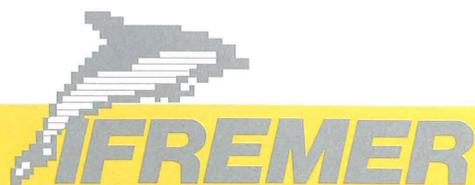


**CONTRÔLE DES PERFORMANCES DES
SOUCHES D'HUÎTRES PLATES RÉSISTANTES
AU PROTOZOAIRE *BONAMIA OSTREAE*
2ème année**

**Joël HAURE, Max NOURRY,
Nicolas LE BAYON et Jean-Pierrre BAUD**

**IFREMER
GAP/URAPL
Polder des champs
85230 BOUIN**



RIDRV/96-06

H500-CON-C

IFREMER
BIBLIOTHEQUE
LA TREMBLADE

**CONTRÔLE DES PERFORMANCES DES
SOUCHES D'HUÎTRES PLATES RÉSISTANTES
AU PROTOZOAIRE *BONAMIA OSTREAE*
2ème année**

46578.
H500-CON.
C.
360.

**Joël HAURE, Max NOURRY,
Nicolas LE BAYON et Jean-Pierre BAUD**

IFREMER Bibliothèque de la Tremblade



OLR 00360

IFREMER
GAP/URAPL
Polder des champs
85230 BOUIN



RIDRV/96-06

13 JAN 97 - 11 50 0

**CONTRÔLE DES PERFORMANCES DES
SOUCHES D'HUÎTRES PLATES RÉSISTANTES
AU PROTOZOAIRE *BONAMIA OSTREAE*
2ème année**

**Joël HAURE, Max NOURRY,
Nicolas LE BAYON et Jean-Pierrre BAUD**

**IFREMER
GAP/URAPL
Polder des champs
85230 BOUIN**

RIDRV/96-06

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

Adressé : IFREMER/URRA
Station de Bouin
Polder des champs
85230 BOUIN

DIRECTION DES RESSOURCES VIVANTES
DEPARTEMENT RESSOURCES AQUACOLES
SERVICE D'ECONOMIE MARITIME

AUTEUR (S) : Joël HAURE, Max NOURRY, Nicolas LEBAYON et Jean-Pierre BAUD		CODE : RIDRV 96-06 RA/BOUIN
TITRE : CONTRÔLE DES PERFORMANCES DES SOUCHES D'HUÎTRES PLATES RÉSISTANTES AU PROTOZOAIRE <i>BONAMIA OSTREAE</i> 2ème ANNÉE.		Date : Mai 1996 Tirage en nombre : 60
CONTRAT (intitulé) SMIDAP 96 Arrêté N° 95 03405		Nb pages : (36) Nb figures : (11) Nb photos :
Génétique quantitative huître plate, <i>Ostrea edulis</i>		DIFFUSION : libre ♦ restreinte confidentielle

RESUME : Un contrôle des performances de souches d'huîtres plates, *Ostrea edulis*, issues d'un plan de sélection a été réalisé d'avril à novembre 1995 en élevage intensif.

Un débit d'eau de mer fixé à 4l/heure/huître et un apport nutritif (*Skeletonema costatum*) de 3.10^9 cellules/jour/huître semblent constituer un bon compromis pour satisfaire les exigences physiologiques de l'huître plate.

Les lots d'huîtres résistantes ou tolérantes à *Bonamia ostreae* présentent de meilleures performances de croissance que les lots témoins. Une hiérarchisation de la croissance validée sur le plan statistique a été mise en évidence comme suit : $R6 (F0 * F1) > R7 (F1 * F2) > Q$ (lot témoin).

La plupart des huîtres ont été infestées par le ver *Polydora*, malgré le traitement à la saumure (340g de sel/litre) réalisé au début de l'étude.

Les mortalités cumulées sur la période d'étude sont de l'ordre de 70% avec des pics ponctuels de 40% en période estivale.

Les résultats obtenus entre les différents lots étudiés montrent un taux de mortalité statistiquement plus élevé et une fragilité plus importante aux conditions stressantes du milieu (chutes d'oxygène, températures élevées) des lots témoins vis à vis des lots résistants ou tolérants.

ABSTRACT : Differential growth of different selected strains of flat oyster, *Ostrea edulis* was studied in intensive culture from April to November 1995. Good growth was obtained with a seawater flowrate of 4 l.h.⁻¹ per oyster and a nutrition ratio (ie., *Skeletonema costatum* of 3.10^9 cell. day⁻¹ per. oyster).

Best results of growth were statistically proved with tolerant or resistant strains at *Bonamia ostreae* versus controls, (ie : $R6 (F0 X F1) > R7 (F1 X F2) > Q$ (control)).

Most of oysters were infested by *Polydora* in spite of salt treatment (340g of salt. l⁻¹) realized at the beginning of the study.

Cumulated mortality were near 70% with high death rate of 40% in summer.

Mortality and weakness from the environment (oxygen decrease, high temperatures) with resistant or tolerant strains of flat oyster were statically less important than with controls.

Mots clés : Génétique quantitative, *Ostrea edulis*, *Bonamia ostreae*, souche résistante.

