

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

Adresse : IFREMER
 Station de BOUIN
 Polder des Champs
 85230 BOUIN

DIRECTION DES RESSOURCES VIVANTES

DEPARTEMENT Ressources Aquacoles

STATION/LABORATOIRE Station de Bouin

AUTEURS (S): Patricia SEVERIN, Jean-Pierre BAUD et Joël HAURE		CODE : RIDRV-90.39-RA/ Bouin
TITRE: Mise au point de l'élevage intensif de la palourde japonaise <i>Ruditapes philippinarum</i> en marais. Influence de la ration alimentaire, du taux de renouvellement de l'eau et de la vitesse de circulation en circuit semi-fermé.		Date : Tirage en nombre : Nb pages : 32 Nb figures : Nb photos :
CONTRAT (intitulé) N° _____		DIFFUSION libre <input type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

RESUME

Suite à une étude de faisabilité du grossissement intensif en marais de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) effectuée en 1988, une expérimentation ayant pour objectif d'optimiser les conditions d'élevage et de réduire les coûts a été réalisée durant la période de mars à novembre 1989.

L'influence de la ration alimentaire, du taux de renouvellement et de la vitesse de circulation de l'eau de mer enrichie a été testée en circuit fermé.

- Le mode de gestion de l'eau de mer par recyclage partiel est à proscrire pour l'élevage intensif de la palourde, il génère une hétérogénéité spatiale importante de la croissance sur toute la longueur des claires expérimentales.
- Une influence prépondérante de la quantité de nourriture injectée est mise en évidence, les vitesses élevées de circulation de l'eau d'élevage freinent le développement des palourdes. Enfin, les valeurs de renouvellement d'eau de mer testées sont sans action sur la croissance de ce coquillage.

mots clés : Aquaculture intensive, marais maritime, *Ruditapes philippinarum*, *Skeletonema costatum*, eau salée souterraine, circuit semi-fermé

key words :



S O M M A I R E

	Pages
<u>INTRODUCTION</u>	1
1- <u>MATERIEL ET METHODES</u>	2
1.1- <u>Les conditions d'élevage</u>	2
1.2- <u>La production de nourriture</u>	3
1.3- <u>Les facteurs étudiés</u>	4
1.3.1- Le taux de renouvellement (R)	4
1.3.2- L'apport de nourriture phytoplanctonique	4
1.3.3- La vitesse de circulation (V)	5
1.3.4- L'eau de mer	7
1.3.5- La culture de phytoplancton	8
1.3.6- L'eau d'élevage	8
1.3.7- Les palourdes japonaises (<i>Ruditapes philippinarum</i>)	9
2- <u>RESULTATS</u>	10
2.1- <u>Le milieu d'élevage</u>	10
2.2- <u>Les performances de production</u>	13
2.2.1- Le taux de survie	13
2.2.2- La croissance	13
2.2.3- L'action des facteurs expérimentaux	19
<u>Influence de la vitesse de circulation</u>	19
<u>Influence du taux de renouvellement</u>	21
<u>Influence de la quantité de nourriture distribuée</u>	21
3- <u>DISCUSSION</u>	25
3.1- <u>Le milieu</u>	25
3.2- <u>L'élevage</u>	27
4- <u>CONCLUSIONS</u>	28
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	29

S O M M A I R E

	Pages
<u>INTRODUCTION</u>	1
1- <u>MATERIEL ET METHODES</u>	2
1.1- <u>Les conditions d'élevage</u>	2
1.2- <u>La production de nourriture</u>	3
1.3- <u>Les facteurs étudiés</u>	4
1.3.1- Le taux de renouvellement (R)	4
1.3.2- L'apport de nourriture phytoplanctonique	4
1.3.3- La vitesse de circulation (V)	5
1.3.4- L'eau de mer	7
1.3.5- La culture de phytoplancton	8
1.3.6- L'eau d'élevage	8
1.3.7- Les palourdes japonaises (<i>Ruditapes philippinarum</i>)	9
2- <u>RESULTATS</u>	10
2.1- <u>Le milieu d'élevage</u>	10
2.2- <u>Les performances de production</u>	13
2.2.1- Le taux de survie	13
2.2.2- La croissance	13
2.2.3- L'action des facteurs expérimentaux	19
<u>Influence de la vitesse de circulation</u>	19
<u>Influence du taux de renouvellement</u>	21
<u>Influence de la quantité de nourriture distribuée</u>	21
3- <u>DISCUSSION</u>	25
3.1- <u>Le milieu</u>	25
3.2- <u>L'élevage</u>	27
4- <u>CONCLUSIONS</u>	28
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	29

I- INTRODUCTION

La palourde est élevée dans la région de la baie de Bourgneuf depuis 1982. Des essais ont été réalisés en marais maritimes (claires) et en mer ouverte. Cependant, les études réalisées sur l'estran de cette baie ont montré que les performances de croissance de la palourde étaient irrégulières et souvent médiocres par rapport à d'autres sites conchylicoles (Baud et al., 1988). D'autre part, en claires l'élevage extensif de ce coquillage ne permet d'obtenir que de faibles rendements, de l'ordre de 500 g/m^2 (Goulletquer et al., 1986).

Des mesures de régulation visant à limiter la quantité de bivalves sur l'estran (Baud et Haure, 1988) doivent être appliquées. Comme d'autre part, il n'existe guère de surfaces immédiatement disponibles en marais, l'intérêt d'une étude ayant pour objet d'intensifier la production des palourdes en marais est apparu clairement. On a donc recherché la possibilité d'obtenir des palourdes de taille commerciale ($> 35 \text{ mm}$) en huit mois en claires avec un rendement élevé pour une surface réduite d'élevage. Pour ce faire, il convient d'envisager des semis à des densités supérieures à celles pratiquées jusqu'à présent avec la culture extensive qui étaient de 50 palourdes par m^2 . Dans ce cas, le milieu d'élevage doit être enrichi par un apport nutritif constitué essentiellement du phytoplancton.

Sur le polder de Bouin, la présence d'une nappe d'eau salée souterraine (Bresson, 1982), très riche en sels nutritifs, permet de réaliser des cultures d'algues phytoplanctoniques, et notamment de la diatomée *Skeletonema costatum*, en grands volumes et à moindre coût (Baud, 1988).

En 1988, les premiers essais de grossissement intensif en claires ont eu lieu à la station IFREMER de Bouin (Baud et al., sous presse). Les bassins étaient alimentés en continu par de l'eau de mer additionnée de phytoplancton. Les paramètres étudiés alors étaient : la densité du semis, (100 - 200 - 300 palourdes/ m^2) le taux de renouvellement de l'eau d'élevage par 24 heures (100 - 200 - 400 et 800 % du volume d'élevage) la concentration de chlorophylle distribuée par bassin (31,60 $\mu\text{g.l}^{-1}$ et 126,42 $\mu\text{g.l}^{-1}$) ce qui, selon les densités de semis étudiées correspond à des rations alimentaires comprises entre 0,3 et $1,6 \cdot 10^9$ cellules de *Skeletonema costatum* par palourde et par jour.

Dans ces conditions, les croissances les plus fortes (44,9 mm et 21,65 g) ont été obtenues à la densité de 100 individus/ m^2 avec une concentration de 63 $\mu\text{g.l}^{-1}$ de chlorophylle a et un renouvellement journalier de 100 %. Les meilleurs rendements (4,5 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) ont été obtenus avec une densité de 300 individus/ m^2 et une concentration de 126 $\mu\text{g.l}^{-1}$ de chlorophylle a.

Cependant, les coûts d'investissements et de fonctionnement liés à la construction de bacs en béton pour les cultures phytoplanctoniques et aux volumes élevés d'eau de mer pompée

compromettent la rentabilité de cette méthode culturale. Le meilleur compromis entre rendement biologique et rentabilité économique semble être obtenu en appliquant les critères d'élevage suivants : 300 palourdes/m², 100 % de renouvellement par 24 H. et une concentration phytoplanctonique de 126 µg.l⁻¹ de chlorophylle a, correspondant à 280.10³ cell/ml.

D'autre part, il a été observé pour certains bivalves filtreurs, Mauri et al. (1986), Walne (1972) qu'un excès de nourriture dans les milieux d'élevage est indispensable pour obtenir une bonne croissance. Pour *Ruditapes philippinarum*, Héral et al. (1982) et Baud (1988), obtiennent une croissance correcte des juvéniles en prégrossissement si 70 à 80 % de la chlorophylle injectée se retrouve dans les effluents. Il semble donc intéressant d'utiliser la potentialité nutritive de ces rejets par un recyclage dans le milieu d'élevage. Ceci présente l'avantage de limiter les quantités de phytoplancton distribuées quotidiennement.

Cette étude a donc pour but d'étudier l'impact du circuit semi-fermé avec recirculation partielle des effluents sur la croissance et la survie de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* élevée à de fortes densités (300 pal.m⁻²). Afin d'optimiser la rentabilité de cette méthode d'élevage, trois paramètres sont étudiés : le taux de renouvellement de l'eau d'élevage par 24 heures, la ration alimentaire nécessaire au grossissement des palourdes et la vitesse de la lame d'eau circulant sur l'élevage intensif de palourdes.

1- MATERIEL ET METHODES

1.1- Les conditions d'élevage

L'expérimentation s'est effectuée dans huit claires expérimentales de 30 m² chacune. A l'origine il s'agit d'une seule claire de 400 m² à fond de terre, qui a été divisée en huit couloirs par des parois en béton. La qualité du fond de terre est donc identique pour l'ensemble. Ceci réduit la variabilité du sol des bassins expérimentaux qui peut influencer sur le taux de croissance des individus semés.

A chaque extrémité des bassins se trouvent des bacs intermédiaires qui sont utilisés pour créer une circulation d'eau dans le circuit semi-fermé. Ces bacs sont communs à deux claires contiguës. Chaque claire dispose d'une arrivée d'eau de mer recyclée et d'une arrivée de mélange phytoplanctonique. Ce mélange est constitué par de l'eau de mer pompée dans le canal d'alimentation et du phytoplancton, provenant directement des bassins de culture. Ce concentré est ensuite dilué dans un bac intermédiaire, avant d'être réparti dans les huit claires.

La hauteur d'eau des bassins d'élevage est limitée à 45 cm, ce qui permet de limiter les volumes transitant (apport d'eau de mer et de phytoplancton - débit de recirculation), sans présenter de contraintes particulières pour l'élevage.

En outre, dans le but d'étudier l'influence du courant sur la croissance d'un élevage de palourdes semées à la densité de 300 pal.m⁻², une gamme de vitesse a été testée dans quatre bacs bétons rectangulaires. Le fond de ces bacs, de 1,8 m² de surface, a été recouvert d'une couche de sable de 15 cm d'épaisseur environ. Chaque bac est alimenté en circuit ouvert avec un volume d'eau de mer identique et une même concentration phytoplanctonique. Seule la hauteur d'eau, donc la vitesse de passage de la lame d'eau les différencie.

