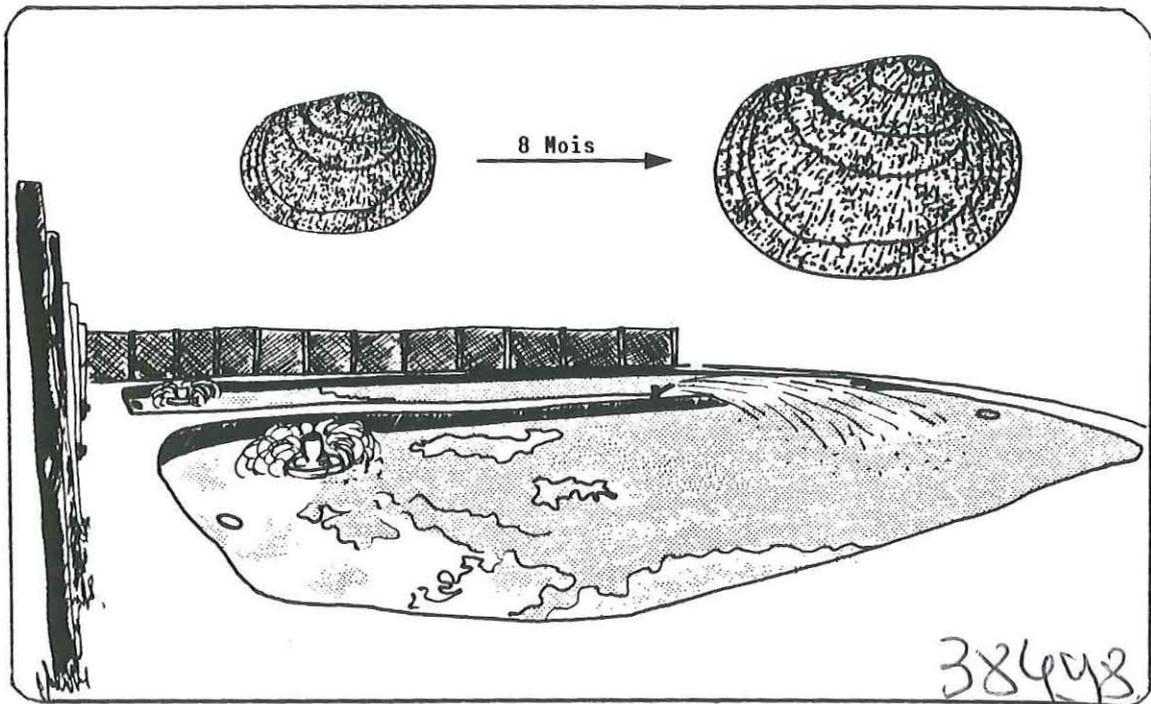


Document interne de la Direction des Ressources vivantes de l'IFREMER

# OPTIMISATION DE L'ELEVAGE INTENSIF DE LA PALOURDE JAPONAISE *Ruditapes philippinarum* EN MARAIS.

par

Gildas BRETON, Jean-Pierre BAUD et Joël HAURE



38448

H200. BRE. O

IFREMER Bibliothèque de la Tremblade



OLR 03243

**IFREMER**

RIDRV-91.13-RA/BOUIN

Adresse : IFREMER  
URRA  
STATION DE BOUIN  
POLDER DES CHAMPS  
85230 BOUIN

DIRECTION DES RESSOURCES VIVANTES

DEPARTEMENT RESSOURCES AQUACOLES

STATION/LABORATOIRE STATION DE BOUIN

AUTEURS (S) : Gildas BRETON, Jean-Pierre BAUD et Joël HAURE		CODE : RIDRV-91.13/ RA/BOUIN
TITRE : OPTIMISATION DE L'ELEVAGE INTENSIF DE LA PALOURDES JAPONAISE <u>RUDITAPES PHILIPPINARUM</u> EN MARAIS.		Date : 07/91 Tirage en nombre : Nb pages : 42 Nb figures : Nb photos :
CONTRAT CR des Pays de Loire SMIDAP N° 90-4-158		DIFFUSION libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

## RESUME

Après les études de mise au point de la technique intensive réalisées en 1988 et 1989 sur des bassins expérimentaux de 30 m<sup>2</sup>, une optimisation de cette méthode d'élevage a été faite sur deux claires de 200 m<sup>2</sup> avec les normes zootechniques suivantes : densité = 300 palourdes x m<sup>-2</sup>, concentration d'eau de mer enrichie en *Skeletonema costatum* produit à partir d'eau salée souterraine = 300 cellules/ $\mu$ l ou 126  $\mu$ g/l de chl<sub>a</sub>, taux de renouvellement = 100 % du volume par jour.

En 8 mois d'élevage, le poids moyen des palourdes est passé de 5,5 g à 19,3 g, soit un rendement de 4,53 kg/m<sup>2</sup> pour une production finale de 1,86 tonne, avec une chair de qualité satisfaisante, riche en glycogène et ayant un indice de condition de 94. Aucune trace d'anneau brun n'a été détectée.

Le problème majeur d'hétérogénéité de la croissance a été résolu par l'emploi d'un asperseur de type agricole distribuant en pluie et sur 360° l'eau de mer enrichie. Ce mode de distribution a permis de réduire par cassage la longueur des colonies de *S. costatum* et d'homogénéiser le flux vertical de nourriture en tout point de la claire. Le transfert de cette technologie aux instances professionnelles sera subordonné aux résultats de l'analyse économique qui sera réalisée sur toutes les phases d'élevage intensif de la palourde japonaise en raison de l'évolution actuelle du marché pour cette espèce. Quoiqu'il en soit les techniques et compétences acquises pourront rapidement être adaptées à la culture intensive de la palourde Européenne et du clam et servir de base pour l'élevage intensif de l'huître plate et du pétoncle.

**Mots-clés** : Aquaculture intensive, marais maritime, *Ruditapes philippinarum*, *Skeletonema costatum*, eau salée souterraine, asperseur.



## **REMERCIEMENTS**

*Cette étude a été partiellement financée par le Conseil Régional des Pays de Loire par l'intermédiaire du SMIDAP.*

*Les auteurs tiennent à remercier :*

*Monsieur Alain BODOY, Chef de l'Unité de Recherche Régionale en Aquaculture pour les corrections apportées lors de la rédaction de cette étude.*

*Mademoiselle Sylvie TAILLADE pour la dactylographie et la mise en page de ce rapport.*

# SOMMAIRE

	Pages
<b>I. INTRODUCTION</b>	1
<b>II. MATERIEL ET METHODES</b>	2
2.1. Matériel biologique, système d'élevage	2
2.2. Production du phytoplancton, ration alimentaire	3
2.3. Méthodes et suivi des paramètres	4
2.3.1. Modalité et fréquence des prélèvements	4
2.3.2. Paramètres hydrobiologiques	5
2.3.3. Suivi des palourdes	6
<b>III. RESULTATS</b>	8
3.1. Le milieu d'élevage	8
3.1.1. Evolution des paramètres hydrobiologiques	8
3.2. Evolution des paramètres biotiques	12
3.2.1. Nombre de cellules	12
3.2.2. Chlorophylle a et phéopigments	13
3.2.3. Nourriture particulière	16
3.3. Croissance des palourdes	17
3.3.1. Biométrie	17
3.3.2. Evolution des composés biochimiques	22
3.3.3. Homogénéité de croissance	24
3.4. Récolte finale	26
3.5. Maintenance et problèmes inhérents au système d'élevage	26

<b>IV. DISCUSSION</b>	<b>27</b>
<b>V CONCLUSION</b>	<b>33</b>
<b>VI. BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>34</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>40</b>

## I. INTRODUCTION

La capacité trophique limitée de l'écosystème conchylicole de la baie de Bourgneuf (Baud et Haure, 1988), la difficulté de trouver des surfaces suffisantes appropriées à un élevage extensif en claire (30 à 40 palourdes par m<sup>2</sup>, Gouletquer et al., 1986), la potentialité de production de nourriture phytoplanctonique sur le polder de Bouin par la présence d'une nappe d'eau salée souterraine (Baud, 1988) ont démontré l'intérêt de l'élevage intensif.

Les exigences économiques confrontées aux exigences biologiques de la palourde japonaise ont révélé que le meilleur compromis de rentabilité supposait les normes d'élevage suivantes (Baud et Haure, 1990) : 300 palourdes au m<sup>2</sup>, 100 % de renouvellement par jour d'eau de mer enrichie à 300 cellules de *Skeletonema costatum* par microlitre.

Cependant, les résultats de 1988-1989 ont montré une hétérogénéité significative de la croissance des palourdes inhérent au système de distribution de la nourriture. Les meilleurs rendements ont été obtenus à proximité de l'alimentation en eau enrichie de la claire. La déplétion de la nourriture par filtration et assimilation des palourdes, la sédimentation de l'algue fourrage *S. costatum* et surtout la perte par production de pseudofèces ont été invoquées pour expliquer la diminution de chlorophylle *a* de l'alimentation à l'évacuation (Martin, 1990). La mise au point d'une production intensive nécessite une homogénéité des lots et implique une optimisation de la répartition du flux alimentaire. Ainsi une distribution favorisant l'homogénéité du flux vertical de nourriture a été réalisée par un système d'aspersion dérivé du matériel d'irrigation utilisé en agriculture (Malaval, 1989).

Cependant avant de pouvoir transférer vers le milieu professionnel la méthodologie de l'élevage intensif de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* en claire ostréicole mise au point par la station IFREMER de Bouin (1988-1990), il est nécessaire de confirmer les résultats obtenus par un essai en grande dimension.

Cette étude se propose donc de vérifier la faisabilité biologique du grossissement en production intensive à grande échelle. Les questions posées sont :

- L'objectif de production peut-il être atteint ? par rapport à 1988 et 1989, les résultats demeurent-ils homogènes ?
- Le système de distribution de nourriture assurera-t-il une homogénéité des paramètres physico-chimiques de la lame d'eau, des paramètres de croissance et de la qualité de la chair des palourdes ?

## II. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Matériel biologique, système d'élevage

Les palourdes japonaises *Ruditapes philippinarum* ont été prégressées en claire et proviennent toutes d'un lot homogène, ayant les caractéristiques suivantes :

Poids moyen : 5,49 g, écart-type = 2,12

Taille moyenne = 88,21 mm, écart-type = 0,35

Bien qu'aucune trace d'anneau brun engendré par le vibrio P1 (Paillard, 1990) n'ait été constatée (observation sur 500 individus) un traitement préventif à la furazolidone à 10 ppm pendant 24 heures a été effectué suivant le protocole mis au point par le laboratoire IFREMER de La Tremblade. En effet, les conditions intensives pouvaient a priori, être considérées comme étant un facteur favorisant.

Les palourdes ont été semées de façon homogène à la densité de 300 palourdes/m<sup>2</sup> le 29 mars 1990 dans deux claires C1 et C2 respectivement de 208 m<sup>2</sup> et de 202 m<sup>2</sup> de surface utile de plan d'eaux.

Initialement, ces claires ostréicoles sont issues d'un même bassin qui a été séparé en deux pour les besoins expérimentaux par une berge en argile protégée par une bâche. Ainsi la qualité du sédiment, peu variable entre les deux claires ne devrait pas influencer sur la croissance et la conduite des élevages.

Un système d'aspersion central assure un renouvellement journalier de 100 % pour les deux claires en distribuant à la fois l'eau de mer et la ration alimentaire. La hauteur d'eau moyenne d'une claire est de 0,75 m. Dans chacune d'elle, un aérateur (à turbine sur flotteur type Sagnier 5034) est installé afin d'assurer une meilleure oxygénation essentiellement en période estivale.

L'évacuation est assurée aux deux extrémités par une buse en PVC reprenant l'eau du fond.

## **2.2. Production du phytoplancton, ration alimentaire**

La nourriture phytoplanctonique est assurée par la production en grand volume d'une culture monospécifique de *Skeletonema costatum* qui s'est révélée de bonne qualité pour la croissance de la palourde (Laing et al., 1987 ; Baud, 1988). La présence d'une eau salée souterraine riche en sels nutritifs (ammonium, phosphates et silicates) (voir annexes) utilisée comme milieu de culture permet l'obtention de blooms. Cette espèce (Baud, 1988), demeure nettement dominante sur les autres diatomées en présence de fortes teneurs en ammoniacque et silicates de l'eau de forage (Robert, 1983). La production phytoplanctonique est réalisée en plein air, dans des bacs en béton de 80 m<sup>3</sup> munis individuellement d'une rampe de bullage et d'une alimentation en eau de forage. Des repiquages successifs au 10<sup>ème</sup> ou au 5<sup>ème</sup> du volume de la même population algale à une concentration de 1 ou 2.10<sup>6</sup> cellules par ml permettent d'obtenir des efflorescences d'avril à octobre. Ainsi la production est assurée par une rotation sur trois bacs. La ration alimentaire a été fixée en fonction des résultats des analyses écophysiologicals de la palourde nourrie avec *S. costatum* (Sauriau, 1990) et des travaux 1988-1989 de la station de Bouin, soit 0,9.10<sup>9</sup> cellules par palourdes de 20 g et par jour à une concentration inférieure à 350 cellules par ml correspondant au seuil de pseudofèces. Pour permettre une gestion aisée de l'élevage, la distribution de nourriture est faite de manière constante et continue. Elle a été établie en fonction de la biomasse présumée de fin d'élevage sur les prévisions suivantes : un poids moyen final de 20 g, survie de 80 % et taux de renouvellement de 100 %, avec une concentration phytoplanctonique moyenne de l'ordre de 1,4.10<sup>6</sup> cellules par ml sur la période d'élevage, ce qui correspond à une dilution au 5<sup>ème</sup> de la culture dans l'eau de mer (soit environ 280 cellules/ $\mu$ l).

Le phytoplancton est pompé des bassins de culture vers un bac de mélange avec arrivée d'eau de mer. Les débits sont ajustés journalièrement pour respecter la dilution. Une rampe de bullage assure l'homogénéisation. Ce mélange riche en phytoplancton est ensuite repris par une pompe pression (1,5 à 2 bars) qui alimente un asperseur fixé au milieu du talus central à environ 30 cm au-dessus de la surface de l'eau d'élevage (photo 1).

Ce système d'aspersion nécessite la pose de bâches sur les berges pour éviter leur érosion et la pose de coupe-vent de 2 m de hauteur pour éviter une trop grande dispersion du jet à l'intérieur de l'enceinte d'élevage. Les difficultés d'installation et de réglage de l'asperseur ont retardé sa mise en fonctionnement au 67ème jour d'élevage. L'alimentation en eau de mer et en phytoplancton était auparavant assurée par un tuyau muni de deux vannes PVC situées pour chacune d'elle au centre des claires.



Photo 1 : Vue au premier plan des bassins de 80 m<sup>3</sup> de production de phytoplancton et au deuxième plan des claires à palourde, de l'asperseur central et des coupe-vents.

### ***2.3. Méthodes et suivi des paramètres***

#### ***2.3.1. Modalité et fréquence des prélèvements***

Une seule des deux claires (C1) a été l'objet d'un suivi rigoureux. Le bassin C2 n'étant qu'un replicat, seul un contrôle de la croissance des palourdes y a été effectué.

