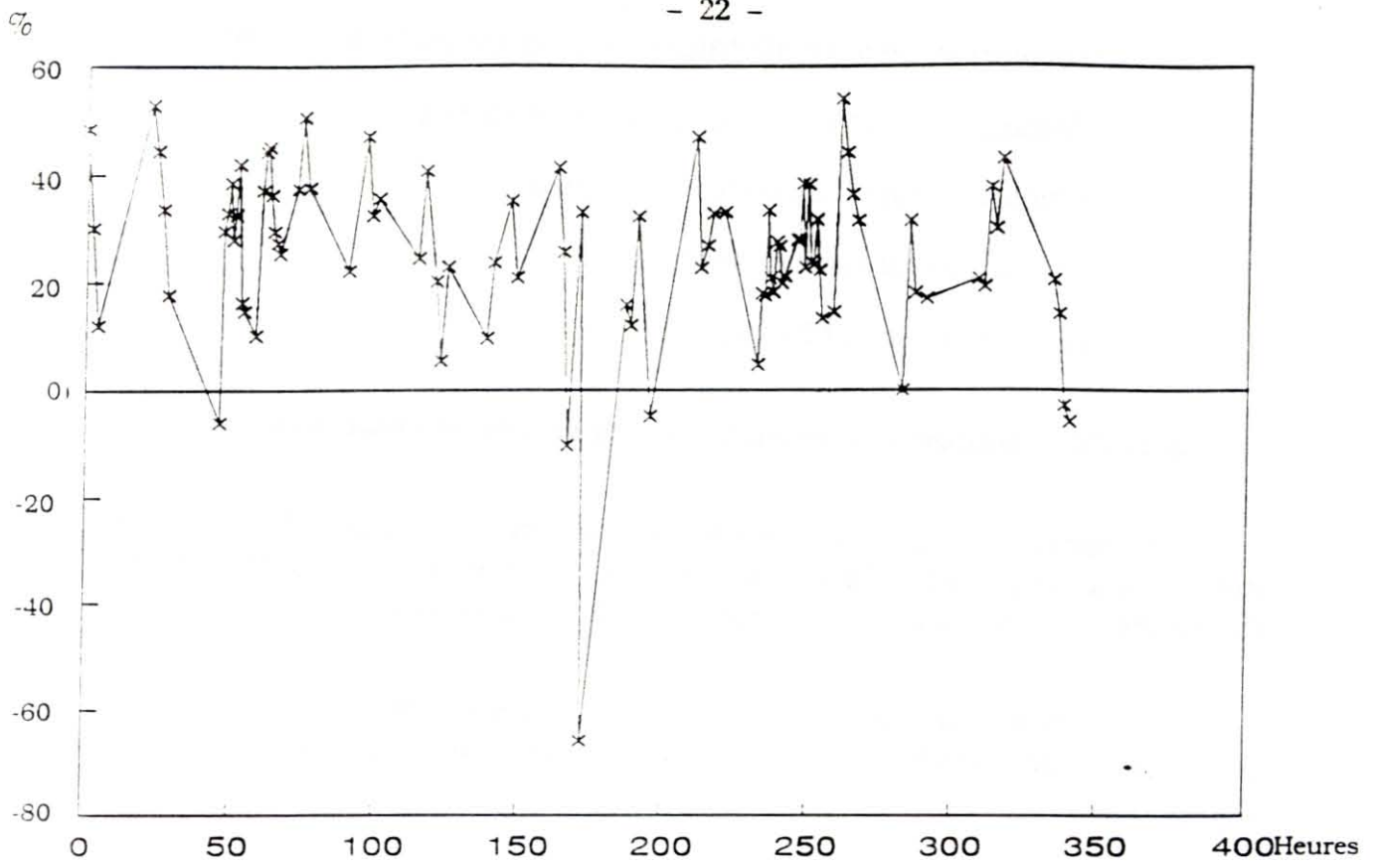


figure 18 : Taux de rétention du seston dans le race-way.

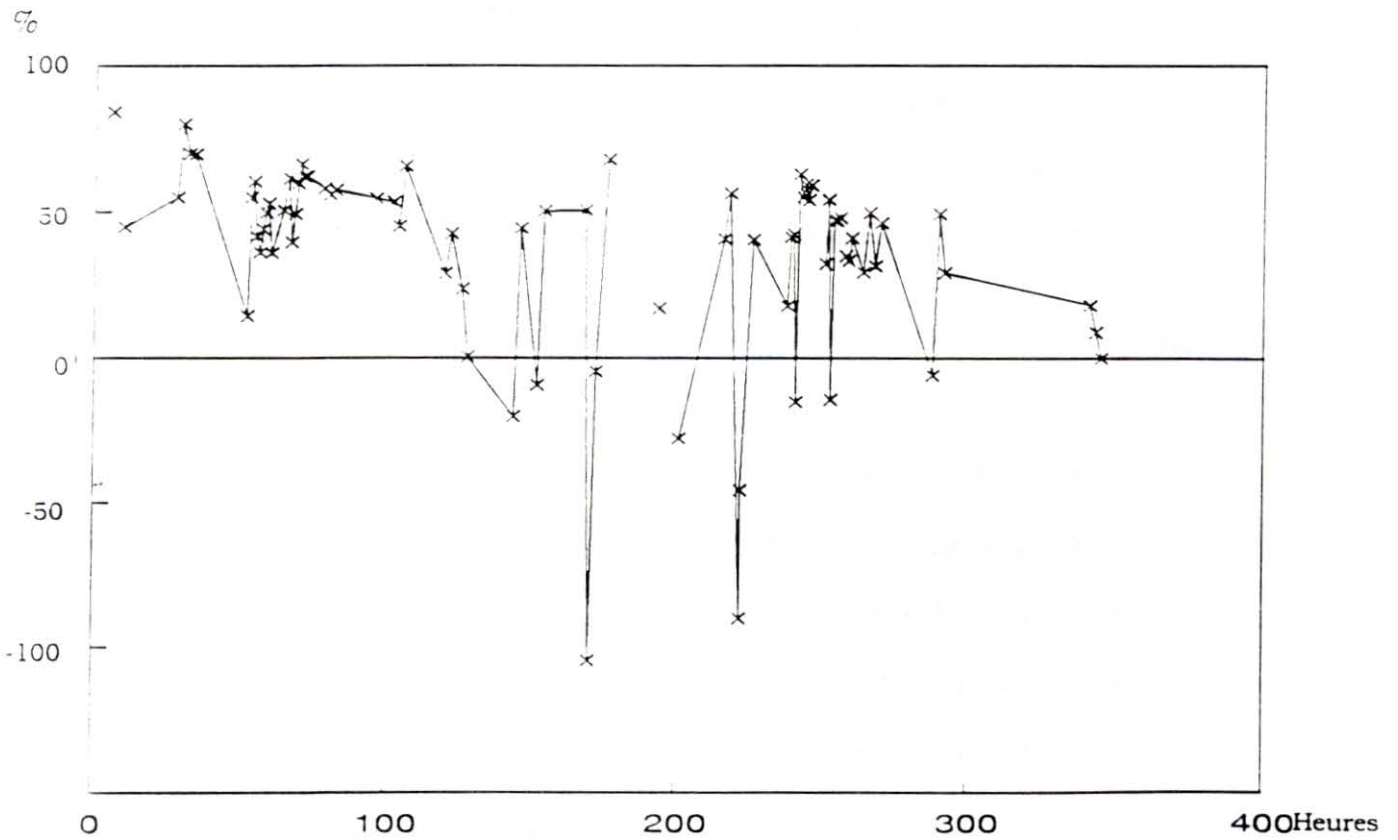


figure 19 : Taux de rétention de la chlorophylle a et des phéopigments dans le race-way.

- l'évolution de la température et du débit pour le race-way.
- l'évolution de la direction et de la vitesse du courant.
- l'évolution de la taille des particules.
- l'évolution du taux de rétention.
- l'évolution de la filtration.

2.1. Etalonnage des néphélomètres et des fluorimètres.

A partir des échantillons discrets de seston et de chlorophylle a + phéopigments, il a été possible d'étalonner les signaux mesurés en continu à partir des fluorimètres (figure 21) et des néphélomètres (figure 20).

Une relation linéaire simple entre les valeurs déterminées à partir des échantillons discrets et les valeurs acquises en continu est établie pour les quatre paramètres.

Ces relations aboutissant aux équations de droites de régression suivantes (figures 28,29,30,31) :

$$\text{STE (mg/l)} = 19.99523 * \text{TuE} + 8.507907$$

$$\text{STS (mg/l)} = 17.16787 * \text{TuS} + 15.33553$$

$$\text{CHLORO. A + PHEO. (\mu g/l)} = 0.461052 * \text{FIE} - 3.80714$$

$$\text{CHLORO. A + PHEO. (\mu g/l)} = 0.399638 * \text{FIS} - 2.15913$$

Avec:

STE : seston total en entrée

TuE : turbidité en entrée

STS : seston total en sortie

TuS : turbidité en sortie

FIE : fluorescence en entrée

FIS : fluorescence en sortie

A partir de ces équations du type $Y = a * X + b$ il a été possible de convertir l'ensemble des données brutes des fichiers turbidité et fluorescence pour l'ensemble du cycle en concentration de seston total exprimé en mg/l d'eau de mer et en concentration de chlorophylle a + phéopigments exprimé en $\mu\text{g/l}$ d'eau de mer.