Les palourdes japonaises (*Ruditapes philippinarum*) proviennent toutes d'un même lot sur lequel on a vérifié l'absence de symptôme lié à la maladie de l'anneau brun. Elles ont été semées de façon homogène à 300 par m² dans les bassins à même le sol. Du fait de leur grande taille, il n'était pas nécessaire de disposer de protection contre le crabe vert *Carcinus maenas*. La population est assez homogène : la longueur moyenne est de 23 mm et le poids total moyen de 3,4 g. Le semis a eu lieu le 25 mars 1989 et la récolte finale a été effectuée début novembre 1989.

1.2- La production de nourriture

Les cultures phytoplanctoniques sont faites en plein air, dans cinq bacs en béton de 50 m² de surface et de 1 m de hauteur utile, soit 50 m³. Ces bassins sont munis chacun d'une arrivée d'eau de forage et d'une rampe de bullage alimentée par un surpresseur à air, permettant l'homogénéisation des cultures. Le "milieu de culture" est exclusivement constitué par de l'eau salée souterraine. En effet, la forte richesse nutritive de cette eau est due principalement à la prédominance de l'azote ammoniacale (307,5 µmole.l⁻¹) ainsi qu'un bon rapport des concentrations en nutriments (Azote/Phosphore/Silicium) (Tableau 1). Elle constitue un "milieu de culture" favorable à la croissance des diatomées (Redfield, 1934).

Tableau 1 : Caractéristiques physicochimiques et teneurs en nutriments de l'eau salée souterraine. (D'après Baud, 1988).

T°C	S‰	pH	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂	N-NO ₃	P-PO ₄	Si-SiO ₃	Fe total
			-----µmole.l ⁻¹ -----					mg.l ⁻¹
13,5	30,4	7,25	307,5	0,2	0,3	24,6	178,9	3,3

La diatomée, *Skeletonema costatum*, présente dans les marais atlantiques presque toute l'année (Rincé, 1979 b), a été utilisée comme espèce "fourrage" pour les palourdes au cours de cette

étude. La production est réalisée de manière discontinue.

Des blooms successifs de *Skeletonema costatum* sont obtenus par repiquage d'une culture de phytoplancton en phase exponentielle de croissance d'un bac à l'autre. De juin à octobre, le maximum de concentration cellulaire peut être obtenu en trois jours, en ensemençant les bacs de production avec 1/10ème de culture de *Skeletonema costatum* à forte concentration ($1 \text{ à } 2.10^6 \text{ Cell.ml}^{-1}$) complété avec de l'eau de forage.

1.3- Les facteurs étudiés

Dans cette étude, trois facteurs importants du point de vue biologique et économique ont été testés. Ce sont : le taux de renouvellement de l'eau d'élevage (R), la ration alimentaire distribuée (Q et C) et la vitesse de recirculation (V).

1.3.1- Le taux de renouvellement(R)

Le renouvellement de l'eau d'élevage est constitué par un apport du mélange entre eau de mer et phytoplancton. Le but recherché pour améliorer la rentabilité économique du système étant de réduire les apports, deux niveaux de renouvellement ont été testés : soit 30 % et 60 % du volume d'élevage par 24 heures.

1.3.2- Apport de nourriture phytoplanctonique : (Q et C)

En fonction des vitesses de circulation, l'apport de nourriture peut être envisagé sous forme d'une quantité (Q) de nourriture disponible par animal, ou sous la forme de concentrations (C) de la nourriture mise à disposition. Bien que ces deux notions soient finalement équivalente, elles ne recouvrent pas le même impact économique.

Selon les résultats obtenus en 1988, deux niveaux de nutrition pouvaient être envisagés dans cette étude : 63 et 126 $\mu\text{g.l}^{-1}$ de chlorophylle a. Toutefois, dès le début de l'expérimentation, des mesures de chlorophylle ont montrés que les concentrations dans les milieux d'élevage étaient très inférieures à celles prévues. les concentrations de l'apport en phytoplancton ont été alors réévaluées. L'étude a porté sur deux niveaux de teneur en chlorophylle a : 126 et 252 $\mu\text{g.l}^{-1}$ de chlorophylle a. Ces valeurs correspondent respectivement à environ 2.10^5 (C_1) et 4.10^5 (C_2) Cellules.ml⁻¹ de phytoplancton.

La ration alimentaire théorique distribuée par 24 heures et exprimée en nombre de cellules phytoplanctoniques par animal et par jour, selon les modalités expérimentales (Q et C) de chacune des claires est : $0,1.10^9$ pour Q_1 $0,5.10^9$ pour Q_2 et $0,51.10^9$ pour Q_3 .

1.3.3- La vitesse de circulation (V)

L'étude de ce paramètre a été réalisée dans l'optique d'un futur transfert de cette technique de production vers les professionnels. La vitesse de circulation de la lame d'eau due au recyclage est liée, d'une part à la configuration de la claire en terme de veine hydraulique, d'autre part aux capacités des pompes utilisées. Si l'on extrapole à une échelle artisanale (environ 5.500 m² de claire) en prenant en compte les disponibilités d'alimentation en eau de mer et la nécessité de produire à des coûts raisonnables, une pompe de 600 m³.h⁻¹ dans ce cas provoquerait un courant de 0,10 cm.sec⁻¹, une unité de pompage de 800 m³.h⁻¹, un courant de 0,14 cm.sec⁻¹. La différence en coût de fonctionnement de ces deux pompes est élevée, aussi est-il intéressant d'analyser si ce surcoût est justifié par une meilleure croissance des bivalves. Dans cette hypothèse, les vitesses, 0,10 cm.sec⁻¹ (V₁) et 0,14 cm.sec⁻¹ (V₂) ont été testées. Parallèlement et pour mieux appréhender l'influence du déplacement de la lame d'eau sur les élevages, une gamme plus large de vitesse (de 0,28 cm.sec⁻¹ à 1,5 cm.sec⁻¹) a été testée dans des bacs rectangulaires en béton.

Les modalités expérimentales retenues pour chacune des claires sont regroupées dans le tableau 2. Les conditions expérimentales réalisées pour l'étude de la vitesse de circulation sont synthétisées dans le tableau 3.

Tableau 2 : Niveaux des paramètres et modalités du plan d'élevage expérimental testés pour le grossissement de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) en circuit semi-fermé avec recyclage des effluents :

$R_1 = 30 \%$;
 $R_2 = 60 \%$;
 $V_1 = 0,10 \text{ cm sec}^{-1}$;
 $V_2 = 0,14 \text{ cm.sec}^{-1}$;
 $Q_1 = 34 \text{ l/h}$ soit $0,13 \cdot 10^9$ cellules par animal et par jour ;
 $Q_2 = 68 \text{ l.h}^{-1}$ soit $0,25 \cdot 10^9$ cellules par animal et par jour ;
 $Q_3 = 136 \text{ l.h}^{-1}$ soit $0,51 \cdot 10^9$ cellules par animal et par jour ;
 $C_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ cellules.ml}^{-1}$;
 $C_2 = 4 \cdot 10^5 \text{ cellules ml}^{-1}$.

Claires expérimentales	Renouvellement de l'eau d'élevage par 24 Heures (% du volume de la claire)	Vitesse de recirculation (cm.sec^{-1})	Concentration instantanée en phytoplancton non injecté (Cell.ml^{-1})	Quantité de phytoplancton distribuée par jour ($\text{Cell.pal}^{-1} \cdot 24\text{h}^{-1}$)
B1	R_2	V_2	C_1	Q_2
B2	R_2	V_1	C_1	Q_2
B3	R_2	V_2	C_2	Q_3
B4	R_2	V_1	C_2	Q_3
B5	R_1	V_2	C_2	Q_2
B6	R_1	V_1	C_2	Q_2
B7	R_1	V_2	C_1	Q_1
B8	R_1	V_1	C_1	Q_1

Tableau 3 :

Influence de la vitesse de circulation de l'eau d'élevage sur la croissance de palourdes élevées en circuit ouvert dans les conditions suivantes : Concentration $C_3 = 0,5 \cdot 10^5$ Cell. ml^{-1} et une même ration alimentaire ; $Q = 190 l \cdot h^{-1}$ soit $0,12 \cdot 10^9$ Cell. par palourde et par jour.

Bassins Expérimentaux	Renouvellement en Eau de Mer enrichie par 24 heures (% du volume du bassin)	Vitesse de recirculation ($cm \cdot sec^{-1}$)	Hauteur d'eau (cm)
A	435 %	1,5	10
B	218 %	0,75	20
C	145 %	0,50	30
D	87 %	0,28	50

Dans ces tableaux, on constate que les caractéristiques du bassin D sont proches des caractéristiques des claires expérimentales, à savoir un faible taux de renouvellement (87 %), une faible vitesse de recirculation ($0,28 cm \cdot sec^{-1}$) et une hauteur d'eau similaire (0,50 m)

Dans le but de déterminer l'origine de modifications physicochimiques éventuelles du milieu d'élevage au cours de l'étude, un suivi bihebdomadaire a été effectué. Ce suivi est réalisé en début de matinée à la fois sur l'eau enrichie baignant directement l'élevage, sur l'eau de mer et sur le phytoplancton injecté dans les claires.

1.3.4- L'eau de mer

L'eau de mer alimentant le polder représente 60 à 80 % du renouvellement journalier.

La température est relevée in situ dans le canal d'alimentation à l'aide d'un thermomètre mini-maxi au $1/2^\circ C$. Les autres analyses ont été réalisées à partir de l'eau de mer prélevée à l'arrivée dans le bac de dilution.

La salinité est déterminée à l'aide d'un salinomètre kent modèle 5005-705 au 1/10ème de gramme. La turbidité est mesurée au turbidimètre HACH. le pH est relevé au 1/100ème à l'aide d'un pH mètre KNICK. Les teneurs en chlorophylle a et phéopigments a ont été estimées par fluométrie après extraction à l'acétone par le laboratoire du CREMA L'Houmeau. Pour l'estimation de la ration alimentaire un volume de 60 ml d'eau de mer est filtrée sur filtre Whatman GF/C inhibé au préalable de carbonate de magnésium

1.3.5- La culture de phytoplancton

Elle constitue la partie nutritionnelle prépondérante du milieu d'élevage et représente de 20 à 40 % du volume renouvelé.

Les analyses sont réalisées sur un échantillon de la culture phytoplanctonique prélevée à son arrivée dans le bac de dilution.

Les paramètres tels que la température et la salinité n'évoluent que très faiblement au cours des trois jours de culture séparant l'ensemencement de la distribution dans le milieu d'élevage. Les teneurs en chlorophylle a et phéopigments sont mesurées deux fois par semaine selon la méthode de Lorenzen (1967) à l'aide d'un spectrophotomètre à double faisceau. La densité cellulaire des cultures utilisées est estimée par dénombrement des cellules sur lame hématimétrique de type cellule Malassez.

1.3.6- L'eau d'élevage

Afin de ne pas trop alourdir le protocole expérimental, seules deux claires ont été suivies de façon bihebdomadaire. Celles-ci ont été choisies de manière à décrire les conditions d'élevage les plus et les moins favorables. Il s'agit d'une part du taux de renouvellement en eau de mer, d'une ration alimentaire et d'une vitesse de circulation maximum (claire B3) et, d'autre part d'une claire présentant les valeurs minimales pour ces trois facteurs (B8).