La symétrie du système de distribution circulaire a déterminé un découpage de la claire en trois zones concentriques par rapport au point central :

ZONE 1 : de l'asperseur au milieu de la claire

ZONE 2 : du milieu à la limite du rayon d'asperseur

ZONE 3 : zone non aspergée.

Pour chaque suivi un tirage aléatoire a donné l'angle suivant lequel les prélèvements ont été effectués.

Les paramètres hydrobiologiques sont analysés bimensuellement. Trois prélèvements par zone donnent trois mesures distinctes. La qualité de l'eau est également analysée à l'alimentation c'est-à-dire à la sortie de l'asperseur et au niveau des deux évacuations. Le suivi biologique des palourdes s'effectue sur un prélèvement bimensuel de trente palourdes prises au hasard dans chacune des trois zones suivant la radiale échantillonnée pour l'analyse de l'eau.

### 2.3.2. Paramètres hydrobiologiques

Les fluctuations de température sont mesurées quotidiennement au niveau de la zone 3 au moyen d'un thermomètre mini-maxi sensible au demi degré Celsius.

La salinité est mesurée à l'aide d'un conductimètre salinomètre Kent (modèle 5005-705) au 10ème de g. Le pH est révélé au 100ème à l'aide d'un pHmètre Knick.

L'oxygène dissous exprimé en % de saturation est mesurée à l'aide d'un oxymètre YSI de terrain.

La turbidité mesurée à l'aide d'un turbidimètre Hach est exprimée en NTU (Unité de Turbidité Néphélométrique).

Le seston total correspond au poids de matériel particulaire exprimé en mg/l et retenu sur un filtre GFC de 0,45  $\mu$ m. Un séchage à 60°C pendant 24 h suivi d'une crémation à 450°C pendant 15 minutes permet d'estimer la part du seston organique du seston minéral.

Les paramètres biotiques sont estimés par :

- Les teneurs en chlorophylle *a* et phéopigment ( $\mu\text{g/l}$ ) sont dosées après filtration de l'eau sur membrane GFC de porosité  $0,45 \mu\text{m}$  par la méthode de Lorenzen (1967).
- Le dosage des protéines est basé sur la méthode de Lowry et al. (1951).
- Les lipides extraits au chloroforme (Bligh et Dyer, 1959) sont dosés suivant le protocole de Marsh et Weinstein (1966).
- Le dosage des glucides est réalisé avec la méthode de Dubois et al. (1956).

Les teneurs sont exprimées respectivement en mg/l d'équivalent d'albumine de boeuf, d'acide tripalmitique, de glucose.

L'énergie particulaire de l'eau est estimée par les coefficients de conversion calorique de Brody (1945).

$$E \text{ (J/l)} = 23,65 \times \text{Prot (mg/l)} + 17,16 \times \text{Glu (mg/l)} + 39,56 \times \text{Lip (mg/l)}$$

### 2.3.3. Suivi des palourdes

#### **- Paramètres biométriques**

La croissance est estimée par la mesure de l'axe antéro-postérieur au 1/10ème de mm et du poids au 1/10ème de g sur 30 palourdes dans chacune des zones. De plus 10 palourdes par zone sont sacrifiées pour suivre l'évolution du poids de la chair fraîche, du poids sec de chair (au 1/10ème de mg après déshydratation par lyophilisateur pendant 48 h) et du poids des coquilles vides.

#### **- Paramètres biochimiques**

10 palourdes prises au hasard dans l'ensemble des trois zones permettent de suivre l'évolution des paramètres biochimiques indifféremment du sexe (ce dernier n'exerçant pas d'influence sur la composition biochimique, d'après Daou, 1989). Toutes les analyses sont effectuées individuellement à partir d'une prise connue de chair sèche. Protéines, lipides et glucides sont analysés

selon les méthodes précitées, après extraction dans la soude 1N pour les protéines, au chloroforme pour les lipides, dans l'acide trichloroacétique sur de la chair délipidée. Le glycogène précipité par l'éthanol absolu est dosé par la méthode de Dubois et al. (1956). Les résultats sont exprimés en mg/g ou en % du poids de chair sèche ou de chair sèche sans cendre.

Pour rendre compte des différences entre claires, la qualité biochimique de la chair de 30 palourdes après récolte au mois de novembre a été analysée.

### - Indices de condition

Différents indices permettent d'apprécier la croissance et l'état physiologique des palourdes.

Les taux de croissance instantanés de chair et de coquille sont calculés par la formule utilisée par Spencer et Gough, 1979, adaptée à des prélèvements effectués tous les 15 jours :

$$G15 = \frac{15}{t-t_0} \times \ln \frac{W_t}{W_0}$$

$W_0$  = poids initial

$W_t$  = poids final

$t-t_0$  = durée entre deux mesures (en jour)

L'indice de condition de Walne et al. (1976) permet de caractériser l'état physiologique et le cycle sexuel de la palourde :

$$IC1 = \frac{\text{Poids sec de chair lyophilisée}}{\text{Poids sec de coquille}} \times 1\,000$$

Cet indice ne tient pas compte des fluctuations de la quantité de matière minérale.

Le niveau et la qualité des réserves disponibles sont donnés par l'indice de Hawkins et al. (1985).

$$IC2 = \frac{\text{glycogène}}{\text{protéines}} \times 100$$

### - Valeur énergétique de la chair

La conversion s'effectue en appliquant les coefficients de Brody (1945) réajustés pour les lipides par Deslous-Paoli et al. (1988).

$$E(J) = 23,63 \times \text{Prot (mg)} + 17,16 \times \text{Gluc (mg)} + 34,42 \times \text{Lip (mg)}$$

### - Homogénéité de la croissance

L'homogénéité spatiale de la croissance des palourdes a été estimée après trois mois d'élevage et juste avant la récolte finale. Cette cartographie de la croissance a nécessité un découpage de la claire en vingt parcelles. Dans chacune d'elle la longueur mesurée sur 30 palourdes est prise comme variable pour tester à l'aide d'une analyse de variance l'influence de la position géographique des palourdes par rapport à la croissance moyenne.

En fin d'élevage le taux de recapture est calculé par différence entre le nombre initial de palourdes semées et l'estimation du nombre d'individus récoltés lors de la pêche finale.

## III. RESULTATS

### *3.1. Le milieu d'élevage*

#### 3.1.1. Evolution des paramètres hydrobiologiques

Au cours de la période d'élevage, l'évolution mensuelle des températures moyennes est normale, avec cependant une période estivale relativement chaude (température moyenne de l'eau d'élevage = 19,7°C). Ceci est à mettre en relation avec le fort ensoleillement enregistré pendant cette année d'étude. La figure 1a représente l'évolution des maxima et minima journaliers. L'amplitude de ces

variations peut avoir plus de conséquences biologiques sur la palourde qu'une évolution à long terme. En effet, l'inertie thermique de la claire est faible, des variations journalières de 5°C étant assez fréquentes. Les maxima journaliers ont pu atteindre 29°C au mois d'août, un minimum de 4,5°C est observé en fin d'élevage.

La salinité est demeurée stable (fig. 1b). Malgré la faible pluviométrie, l'alimentation en eau de mer par le système d'aspersion n'a pas provoqué une augmentation de la salinité par évaporation comme on aurait pu le craindre (maximum de salinité à 36,7 ‰). On note une période de moins forte teneur en salinité (30 ‰) à la fin du mois d'octobre provoquée par d'importantes précipitations, mais qui demeure sans conséquence sur la physiologie de la palourde.

Le pH (fig. 1c) élevé en début d'élevage (pH = 9,28) diminue pour se stabiliser autour de 8,70. Ces fortes valeurs initiales, plus élevées dans la claire qu'à l'alimentation suggèrent la possibilité d'une autoproduction phytoplanctonique. Par la suite, la différence observée par rapport à l'arrivée peut être attribuée à la prise de nourriture et à l'activité métabolique des palourdes. Dans l'ensemble les valeurs en oxygène dissous sont restées supérieures à 70 % de saturation (fig. 1d). Cependant quelques valeurs ponctuelles autour de 50 % de saturation ont été observées. La plupart de celles-ci ont été enregistrées lors des blooms de macrophytes. Ces valeurs justifient l'emploi d'aérateur aux périodes critiques, c'est-à-dire de minuit jusqu'au début de la matinée (fig. 1e).

Les charges sestoniques du milieu d'élevage (fig. 2a) sont restées relativement basses (entre 6 et 30 mg/l). La turbidité reste à 6 à 7 fois inférieure par rapport à l'eau de l'alimentation (fig. 1f). La comparaison entre les zones de la claire n'a pas donné de différence significative pour le seston total, organique ou minéral. Ainsi les valeurs ont été moyennées sur l'ensemble de la claire, ainsi qu'au niveau des deux évacuations. L'évolution du seston minéral (fig. 2b) est bien corrélée à celle du seston total alors que le seston organique représente environ 40 % du seston total. Il n'est toutefois pas toujours évident de faire la correspondance entre les sestons de la claire et les teneurs en seston enregistrées en sortie, sauf pour la partie organique (fig. 2c). En moyenne les teneurs en seston à l'évacuation avec 14,5 mg/l de moyenne restent proches des valeurs moyennes du milieu d'élevage (17,3 mg/l). Il est remarquable de noter une

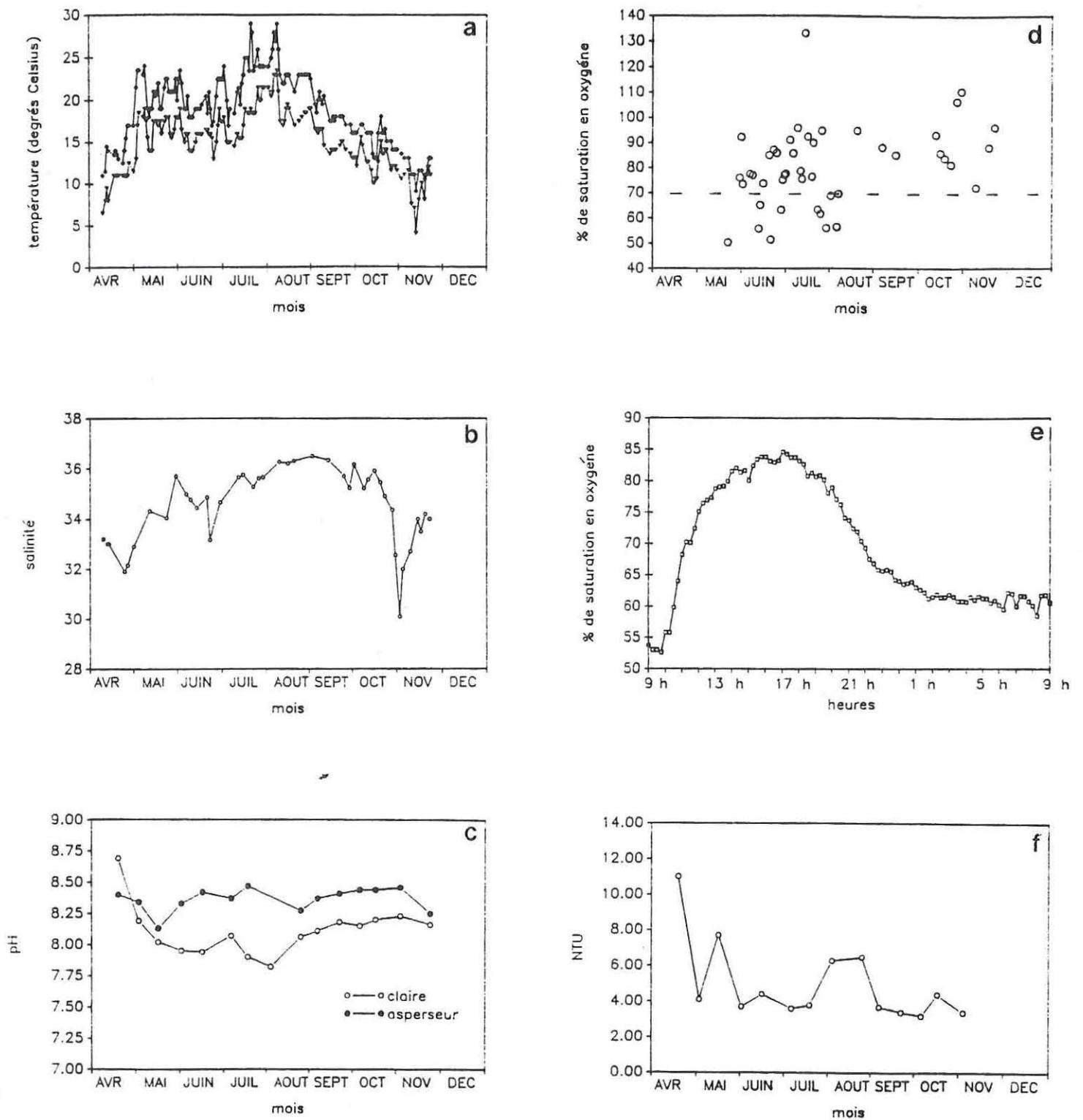


Figure 1 : Evolution des paramètres physico-chimiques du milieu d'élevage (C1) : température (a), salinité (b), pH (c), % de saturation en oxygène (d), % de saturation en oxygène sur 24 h sans aérateur (e), turbidité (f).