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

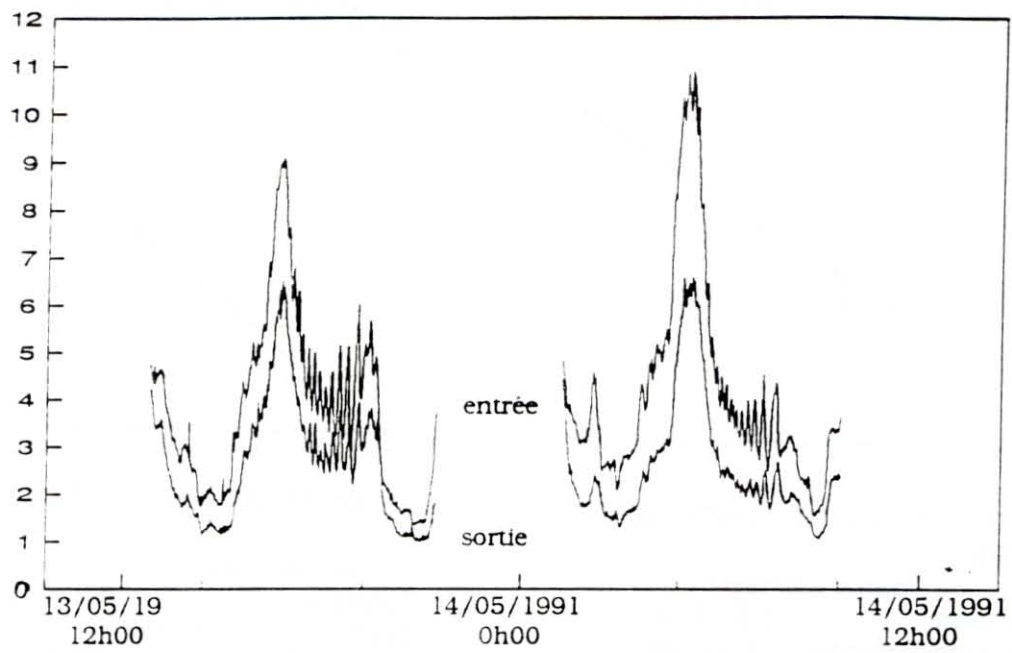


figure 20 : Evolution de la turbidité à l'entrée et à la sortie du race-way (données brutes sans unité).

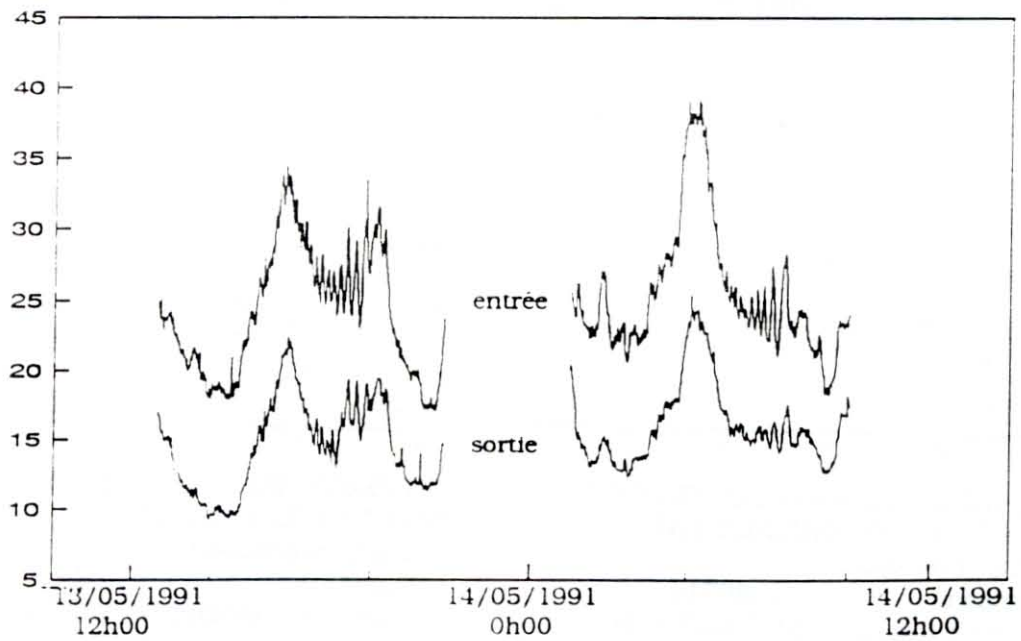
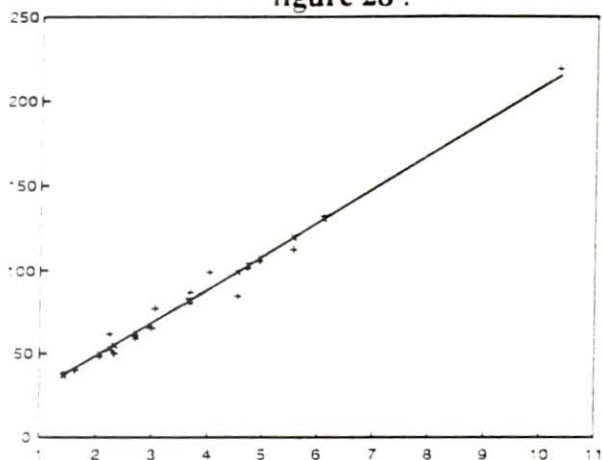


figure 21 : Evolution de la fluorescence à l'entrée et à la sortie du race-way (données brutes sans unité).

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

figure 28 :



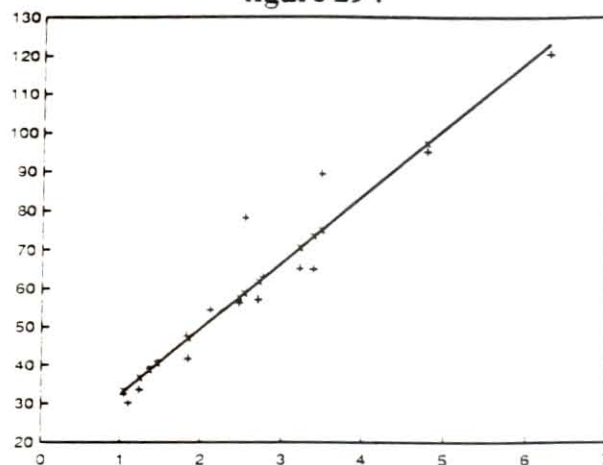
SESTON TOTAL ENTREE=f(TURBIDITE ENTREE)

Sortie régression :

Constante 8.507907
 Ecart type d'estimation Y 6.33600
 R au carré 0.980053
 Nombre d'observations 17
 Degrés de liberté 15

Coefficient(s) X 19.99523
 Ecart type de coef 0.73653

figure 29 :



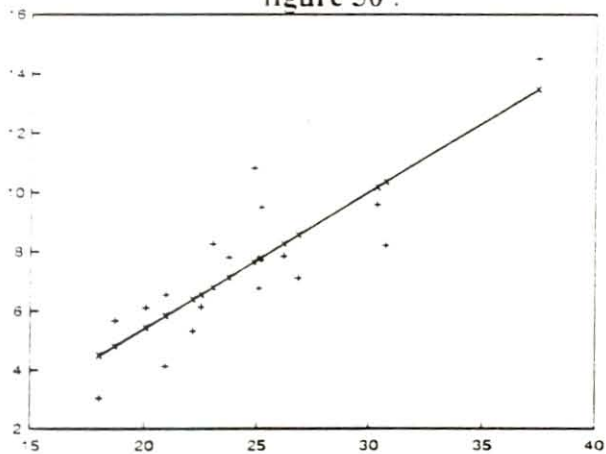
SESTON TOTAL SORTIE=f(TURBIDITE SORTIE)

Sortie régression :

Constante 15.33553
 Ecart type d'estimation Y 7.20918
 R au carré 0.920792
 Nombre d'observations 17
 Degrés de liberté 15

Coefficient(s) X 17.16787
 Ecart type de coef 1.300093

figure 30 :



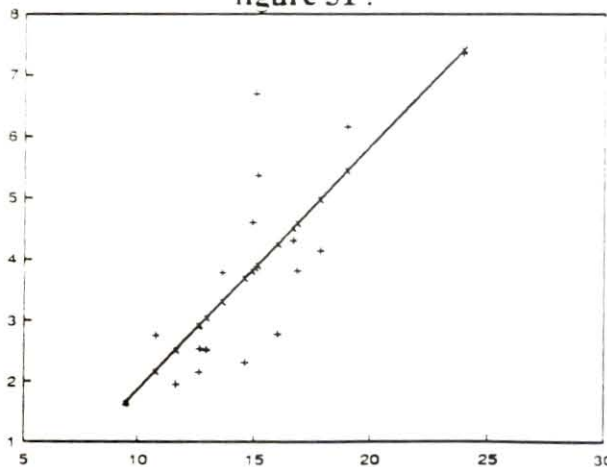
CHLOROPHYLLE A + PHEOPIGMENTS ENTREE=f(FLUORESCENCE ENTREE)

Sortie régression :

Constante -3.80714
 Ecart type d'estimation Y 1.480464
 R au carré 0.712583
 Nombre d'observations 17
 Degrés de liberté 15

Coefficient(s) X 0.461052
 Ecart type de coef 0.075604

figure 31 :



CHLOROPHYLLE A + PHEOPIGMENTS SORTIE=f(FLUORESCENCE SORTIE)

Sortie régression :

Constante -2.15913
 Ecart type d'estimation Y 1.114803
 R au carré 0.616061
 Nombre d'observations 17
 Degrés de liberté 15

Coefficient(s) X 0.399638
 Ecart type de coef 0.081459

Pour cela, il suffit de remplacer le paramètre X des équations (turbidité entrée, turbidité sortie, fluorescence entrée, fluorescence sortie) par sa valeur brute dans le fichier journalier.

On obtient ainsi des courbes d'évolution de la teneur en seston (figure 32) et en chlorophylle a + phéopigments (figure 33) de l'eau de mer à l'entrée et à la sortie du race-way pour le cycle du 13 et 14 mai 1991. L'application de ces équations à l'ensemble des données mesurées en continu au cours de l'expérience n'a pas été effectuée car, afin de tenir compte de la dérive éventuelle des instruments, il est préférable d'effectuer un étalonnage par petits segments d'une vingtaine d'heures comme celui-ci.

2.2. Evolution des sestons.

Les figures 22 et 32 montrent l'évolution du seston total au cours du cycle.