Les prélèvements d'eau pour les analyses sont effectués à mi-hauteur d'eau et au milieu des claires. Comme pour l'eau de mer le milieu est caractérisé par les mesures de température, salinité, pH et turbidité. Les teneurs en chlorophylle a et phéopigments sont estimées après filtration d'un litre d'eau enrichie sur filtre Whatman GFC selon la méthode de Lorenzen.

La matière particulaire en suspension dans un échantillon de 400 ml est retenue sur filtre Whatman GFC. Une première pesée après passage à l'étuve à 46°C pendant 24 heures permet d'obtenir la quantité totale de seston, une crémation à 450°C pendant 15 minutes permet d'en extraire ensuite la part de matière organique. Avant chaque pesée, les filtres sont stockés

pendant 24 heures dans un dessiccateur afin de maintenir des conditions hygrométriques identiques.

Le pourcentage de saturation en oxygène est relevé in situ, une fois par semaine à l'aide d'un oxymètre Ysi de terrain.

1.3.7- Les palourdes japonaises (*Ruditapes philippinarum*)

Afin de suivre la croissance des palourdes et de déterminer la période de ponte, une fréquence de deux prélèvements par mois a été adoptée de juin à octobre. Pour les mois d'avril et mai, seul un prélèvement mensuel a été réalisé.

Lors de la précédente étude, en 1988, un gradient de poids décroissant depuis l'alimentation en eau de mer enrichie en phytoplancton vers l'évacuation avait été enregistré. Pour prendre en compte cette éventuelle hétérogénéité il a été réalisé pour chaque claire trois prélèvements, l'un près de l'alimentation d'eau de mer et de phytoplancton, un autre au milieu de la claire et un dernier à l'évacuation.

Pour chacun des prélèvements et pour les huit claires, 10 individus ont été mesurés individuellement ; longueur selon l'axe antéro-postérieur au 1/10ème de mm, poids total au 1/10ème g. Pour chaque lot, sur 4 individus tirés au hasard on a mesuré individuellement le poids au 1/10ème de gramme des coquilles sèches après passage à l'étuve pendant 24 heures à 46 °C. Sur cet échantillon, la chair sèche est ensuite pesée au 1/10ème de mg, après congélation puis déshydratation au lyophilisateur (48 heures).

Comme pour le milieu d'élevage, les deux mêmes claires (B3 et B8) ont été choisies afin de suivre l'évolution de la qualité de la chair des coquillages de mars à novembre. Les chairs sèches des individus de B3 et B8 sont broyées individuellement à l'aide d'un broyeur à bille. Les lipides, après extraction et purification suivant le protocole de Bligh et Dyer (1959) sont dosés selon la méthode de Marsh et Weinstein (1966). Les protéines sont mesurées après dénaturation de la chair dans une solution de soude 1N, selon la méthode de Lowry *et al.* (1951). Les sucres totaux et le glycogène après précipitation à l'éthanol absolu sont évalués selon la méthode de Dubois *et al.* (1956). Une crémation à 450°C pendant 24 heures de 100 mg environ de matière sèche permet d'obtenir la teneur en cendres. Enfin, avant le semis les analyses biométriques et biochimiques ont été réalisées sur 30 individus pris au hasard dans le lot initial.

A la récolte finale, 30 individus ont été prélevés par tiers dans chaque claire afin d'effectuer les mesures biométriques : poids total - poids de coquille sèche - poids sec. Les paramètres biochimiques de 10 individus de chacun de

ces lots ont été analysés (lipides - protéines - sucres totaux - glycogène - cendres).

2- RESULTATS

2.1- Le milieu d'élevage

Les températures de l'eau d'élevage décrivent de manière classique un cycle annuel en cloche avec un maximum de 27°C et un minimum à 7°C (fig.1 a). En période de forte croissance, les moyennes sont comprises entre 14°C et 23°C et ne présentent pas de différence d'une claire à l'autre. Malgré la faible hauteur d'eau (45 cm), il n'apparaît pas de différence entre la température de l'eau de mer et celles des claires. Ceci est dû sans doute à la recirculation permanente de l'eau d'élevage qui évite ainsi des réchauffements importants.

Les salinités sont comprises entre 30 et 38 ‰ dans les bassins B8 et B3. Elles se situent, en moyenne, au dessus et au dessous de celles de l'eau de mer mais restent dans les limites de tolérance de la palourde japonaise (fig. 1 b). L'action de l'évaporation se fait sentir plus fortement dans la claire B8 car le renouvellement de 30 ‰ par 24 heures ne compense pas tout à fait la sursalure due à l'évaporation. Pour la claire B3, 40 ‰ du renouvellement est constitué par l'apport en phytoplancton donc d'eau de forage dont la salinité est de 31 ‰ ce qui a tendance, malgré l'évaporation à abaisser la salinité du milieu d'élevage.

La turbidité des claires B3 et B8 reste très faible pendant toute la durée de l'expérimentation, de 4 à 6 fois inférieure à celle de l'eau de mer (fig. 1 c). Ceci est dû aux faibles taux de renouvellement (30 et 60 ‰ par 24 H) qui permettent une décantation de l'eau de mer tout au long de la rampe de distribution. Ainsi, la teneur en matières en suspension reste faible, de 3 à 4 mg/l pour B3. Elle se situe largement en dessous des valeurs critiques (proches de 100 mg/l) qui provoque des ralentissement de croissance chez les palourdes (Daou et Goulletquer, 1988). Le pH reste très stable dans les deux bassins étudié entre 7,5 à 8,5 (fig. 2 a). Ces valeurs expriment la faible teneur en chlorophylle *a* des claires mais indiquent aussi que la qualité du milieu d'élevage est satisfaisante et qu'il n'y a pas de dégradation des sols (Gautier, 1989). La teneur en chlorophylles *a* des claires est constante et se maintient à niveau faible : 1,4 µg.l⁻¹ dans B3 (fig. 2 b). Les trois pics visibles sur la figure 5 concernant le bassin B3 sont dus à un arrêt accidentel des pompes de recirculation pendant la nuit. La vitesse du courant dans la claire a été de ce fait fortement ralentie et les apports de phytoplancton n'ont pas été dilués par l'eau de recirculation. Parallèlement, on constate (fig. 2 c) une baisse importante de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau qui n'atteint que 20 ‰ de la saturation. Cette chute d'oxygène a diverses origines : l'une physique, car sans recirculation, il n'y a pas de brassage donc pas d'oxygénation de l'eau d'élevage ; l'autre

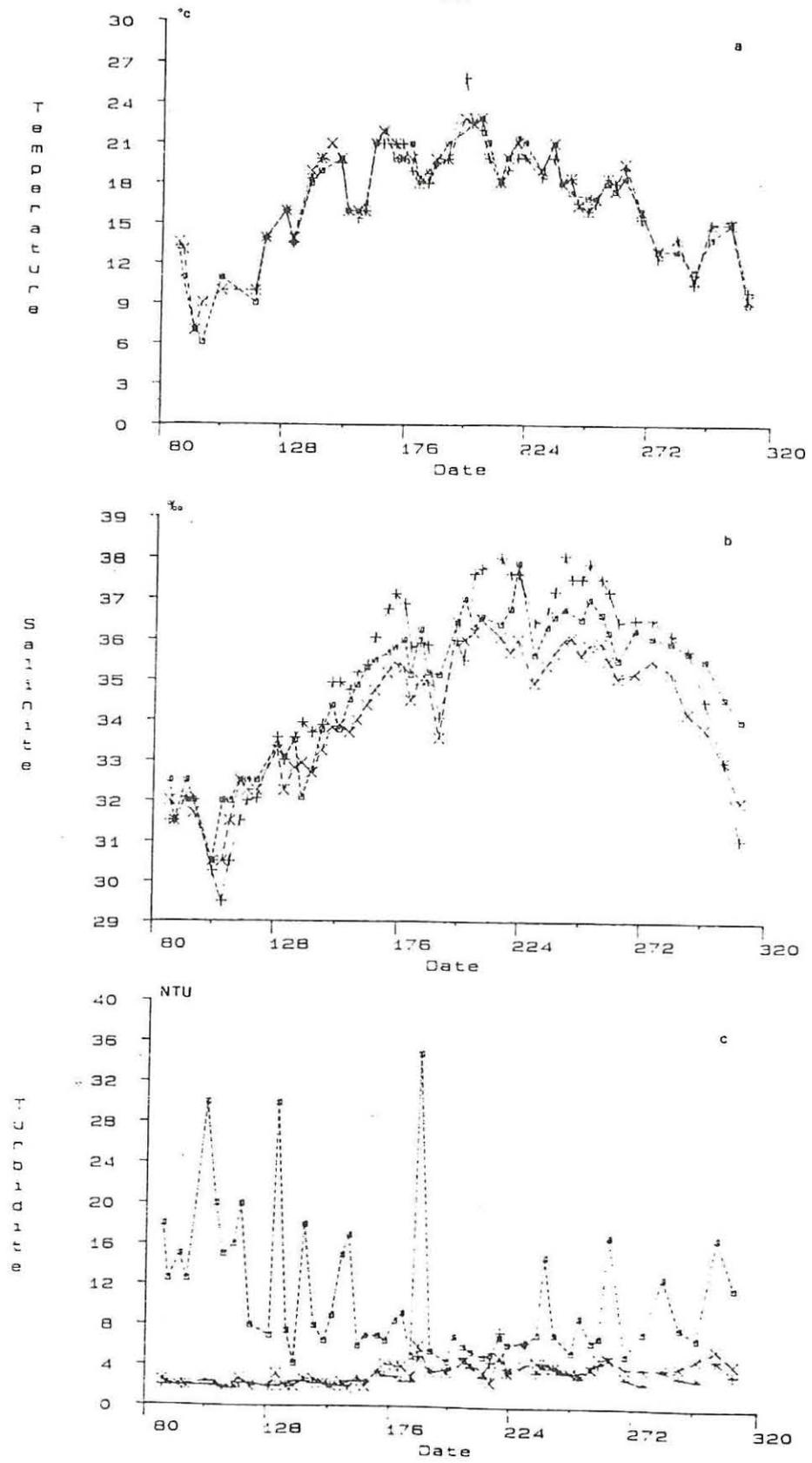


Figure 1 : Evolution des paramètres physicochimiques du milieu d'élevage au cours de la période expérimentale : (+ - - +) B8, (x - - x) B3, (□ - - □) eau de mer.