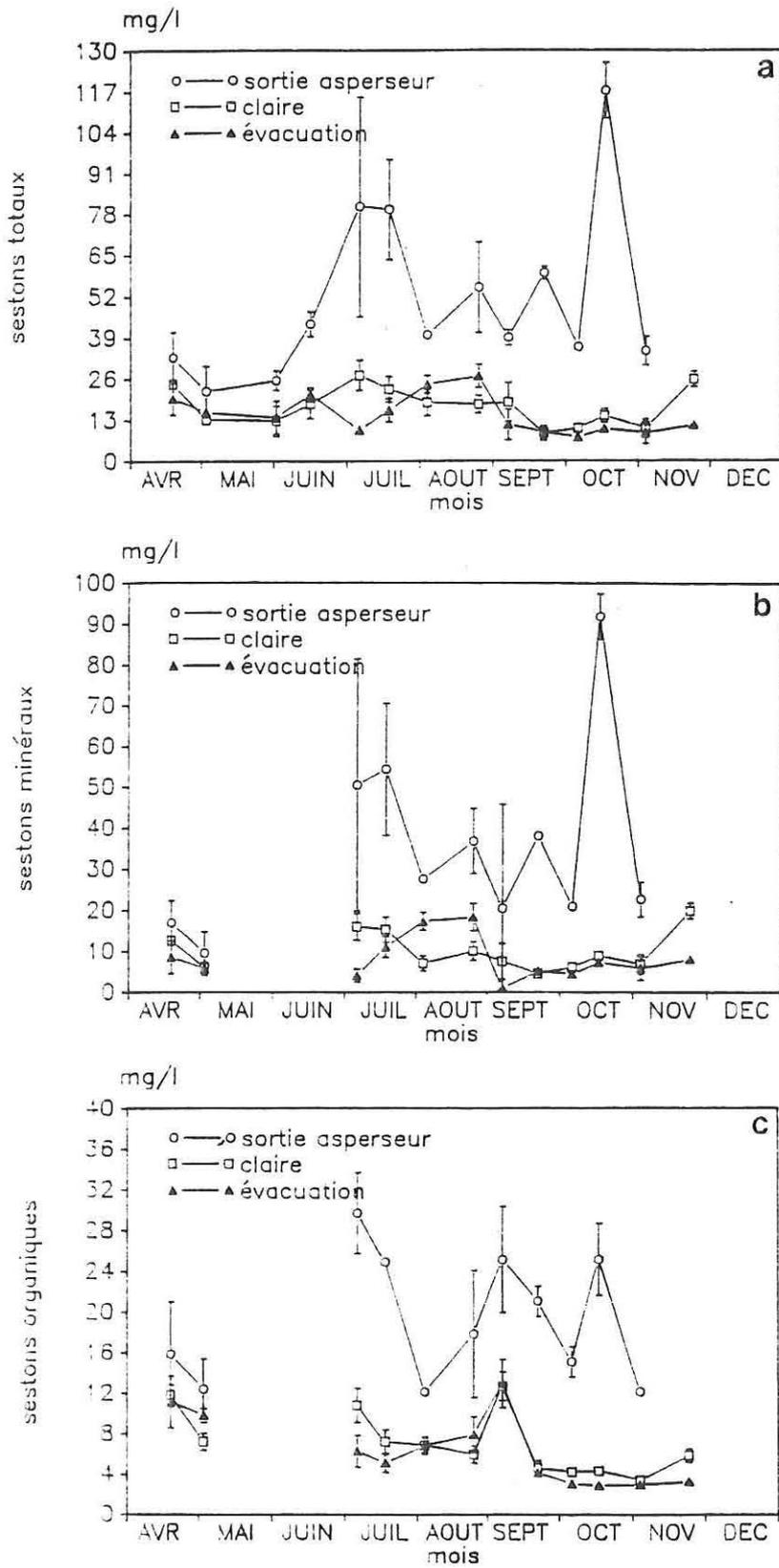


Figure 2 : Evolution du seston total (a), minéral (b) et organique (c) au cours de la période d'élevage.

disparition d'environ 84 % en moyenne du seston dans les claires. Les fluctuations ponctuelles à l'alimentation ne se répercutent que faiblement dans la claire qui semble jouer un rôle de tampon. La teneur en seston organique peut être un indicateur de nourriture. Cependant les paramètres biotiques permettent de mieux refléter la disponibilité nutritionnelle.

### 3.2. Evolution des paramètres biotiques

#### 3.2.1. nombre de cellules

L'évolution de la biomasse phytoplanctonique (en nombre de cellules) à l'alimentation de la claire est assez fluctuante avec une moyenne de  $0,30 \cdot 10^6$  cellules/ml. Les valeurs les plus basses ( $0,12 \cdot 10^6$  cellules/ml) sont enregistrées en début et en fin d'élevage (fig. 3). Par ailleurs, on remarque que le reprise du concentré de phytoplancton par les pompes centrifuges et l'asperseur ont pour effet de modifier la structure morphologique des suspensions algales (Sauriau, 1990) en réduisant à 2 la moyenne des cellules par chaîne (tableau 1) tout en entraînant la disparition des colonies de plus de 5 cellules.

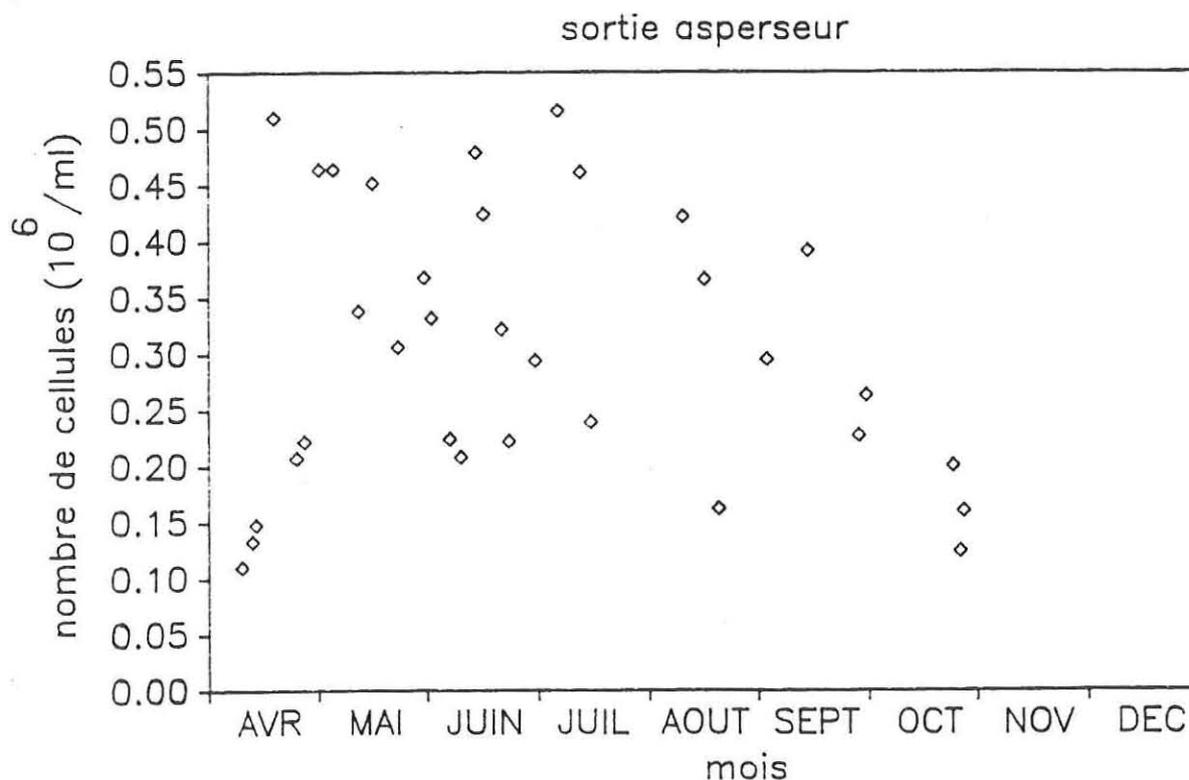


Figure 3 : Evolution de la biomasse phytoplanctonique exprimée en nombre de cellules à la sortie de l'asperseur (alimentation claire C1).

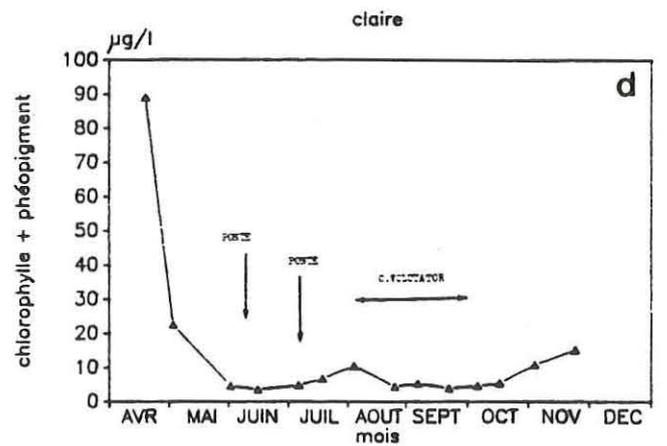
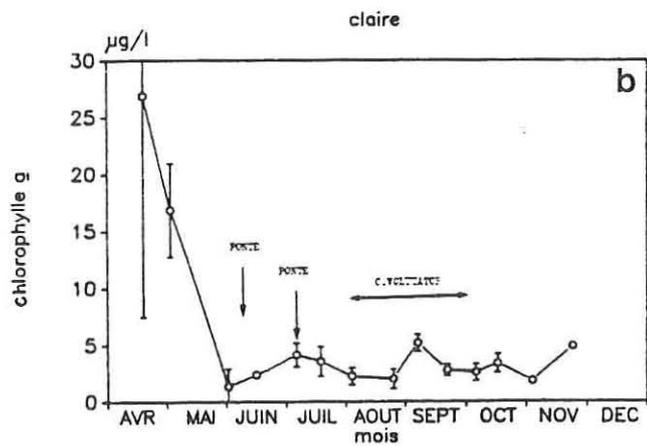
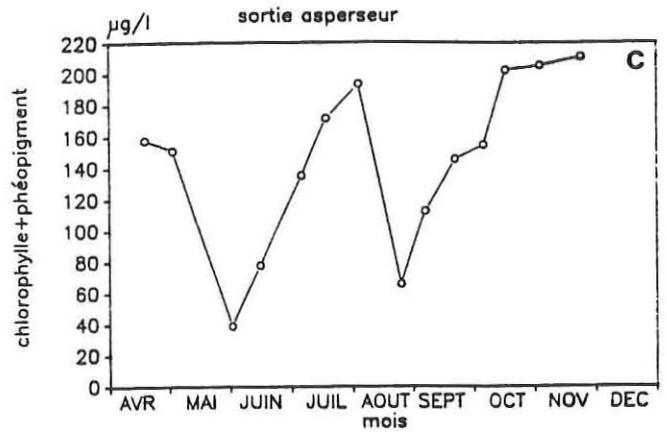
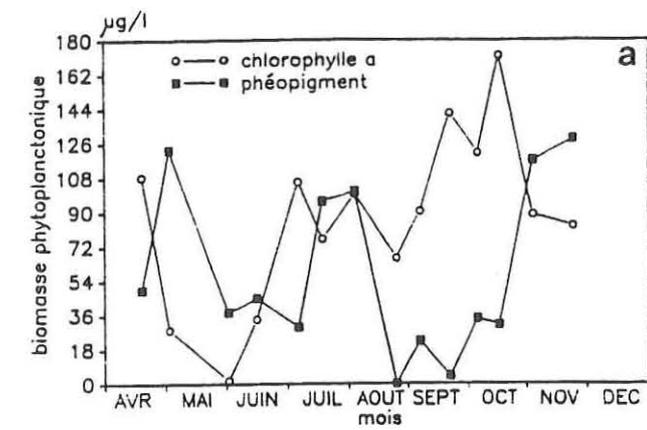
**Tableau 1** : Evolution de la structure démographique des colonies (nombre de cellules par chaîne exprimé en pourcentage) entre la culture et la sortie asperseur (passage à travers deux pompes centrifuges).

Nombre de cellule par chaîne	Culture de <i>S. costatum</i> %	Sortie asperseur %
1	6	38
2	23	37
3	23	19
4	19	5
5	8	1
6	12	-
7	2	-
8	3	-
9	-	-
10	4	-
11	1	-
12	2	-

### 3.2.2. Chlorophylle a et phéopigments

L'évolution de l'apport nutritif estimé par la teneur en pigment est elle aussi très fluctuante (fig. 4a). On doit une nouvelle fois remarquer qu'il s'agit de prélèvements ponctuels qui correspondent à différentes phases de la production phytoplanctonique lors de son utilisation. Un bac de production est utilisé 48 h après ensemencement pour une durée de 24 h. Un suivi sur l'utilisation successive de quatre bacs montre que les variations proviennent essentiellement d'une hétérogénéité au cours du temps au sein même de la culture (fig. 5).

Pour une plus grande facilité de gestion et pour permettre son application en situation de production économique, il a été décidé de ne pas ajuster les concentrations. Seuls les débits de dilution (au 5ème) de la culture d'algues dans l'eau de mer sont respectés. Ces variations sont cependant réelles et doivent être intégrées dans les fluctuations de la ration alimentaire. Par contre l'apport de phytoplancton par l'eau de mer est négligeable et ne représente que 3 à 4 % de l'estimation de la biomasse phytoplanctonique. La teneur en phéopigments relativement élevée dans cette ration provient de la culture et non d'une dégradation dans le bac mélange (rapport chlorophylle/phéopigment moyen = 4,38). On note une augmentation de l'activité chlorophyllienne en septembre octobre. Du fait des fortes teneurs en phéopigments, il paraît plus juste d'estimer



**Figure 4 :** Evolution de la teneur en chlorophylle a à l'alimentation de la claire (a) et dans le milieu d'élevage (b). Evolution de la biomasse phytoplanktonique exprimée par la somme des pigments (chl<sub>a</sub> + phéo) à la sortie de l'asperseur (c) et dans la lame d'eau.

la nourriture phytoplanctonique potentielle par la somme chlorophylle *a* et phéopigment (fig. 4c et 4 d). Elle se situe dans une fourchette comprise entre 40 et 200  $\mu\text{g/l}$  à l'alimentation.

Dans la claire, le milieu d'élevage tamponne les fluctuations enregistrées à l'alimentation (fig. 4b) même sur une courte durée de 24 h (fig. 6).

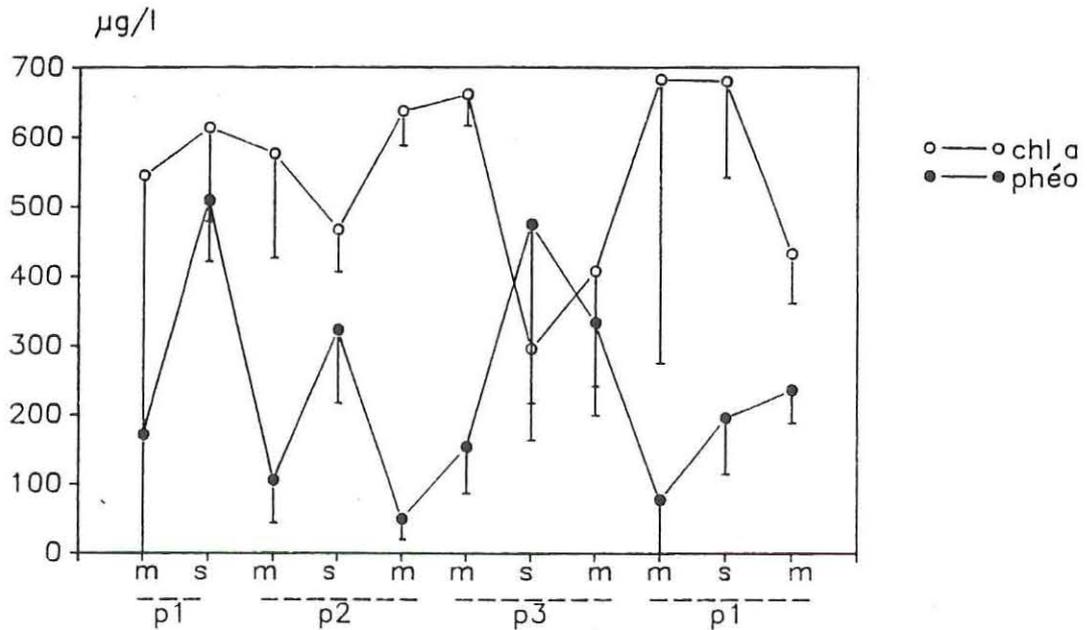


Figure 5 : Evolution de la biomasse phytoplanctonique exprimée en chlorophylle *a* et en phéopigment lors de quatre efflorescences dans trois bacs de 80  $\text{m}^3$  (p1-p2-p3) le matin et le soir (m-s).