Le premier étalonnage (13 mai 13 heures) montre des valeurs de seston pratiquement confondues. Ce prélèvement fait suite à un assec du race-way (simulation de marée basse). Pour expliquer ces valeurs de seston proches en entrée et en sortie on peut émettre l'hypothèse que les huîtres ne commencent pas leur travail de filtration immédiatement après l'arrivée de l'eau.

Au début et à la fin de chaque marée, les fortes valeurs de concentration en seston sont liées à la remise en suspension locale du sédiment. En effet à ces périodes du cycle les hauteurs d'eau sont faibles et l'onde de marée suffit, par génération d'un léger clapot, à remettre en suspension les sédiments très meubles de surface.

Dès que la hauteur d'eau augmente, la concentration en seston diminue jusqu'à moins de 50 mg/l.

Sur chaque marée du cycle, le grand pic observé correspond à l'augmentation de la vitesse de courant de flot. La figure 34 montre des vitesses allant jusqu'à 0.6 m/s. Ce courant suffit à provoquer un flux laminaire remettant en suspension les sédiments des estrans situés au nord du point de prélèvement. Ce courant de sud pouvant (figure 35) entraîner la charge turbide transportée par les eaux douces de la Charente.

Les observations concernant les proportions de seston minéral par rapport au seston organique (figures 23 et 24) correspondent à celles faites sur l'évolution globale de ces paramètres. On remarque bien ici que la fraction de seston organique reste toujours inférieure à celle du seston minéral.

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

sestons (mg/l
d'eau de mer)

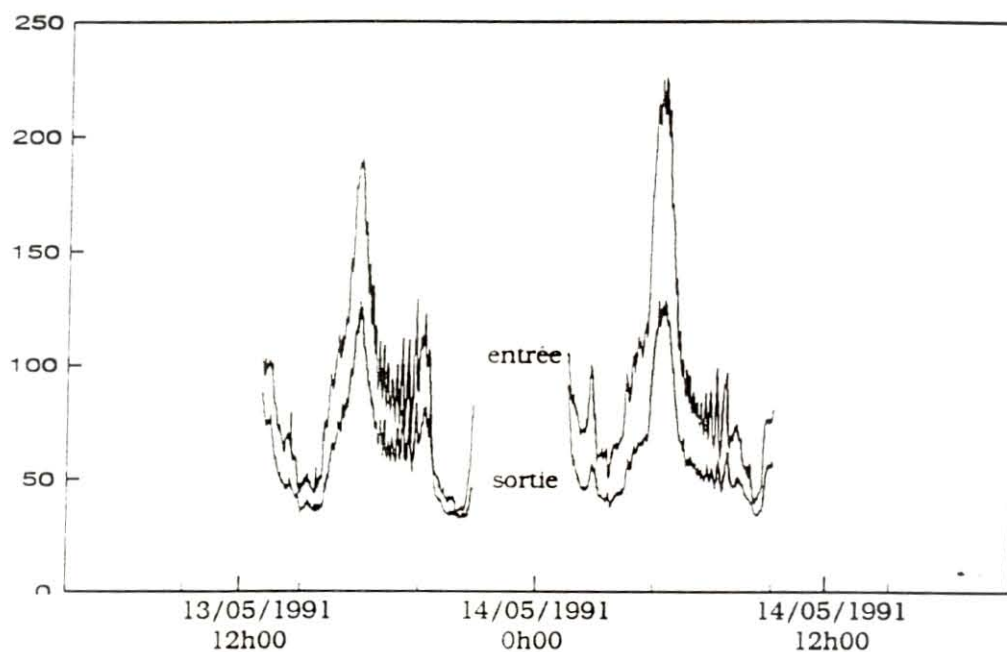


figure 32 : Evolution de la turbidité à l'entrée et à la sortie du race way (données étalonnées).

chlorophille a +
phéopigments (
µg/l d'eau de
mer)

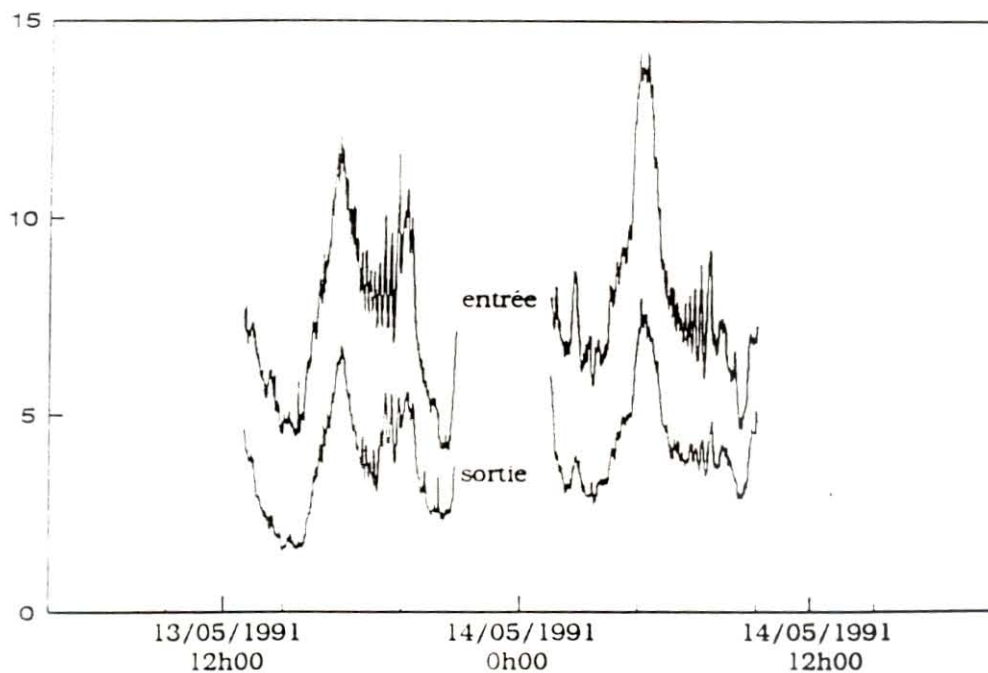


figure 33 : Evolution de la fluorescence à l'entrée et à la sortie du race-way (données étalonnées).

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

Vitesse en
m/s

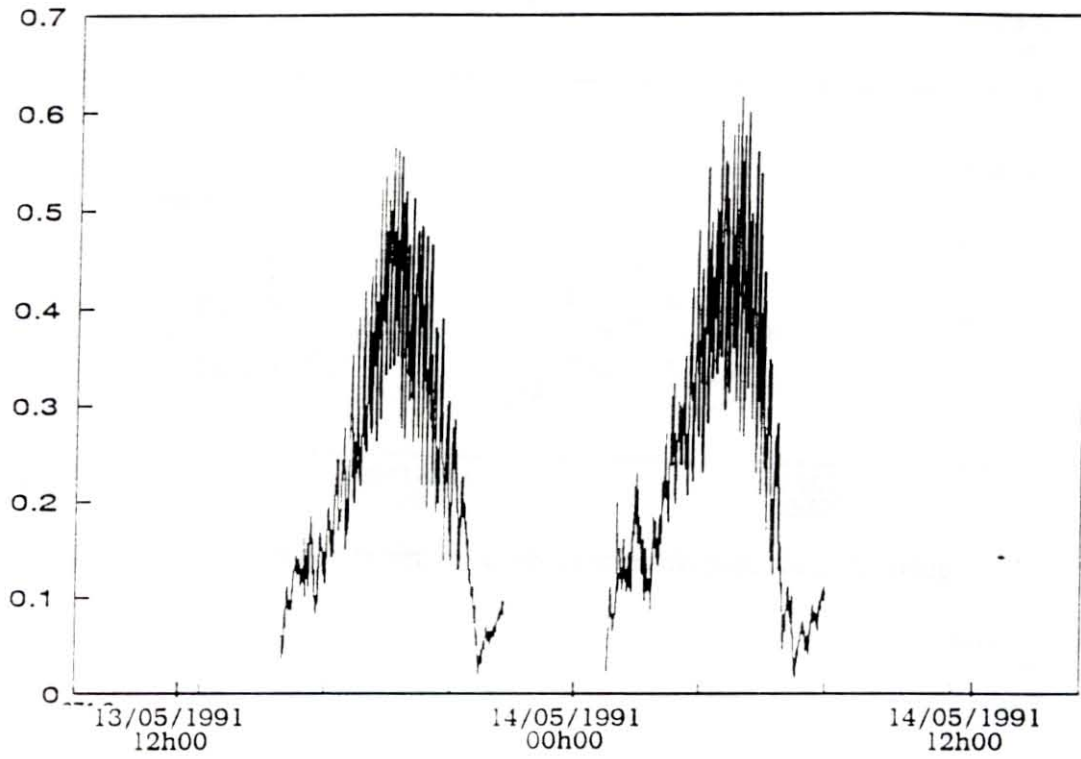


figure 34 : Evolution de la vitesse du courant au cours du cycle.