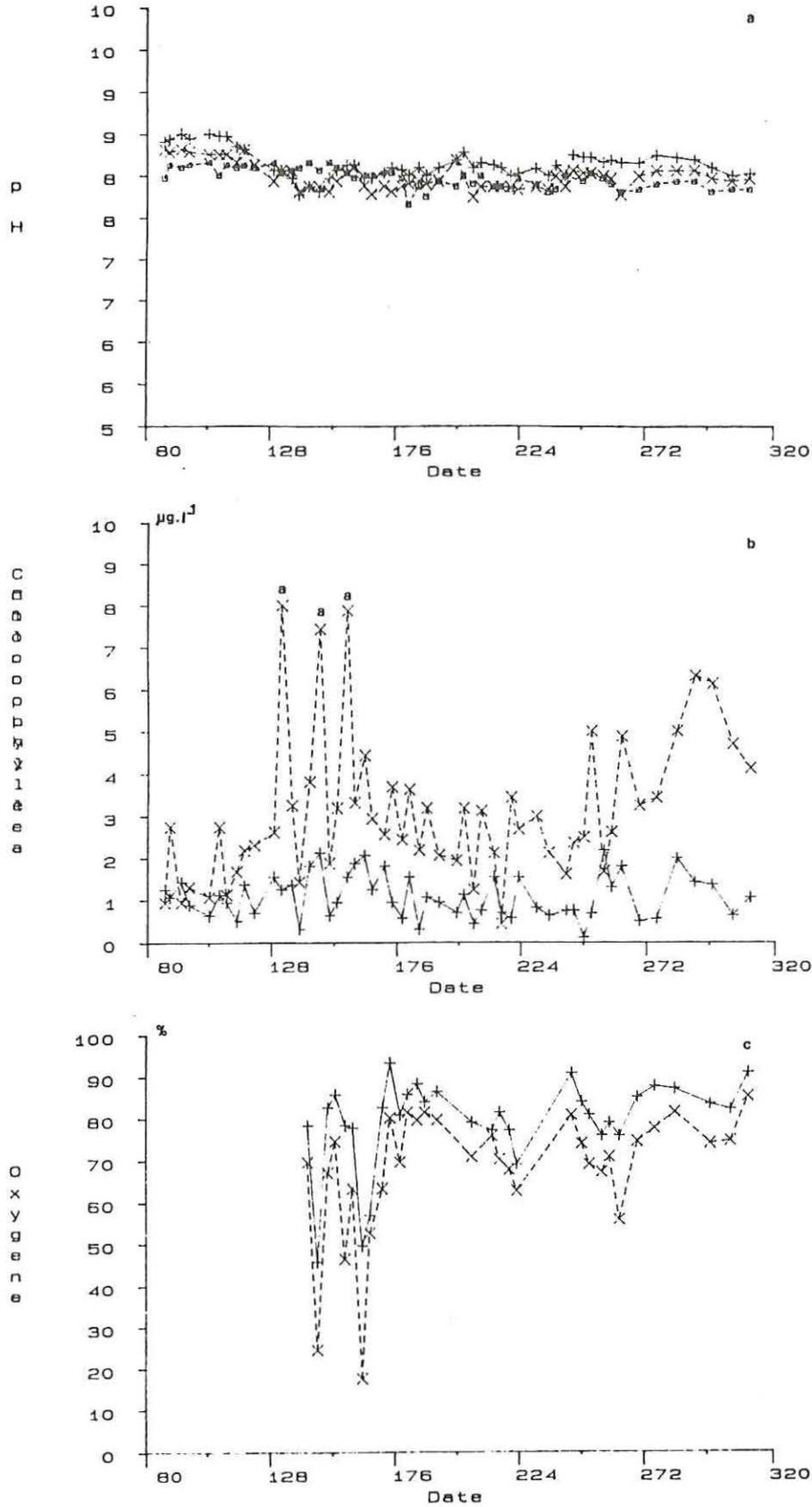


Figure 2 : Evolution des paramètres physicochimiques du milieu d'élevage au cours de la période expérimentale : (x--x) B8, (+---+) B3, (□--□) eau de mer.

biologique, le phytoplancton accumulé dans la première moitié de la claire et qui est en quantité trop importante pour être assimilé par les palourdes, prélève durant la nuit une part importante de l'oxygène disponible. A ceci s'ajoute la consommation des palourdes pour les besoins de la respiration.

Toutefois, en période (normale) de recirculation, le niveau moyen d'oxygène de l'eau d'élevage se situe à 80 % de la saturation (en début de matinée, au milieu de la claire) ce qui est considéré comme suffisant pour les besoins physiologiques des palourdes. Il est cependant remarquable de noter que seule la recirculation en cascade de l'eau d'élevage permet de maintenir un taux d'oxygénation suffisant.

En résumé, il apparaît que la qualité du milieu d'élevage au cours de cette étude ne laisse pas apparaître d'incompatibilité particulière avec les normes généralement admises pour l'élevage de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum*.

2.2- Les performances de production

2.2.1- Le taux de survie

Une partie des résultats concernant cette étude est regroupée dans le tableau 4. Le taux de survie, après récolte, est assez homogène sur l'ensemble des claires, de 66 % minimum à 96 % maximum avec dans plus de la moitié des cas, une survie supérieure à 80 %. Ces résultats se répartissent de façon aléatoire entre les différentes claires expérimentales, dans la mesure où la survie ne correspond ni à une zone particulière de semis des palourdes, ni à une claire spécifique. La survie est donc indépendante, dans cette étude, de la vitesse de passage de la lame d'eau, du taux de renouvellement ou de la quantité de nourriture disponible.

2.2.2- La croissance

La taille marchande de 35-40 mm correspondant à un poids moyen individuel de 10 à 15 g n'a été obtenue que pour certaines modalités. Seuls les individus semés dans les parties proches de l'alimentation de quelques claires atteignent des poids moyen supérieur à 15 g. Il s'agit notamment des premiers tiers de B3 et B4 pour lesquels les poids moyens lors de la récolte finale sont de 20 g et 18 g. Ces deux parties obtiennent également des rendements élevés : 4,3 kg m⁻² pour B3 et 5,2 kg.m⁻² pour B4. Pour la partie évacuation, quelles que soient les claires, les rendements obtenus ne sont que de 1 à 2 kg m² (tableau 4).

Les performances de croissance illustrées par la figure 3 permettent d'observer une forte hétérogénéité de croissance à l'intérieur de chaque claire. Lors de la récolte les poids individuels diminuent progressivement de l'alimentation vers

l'évacuation, du simple au double dans les claires B7 et B8 et d'un facteur trois dans les claires B3 ou B4. D'autre part, les disparités de croissance entre les claires sont fortement marquées au niveau de l'alimentation, (de 10 à 20 g) moins marquées en ce qui concerne le milieu des claires (de 7 à 13 g) et presque inexistante à l'évacuation (de 5 à 7 g). Comme le but de cette étude est d'analyser l'impact de différents paramètres sur la croissance, il ne sera tenu compte que des observations réalisées sur les premiers tiers des bassins d'élevage.

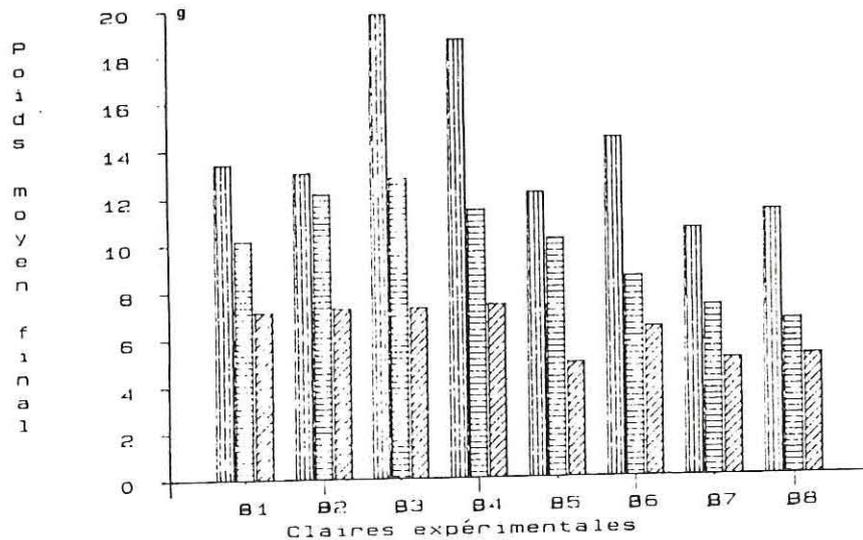


Figure 3 : Comparaisons des poids moyens en fin d'élevage, en fonction des différentes claires expérimentales (B1 et B8) et des différentes zones par rapport à l'injection de phytoplancton : (), alimentation, () milieu, () évacuation.

Tableau 4 : Comparaison de la croissance de la biomasse et du pourcentage de survie des palourdes à la récolte, en fonction des modalités d'élevage des différentes claires et de leurs positions par rapport à l'injection d'eau de mer enrichie.

BASSINS		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
A L I M E N T A T I O N	Poids moyen (g)	13,38 (0,82)	13,02 (0,66)	19,76 (0,86)	18,64 (1,42)	12,15 (0,72)	14,46 (0,62)	10,50 (0,79)	11,31 (7,56)
	Taille moyenne (mm)	38,1 (0,72)	37,7 (0,78)	43,2 (0,73)	42,7 (1,21)	36,6 (0,71)	38,8 (0,63)	34,9 (1,0)	35,8 (0,80)
	Biomasse (kg.m ⁻²)	3,60	2,98	4,30	5,22	3,49	3,74	2,67	2,51
	Survie (%)	84,9	72,3	70,8	96,5	90,1	88,5	87,2	78,9
M I L I E U	Poids moyen (g)	10,21 (0,90)	12,20 (0,94)	12,80 (1,39)	11,49 (0,93)	10,21 (1,06)	8,51 (0,46)	7,27 (0,53)	6,65 (0,76)
	Taille moyenne (mm)	34,2 (1,02)	36,4 (0,99)	37,1 (1,40)	35,9 (1,17)	34,2 (1,21)	33,0 (0,65)	31,0 (0,83)	30,0 (1,00)
	Biomasse (kg.m ⁻²)	2,76	2,90	3,08	2,45	2,15	2,35	1,62	1,86
	Survie (%)	93,7	80,3	80,4	71,5	77,6	95,6	76,6	87,7
E V A C U A T I O N	Poids moyen (g)	7,20 (0,51)	7,31 (0,63)	7,34 (0,84)	7,49 (0,76)	4,93 (0,42)	6,41 (0,58)	5,01 (0,38)	5,22 (0,45)
	Taille moyenne (mm)	30,8 (0,71)	30,5 (0,92)	30,5 (0,89)	31,2 (1,10)	27,0 (0,67)	29,4 (0,82)	27,3 (0,67)	27,3 (0,80)
	Biomasse (kg.m ⁻²)	1,39	1,63	1,71	1,43	1,23	1,36	1,29	1,21
	Survie %	66,7	82,2	80,5	68,9	82,8	73,5	82,0	78,2

En première analyse, il apparaît, sur la figure 4, que les performances de croissance des palourdes sont maximales des mois d'avril à août notamment pour B3. A partir du début août, les palourdes se maintiennent à un poids voisins de celui de la récolte finale.