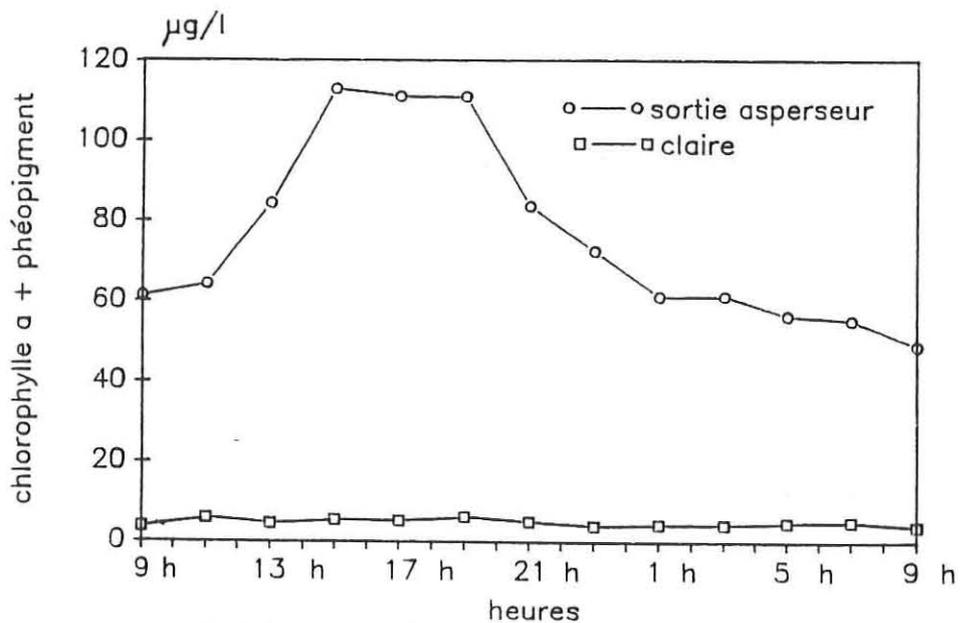


Figure 6 : Evolution de la biomasse phytoplanctonique à l'alimentation et dans l'eau d'élevage de la claire C1 pendant 24 h.

Une première phase de 57 jours correspond à une décroissance des teneurs en pigments suivie d'une phase de stabilisation entre 2,5 et 3,5  $\mu\text{g}$  de chlorophylle  $a$  par litre. Ce n'est pas la mise en fonctionnement de l'asperseur (6 juin) qui est responsable de cette diminution. La distribution des pigments est homogène dans la claire. La zone 3, hors du rayon d'action du jet nutritif ne se distingue pas des deux autres zones.

De même que pour les sestons, les teneurs pigmentaires en sortie sont identiques au milieu d'élevage qui dépressionne la quasi totalité des apports (fig. 7). Les teneurs résiduelles en chlorophylle  $a$  estimées dans le milieu ne représentent qu'en moyenne 9,3 % des concentrations mesurées à l'alimentation (sortie asperseur).

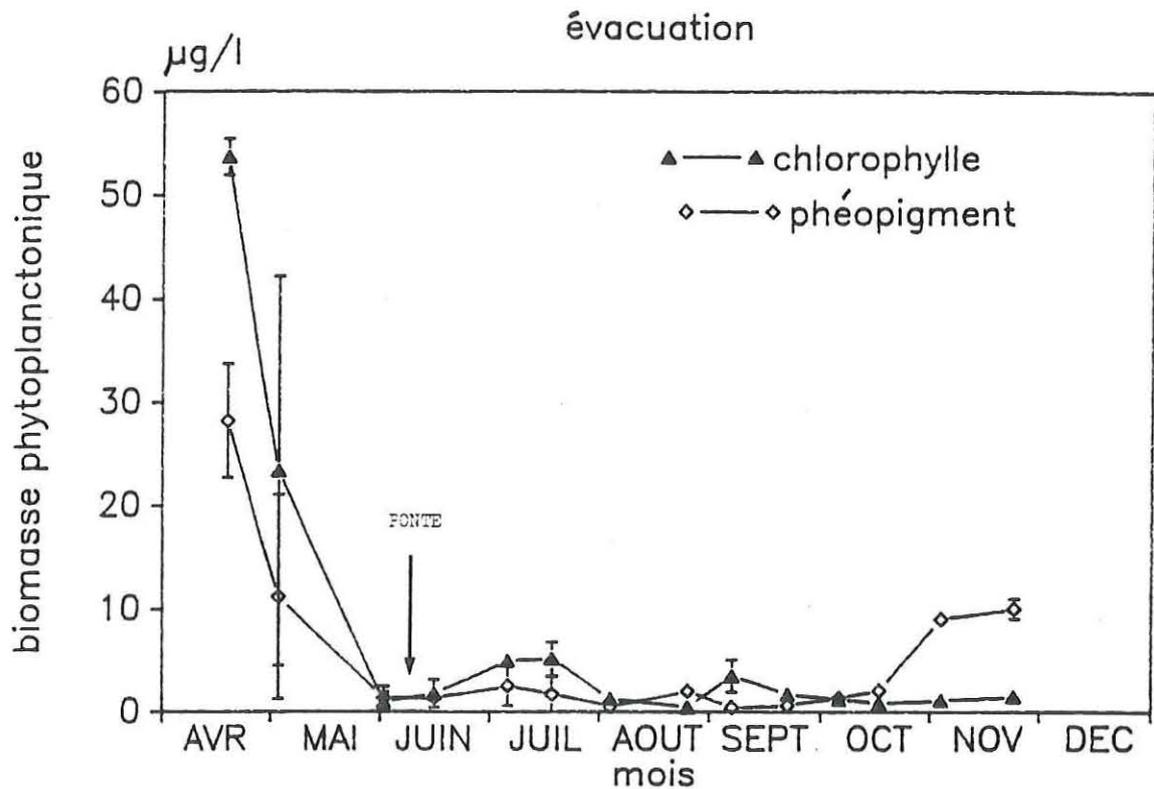


Figure 7 : Evolution de la biomasse phytoplanctonique à la sortie de la claire C1.

### 3.2.3. Nourriture particulière

L'estimation de la nourriture particulière par le dosage des lipides, protéines et glucides permet une bonne approche de la nourriture susceptible d'être utilisée par la palourde.

La composition du mélange eau de mer et phytoplancton (fig. 8a) n'est pas stable essentiellement pour les glucides et les protéines. Les lipides le sont plus avec des teneurs peu élevées (2,0 mg/l). On note des teneurs élevées en sucre essentiellement pendant les mois de juin à août (maximum à 7,3 mg/l). L'évolution des glucides suit dans ces grandes lignes celle de la chlorophylle a. Les années précédentes ont montré des taux importants de glucides au sein de la culture de *Skeletonema costatum* en hiver et de protéines en été avec une reprise des glucides en automne (Baud et Haure, non publié). Il semble ici que ces tendances soient inversées. Ceci reflète la variabilité de composition chimique de *S. costatum* lorsque cette diatomée est soumise aux conditions climatiques externes.

Dans la claire et en sortie (fig. 8b et 8c) les concentrations chutent au début de l'élevage pour se stabiliser à des maxima proches de ceux mesurés en milieu marin (5  $\mu$ g/l) (Daou, 1989). L'homogénéité des teneurs en chlorophylle dans l'ensemble de la claire est confirmée par les paramètres biochimiques (annexe 2). On constate le même phénomène de déplétion des différents composés biochimiques dans l'eau d'élevage. Les pics de protéines bien qu'amointris existent (7,37 mg/l à l'alimentation pour 0,91 dans la claire). Les importantes fluctuations des glucides (de 1 à 7 mg/l) sont atténuées (valeur stabilisée à environ 0,4 mg/l). Ainsi l'énergie particulaire potentielle du milieu d'élevage est stabilisée autour de 30 J/l (fig. 8d) pour des fluctuations à l'alimentation relativement importante de 105 à 352 J/l.

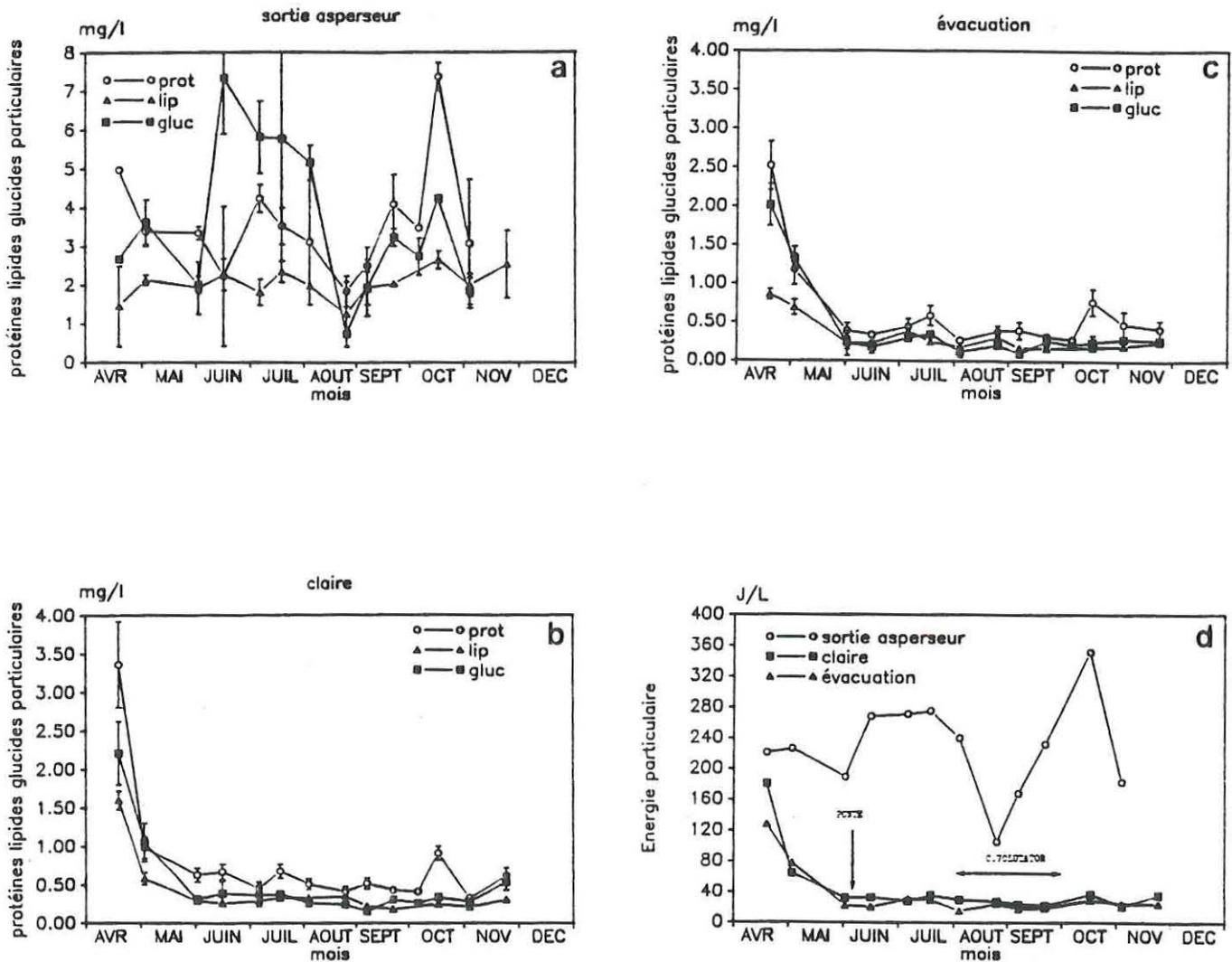
Ainsi, sur la période d'élevage, 86 % de l'énergie particulaire apportée sont absorbés par le système claire intensive.

En conclusion, le milieu d'élevage est resté relativement stable et n'a pas révélé d'incompatibilité majeure quant aux exigences biologiques des palourdes en élevage intensif.

### **3.3. Croissance des palourdes**

#### **3.3.1. Biométrie**

L'allure des courbes de croissance exprimées en poids (fig. 9a) et en longueur de coquille (fig. 9b) montre pour les deux claires, après une phase de "démarrage" relativement longue (1 mois) une nette augmentation pondérale jusqu'à la fin



**Figure 8** : Evolution de la qualité biochimique de la nourriture particulaire estimée en mg/l par les protéines, lipides et glucides à l'alimentation de la claire (a) dans le milieu d'élevage (b), à l'évacuation (c) et les variations de la valeur énergétique de l'eau (d).

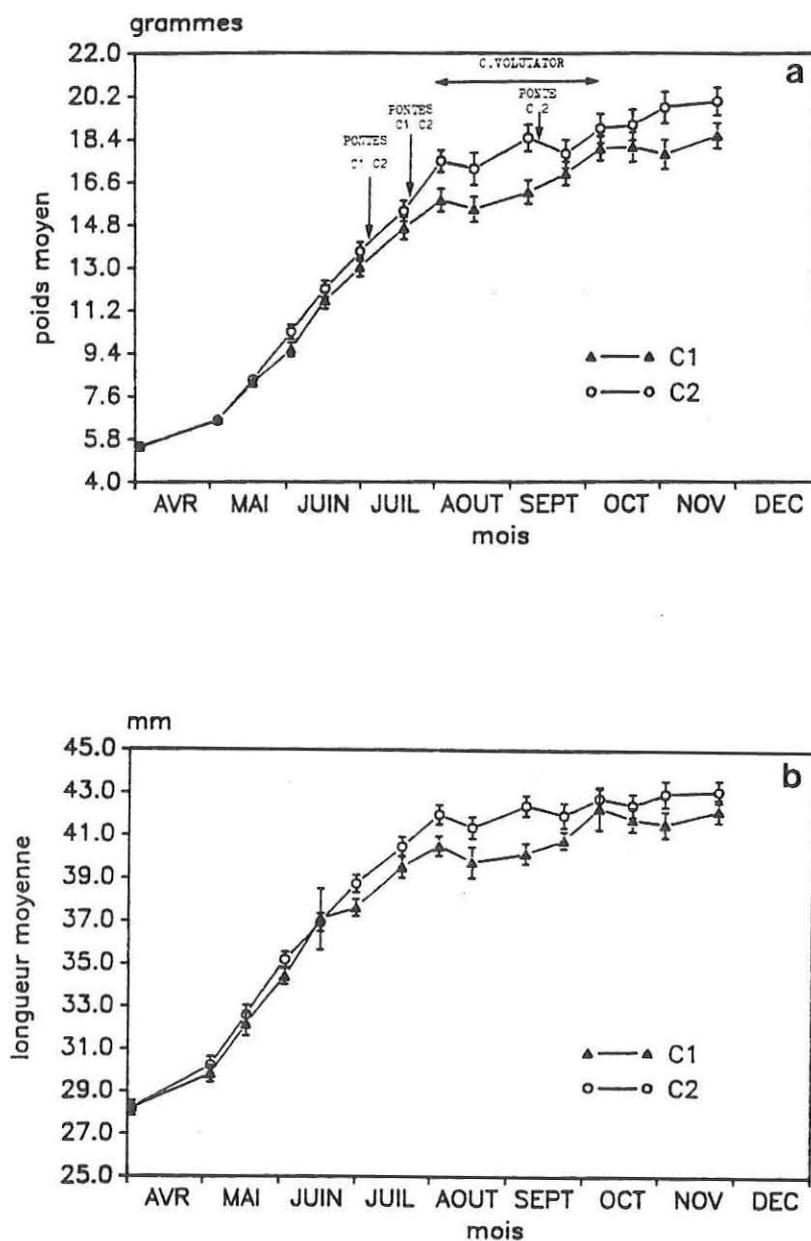


Figure 9 : Evolution de la croissance pondérale (a) et linéaire (b) des palourdes pour les claires C1 et C2 au cours de l'élevage.

juillet alors que les deux claires tendent à se distinguer. Les vitesses de croissance (0,10 g/j (C1) et 0,12 g/j (C2)) permettent d'atteindre à la fin de cette période de 4 mois, 86 % du poids final. Malgré les premières pontes (relativement importantes) la croissance ne s'infléchit pas. Par contre le ralentissement de croissance est concomitant avec l'apparition d'une biomasse très importante d'un amphipode (*Corophium volutator*) dans les claires. Pendant cette période on assiste à une dernière ponte dans la claire C2. La reprise automnale est faible du début août à la récolte finale, les gains sont peu élevés (2,7 g et 1,7 mm pour C1, 2,5 g et 1,1 mm pour C2) sur une période de 4 mois.