Direction en
degrés par
rapport au
nord

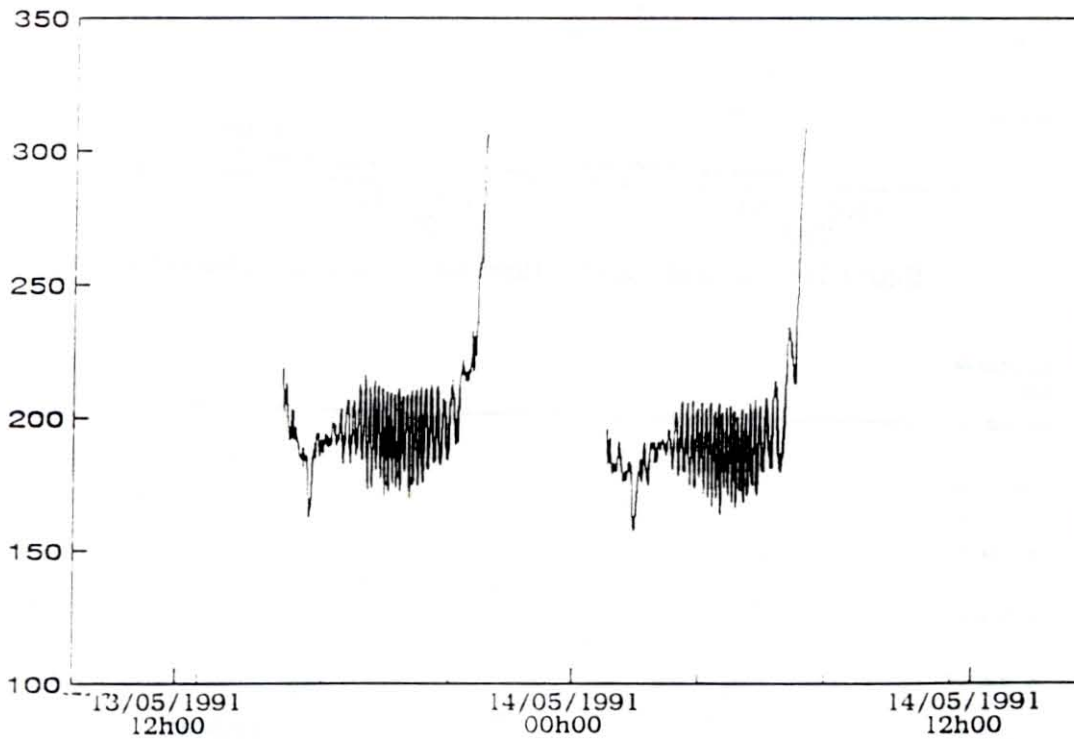


figure 35 : Evolution de la direction du courant au cours du cycle.

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

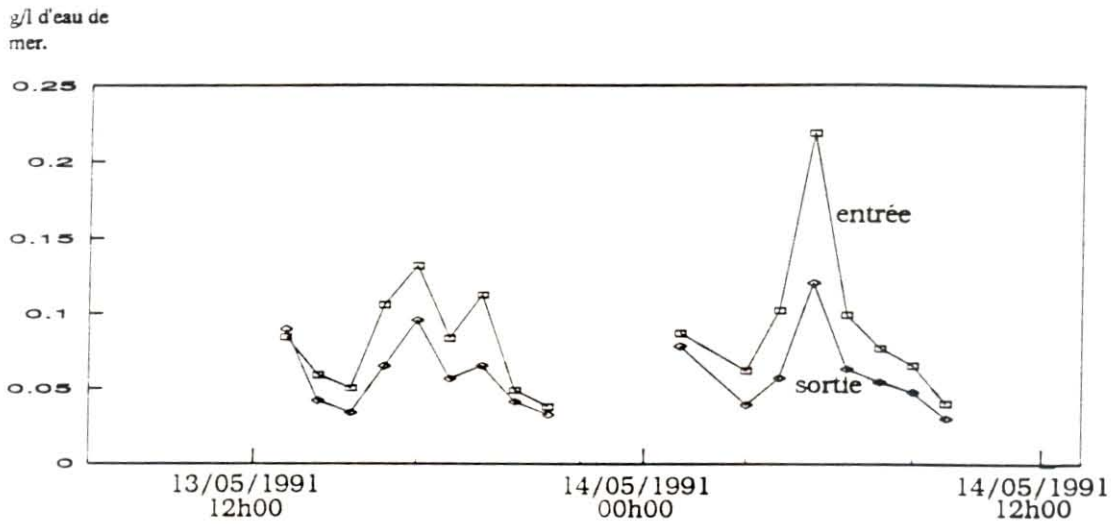


figure 22 : Evolution du seston total à l'entrée et à la sortie du race-way.

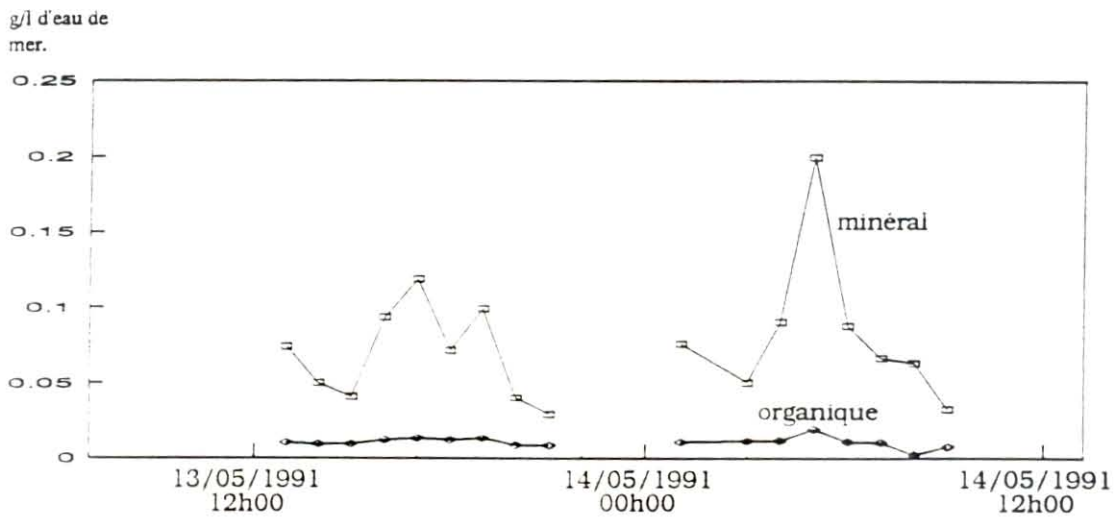


figure 23 : Evolution des fractions du seston à l'entrée du race-way.

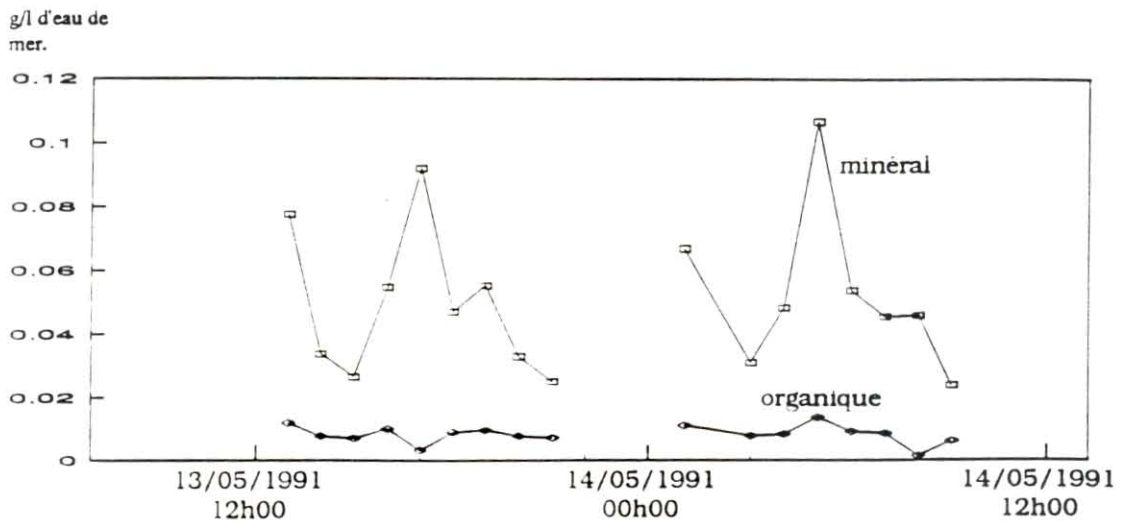


figure 24 : Evolution des fractions du seston à la sortie du race-way.

2.3. Evolution de la chlorophylle a et des phéopigments.

L'évolution de la chlorophylle a + des phéopigments à l'entrée et à la sortie du race-way (figures 25 et 33) connaît le même type de variations que celles du seston total. On y retrouve les mêmes pics, avec cependant un décalage dans le temps entre ceux rencontrés à l'entrée et ceux retrouvés à la sortie. Ceci traduisant vraisemblablement un temps de transit plus long pour la chlorophylle a et les phéopigments dans le race-way (1 heure environ) par rapport à celui du seston.

En ce qui concerne l'évolution de la chlorophylle a et des phéopigments en entrée et en sortie, on peut dire qu'il existe une similitude dans l'évolution de ces deux paramètres. Il n'apparaît cependant pas y avoir de lien entre eux, les courbes d'évolution aussi bien en entrée qu'en sortie s'entrecroissant souvent. On peut remarquer en entrée (figure 26), que, la concentration en chlorophylle a est globalement inférieure à celle en phéopigment. Cette situation étant due à l'important apport de phéopigments par les eaux douces alimentant le bassin (Héral et al., 1983).

Le phénomène étant contraire en sortie (figure 27), la concentration en phéopigments y est globalement inférieure à celle en chlorophylle a ; les concentrations de sortie étant cependant inférieures à celle d'entrée. On peut penser que cette inversion dans le rapport des concentrations est due en partie au phénomène de sédimentation mais est surtout due à la filtration et au tri effectués par les huîtres sur les particules en suspensions. Pour confirmer cette hypothèse, une étude quantitative et qualitative de la teneur en phéopigments des fécès et pseudofécès apparaît nécessaire.

2.4. Evolution de la Température.

Les variations de la température au cours du cycle n'ont été enregistrées que pour la seconde marée (14 mai 01 heure au 14 mai 09 heures)(figure 37).

La température variant dans cette partie du cycle de 15.5°C à 16.5°C. Cette variation de la température pouvant être due à l'arrivée des masses d'eau sur l'estran (réchauffement constaté au début de l'acquisition), à la chute de température liée à la levée du jour (variations constatées vers 5, 6 heures du matin) ou à l'arrivée d'une masse d'eau de température différente.