Les meilleures croissances sont observées pour les claires B3 et B4 (P moyen = 19 g), les plus mauvaises concernent les claires B7 et B8 (P moyen = 10 g). Des mois d'avril à août, les poids de chair sèche suivent une évolution parallèle à celle des poids totaux (figure 5). Par la suite, on constate, notamment pour B3 et B4, un amaigrissement très marqué, de l'ordre de 54 % environ (tableau 5). Après la période de forte croissance printanière pour le bassin B3, la première perte de poids a lieu au début août (figure 6) et résulte d'une ponte partielle. La seconde ponte se situe un mois plus tard, au début du mois de septembre. Cet amaigrissement est visualisé par la diminution de l'indice de condition physiologique représenté sur la figure 7. D'autre part, ces pertes de poids sec dues à la ponte sont fortement marquées pour B3 et B4, elles sont d'un niveau plus faible pour B1, B2, B5 et B6, et semblent inexistantes pour B7 et B8.

L'observation de l'indice de condition biochimique laisse apparaître un état d'engraissement moyen des individus lors de la repêche finale.

Tableau 5 : Comparaison des taux d'amaigrissement des palourdes en fonction des modalités d'élevage.

$$(\text{amaigrissement} : \frac{P \text{ sec} - P \text{ sec } g}{P \text{ sec } i} \times 100)$$

CLAIRES	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Poids chair sèche à la mi-août (mg)	569,70	500,18	1177,78	1207,73	663,00	691,38	379,87	370,38
Poids chair sèche à la récolte finale (mg)	479,67	340,33	543,30	544,18	332,41	352,43	330,90	330,38
amaigrissement	15,8 %	32,0 %	53,9 %	54,9 %	49,9 %	49,0 %	12,9 %	0 %

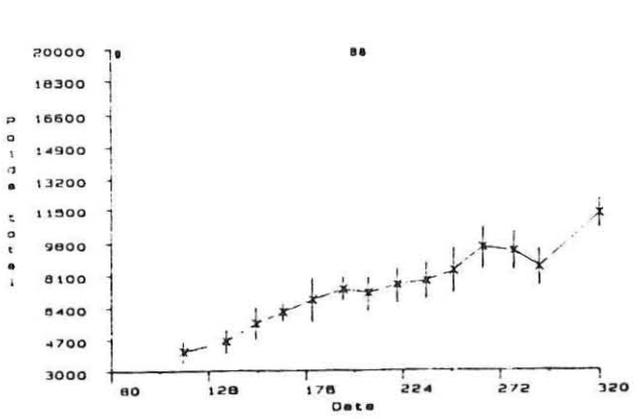
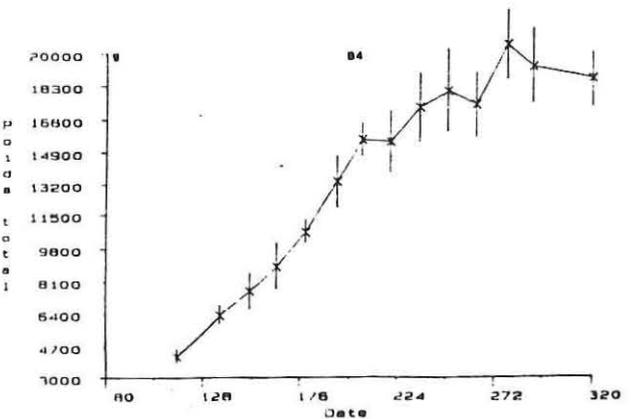
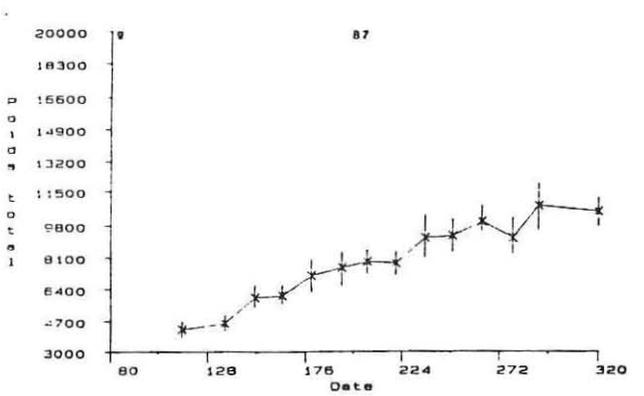
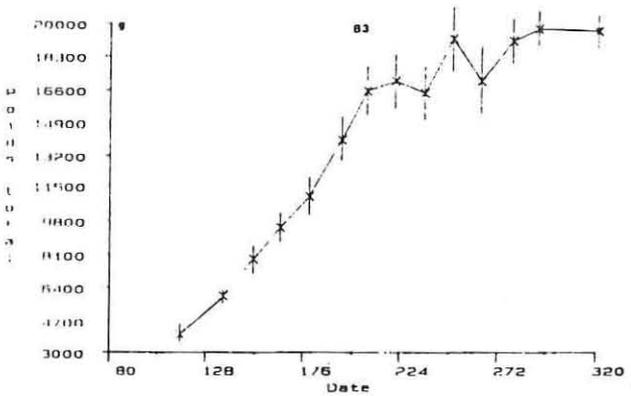
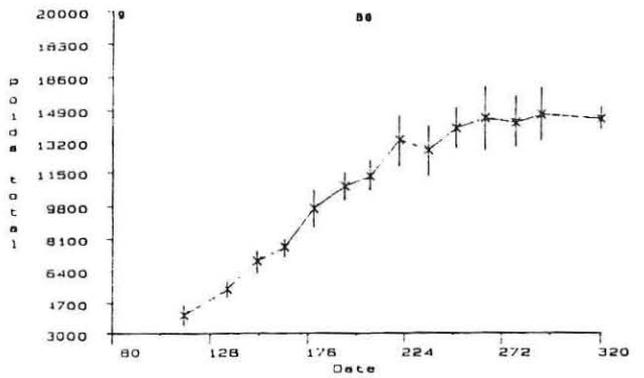
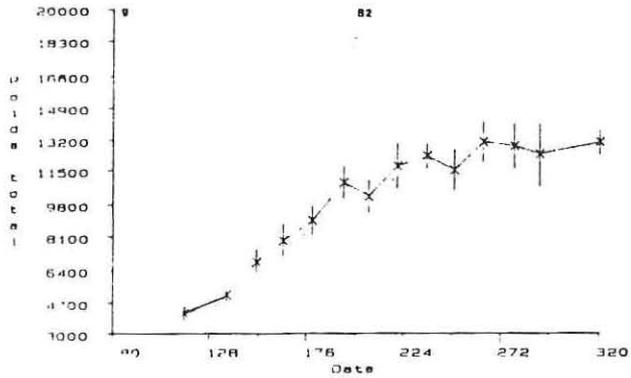
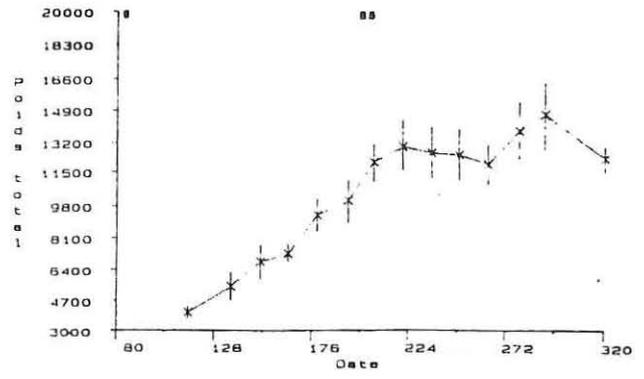
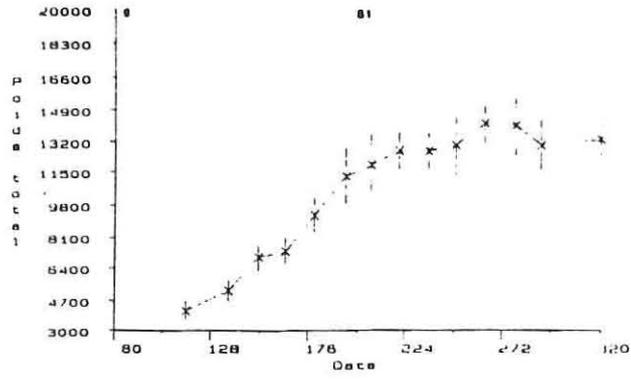


Figure 4 : Evolution de la croissance des palourdes exprimés en poids total en fonction des modalités d'élevage étudiées dans les différentes claires.