L'évolution de la croissance en poids de coquille (fig. 10a) confirme ces observations. Estimée en poids frais (fig. 10b) ou en poids sec (fig. 10c) elle montre une bonne corrélation entre ces deux paramètres. La relation mathématique liant ces deux paramètres a été calculée sur 220 couples de données.

Elle s'écrit :

$$\begin{aligned} \text{Poids frais (mg)} &= 3,70 \times \text{poids sec (mg)} + 346,22 \\ r^2 &= 95,4 \% \end{aligned}$$

Après une forte croissance tissulaire et des valeurs maximales atteintes par l'indice de condition (185 %) (fig. 10d) au début juillet, on observe une chute progressive correspondant à une perte de 30 % du poids sec et concomitante avec les pontes. Bien qu'aucune autre ponte n'ait été observée, la tendance à la décroissance enregistrée ultérieurement suppose des émissions partielles en C2. Par ailleurs les assecs bimensuels ont pu stimuler ces pontes partielles. L'indice de condition reste cependant stable à des valeurs élevées, proches de 94 %.

La comparaison des coefficients de croissance (G30) (fig. 11) de la chair et de la coquille est intéressante. Une première phase correspond à une production de chair (somatique et germinale) et de coquille (+ 0,9). Les premiers coefficients de chair négatifs sont liés à l'émission de gamètes alors que la coquille poursuit sa croissance. La croissance pondérale reste négative de mi-juillet à début septembre, la croissance de la coquille s'atténue fortement. En septembre la croissance devient à nouveau positive pour la chair et la coquille, mais rapidement elle s'annule au cours de la dernière partie de l'élevage.

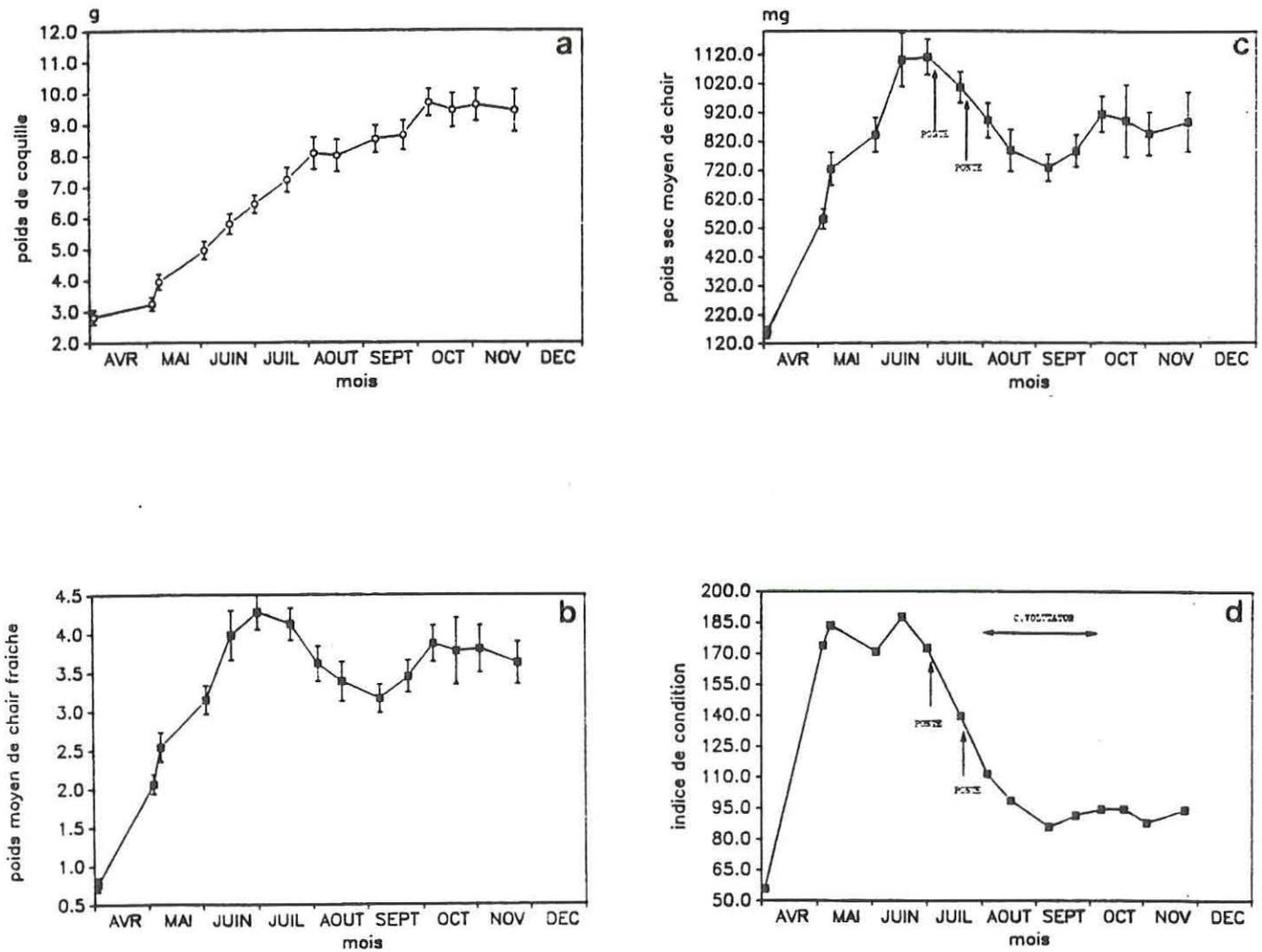


Figure 10 : Evolution du poids de coquille (a) de chair fraîche (b) et sèche (c). Variations de l'indice de condition (d) des palourdes élevées dans la claire C1.

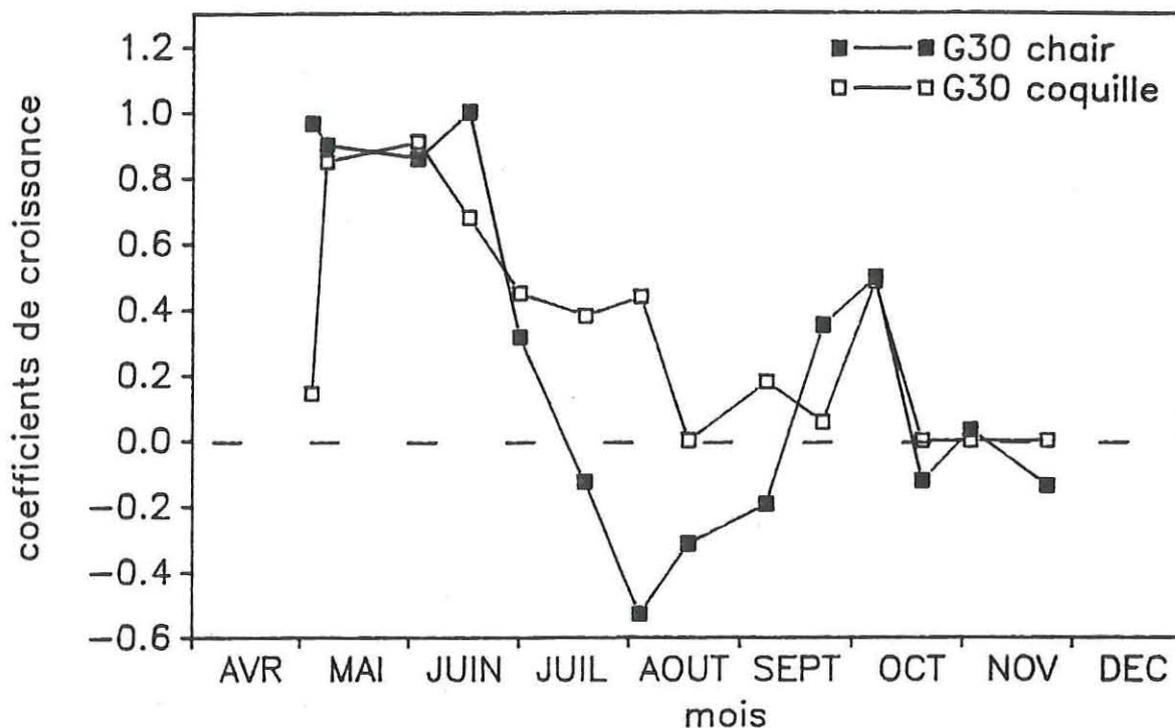


Figure 11 : Evolution des coefficients de croissance (G30) exprimés pour la chair et pour la coquille des palourdes de la claire C1.

### 3.3.2. Evolution des composés biochimiques

L'évolution de la composition biochimique globale est suivie à partir de la transformation en énergie des composés de la chair (fig. 12a).

La valeur énergétique de la chair s'accroît fortement dès le début de l'élevage, ceci est à mettre en relation avec les coefficients élevés de croissance de la chair. La valeur énergétique maximale (15 KJ) est atteinte juste avant la période de ponte (début juillet). On note une nouvelle fois la faible reprise automnale. L'évolution relative des composés biochimiques (%) montre une chute importante des protéines au début de l'élevage (fig. 12b) qui chutent de 40,5 % à 26,5 %. Par contre la mobilisation des glucides (fig. 12c) est rapide. La demande en énergie est forte, la valeur maximale enregistrée pour les glucides est de 31,5 %. Le glycogène représente alors la quasi totalité des glucides. Ce pic du glycogène précède un pic des lipides dont la dépression est indicatrice de la ponte. Après cette chute, les lipides, de teneur assez faible dans l'ensemble (environ 6 %) varient assez peu (fig. 12d). La première ponte indiquée par une flèche sur la figure 12c n'affecte pas les protéines (les teneurs ne diminuent pas à la ponte),

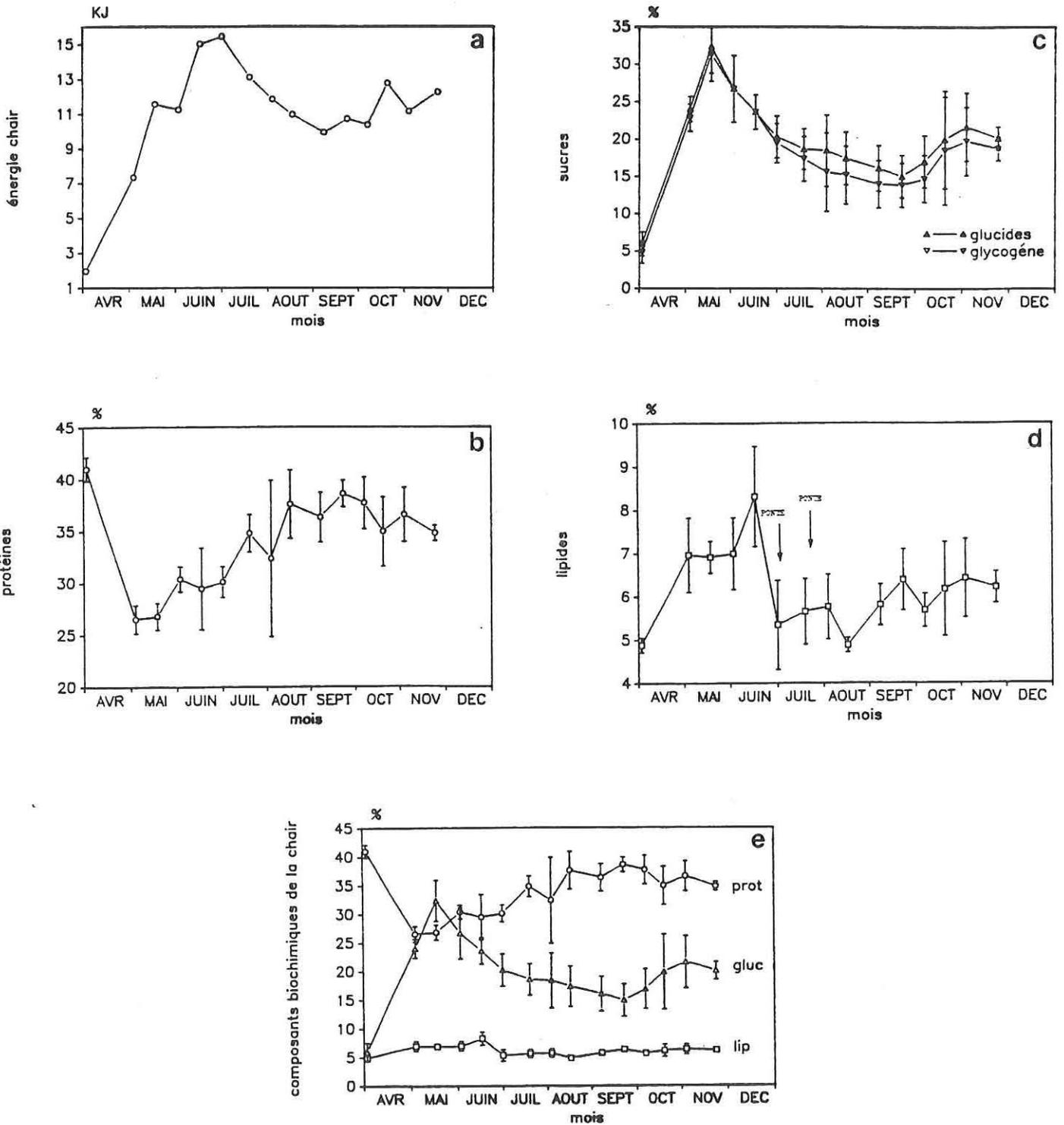


Figure 12 : Evolution de la chair (a), des protéines (b), des sucres totaux (c) et des lipides (d). Variations des différents composés biochimiques de la chair de palourde exprimées en % (e).

elles augmentent alors de façon constante jusqu'à la mi-septembre (38,6 %) pour amorcer ensuite une légère baisse alors que les glucides s'accroissent sensiblement. L'évolution des différents composés biochimiques montre que seule la première maturation de l'ensemble de la population a donné lieu à une ponte massive.