2.5. Evolution des débits.

Les mesures de débit (figure 36) ont été réalisées afin de vérifier la constance de l'alimentation en eau des huîtres dans le race-way. L'enregistrement continu du débit étant utilisé pour déterminer le taux de filtration

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

chlorophylle a +
phéopigments
($\mu\text{g/l}$ d'eau de
mer)

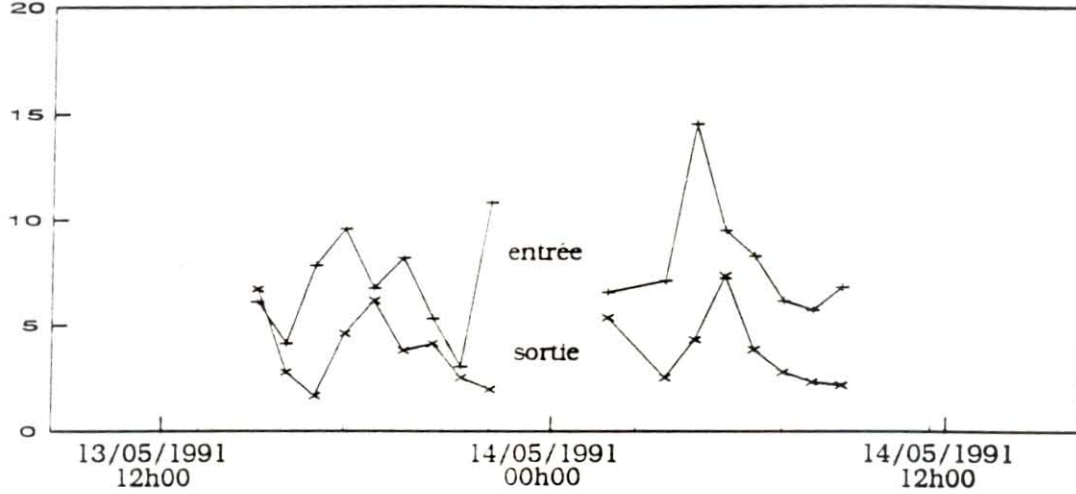


figure 25 : Evolution de la chlorophylle a + des phéopigments à l'entrée et à la sortie du race-way.

$\mu\text{g/l}$ d'eau
de mer

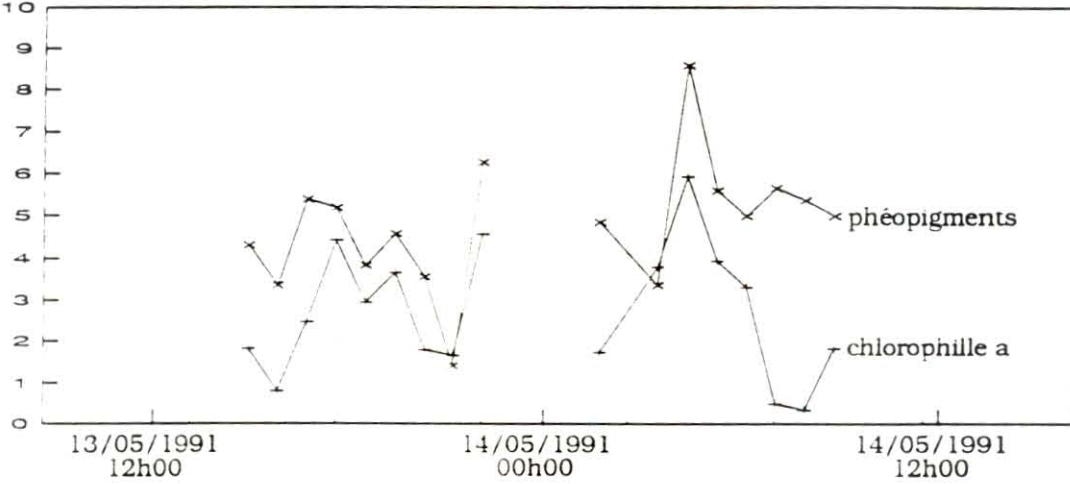


figure 26 : Evolution de la chlorophylle a et des phéopigments à l'entrée du race way.

$\mu\text{g/l}$ d'eau
de mer

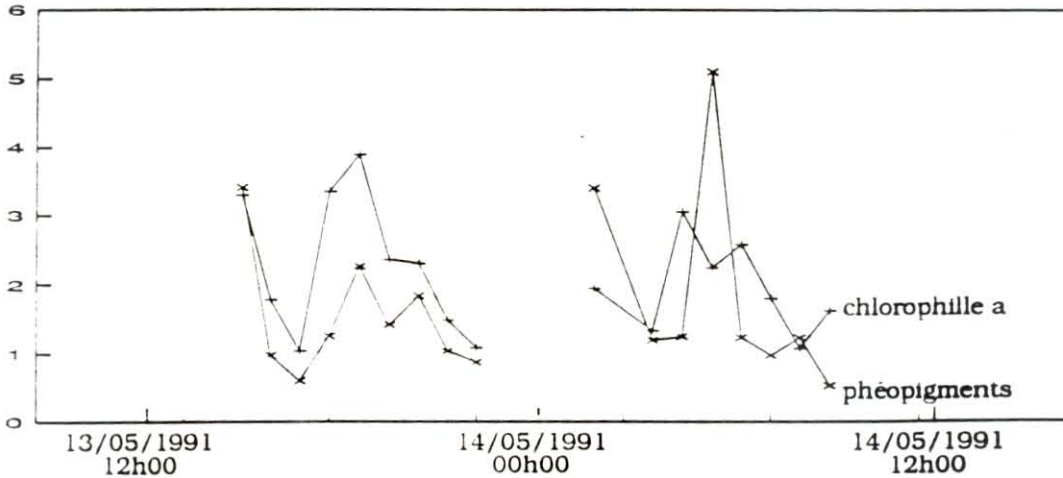


figure 27 : Evolution de la chlorophylle a et de phéopigments à la sortie du race-way.

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

Débits en
Litres/heures

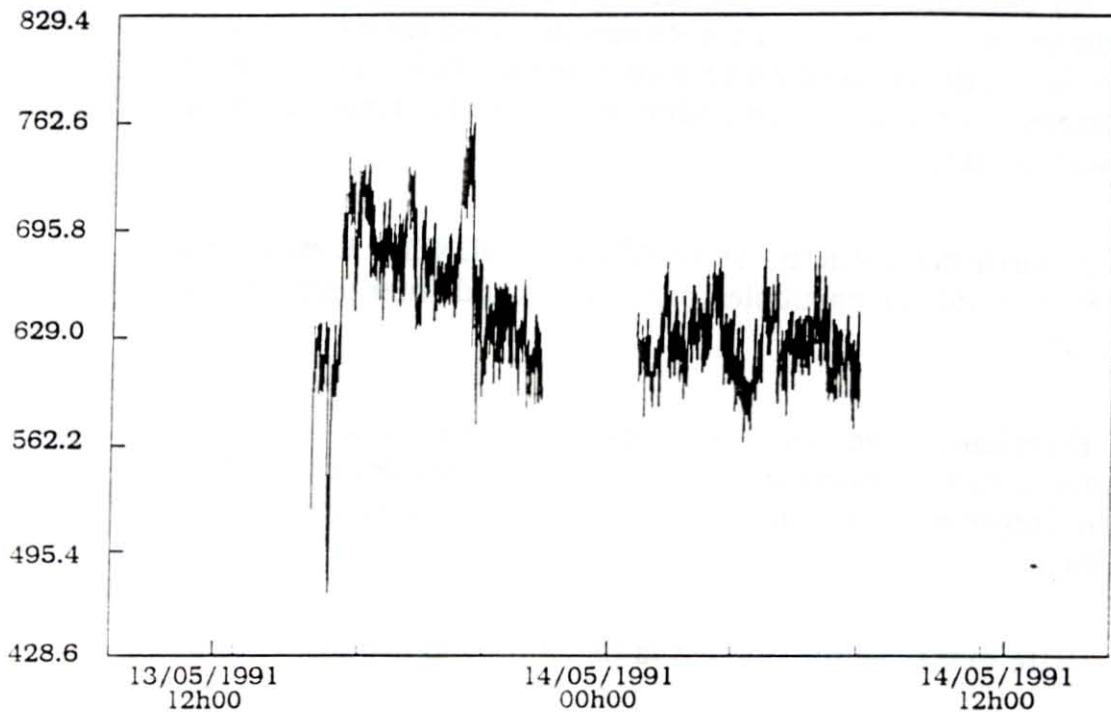


figure 36 : Evolution du débit d'eau de mer dans le race-way.

Température
en °C

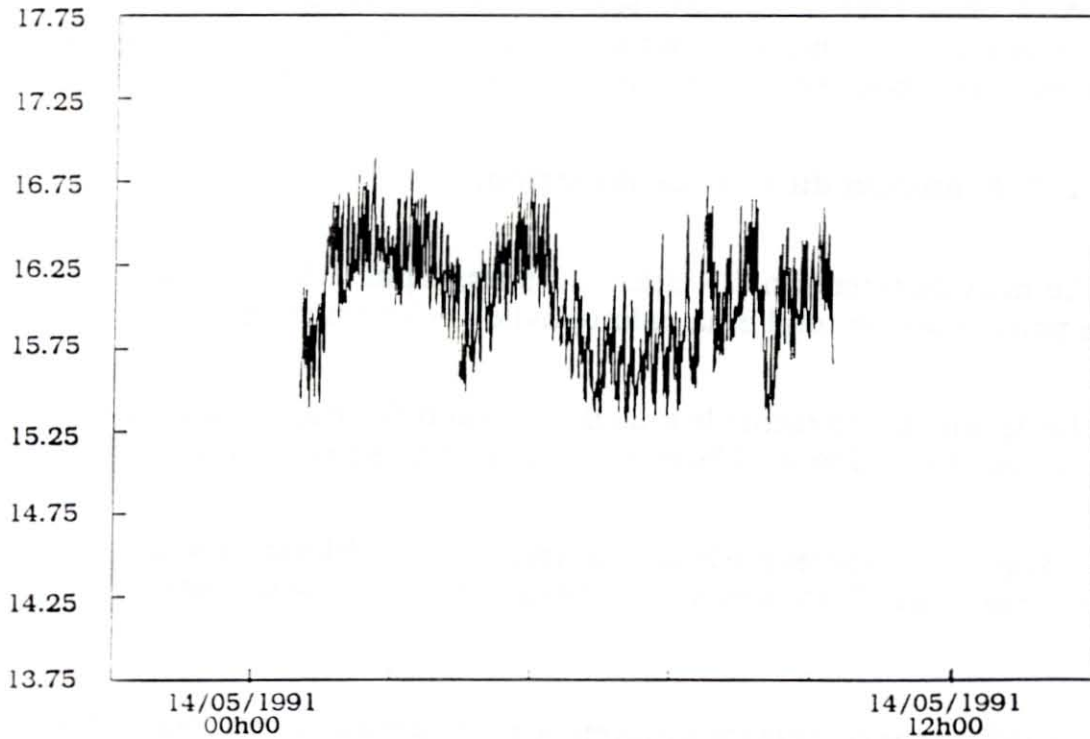


figure 37 : Evolution de la température de l'eau de mer entrant dans le race-way.