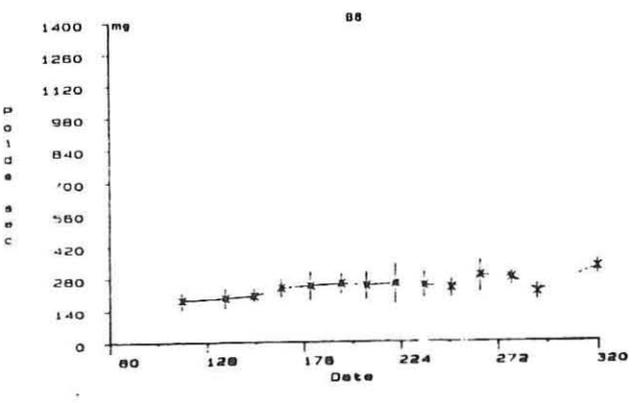
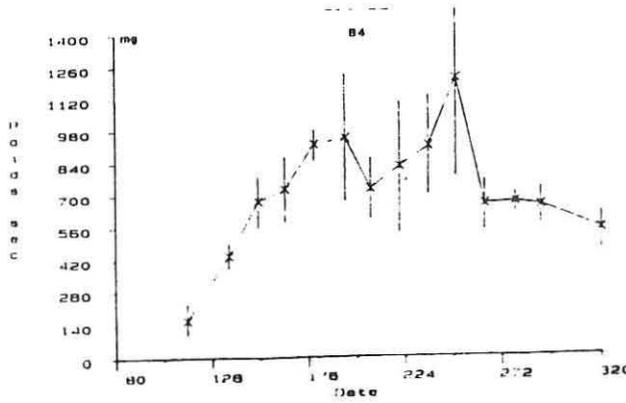
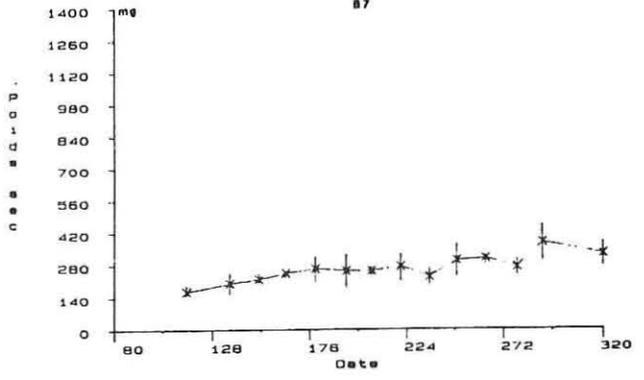
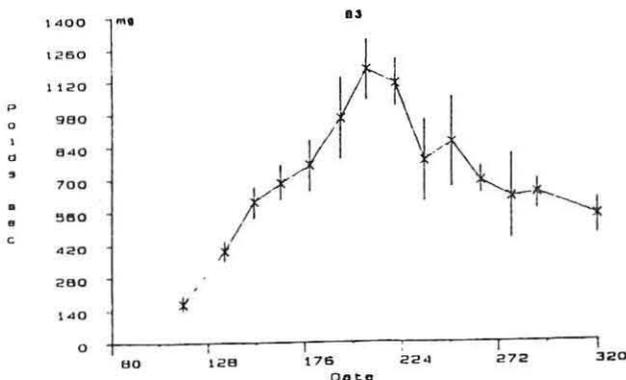
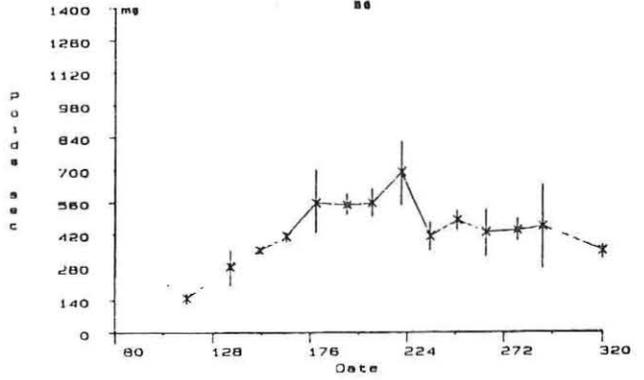
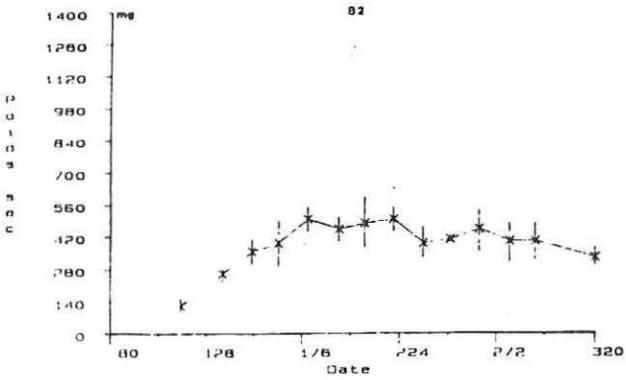
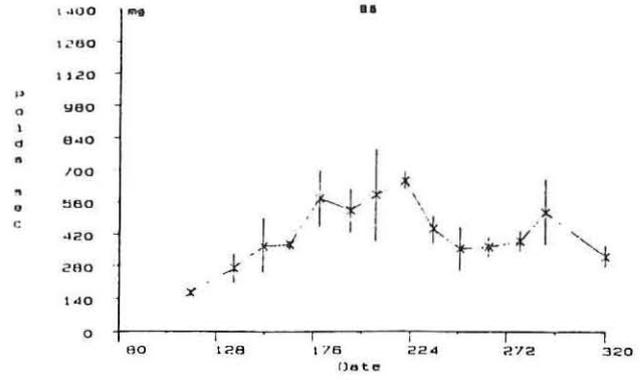
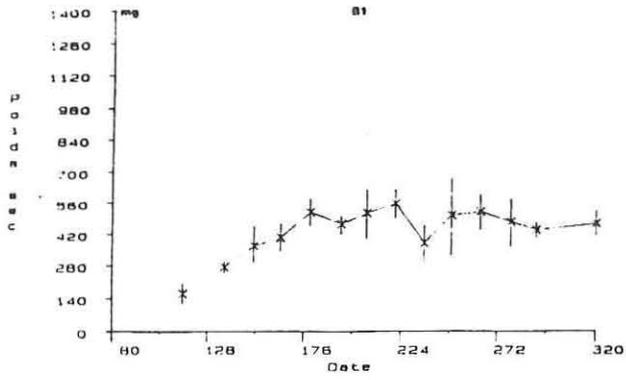


Figure 5 : Evolution du poids sec des palourdes en fonction des modalités d'élevage étudiées dans les différentes claires.

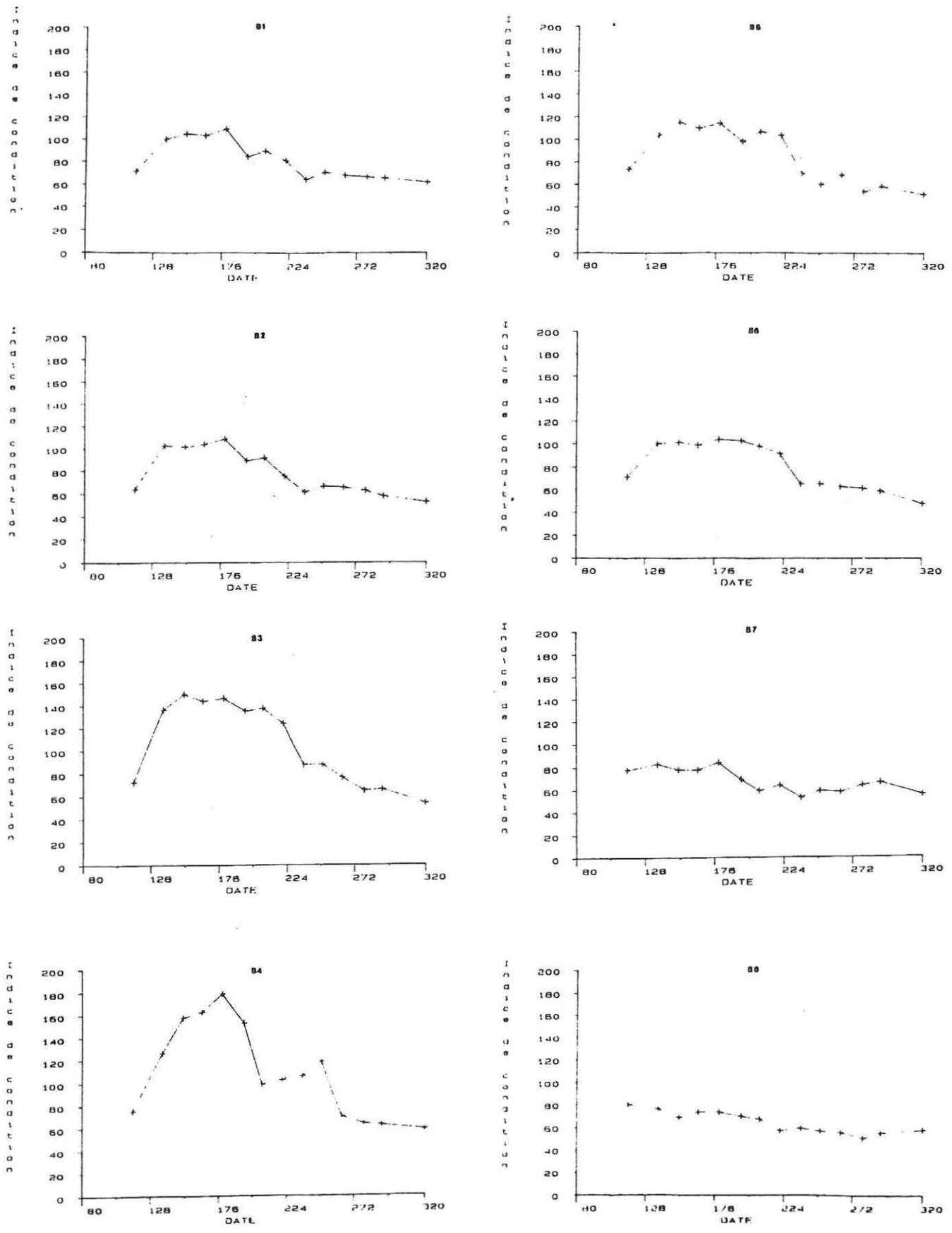


Figure 6 : Evolution de l'indice de condition des palourdes (Poids sec de chair x 100) Poids sec de coquille en fonction des modalités d'élevage étudiées dans les différentes claires.

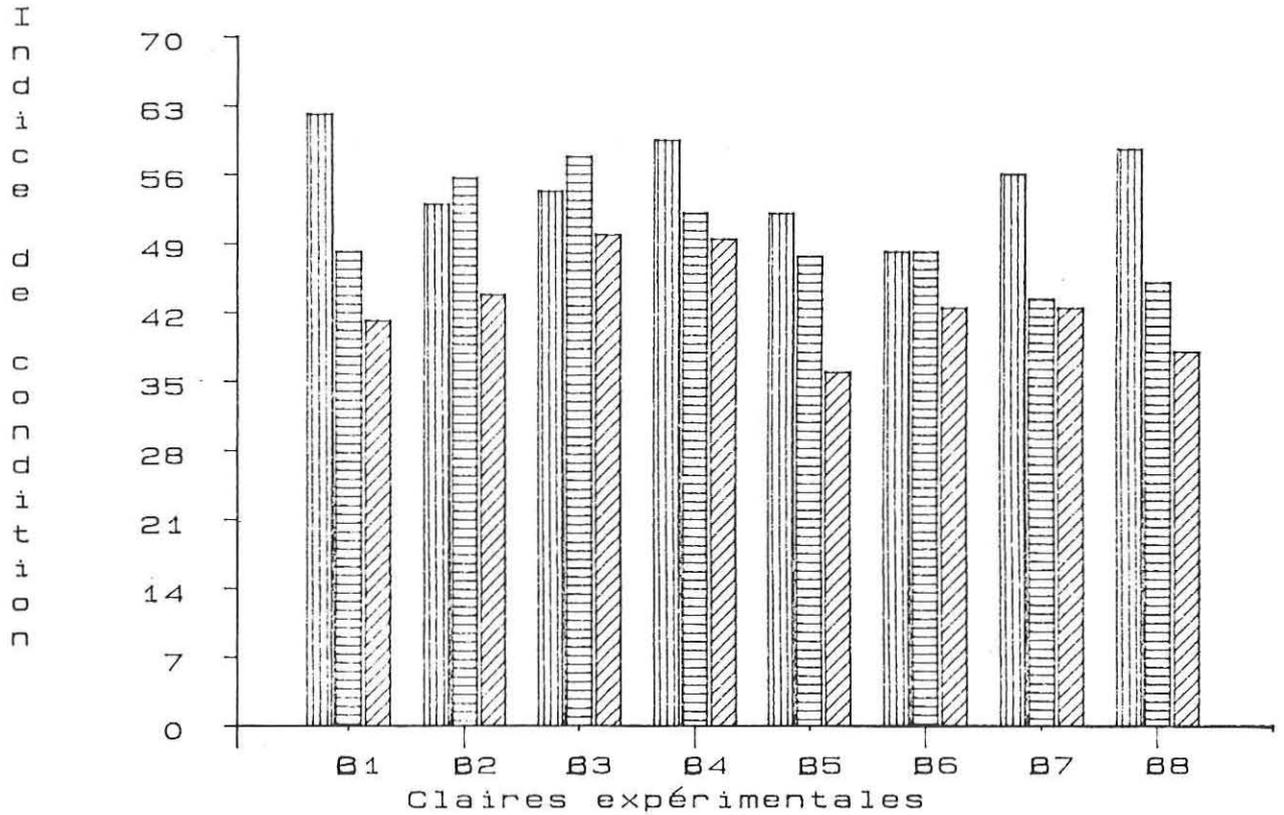


Figure 7 : Comparaisons des indices de condition en fin d'élevage en fonction des différentes claires expérimentales (B1 et B8) et des différentes zones par rapport à l'injection de phytoplancton : () alimentation, () milieu, () évacuation.