### 3.3.3. Homogénéité de croissance

Une analyse de variance effectuée en juin sur la claire B1 en prenant comme variable la taille moyenne des palourdes ne laisse pas apparaître de différence significative au sein de la claire (tableau 2).

Tableau 2 : Analyse de variance sur la taille des palourdes à 2 facteurs de variation, longueur et largeur de la claire.

Sources de variation	DDL	Carrés moyens	Test F	Probabilité
Total	599	5,20		
Facteur 1 longueur	4	3,60	0,70	NS
Facteur 2 largeur	3	9,82	1,92	NS
Interactions 1-2	12	8,32	1,62	NS
Résiduel	580	5,12		

L'analyse de variance réalisée à la fin de l'élevage (tableau 3) sur trois facteurs : claire, largeur (4), longueur (5) montre des différences hautement significatives ( $F = 63,48$ ) pour le facteur prépondérant claire et significative pour le facteur largeur ( $F = 4,51$ ). Le test de Newman et Keuls permet de séparer clairement les deux bassins d'élevage avec des meilleures performances pour C2 ( $l = 43$  mm) contre  $l = 41,77$  mm pour C1.

**Tableau 3** : Analyse de variance et test de Newman et Keuls sur la taille finale (longueur en m) à 3 facteurs : claire, longueur, largeur. Variable = taille.

Sources de variation	DDL	Carrés moyens	Test F	Probabilité
Total	1 199	7,67		XXX
Facteur 1 claire	1	448,86	63,48	-
Facteur 2 longueur	4	5,17	6,73	-
Facteur 3 largeur	3	31,88	4,59	XX
Interactions 1-2	4	19,77	2,80	X
Interactions 1-3	3	28,55	4,03	XX
Interactions 2-3	12	12,22	1,73	
Interactions 1-2-3	1 160	7,07	1,41	

Clares	Moyennes	Groupes homogènes
C2	43,60	A
C1	41,77	B

Après élimination du facteur "claire" une analyse à deux facteurs (largeur, longueur) met en évidence une relative homogénéité de croissance. Pour C1 le facteur "longueur" diffère significativement au seuil de 5 % sans que l'on puisse isoler une longueur donnée par le test de Newman et Keuls.

Pour la claire C2 c'est la largeur qui diffère significativement avec toutefois une interaction significative avec la longueur. La bande de terrain située le plus au Sud présente une meilleure croissance qui semble être principalement due à un meilleur résultat de croissance dans la parcelle Sud-Est. Parmi les vingt zones testées seules deux d'entre elles sont significativement différentes.

Même si on peut déceler de petites variabilités, celles-ci portent sur des valeurs moyennes très proches. On peut donc affirmer que la croissance linéaire est homogène dans l'ensemble de la claire.

### **3.4. Récolte finale**

La taille marchande a été rapidement atteinte. Après 8 mois et demi d'élevage, un poids moyen individuel de 19,99 g ( $\pm 0,59$ ) pour la claire 2 et de 18,57 g ( $\pm 0,54$ ) pour la claire 1 a été obtenu pour des tailles moyennes respectives de 43,12 mm ( $\pm 0,52$ ) et de 42,22 mm ( $\pm 0,55$ ). Les taux de recapture sont évalués à 73,61 % pour la claire C1 et 82,04 % pour la claire C2, ainsi la biomasse finale ou le rendement est de 4,17 kg/m<sup>2</sup> pour C1 et de 4,89 kg/m<sup>2</sup> pour C2.

### **3.5. Maintenance et problèmes inhérents au système d'élevage**

La pose du coupe-vent, l'installation et le réglage de l'asperseur ont retardé sa mise en fonctionnement, cependant ce système d'alimentation de l'élevage s'est révélé très efficace et d'un entretien nul. Les craintes de colmatage des canalisations, en raison de la teneur importante en fer dans l'eau de forage, n'étaient pas fondées. Des blooms incontrôlés de macrophyte (*Enteromorpha intestinalis*) de fin mai à début juillet ont nécessité trois séances de désalgage avec intervention dans la claire. Dans ce cas, il est conseillé de se chausser de patins, utilisés par les ostréiculteurs sur les parcs à plat afin de minimiser les perturbations des palourdes. Une prolifération d'amphipodes (*Corophium volutator*) a succédé au bloom de macrophytes (début août à fin septembre), on a pu dénombrer jusqu'à  $1,8 \cdot 10^5$  individus par m<sup>2</sup>. A deux reprises, la vase superficielle contenant ces amphipodes a été évacuée. L'arrêt de leur développement reste néanmoins lié à la chute de température. Suite aux émissions massives des gamètes, on a constaté une mortalité estivale qui peut être estimée par le taux de recapture final à environ 10 %. Après la ponte, il est conseillé d'effectuer un lavage des claires pour éliminer les gamètes à l'aide de "chasses" successives.

Globalement, l'entretien du système est minime. A part ces travaux ponctuels, l'effort journalier permettant d'assurer une bonne gestion de l'élevage est de seulement une heure, dont une demi-heure pour la production du phytoplancton.

La pêche finale a posé quelques problèmes. L'utilisation d'un engin tracté pour la pêche a été un échec. Enlèvement de l'engin avec "bourrage" du sédiment et casse relativement importante des coquilles (environ 10 %). Une

drague mise au point par Baud et Hommebon (1988) pour la récolte en claire a permis toutefois d'assurer mécaniquement la repêche. L'emploi de moto-pompes puissantes a été nécessaire pour faciliter le lavage et le cassage des mottes, la récolte s'est effectuée à sec. Les rendements horaires de pêche ont été relativement bas soit 30 m<sup>2</sup>/h pour environ 150 kg de palourdes /h. A proximité des berges la récolte s'est effectuée manuellement. Au total 10 jours à cinq personnes ont été nécessaires pour la repêche et le tri de 1,8 tonne de palourdes.

#### IV. DISCUSSION

L'objectif de production fixé à partir des données de 1988-1989 a été atteint avec un rendement final de 4,53 kg/m<sup>2</sup> et un poids moyen final de 19,28 g pour une production de 1,86 tonne à partir d'un semi de 676 kg. Les résultats sont similaires à la courbe de croissance (1988, fig. 13) qui correspond à des conditions d'élevage similaires (126 µg/l de chlorophylle a - 300 palourdes/m<sup>2</sup> - renouvellement 100 % jour). L'extension des conditions d'élevage à de plus grandes surfaces (400 m<sup>2</sup>) d'exploitation a démontré la fiabilité des essais sur 30 m<sup>2</sup> et confirme l'intérêt de la phase pilote avant transfert à une plus grande échelle, pour des conditions climatiques similaires.

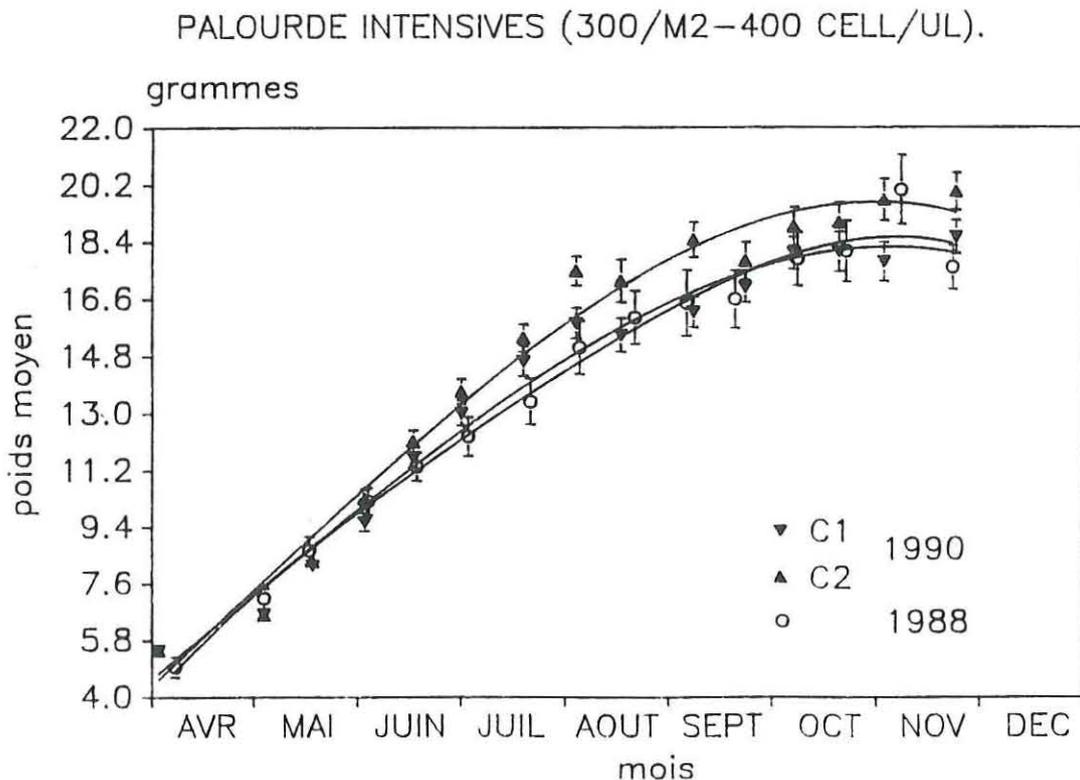


Figure 13 : Comparaison de l'évolution de la croissance des palourdes élevées en intensif selon des normes zootechniques similaires en 1988 et 1990.

De plus, le système d'alimentation de la claire par aspersion s'est révélé très efficace pour pallier à l'hétérogénéité de croissance le long de la claire observée en 1988-1989. Lors des expériences ultérieures, la croissance et les rendements régresaient significativement de l'alimentation, à l'évacuation (Séverin et al., 1990). Les résultats obtenus cette année sont homogènes et correspondent aux meilleurs résultats antérieurs trouvés près de l'alimentation. L'efficacité du canon se traduit par l'homogénéité de la masse d'eau à la fois en température, salinité, pH et sestons mais aussi en quantité de nourriture, concentration pigmentaire et valeur énergétique de l'eau. La zone hors du rayon d'action direct de l'asperseur a la même teneur, même lorsque les prélèvements ont été effectués à des périodes où la vitesse du vent est restée faible pendant plusieurs jours ( $V < 5$  noeuds).

A cette homogénéité des paramètres du milieu correspond une homogénéité de croissance au niveau du cheptel (les variations de réponse individuelle étant intégrées). Ceci met en évidence une relation étroite entre la répartition de la distribution du flux de nourriture et la croissance des bivalves. Ceci est en accord avec les résultats de Martin et al. (1990) qui ont mis en évidence une relation étroite entre le flux vertical de nourriture et la croissance des palourdes.

Il existe cependant une différence significative de production biologique entre les deux claires malgré les conditions d'élevage similaires (voir tableau 3). Cette hétérogénéité pourrait s'expliquer par des différences de volumes d'alimentation des deux claires. En effet ni le sédiment (une seule claire à l'origine) ni les paramètres de l'eau (même système de distribution) ne semblent être mis en cause. La différence de croissance pourrait s'expliquer par une légère inclinaison du talus central de séparation au profit de la claire C2. L'apport supplémentaire ainsi engendré a été estimé à près de 15 % du volume de renouvellement. Le vent pourrait également agir (à partir d'une vitesse de 10 km/h) sur le manque d'uniformité de la répartition de *S. costatum*. Ainsi des vents dominants de secteur Est, pendant la période estivale, auraient favorisé l'élevage de la claire C2. Une reprise automnale de croissance plus importante pour la claire C1 pourrait être aussi la conséquence d'une inversion du sens des vents. L'apport supplémentaire de *Skeletonema costatum* ainsi provoquée pourrait expliquer une richesse en glycogène en fin d'élevage supérieure en pourcentage pour les palourdes de la claire C1. En effet d'après Baud et al. (1990) l'apport de *Skeletonema costatum* élève le niveau de glycogène.

Si cette méthode a démontré sa faisabilité et sa reproductibilité en terme de croissance, il persistera toujours des modifications écologiques incontrôlées inhérentes à la production en claire (macrophytes, *Corophium volutator* etc... suivants les années).

La méthode de pêche qui n'est pas ici l'objet de notre étude, reste cependant un frein dans l'économie du système qu'il est important d'améliorer. Un soin particulier devrait être apporté à la préparation du sédiment pour permettre une délitation plus rapide de l'argile en fonction du type de machine employé.

Les paramètres physico-chimiques du milieu n'ont pas laissé apparaître d'incompatibilités majeures quant aux exigences écophysiologiques des palourdes. Les températures globalement plus fortes par rapport à 1988 ne semblent pas avoir provoqué une meilleure croissance. Les plus fortes croissances s'effectuent selon Gouletquer et al. (1988) aux températures de 15-20°C avec une nourriture abondante, alors que pour Mann (1978) l'optimum serait autour de 12°C (avec une croissance encore satisfaisante à 8°C). Bernard (1983) détermine une zone fonctionnelle entre 4 et 25°C pour un optimum de 16°C. Dans notre étude, la croissance s'infléchit lorsque les températures moyennes s'infléchissent, sans toutefois que celles-ci soient limitantes.

Les sestons sont restés faibles et très inférieurs à la valeur critique de 100 mg/l produisant des effets négatifs sur la croissance (Daou et Gouletquer, 1988). Le taux de filtration n'a pas été affecté par la charge sestonique qui était inférieure à 30 mg/l. Par contre le seuil de production de pseudofèces de 8 mg/l établi par Gouletquer et al. (1988) d'après les données bibliographiques paraît sous estimé pour notre étude. En effet, Sauriau a montré en 1990 que le seuil de pseudofèces était obtenu avec une ration de 350 cellules/ $\mu$ l de *S. costatum* soit dans le cas présent 15 mg/l de seston total. Hors la concentration de 300 cellules/ $\mu$ l distribuée par aspersion correspond à elle seule à une teneur particulière de 13 mg/l, soit une valeur supérieure de 40 % au seuil de 8 mg/l de seston total précité par Gouletquer en milieu estuarien (Marennes-Oléron). Bricelj et al. (1984) quant à eux estiment le seuil de perturbation physiologique de *Mercenaria mercenaria* à 44 mg/l avec 9,4  $\mu$ g/l de chlorophylle a.

Le paramètre primordial en élevage intensif est la fourniture de nourriture. Celle-ci est assurée par la production phytoplanctonique en grand volume à partir d'eau salée souterraine. Cet apport supplémentaire d'une culture

monospécifique de *S. costatum* a une valeur nutritive importante pour la palourde (Walne, 1978). Cependant la croissance de ce coquillage serait meilleure avec l'adjonction de *Tetraselmis suecica* d'après Laing et Millican (1986). Ce mélange évitant ainsi les carences en tyrosine (Chuecas et Riley, 1969) et en certains acides gras polyinsaturés de la série 22,6  $\omega^3$  (Langdon et Waldock, 1981) trouvés en faible quantité dans *S. costatum*. Une meilleure croissance serait aussi obtenue par une alimentation en discontinue (6h/6h), ce qui a pour effet de forcer le rythme digestif (Owen, 1944). En production artisanale, ceci reste délicat à mettre en oeuvre pour ce système d'élevage. La ration alimentaire est exclusivement basée sur les apports de *S. costatum*. Dans notre étude l'autoproduction dans la claire et l'apport de substances dissoutes externes à la culture semblent faibles mais n'ont pas été pris en compte.