2.6. Evolution de la distribution du nombre de particules.

Grâce aux mesures effectuées à partir du COULTER COUNTER une vérification du lien entre fortes charges sestoniques, et augmentation du nombre de particules par classe de taille a été possible. Ceci est visualiser sur la figure 38 pour laquelle, les distributions du nombre de particules à l'entrée du race-way ont été reportées pour 4 heures de prélèvements sur le graphique traduisant l'évolution du seston total.

A partir des résultats du COULTER COUNTER il est possible de déterminer le volume total des particules par litre d'eau de mer (exprimé en $\text{mm}^3/\text{litre d'eau de mer}$).

En reliant les concentrations de seston exprimées en mg/l d'eau de mer et les volumes totaux de particules (mm^3/l), il est possible de déterminer la masse volumique moyenne (mg/mm^3) des particules en suspension dans l'eau donc du sédiment.

Cette masse volumique est la pente a de la droite d'équation :

$$\text{SESTON TOTAL (mg/l)} = a * \text{VOLUME DES PARTICULES (mm}^3/\text{l)} \text{ (figure 39)}$$

Le coefficient a, déterminé par régression linéaire du type $Y = a * X$ (avec $a = \frac{\sum (X_i * Y_i)}{\sum X_i^2}$) est égal à 2.86 (soit une masse volumique de $2.86 \text{ mg}/\text{mm}^3$ ou $2.86 \text{ g}/\text{cm}^3$). Cette masse volumique est proche des $2.65 \text{ g}/\text{cm}^3$ utilisés par Dietrich (1982) pour ses calculs de vitesses de sédimentation.

2.7. Evolution du taux de rétention.

Le taux de rétention (TR défini au paragraphe 1.1.) est étudié au cours du cycle pour le seston total et la chlorophylle a + les phéopigments.

La figure 41 représente le taux de rétention de seston total dans le race-way. Ce taux varie de 10 % à 40 % avec une moyenne se situant à 29 %.

La figure 42 représente le taux de rétention de chlorophylle a + phéopigments dans le race-way. Ce taux varie de 40 % à 65 % avec une moyenne se situant à 48 %.

La différence entre le taux moyen de rétention du seston total (29 %) et le taux de rétention moyen de la chlorophylle a + les phéopigments (48 %) s'explique par la différence de taille entre particules minérales (4 à 6 microns) et particules organiques fluorescentes (supérieures à 10 microns en général).

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

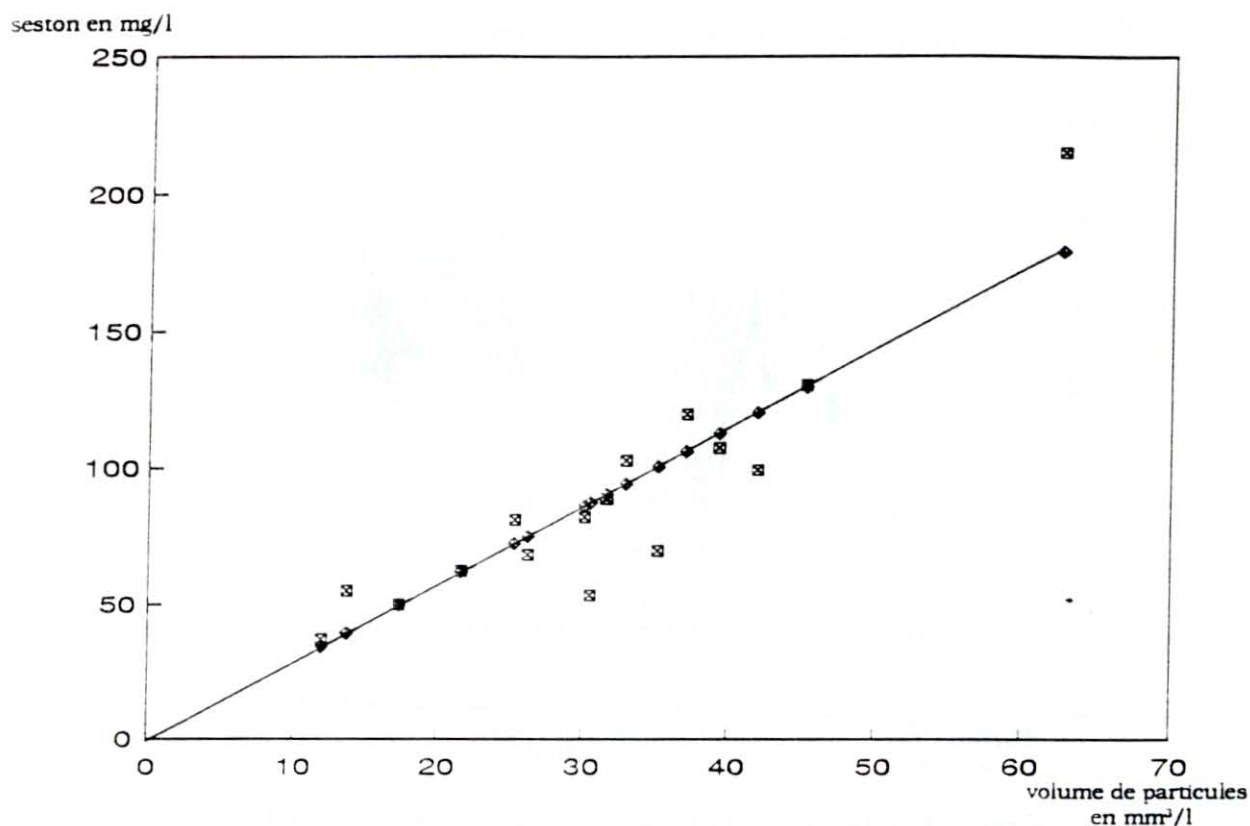


figure 39: Détermination de la masse volumique de la matière particulaire à l'entrée du race-way pendant le cycle du 13 mai.

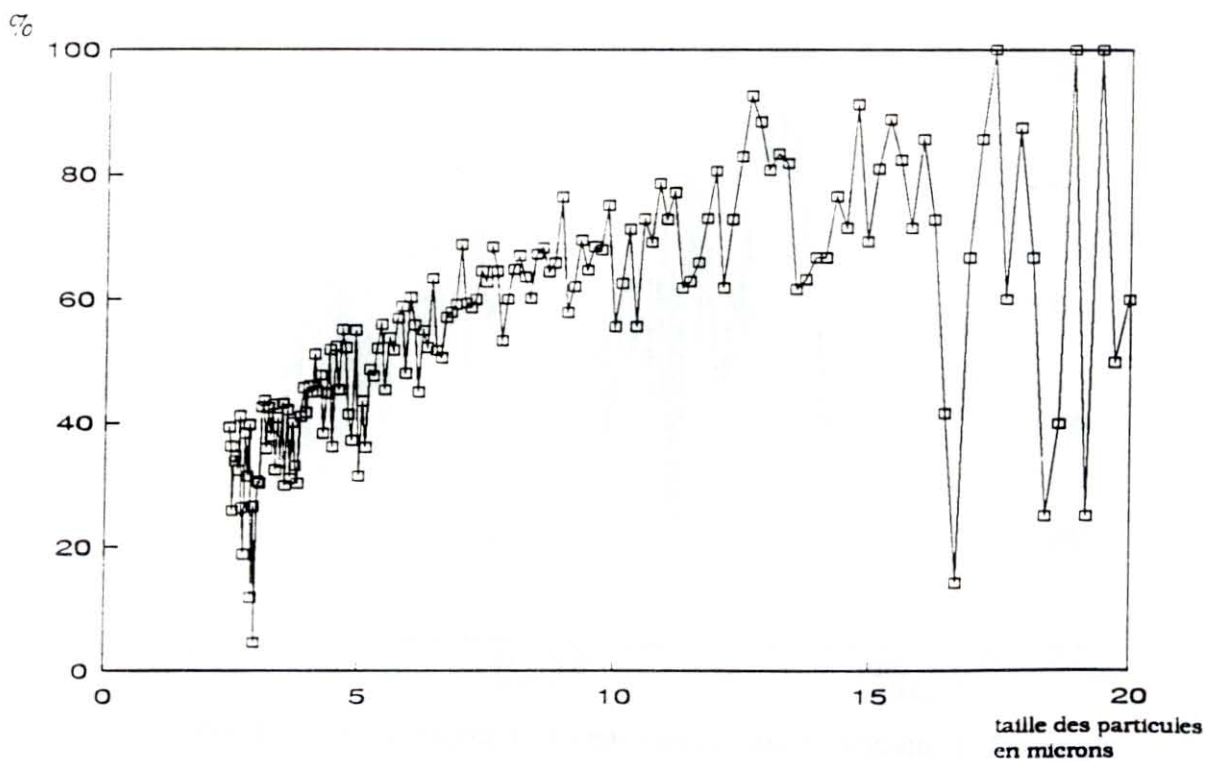


figure 40 : Evolution du taux de rétention des particules en fonction de leur taille entre entrée et sortie du race-way (le 14 mai à 5 heures).