2.2.3- L'action des facteurs expérimentaux

Influence de la vitesse de circulation

Dans le cas des bassins utilisés pour comparer l'influence de différentes vitesses de passage de la lame d'eau sur les palourdes, il n'apparaît aucun gradient de croissance à l'intérieur d'un même bac. De même, les taux de survies sont identiques d'un bac à l'autre (tableau 6) et très élevés.

Tableau 6 : Taux de survie et biomasse par mètre carré des palourdes récoltées au terme de l'élevage.

BASSINS	A	B	C	D
POIDS MOYEN en gramme (écart type)	21,5 (1,82)	23,0 (1,22)	21,5 (1,54)	25,1 (1,16)
TAILLE MOYENNE en mm (écart type)	45,0 (1,48)	46,2 (0,95)	44,5 (1,29)	47,2 (1,03)
BIOMASSE Kg.m ⁻²	6,9	6,7	6,7	7,8
% de SURVIE	98,1	96,9	99,8	100

La figure 8 laisse apparaître une croissance supérieure dans le bassin D où la vitesse de passage est la plus lente (0,28 cm/sec). Cette tendance est statistiquement significative. On peut alors émettre l'hypothèse que les vitesses supérieures (0,50 ; 0,75 et 1,5 cm (sec) seraient moins favorable à la croissance des palourdes.

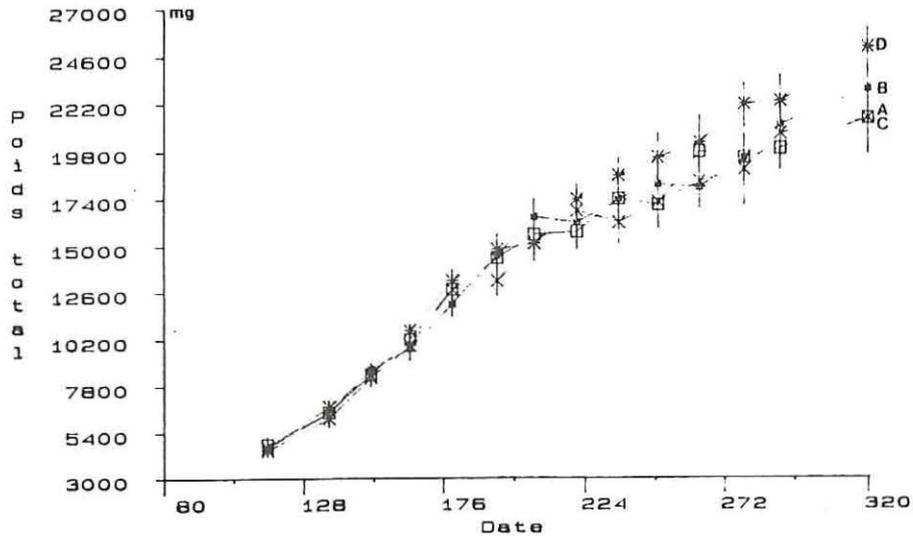


Figure 8 : Evolution de la croissance des palourdes en fonction de différentes vitesses de circulation de l'eau d'élevage, claire A = 15 cm/s, (×) claire B = 0,75 cm/s, (◻) claire C = 0,50 cm/s, claire D = 0,28 cm/s.

L'évolution de la croissance dans les bassins présentant les mêmes taux de renouvellement et un même apport de phytoplancton (B3 et B4) est identique (fig. 9). Les poids atteints lors de la recapture finale sont similaires.

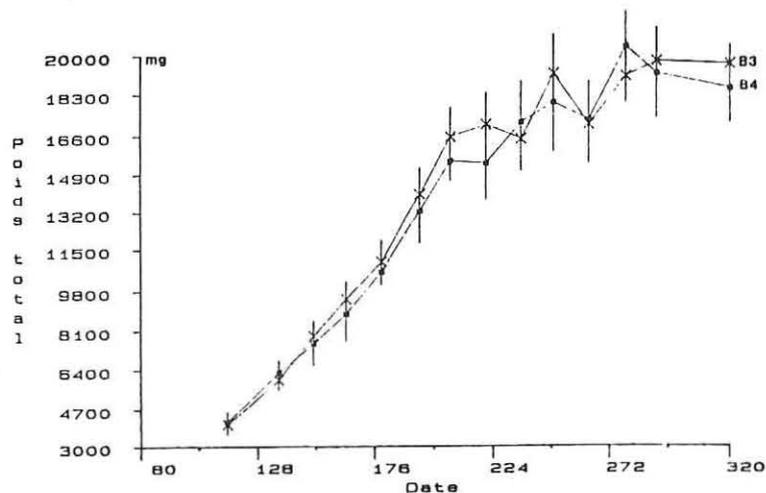


Figure 9 : Comparaison de la croissance des palourdes entre la claire B8 (vitesse de circulation = 0,14 cm/s) et la claire B4 (vitesse de circulation = 0,10 cms).

Une analyse de variance (tableau 7a) réalisée pour les bassins B1, B2, B5 et B6 sur les tailles de 30 individus par bassin lors de la repêche finale laisse apparaître une interaction hautement significative de la vitesse de circulation et du taux de renouvellement ($F = 14,09$) mais délicate à analyser. Une autre analyse de variance réalisée pour les bassins B5, B6, B7 et B8, montre également une interaction significative de la vitesse sur la croissance (tableau 8a) ($F = 15,55$). Il apparaît que plus la vitesse de passage de la lame d'eau est faible, meilleure est la croissance. Mais, dans les deux cas, la valeur élevée, de la variance résiduelle ne permet pas de déduire que seule la vitesse provoque des différences de croissance entre les bassins expérimentaux. Le test de Newman et Keuls, (Tableau 8b et 7b) au seuil de 5 % permet d'isoler quelques groupes homogènes : B5 et B1 (38,27 mm) par rapport à B6 et B2 (37,36 mm) et B5 et B7 (37,33 mm) par rapport à B6 et B8 (35,76 mm).

D'autre part, dans les tableaux 9a et 9b les claires B1, B2, B3 et B4 sont comparées, l'action de la vitesse sur la croissance des palourdes n'est pas significative ($F = 1,23$). Dans le cas d'une nourriture abondante, (B3 et B4 = Q3), la vitesse des passages ne conditionne plus la croissance des palourdes. Donc, dans la gamme étudiée, (0,10 et 0,14 cm/sec) et pour de faibles distributions de nourriture, on constate une action négative de la vitesse sur la croissance.

Influence du taux de renouvellement

Selon l'analyse de variance présentée dans le tableau 7a, le facteur renouvellement n'intervient pas sur la croissance des palourdes ($F = 0,29$). Ceci confirme que pour une même vitesse (V_1 ou V_2) et une même quantité de nourriture distribuée (Q_2), les croissances des individus de deux claires à taux de renouvellement différents sont identiques.

Influence de la quantité de nourriture distribuée

Les analyses de variance des tableaux 8a et 9a laissent apparaître que l'élément déterminant dans la variabilité de croissance d'une claire à l'autre est dû à la quantité de nourriture distribuée (B : $F = 34,83$; C : $F = 129,20$). Dans le second cas notamment, la comparaison entre Q2 et Q3 laisse apparaître très nettement que la croissance est supérieure pour une plus grande quantité de nourriture distribuée. Selon le test de Newman et Keuls il est alors possible de mettre en évidence les groupes homogènes suivants, B3, B4 (taille moyenne = 42,94 mm, Q3) ; B1, B2 (37,91 mm, Q2)) et B5, B6 (37,72 mm, Q2) ; B7, B8 (35,37 mm, Q1).

Tableau 7 a : Analyses de variance à 2 facteurs : vitesse et renouvellement pour les claires B1, B2, B5 et B6.

** : significatif à 95 % de sécurité

*** : significatif à 99 % de sécurité.

Source de Variation	DDL	Carrés moyens	Test F	Probabilité
Vitesse	1	25,30	6,67	**
Taux de renouvellement	1	1,10	0,29	-
Intéraction Renouvellement/Vitesse	1	53,47	14,09	***
Résiduel	116	3,79	-	-

Tableau 7 b : Tests de Newman et Keuls sur les analyses de variance du tableau 7 a.

FACTEURS	CLAIRES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
Vitesse V ₁ (0, 10cm/sec)	B5, B1	38,27 mm	A
Vitesse V ₂ (0,14 cm/sec)	B6, B2	37,36 mm	B

Tableau 8 a : Analyses de variance à 2 facteurs : vitesse et quantité de nourriture pour les claires B5, B6, B7 et B8.

** : significatif à 95 % de sécurité

*** : significatif à 99 % de sécurité.

Source de Variation	DDL	Carrés moyens	Test F	Probabilité
Vitesse	1	73,95	15,55	***
Quantité de nourriture	1	165,68	34,83	***
Intéraction Vitesse/ quantité de nourriture	1	14,01	2,94	-
Résiduel	116	4,76	-	-

Tableau 8 b : Tests de Newman et Keuls sur les analyses de variance du tableau 8 a.

FACTEURS	CLAIRES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
Vitesse V ₁ (0, 10cm/sec)	B5, B7	37,33 mm	A
Vitesse V ₂ (0,14 cm/sec)	B6, B8	35,76 mm	B

Tableau 9 a : Analyses de variance à 2 facteurs : vitesse et quantité de nourriture pour les claires B1, B2, B3 et B4.

*** : significatif à 99 % de sécurité.

Source de Variation	DDL	Carrés moyens	Test F	Probabilité
Vitesse	1	7,20	1,23	-
Nourriture	1	757,02	129,20	***
Intéraction Vitesse/ Nourriture	1	0,16	0,03	-
Résiduel	116	5,86	-	-

Tableau 9 b : Tests de Newman et Keuls sur les analyses de variance du tableau 9 a.

FACTEURS	CLAIRES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
NOURRITURE Q4	B3, B4	42,94 mm	A
NOURRITURE Q2	B1, B2	37,91 mm	B

Tableau 10 a : Analyses de variance à 1 facteur :
combinaison de modalités pour les claires B1, B8.
*** : significatif à 99 % de sécurité.

Source de Variation	DDL	Carrés moyens	Test F	Probabilité
Modalité par claire	7	274,36	51,69	***
Résiduel	232	5,31	-	-

Tableau 10 b : Tests de Newman et Keuls sur les analyses de variance du tableau 10 a.

MODALITES	CLAIRES	MOYENNE (mm)	GROUPES HOMOGENES
Q3 R2 V2	B3	43,22	A
Q3 R2 V1	B4	42,65	A
Q2 R1 V1	B6	38,85	B
Q2 R2 V2	B1	38,12	B
Q2 R2 V1	B2	37,70	B C
Q2 R1 V2	B5	36,59	C D
Q1 R1 V1	B8	35,81	D E
Q1 R1 V2	B7	34,93	E

Une analyse de variance liée à l'influence des combinaisons des différentes modalités regroupées par claire permet de hiérarchiser les performances des élevages entre eux tout en créant quelques groupes homogènes remarquables (tableaux 10a et 10b). Un groupe se détache fortement, il s'agit des claires B3 et B4 qui atteignent des tailles importantes, supérieures à 40 mm et qui ont reçu la plus importante quantité de nourriture (Q_3), vient ensuite un groupe peu différencié dont les tailles oscillent entre 36,5 et 38,9 mm et où toutes les claires de ce groupe ont reçu une quantité Q_2 de nourriture. Puis B7 et B8 dont les tailles moyennes atteignent à peine la taille commerciale (34,93 et 35,81 mm) et qui ont reçu la plus faible quantité de nourriture (Q_1) tout au long de cette étude.