Le cassage des chaînes par l'intermédiaire des deux pompes centrifuges et de l'asperseur déplace le nombre moyen de cellules vers 2 et élimine les colonies de plus de 5 cellules. La diminution de la taille des particules favorise la filtration (optimum vers  $4 \pm 2 \mu\text{m}$ ) (Deslous-Paoli et al., 1987). La fracture de la thèque ainsi établie dans 50 % des cas libérerait de la matière organique dissoute ce qui pourrait favoriser l'assimilation des palourdes (Sauriau, 1990).

La nourriture au départ en excès par rapport à la biomasse chute avec la prise progressive des palourdes puis se stabilise rapidement à des valeurs basses alors que la biomasse continue à s'accroître. C'est à partir d'un seuil de 3 kg/m<sup>2</sup> que la nourriture dans la lame d'eau reste faible. Les variations de la ration alimentaire enregistrées à l'injection par aspersion sont gommées par le système claire. Différentes hypothèses peuvent être avancées : prise de nourriture particulière par les filtreurs (palourdes et compétiteurs), dilution dans la claire et homogénéisation de la masse d'eau. En moyenne, sur la période d'élevage 86 % de l'énergie particulaire apportée se trouve piégée par la claire. En fin d'élevage on constate que le sédiment est très peu réduit et ne doit contenir qu'une faible partie de l'énergie particulaire, on peut supposer alors qu'elle ait été utilisée essentiellement par la biomasse présente dans la claire. Un calcul faisant intervenir la prise de nourriture par les palourdes en fonction d'un taux de filtration moyen, supposé constant de 0,8 l/h x g de poids sec sans cendre (Gouletquer et al., 1989) et avec un taux de rétention de 90 % (Sauriau, 1990, pour des débits inférieurs à 0,3 l/h x g de poids sec sans cendre), avec un taux de renouvellement de 100 % par jour permet une estimation de la concentration en nourriture dans le milieu d'élevage en fonction des apports et de la biomasse des

palourdes (fig. 14, annexe 2). Cette simulation donne des valeurs proches de la réalité. On peut alors supposer que la quasi totalité de l'énergie particulaire est captée par les palourdes. Les fluctuations seraient ainsi absorbées par cette prise car la palourde ne régule pas son taux de filtration suivant la disponibilité nutritive du milieu (Deslous-Paoli et al., 1987). L'énergie captée est pendant une partie de l'élevage supérieure aux besoins des palourdes, la ration étant calculée pour une palourde de 20 g, une grande partie de l'énergie captée ne semble pas être assimilée et peut être expulsée sous forme de pseudofèces. Cependant la stabilisation de la concentration en nourriture disponible dans le milieu d'élevage se situe à un niveau légèrement inférieur à la valeur seuil de 4 à 4,5  $\mu\text{g/l}$  de chlorophylle a en dessous de laquelle la croissance des palourdes est atténuée selon Martin et al. (1990). Dans notre étude le ralentissement de croissance ne semble pas dû à une diminution de la teneur en chlorophylle a dans le milieu d'élevage. Il semblerait plutôt concorder avec la période estivale, siège d'une activité métabolique intense axée sur la gamétogenèse et la ponte et de l'apparition d'amphipodes en grande quantité. Ainsi, la croissance des palourdes et d'une façon générale celle des mollusques bivalves est entravée par les phénomènes de reproduction (gamétogenèse et ponte) qui monopolisent en grande partie le métabolisme énergétique (Gouletquer et al., 1987). L'apport d'une nourriture abondante favorise la maturation, il existe une relation étroite entre le cycle de reproduction et l'énergie disponible (Donald et Thompson, 1985). La faible croissance coquillière qui s'est prolongée durant le premier mois d'élevage peut être expliquée par l'adaptation des palourdes au milieu d'élevage suite au traitement antibiotique et par les faibles températures. Ce dernier point est en accord avec les résultats de Mann (1979) et Walne (1970) qui montrent que pour une température inférieure à 15°C la croissance tissulaire est favorisée aux dépens de la croissance coquillière. La période suivante correspond à une forte croissance de chair et de coquille alors même que les palourdes mûrissent et pondent. Ceci est révélateur d'un environnement favorable. Avec une nourriture abondante les palourdes maximisent leur reproduction (fort indice de condition à 185 %) sans que celle-ci concurrence la croissance. Le ralentissement de croissance est synchronisé avec l'apparition des *Corophium volutator*, outre la compétition d'ordre trophique, ils peuvent exercer une gêne physique sur les palourdes par la bioperturbation du sédiment et par une gêne au niveau des siphons. Affaiblies par les pontes, les palourdes sont alors très réceptives aux agressions du milieu extérieur d'autant que les températures sont élevées et que les coefficients (G30) de chair deviennent négatifs. Ceci montre que les pontes successives ont fortement diminué la quantité de chair (diminution de 30 % du

poids de chair sèche). La croissance coquillière se réduit considérablement et on peut alors se demander si à cette période de ponte, la capacité trophique du milieu est suffisante. Ainsi en 1988 la baisse de croissance coquillière fut plus limitée. Cette baisse correspond en effet aux teneurs en énergie particulière les plus basses de la ration lors des prélèvements ponctuels. Cette époque correspond également à une légère mortalité dans les claires. Après une légère reprise automnale de la chair et de la coquille (plus faible qu'en 1988 et 1989), la croissance s'annule rapidement.

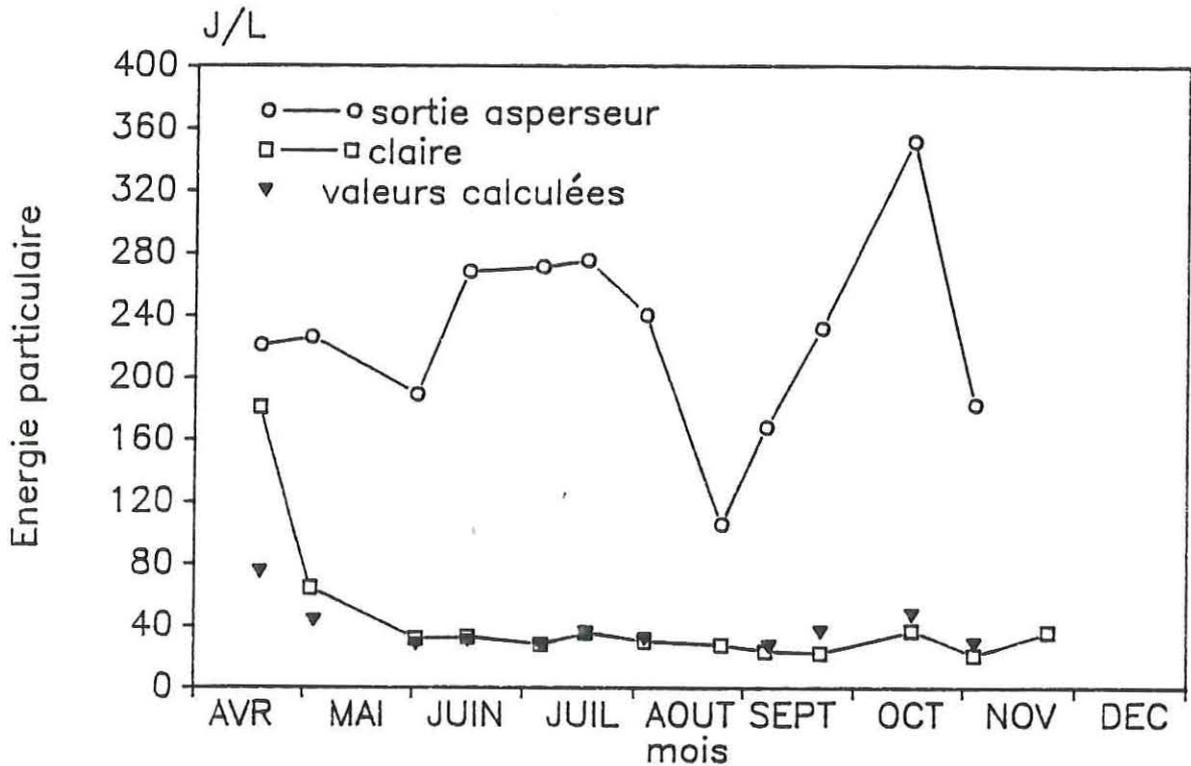


Figure 14 : Evolution de l'énergie particulière de l'eau d'élevage de la claire C1 à l'alimentation, dans la claire et en simulation à partir de valeurs calculées.

L'analyse de l'évolution de la composition biochimique est dominée par la reproduction. Les palourdes stockent en élevage intensif intensément les glucides représentés essentiellement par le glycogène. Ces taux ont atteint des valeurs extrêmes (31,5 %). Ils sont très largement supérieurs aux autres années, 15 % du poids sec en 1988 (Baud et al., sous presse), 9,8 % en claire extensive à 9 % sur estran (Gouletquer et al., 1986), 5 % (Beninger, 1982). Ces fortes teneurs semblent être liées à l'abondance de sucres dans la culture phytoplanctonique (Ansell, 1972 ; Baud et al., 1990). Le glycogène représente la principale ressource énergétique de ces bivalves et est utilisée en cas de stress, d'anaérobiose

(émersion), de carence nutritive, mais surtout il représente l'allocation d'énergie majeure pour assurer la gamétogenèse. En condition trophique non limitante ce stockage des glucides est favorisé et explique ces valeurs élevées.

La première phase de l'élevage se caractérise par une accumulation des réserves glucidiques qui suggère que la gamétogenèse est initialisée (Lubet et Mann, 1987). Cette mobilisation du glycogène s'identifie à une demande en énergie croissante. Un transfert important du glycogène en réserve lipidique explique le pic de lipide (Gabbott, 1975) qui est maximum au moment de la ponte. Une seule ponte massive de la population est enregistrée. Les autres pontes observées doivent correspondre à des émissions partielles. On aurait pu s'attendre à une autre maturation de l'ensemble des palourdes en raison des conditions favorables. Le taux de lipides reste cependant relativement bas par rapport à 1988, 8 % contre 6 %. Les protéines chutent pendant la première phase de l'élevage, ce phénomène a déjà été observé pendant la période d'acclimatation, suite au stress du semis, alors que le glycogène s'accumule déjà. Par contre au moment de la ponte, il n'y a pas de baisse sensible des protéines comme l'a montré Beninger (1988), sans doute en raison des réserves glucidiques importantes qui doivent probablement atténuer la lyse de la musculature lisse autour des tubules (Medhioub, 1986).

La reprise automnale en valeur énergétique de la chair n'est pas probante : les protéines tendent à diminuer dès la fin septembre, les lipides restent stables comme en claire extensive (Baud et al., 1990). Le problème d'une ration alimentaire suffisante en fin d'élevage se pose à nouveau.

## V. CONCLUSION

La phase pilote a mis en évidence la reproductibilité des résultats biologiques du grossissement des palourdes en intensif des claires de 30 m<sup>2</sup> à une échelle de 400 m<sup>2</sup>. L'amélioration du rendement passe par une optimisation du système de distribution en favorisant grâce à l'aspersion, l'homogénéisation du flux vertical de nourriture sur l'ensemble de la surface d'élevage.

L'apport de l'algue fourrage *S. costatum* grâce à sa facilité de production sur le site de Bouin reste l'élément original et primordial de ce type d'aquaculture intensive. La possibilité d'extension du système à d'autres sites dépourvus d'une eau de forage, favorable à cette production phytoplanctonique est limitée. Ainsi il

paraît important, dans des secteurs dépourvus d'aquifères salins, d'améliorer le contrôle de la stimulation de la production primaire en claire par l'apport d'engrais. Ces travaux sont actuellement initiés au CREMA L'Houmeau de la Rochelle (Hussenot, com. pers.). Les forts rendements obtenus ne sont pas dus seulement à l'effet de la densité mais aussi à une forte croissance, qui pour une grande partie s'effectue au printemps. Les gains estivaux restent faibles et reflètent la compétition entre la production gamétique et somatique. Ces faibles croissances estivales pourraient être évitées par l'intermédiaire de manipulations génétiques, permettant l'obtention d'individus polyploïdes (Dufy, 1988). Toutefois, les résultats ont montré dès maintenant la faisabilité biologique d'une production intensive en un cycle relativement court, sans augmentation importante du risque de propagation de la maladie de l'anneau brun et sans perturbation grave de la qualité des sols.

L'évolution actuelle du marché de la palourde avec notamment la chute des cours provoquée par le développement massif de gisements naturels de *Ruditapes philippinarum* sur le littoral Atlantique et plus particulièrement dans le golfe du Morbihan, nécessite une analyse économique en profondeur de cette filière intensive.

Cette étude économique qui prendra en compte toutes les phases intensives de grossissement de ce coquillage permettra de proposer un scénario optimal d'élevage de ce type et devrait être en mesure de calculer le seuil de rentabilité d'une telle démarche en fonction du contexte actuel et de différentes simulations.

Les conclusions de cette étude dicteront enfin la conduite à tenir en matière de transfert de cette technologie vers les instances professionnelles.

Quoiqu'il en soit les techniques et compétences acquises pourront rapidement être adaptées à la culture d'autres bivalves fouisseurs comme la palourde Européenne *Tapes decussatus* et le clam *Mercenaria mercenaria* ou à moyen terme servir de base pour l'élevage intensif en surélevé de mollusques filtreurs tels que l'huître plate *Ostrea edulis* et le pétoncle noir *Chlamys varia*.

## VI. BIBLIOGRAPHIE

Ansell A.D., 1974. Seasonal changes in biochemical composition of the bivalve *Alsa alba* from the clyde sea Area. *Marine Biology*, 25 : 13-20.

- Baud J.P., 1988. Utilisation des eaux souterraines de la baie de Bourgneuf pour le prégrossissement intensif de mollusques filtreurs. Mémoire IFREMER, 99 p.
- Baud J.P., 1988. Mise au point d'une stratégie de prégrossissement intensif en nourricerie de naissains de palourdes (*R. philippinarum*) et d'huîtres (*C. gigas*) dans la région de la baie de Bourgneuf. Rapport interne IFREMER DRV-88-031-RA/Bouin, 83 pp.
- Baud J.P. et Hommebon P., 1988. Diversification de la production conchylicole. Approche d'une stratégie d'élevage de la palourde japonaise (*R. philippinarum*) dans la région de la baie de Bourgneuf. Rapport IFREMER DRV-88-024-RA/Bouin, 32 p.
- Baud J.P., Glize P., Haure J. et Garnier J., 1991. Elevage intensif de la palourde japonaise *R. philippinarum* dans les marais. Faisabilité biologique. Rapport interne IFREMER DRV-91-03-RA/BOUIN, 54 p.
- Baud J.P. et Bacher C., 1989. Use of saline ground water for intensive rearing of *R. philippinarum* juveniles in a nursery system. *Aquaculture*, 157 : 178 p.
- Baud J.P. et Haure J., 1989. Intensive rearing of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in ponds. Poster, European Aquaculture Society Bordeaux 2, 3 et 4 octobre 1989.
- Beninger P., 1982. Etude biochimique comparée de deux populations de bivalves *R. decussatus* et *R. philippinarum*. Thèse de Doctorat de spécialité océanographie-biologie, 193 pp.
- Beninger P. et Lucas A., 1984. Seasonal variations in condition, reproductive activity and gross biochemical composition of two species of adults clam in a common habitat : *Tapes decussatus* L. (Jeffreys) and *Tapes philippinarum* (Adams et Reeve). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 79 : 19-37.
- Bernard F.R., 1983. Physiology and the mariculture of some northeastern Pacific Bivalve Molluscs. *Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 63 : 24 p.