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

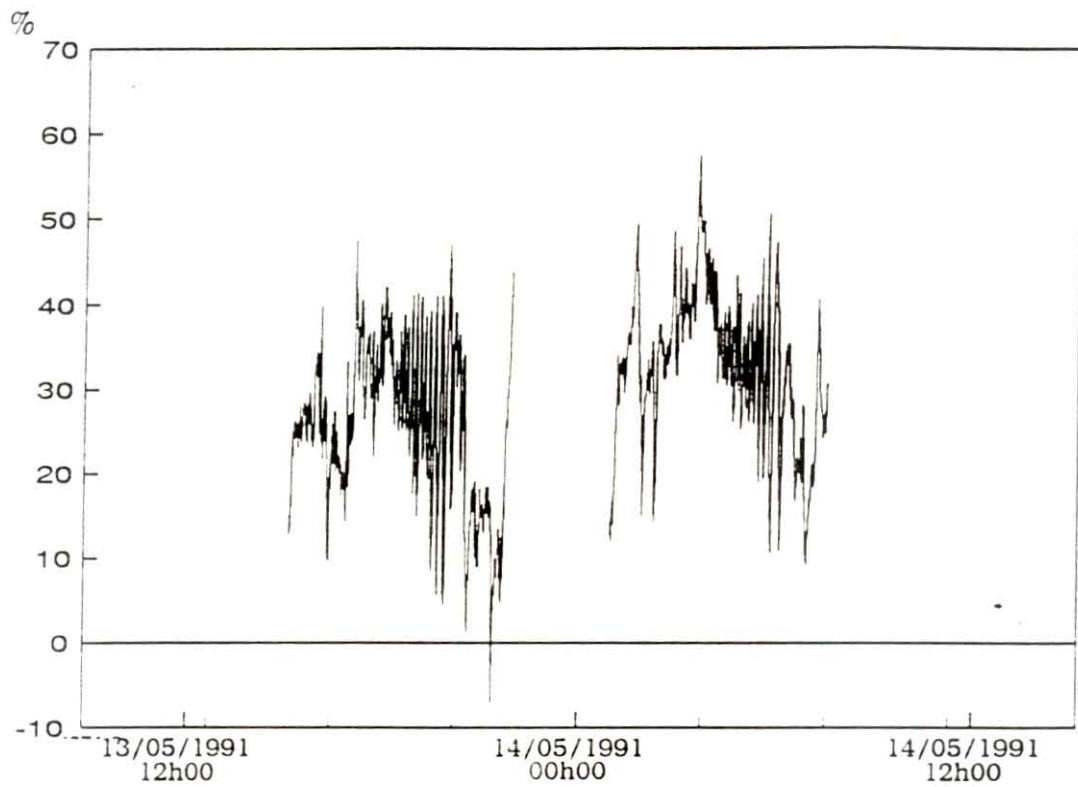


figure 41: Evolution du taux de rétention de seston total dans le race-way.

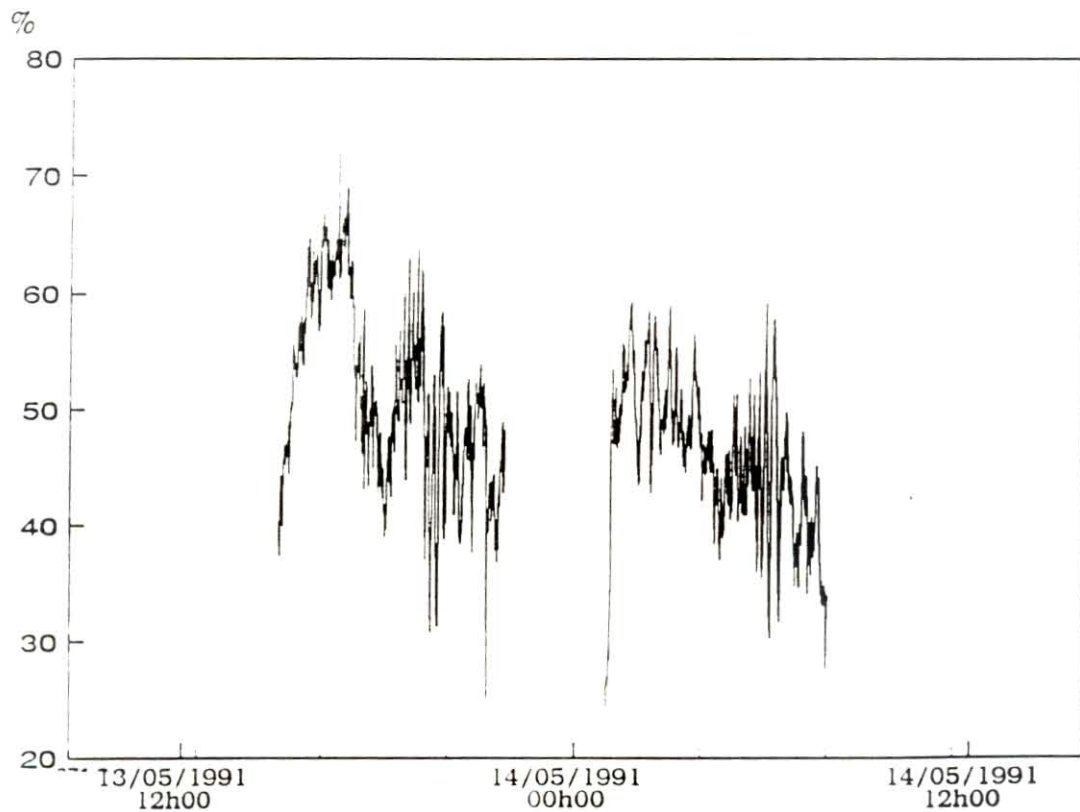


figure 42 : Evolution du taux de rétention de chlorophylle a + phéopigments dans le race-way

Ce phénomène est visualisé sur la figure 40 représentant le pourcentage de particules retenues dans le race-way en fonction de leur diamètre pour le 14 mai 1991 à 5 heures (charge sestonique de 225 mg/l d'eau de mer).

On visualise bien ici le fait que les particules de petite taille (4, 6 microns) ne sont que peu retenues alors que celles de taille supérieure le sont plus.

Ces résultats obtenus à partir du COULTER COUNTER confirment les taux de rétention calculés précédemment. On retrouve bien ici un taux de rétention d'environ 30 à 35 % pour les particules de diamètre de 4 à 6 microns (particules minérales) et de 50 % et plus pour les particules de diamètre supérieur à 10 microns (particules organiques fluorescentes).

Les particules de petite taille n'étant que peu ou pas retenues alors que celles de tailles plus importantes sont retenues par le filtre branchial.

Au milieu de chaque marée, lors des pics de forte charge sestonique, on note un accroissement du taux de rétention de seston total dans le race-way, alors que le taux de rétention de la chlorophylle a + de phéopigments diminue.

On peut émettre une hypothèse selon laquelle chez l'huître, en présence de fortes charges sestoniques, le phénomène de rétention est accru alors que le tri particulaire effectué sur le phytoplancton lui diminue.

2.8. Evolution de la filtration.

La filtration (Filt) représente le volume d'eau de mer filtré par heure et par gramme de poids sec d'huître ; elle est définie par la formule :

$$\text{Filt} = (\text{Cent} - \text{Csort} / \text{Cent}) * \text{DEB} / \text{Psec}$$

Avec :

Cent : concentration du paramètre en entrée

Csort : concentration du paramètre en sortie

DEB : débit dans le race-way (litres/heure)

Psec : poids sec des huitres (grammes)

seston en
mg/l

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

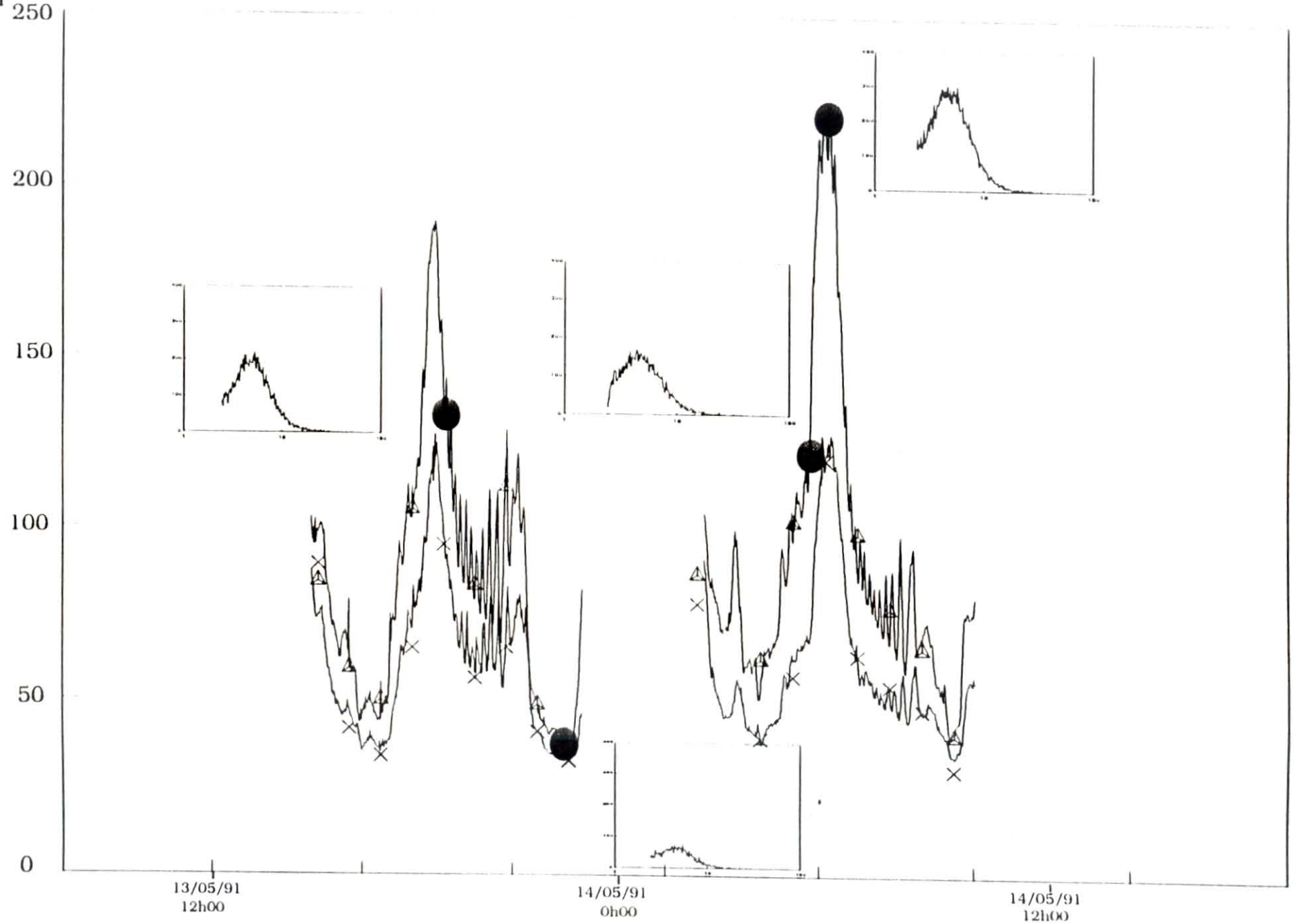


figure 38 : Evolution de la distribution du nombre de particules à l'entrée du race-way à différentes heures.