3- DISCUSSION

3.1- Le milieu

Une comparaison des caractéristiques physiochimiques du milieu d'élevage en circuit ouvert (1988) et en circuit fermé ne laisse apparaître aucune différence particulière. Les températures, pH, salinités sont identiques. Seule la turbidité est inférieure en circuit semi-fermé, mais reste toutefois dans les deux cas acceptables pour l'élevage de la palourde.

Il semble par contre, qu'en circuit ouvert, certains blooms phytoplanctoniques aient été observés. Ceux-ci n'ont pas été quantifiés, ni en fréquence, ni en concentration.

Cependant, des études réalisées par le CREMA L'HOUMEAU sur la qualité du milieu d'élevage avec recirculation (J.L. Martin, Com. personnelle) ont mis en évidence des quantités importantes de sels nutritifs disponibles qui seraient susceptibles de favoriser le développement d'efflorescences dans les claires. Aussi, diverses solutions sont envisagées pour expliquer cette absence de production primaire, soit l'inoculum de départ est trop faible pour induire rapidement une efflorescence, soit, le résultat de la production primaire des claires est immédiatement consommé par les palourdes. En effet, selon Gouletquer et al. (1988), à partir d'une certaine densité de palourdes en élevage extensif (85 pal.m^{-1}) il y a une compétition permanente entre la multiplication du phytoplancton et sa consommation par les palourdes ; Zanette et Garnier (1981) avaient d'ailleurs déjà démontré l'existence de ce phénomène pour l'huître *Crassostrea gigas* élevée en claire.

Dans cette étude, une partie de la nourriture disponible était basée sur l'autoproduction régulière des claires. Celle-ci ayant été inexistante ou très faible, on peut supposer que les palourdes n'étaient pas suffisamment alimentées, ce qui expliquerait que les rendements escomptés ($4,5 \text{ kg.m}^{-2}$) n'aient pas été atteints sur l'ensemble d'une claire. Ceci est à rapprocher des résultats de Langton et al. (1977), qui

présentent la croissance de *R. philippinarum* comme une fonction de la ration alimentaire.

3.2- L'élevage

L'utilisation du circuit semi-fermé pour le grossissement intensif de palourdes en claires, n'induit pas de mortalités plus importantes qu'en circuit ouvert. Cependant ce système accentue l'hétérogénéité de croissance le long de la claire avec des palourdes n'atteignant pas les tailles commerciales près de l'évacuation en raison du système d'alimentation et de recirculation. Comme il a été montré précédemment, la croissance des bivalves est directement liée à la quantité de phytoplancton disponible. Cette quantité a été évaluée de façon ponctuelle au cours de cette étude, en différents points d'une claire, par la mesure de la quantité de chlorophylle a.

On constate dès l'arrivée dans la claire une forte diminution de la concentration de phytoplancton dans l'eau d'élevage de l'ordre de 50 % environ puis ce taux diminue progressivement jusqu'au milieu de la claire.

Plusieurs hypothèses expliquant cette diminution de la teneur en chlorophylle a sont envisagées. Une première explication, déjà soulevée lors de la précédente étude, concerne la sédimentation du *Skeletonema costatum* dès son arrivée dans la claire. Mais, selon les travaux de P.G. Sauriau (1989) qui a étudié cette même souche algale, la vitesse de décantation de la diatomée est assez lente in vitro (0,3 à 2,4 mètre/jour). D'autre part, il faut prendre en compte la filtration et l'assimilation des palourdes qui ne cessent d'appauvrir le milieu en phytoplancton, ainsi que la dilution de l'apport initial par la recirculation.

Le phénomène se déroulant dans les claires d'élevage pourrait être le suivant : tout d'abord un effet de dilution important et immédiat, de 50 % environ dû à la recirculation d'un grand volume d'eau ($3,5$ à $4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) très appauvri en phytoplancton (1 à $2 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) et à un apport de chlorophylle assez faible, $340 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ à $125 (C_1)$ ou $250 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1} (C_2)$.

Le gradient décroissant de tailles des palourdes à la repêche entre l'alimentation et l'évacuation peut être lié à la répartition hétérogène de la nourriture dans les claires. Ainsi, les palourdes proches de l'alimentation disposent d'une quantité de phytoplancton supérieure à celles situées près de l'évacuation. Ces dernières doivent fournir une forte dépense énergétique pour filtrer la quantité d'eau nécessaire à leurs besoins. La concentration de *Skeletonema costatum* dans l'eau d'élevage est beaucoup plus faible à l'évacuation qu'à l'alimentation, (de 1,5 à 2 fois supérieure).

La quantité distribuée quotidiennement est proche en moyenne des rations alimentaires préconisées par Mattheissen et

Toner (1966) pour l'élevage de l'huître *Crassostrea virginica* : de 2 à 4 10^9 cellules par animal.

En 1988, les bassins qui avaient obtenus les meilleurs réponses recevaient 0,5 et 1 $\times 10^9$ cellules par palourde et par jour, ce qui est proche de la distribution de 1989 pour le bassin B3. Cependant les croissances au cours de l'année 1988 avaient été supérieures et beaucoup plus homogènes. Cette différence peut être imputée à la faiblesse de l'apport en eau de mer de 1989 et/ou à la dilution élevée de phytoplancton dans le milieu d'élevage.

En effet, dans le premier cas, il y avait un renouvellement quotidien de 100 % de l'eau d'élevage pour un volume d'élevage de 24 m³. En 1989, le renouvellement n'est que de 30 à 60 %, et, la hauteur d'eau étant limitée à 0,45 m, le volume renouvelé n'est ainsi que de 13,5 m³. Il est donc possible que l'eau de mer contienne certains éléments indispensables pour permettre une croissance importante des palourdes, éventuellement par une stimulation accrue de la production primaire à l'intérieur des claires.

4- CONCLUSIONS

A partir de l'analyse réalisée sur les premiers tiers des bassins expérimentaux, on constate une influence prépondérante de la quantité de nourriture distribuée sur la croissance des palourdes en élevage intensif dans un circuit semi-fermé avec recyclage. Dans une moindre mesure, on note également une influence de la vitesse de passage de l'eau enrichie sur les élevages. Plus celle-ci est élevée dans la gamme étudiée, et moins bonnes sont les performances de croissance. Enfin, il semble que pour les valeurs de renouvellement testées (30 et 60 %) celles-ci soient sans action sur la croissance des palourdes.

Le système hydraulique de circuit semi-fermé accentuant, par le recyclage de l'eau d'élevage, la dilution du phytoplancton et limitant par là-même la croissance des palourdes, n'a pas permis d'atteindre les objectifs fixés. Ce type de gestion a eu pour conséquence essentielle d'augmenter l'hétérogénéité spatiale de la croissance des palourdes. Une réflexion devra donc être conduite pour assurer une distribution efficace et homogène de la nourriture dans un élevage intensif de palourde japonaise et ce à des coûts économiques raisonnables.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baud J.P. et Haure J., 1988. Diversification de la production conchylicole. Approche d'une stratégie d'élevage de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) dans la région de la baie de Bourgneuf. Rapport IFREMER. DRV.88.024.RA/BOUIN
- Baud J.P., 1988. Utilisation des eaux souterraines de la Baie de Bourgneuf pour le prégrossissement intensif de mollusques filtreurs. *Mémoire IFREMER*. 99 p. + annexes.
- Baud J.P. et Haure J., 1989. Estimation des stocks d'huîtres cultivées (*Crassostrea gigas*) et de moules (*Mytilus edulis*) de gisements naturels dans la baie de Bourgneuf en 1987. Rapport IFREMER DRV-89.070-RA/Bouin.
- Baud J.P., Glize P et Haure J. Production intensive de palourdes japonaises *Ruditapes philippinarum* en marais : faisabilité biologique avec la diatomée *Skeletonema costatum*. Rapport IFREMER (sous presse).
- Bligh E.G. and Dyer W.F., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37 : 911-917.
- Bresson G., 1982. Possibilité d'exploitation des eaux souterraines en Vendée pour l'Aquaculture. Rapport D.D.A. Département de la Vendée, 18 p.
- 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.
- Dubois F., Gilles A., Hamilton J.K., Rebecs P.A. and Smith F., 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.*, 28 : 350-356.
- Gouletquer P., Nedhif M., Héral M., 1986. Perspectives de développement de l'élevage de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* dans le bassin ostréicole de Marennes-Oléron. *Note C.I.E.M.*, C.M. 1986/F : 42.
- 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 (1988) : 331-348.
- Héral M., Deslous-Paoli J.M., Garnier J., Prioul D., Heurtebise S. et Razet D., 1982. Facteurs contrôlant la croissance de *Ruditapes philippinarum* dans 4 nurseries de production en Charente-Maritime (France) C.M. 1982/F : 27.

- Lorenzen C.J., 1967. Détermination 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.
- Manzi J.J., Hadley N.H. and Maddox M.B., 1986. Seed clam, *Mercenaria mercenaria*, culture in an experimental scale Upflow nursery system. *Aquaculture*, 54 : 301-311.
- Marsh J.B. and Weinstein D., 1966. Simple charring method for determination of lipids. *J. Lipids. Res.*, 7 : 574-576.
- Matthiessen G.C. and Toner R.C., 1966. Possible methods of improving the shellfish industry of Martha's Vineyard Duke's Country, Massachusetts. The marine foundation Inc, 1-138.
- Redfield A.C., 1934. On the proportions of organic derivats in sea water and their relation to the composition of plankton. In James Johnstone Memorial Volume. The university press, Liverpool : 176-192.
- Robert J.M., 1988. Valorisation en aquaculture des eaux souterraines des Pays de la Loire. *Rapport Région des Pays de La Loire*. Univ. Nantes, 42 p. + annexes.
- Sauriau P.G., 1990. Eléments d'optimisation appliqués à la vénériculture intensive en marais. Rapport final contrat IFREMER. ECOCEAN, 54 p.
- Tenore K.R. and Dunstan W.M., 1973. Comparaison of rates of feeding and biodeposition of the american oyster *Crassostrea virginica* Gmelin, feed different species of phytoplankton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, vol 12 : 19-26.
- Walne P.R., 1972. The influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves. *J. mar. Biol. Assoc. U.K.*, 52 : 345-374.
- Zanette Y. et Garnier J., 1981. Etude préliminaire de l'impact des huîtres *Crassostrea gigas* (Thunberg) en élevage sur la biomasse des microorganismes des claires de Marennes-Oléron. Note au Cons. Int. Explor. Mer (CIEM), CM 1981/L : 14, 17 pp.