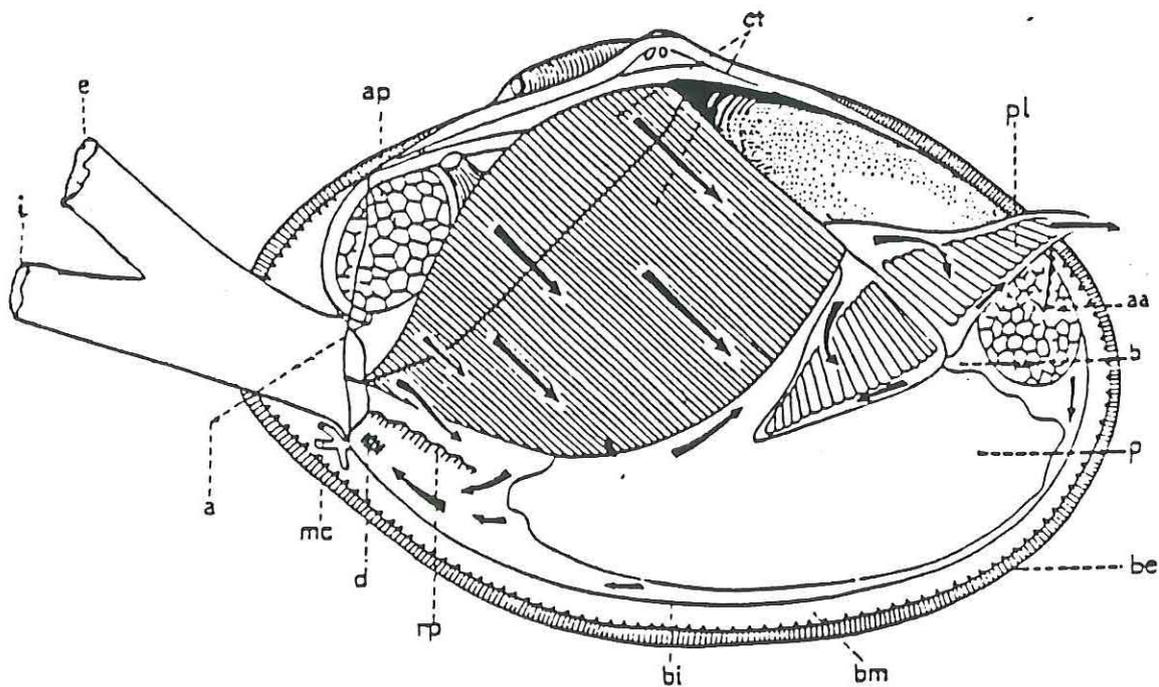
- Bligh E.G. and Dyer W.F., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37 : 911-917.
- Bricelj V.M., Malouf R.E. et De Quilfedt C., 1984. Growth of juvenile *Mercenaria mercenaria* and the effect of resuspended bottom sediments. *Mar. Biol.*, 84, 167 : 173 p.
- Brody S., 1945. Bioénergétique and growth. Reinhold, New-York, 1023 p.
- Chuecas I. and Riley J.P., 1969. Component fatty acids of the total lipids of some marine phytoplankton. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 49 : 97-116.
- Daou R. et Gouletquer P., 1988. Effets de la turbidité sur les palourdes adultes, *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve) : croissance, mortalité, effort de reproduction, composition biochimique. *Océanis*, 14 (4) : 375-389.
- Daou R., 1989. Action des facteurs hydrologiques et sédimentaires sur le budget énergétique de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* élevée dans un écosystème estuarien (bassin de Marennes-Oléron, France). Thèse de spécialisation E.N.S.A., Rennes, 195 p.
- Deslous-Paoli J.M., Héral M., Gouletquer P., Boromthanasat W., Razet D., Garnier J., Prou J. et Barillé L., 1987 1a. Evolution saisonnière de la filtration de bivalves intertidaux dans des conditions naturelles. Journées du GABIM, L'Houmeau, 19-21 Nov. 1986. Poster *Océanis* 13 (4-5) : 575-580.
- Deslous-Paoli J.M., Héral M., Gouletquer P., Boromthanasat W., Prou J., Razet D. and Garnier J., 1987 1b. Efficiency of particle retention and filtration rate in intertidal bivalve molluscs : seasonal variations under natural conditions. EMBS, Barcelone, 15-22 août 1987, poster.
- Donald M. and Thompson R.J., 1987. Influence of temperature and food availability on ecological energetic of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. IV Reproductive effort, cost and value. *Oceanologia* 72 : 500-556.

- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton P.A., Rebecs P.A. and Smith F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28 (3) : 350-356.
- Dufy C., 1988. La polyploïdie chez la palourde japonaise *R. philippinarum*. Induction et influence sur les performances larvaires. Rapport DEA-IFREMER, 44 p.
- Gabbott P.A. and Stephenson R.R., 1974. A note on the relationship between the dry weight condition index and the glycogen content of adult oysters (*Ostrea edulis* L.) kept in the laboratory. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 35 : 359-361.
- Gouletquer P., Nedhif M. et Héral M., 1986. Perspectives de développement de l'élevage de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* dans le bassin ostréicole de Marennes-Oléron. C.I.E.M., 42 : 13 p.
- Gouletquer P., Nedhif M. et Héral M., 1988. Production de palourdes japonaises *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve) en bassin semi-fermé : approche énergétique et relations trophiques. *Aquaculture*, 74 : 331-348.
- Gouletquer P., Héral M., Deslous-Paoli J.M., Prou J., Garnier J., Razet D. et Boromthanarat W., 1989. Ecophysiologie et bilan énergétique de la palourde japonaise d'élevage *Ruditapes philippinarum*. *J. Exp. Mar. Biol.*, à paraître.
- Hawkins A.J.S., Salked P.N., Bayne B.L., Gnaiger E. and Lowe D.M., 1985. Feeding and resource allocation in the mussel *Mytilus edulis* : evidence for time average optimization. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 20 : 273-287.
- Héral M., Deslous-Paoli J.M. and Sornin J.M., 1983b. Transferts énergétiques entre l'huître *Crassostrea gigas* et la nourriture potentielle disponible dans un bassin ostréicole : premières approches. *Océanis* 10 (4) : 465-475.
- Hitchcock, 1980. Diel variation in chlorophyll a, carbohydrate and protein content of marine Diatom *S. costatum*. *Marine Biology*, 57 : 271, 278 p.

- Laing I. and Millican P.F., 1986. Relative growth and growth efficiency of *Ostrea edulis* L. spat fed various algal diets. *Aquaculture*, 54 : 245-262.
- Laing I., Utting S.D. and Kilada R.W.S., 1987. Interactive effect of diet and temperature on the growth of juvenile clams. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 113 : 23-38.
- Langdon C.J. and Waldo M.J., 1981. The effect of algal and artificial diets on the growth and fatty acid composition of *Crassostrea gigas* spat. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, vol. 61 : 431-448.
- Lorenzen C.J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments : spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12 : 343-346.
- Lowry O.N., Rosebrough N.I., Farrand A.L. and Randall R.J., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193 : 263-275.
- Lubet P. and Mann R., 1987. Les différentes modalités de la reproduction chez les mollusques bivalves. *Haliotis*, 16 : 181-195.
- Malaval A., 1989. L'hétérogénéité d'apport des asperseurs et des canons. Rapport interne CEMAGREF, 24 pp.
- Mann R., 1979b. The effect of temperature on growth, physiology and gametogenesis in the manila clam *Tapes philippinarum*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 38 : 121-133.
- Marsh J.B. and Weinstein D., 1966. Simple charring method for determination of lipids. *J. Lipids. Res.*, 7 : 574-576.
- Martin J.L., Russu P. et Baud J.P., 1990. Some aspects of the intensive rearing of *Ruditapes philippinarum* in earthen Raceway with the Diatom *S. costatum* as food. Soumis à *Aquaculture*, 22 pp.
- Medhioub N., 1986. Recherche cytologique sur le cycle de reproduction et l'évolution des réserves chez la palourde japonaise (*R. philippinarum*). Thèse de doctorat, spécialité Université de Caen, 59 pp.

- Owen G., 1974. Feeding and digestion in the Bivalvia. *Adv. Physiol. Biochem.*, 5 : 1-35.
- Paillard C. et Maes P., 1990. Ethologie de la maladie de l'anneau brun chez *R. philippinarum*. Pathogénicité d'un vibrio sp. C.R. Held Seances ACAD. SCI. (III), Paris, vol. 310, 1 : 15-20.
- Robert J.M., 1983. Fertilité des eaux des claires ostréicoles et verdissement, utilisation de l'azote par les diatomées dominantes. Thèse de Doct. état, Univ. Nantes : 1 - 281 + annexes.
- Sauriau P.G., 1990. Elément d'optimisation appliqué à la vénériculture intensive en marais. Contrat IFREMER/ECOCEAN, 54 pp.
- Sévérin P., Baud J.P. et Haure J., 1990. Optimisation de la culture intensive de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve) en marais. Rap. IFREMER BOUIN DRV/90 : 1-50.
- Spencer B.E. and Gough C.J., 1978. The growth and survival of experimental hatches of hatchery-reared spat of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg using different methods for tray cultivation. *Aquaculture*, 13 : 293-312.
- Walne P.R., 1970a. Studies on the food value of nineteen genera of algae to juvenile bivalves of the genera *Ostrea*, *Crassostrea*, *Mercenaria* and *Mytilus*. *Fishery Invest., Lond. Ser. 2*, 26 (J) : 62 p.
- Walne P.R. and Mann R., 1975. Growth and biochemical composition in *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*, in : (H. Barnes ed.), *Proc. 9th Eur. Mar. Biol. Symp. Oban*. Aberdeen University Press, Aberdeen : 587-607.

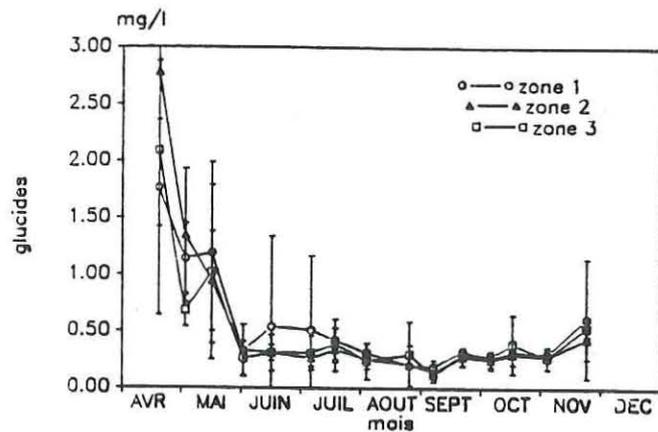
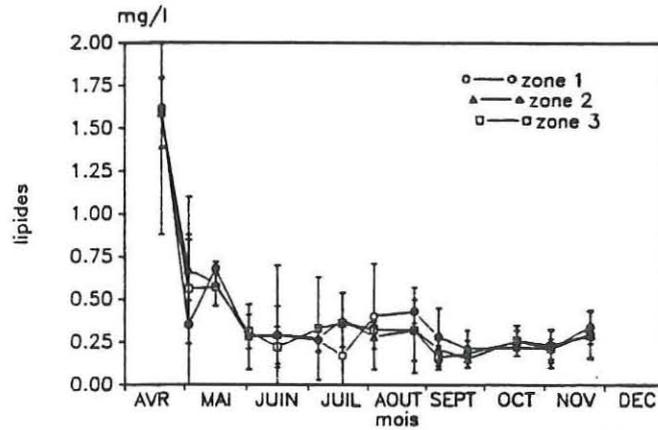
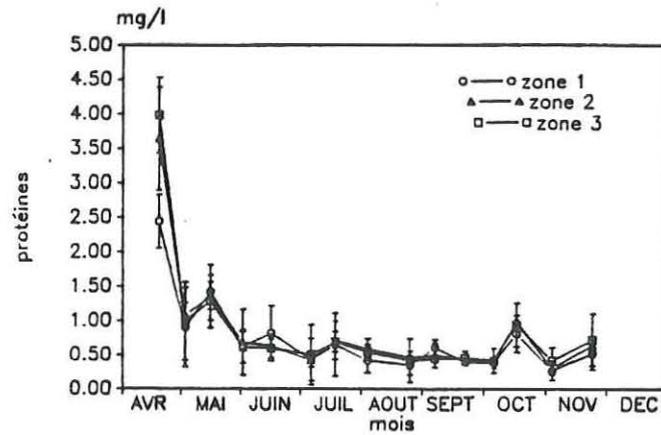
ANNEXE 1



Transfert de nourriture du milieu vers une palourde

a, anus ; aa et ap, adducteurs antérieur et postérieur ; b, bouche ; be, bm, bi, bourrelets palléaux externe, moyen et interne ; ct, cténidie ; d, accumulation des pseudofèces ; e et i, siphons exhalant et inhalant ; mc, muscle cruciforme ; p, pied ; pl, palpes labiaux ; rp, repli palléal. Les flèches indiquent la direction des courants ciliaires.

## ANNEXE 2



Comparaison de la répartition de la nourriture particulière exprimée par la teneur en protéines, lipides et glucides de l'eau d'alimentation (asperseur) dans les différentes zones d'élevage de la claire (zones 1, 2 et 3).

### ANNEXE 3

#### Composition biochimique de l'animal standard

Afin d'analyser les variations saisonnières de la composition biochimique, il convient d'utiliser pour minimiser l'effet de la croissance un artifice de calcul. Pour ce faire, on procède de la façon suivante (Giese, 1967 ; Ansell, 1974 ; Beninger, 1984) :

- On établit une droite de régression entre un paramètre lié linéairement à la croissance, ici le poids de coquille, et le poids sec de chair de l'animal (sur lequel s'est effectuée la prise pour l'analyse). La régression a été ici établie à partir du logarithme des valeurs,

- On calcule d'après cette régression le poids sec correspondant au poids de coquille pour chaque individu,

- On calcule ensuite le poids sec de l'animal s'il avait un poids de coquille standard. Par convention, le poids de coquille de l'animal standard sera égal à la moyenne des poids de coquille.

$$\text{Poids sec de l'individu standardisé} = \frac{\text{Poids sec de chair}}{\text{Poids de coquille}} \times \text{poids coquille standard}$$

La composition biochimique de chaque individu est recalculée :

$$Q \text{ (mg)} = \frac{\% \text{ du constituant biochimique}}{100} \times \text{Poids sec de l'individu standardisé}$$

Dans notre étude (voir représentation graphique) l'évolution en valeurs absolues d'un animal standard est similaire à l'évolution en valeurs relatives (%).