Les figures 43 et 44 présentent la filtration des 100 huîtres du race-way pour les paramètres seston et chlorophylle a + phéopigments. Le calcul de cette filtration a été réalisé pour un débit estimé constant évalué à 660 l/h et pour un poids sec d'huître de 1.3 g par animal soit 130 g de poids sec total.

En comparant les figures 43 et 44 on constate, que le volume d'eau de mer filtré par les huîtres diverge selon le paramètre utilisé pour le calcul.

Il s'échelonne de 0.6 à 2.5 litre/heure/gramme de poids sec d'huître avec une moyenne de 1.8 en utilisant le paramètre seston et de 1.8 à 3.6 avec une moyenne de 2.4 litres/heure/gramme de poids sec en utilisant le paramètre chlorophylle a + phéopigments.

Les résultats de filtration calculés lors du cycle corroborent ceux de 1988 et de 1990 (Augereau, 1990) s'échelonnant de 0 à 8 litres/heure/gramme de poids sec d'huître.

CYCLE DU 13 ET 14 MAI 1991

litre d'eau de
mer/heure/g
de poids sec.

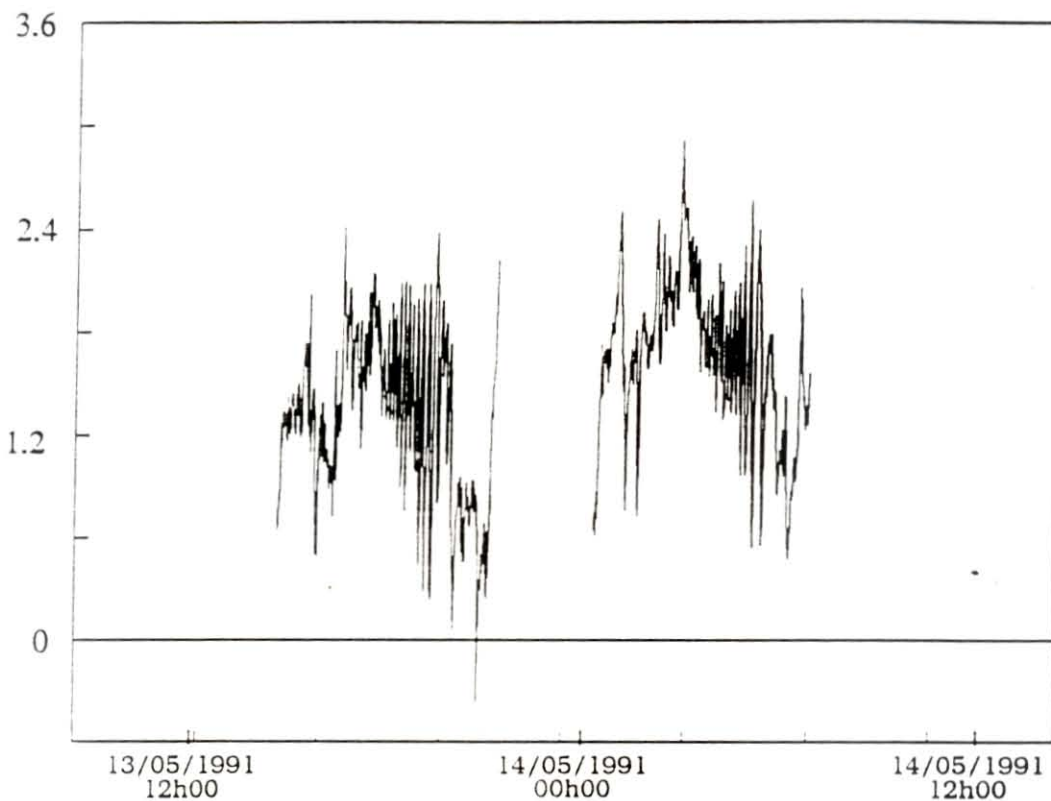


figure 43 : Evolution de la filtration calculée à partir du seston total.

litre d'eau de
mer/heure/g
de poids sec.

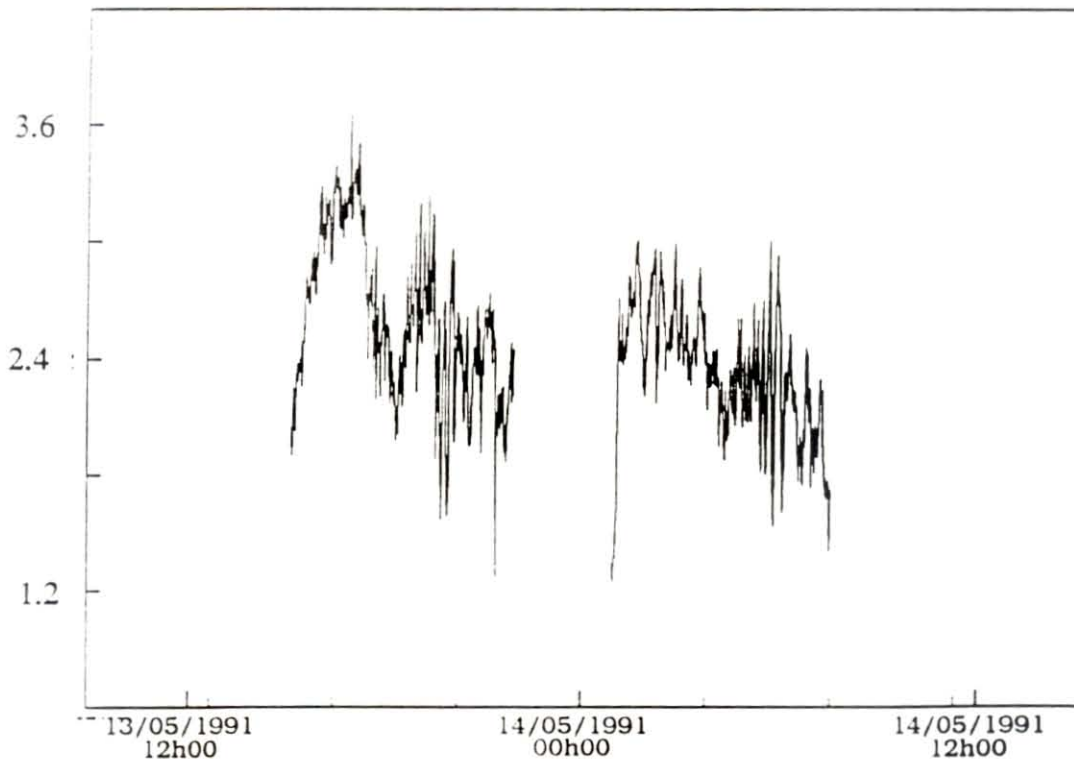


figure 44 : Evolution de la filtration calculée à partir de la chlorophylle a + phéopigments.

CONCLUSION

Ce stage a été l'occasion pour moi de découvrir le fonctionnement d'une équipe de recherche en milieu marin.

Durant ces 8 semaines, j'ai eu l'occasion d'appréhender la démarche employée dans l'élaboration d'une expérience.

Grâce au travail effectué en 1990 par Olivier AUGEREAU, j'ai pu comprendre la démarche suivie pour l'élaboration de la manipulation Chapus 1991 et découvrir divers aspects de sa réalisation et de son déroulement, à savoir :

- Les contraintes matérielles liées à l'électronique, aux installations électriques in situ, etc...
- L'acquisition automatique des données,
- L'analyse chimique des divers prélèvements,
- Le traitement et l'exploitation des mesures sous LOTUS 1.2.3.,
- Leur interprétation à partir de notions statistiques de bases.
- La rédaction de ce rapport et la présentation orale du travail effectué devant le personnel de la station.

L'approche d'une des fonctions écophysiologicals de *Crassostrea gigas*, la filtration a été abordée par 3 démarches différentes (étalons, signaux en continu et comptage de particules).

Les résultats similaires à ceux trouvés par Augereau 90 ont été complétés par l'analyse des distributions de tailles de particules. Cette technique de mesure permet de mieux qualifier les processus de filtration.

BIBLIOGRAPHIE

Augereau O., 1990. Variabilité des conditions trophiques et comportement des huîtres sur le site du Chapus(1990).Rapport IUT BREST.

Bodoy A., 1988.Mortalités d'huîtres japonaises sur le banc de Ronce : Rapport provisoire au 4/08/1988. Rapport IFREMER : 26p.

Dietrich,W.A., 1982. Settling velocity of natural particles. Water Resour.Res.87:1952-1960.

Harris G.P.,1986.Phytoplankton ecology.Structure. Function and fluctuation.

Héral et al., 1983. Variations saisonnières de l'hydrobiologie du complexe estuarien de Marennes-Oléron. Rev.Trav.Inst.Pêches marit.,46 (2).

Kusuki Y.,1978. Fundamental studies on the deterioration of oyster growing grounds. III. Sinking rates and distance of transport of the faeces of Japanese oyster. Bull.Jap.Soc.Sci.Fish. 44(9):971-979.