Key words : Quantitative genetic, *Ostrea edulis*, *Bonamia ostreae*, resistant strain.



SOMMAIRE

I - INTRODUCTION	1
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES	2
2.1. Matériel biologique	3
2.1.1. Préparation des lots	3
2.1.2. Méthode d'élevage	3
- Description du dispositif expérimental	3
- Densité d'élevage	3
- Alimentation en eau de mer et distribution du phytoplancton (<i>Skeletonema costatum</i>)	3
2.2. Production de phytoplancton	5
2.3. Suivi expérimental	5
2.3.1. Hydrobiologie	5
- Oxygène	4
- Salinité	5
- Température	5
- N.T.U. (Unité de Turbidité Néphélométrique)	6
- Seston	6
- Composés biochimiques	6
2.3.2. Production expérimentale de l'huître plate (<i>Ostrea edulis</i>)	6
- Mortalité et production par plateau	7
- Biométrie	7
- Indice de condition	7
- Taux de croissance	8
2.4. Etude du système expérimental	8
III - RESULTATS	9
3.1. Le milieu d'élevage	9
- Température	10
- Oxygène	10
- Salinité	10
- Matière particulaire	10
- Débit	13
- Energie particulaire	13
- Composés biochimiques	15
3.2. Les huîtres	15
- Mortalités et biomasse par plateau	15
- Biométrie	17
- Coefficients de croissance	24

IV - DISCUSSION	26
4.1. Le milieu d'élevage.	26
- Température	26
- Matière particulaire- Energie	26
4.2. Les huîtres	28
- Croissance	28
- Mortalité	30
- <i>Polydora</i>	31
V - CONCLUSION	32
VI - BIBLIOGRAPHIE	33

REMERCIEMENTS

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

Les auteurs tiennent à remercier :

L'équipe du laboratoire IFREMER (URGE/GAP) de Ronce les bains et notamment Mademoiselle Yamama NACIRI pour la fourniture des différentes souches d'Ostrea edulis.

Monsieur Tristan RENAULT et son équipe du laboratoire IFREMER (URPIG/GAP) de Ronce les Bains pour avoir analysé la prévalence du protozoaire Bonamia ostreae sur les différents échantillons d'huitres plates.

Madame Françoise LAUNAY pour la dactylographie et la mise en page de ce rapport.

I - INTRODUCTION

Actuellement, l'ostréiculture française repose essentiellement sur l'élevage de l'huître creuse japonaise (*Crassostrea gigas*) avec une production annuelle commercialisée de 140.000 tonnes environ.

Afin de maintenir la pérennité de cette activité marine, il est indispensable de diversifier les espèces élevées pour élargir le marché et pour minimiser les risques pathologiques qui peuvent mettre en péril cette profession. L'histoire de l'ostréiculture peut témoigner des mortalités massives dont ont souffert les élevages depuis quelques années. Ainsi, l'huître creuse portugaise (*Crassostrea angulata*) a été décimée sur les côtes françaises, en 1970, par une épizootie. Auparavant, la production d'huîtres plates (*Ostrea edulis*), traditionnellement élevée sur la façade atlantique, a été réduite à quelques élevages très localisés, par la présence de deux parasites pathogènes (*Bonamia ostreae* et *Martelia refringens*) (Comas et al., 1980; Grillez et Tige, 1982). Dans le bassin d'Arcachon, la production d'*Ostrea edulis* est passée de 20.000 tonnes en 1900 à 2 tonnes en 1990 (Robert et al., 1991).

Depuis quelques années, des essais d'introduction et d'acclimatation du genre *Ostrea* ont été tentés dans l'espoir de trouver une variété d'huître plate à la fois performante et résistante au *Bonamia* et *Martelia*. Le résultat des études menées sur *Ostrea chilensis* (Grizel et al., 1983), *Ostrea denselamellosa* (Le Borgne et Le Pennec, 1983), *Ostrea angasi* (Bougrier et al., 1986) et *Ostrea puelchana* (Pascual et al., 1991) ne permet pas aujourd'hui d'envisager l'élevage de ces espèces sur le littoral français.

Des études récentes basées sur de nouvelles techniques d'élevage et réalisées à Arcachon (Robert et al., 1991) et dans la baie du Morbihan (Le Bec et al., 1991) n'ont pu déboucher sur des données satisfaisantes pour relancer l'élevage d'*Ostrea edulis*.

Face à ce problème, des études ont permis de mieux comprendre le cycle d'infestation de *Bonamia ostreae* (Montes et al., 1984).

Par ailleurs, le laboratoire Génétique, Aquaculture et Pathologie (GAP) de l'IFREMER, dans le cadre du REGEMO (Réseau Génétique Mollusques), réalise depuis 1989 un programme de sélection d'huîtres plates (*Ostrea edulis*) résistantes ou tolérantes au *Bonamia ostreae*. La pression de sélection sur les géniteurs (Martin et al., 1992) a pu être renforcée par inoculation du parasite obtenu à l'aide des techniques d'isolation et de purification de *Bonamia ostreae* (Mialhe et al., 1988).

Les générations ainsi sélectionnées ont pu être testées et comparées à des lots d'huîtres plates de même âge et obtenus à partir de géniteurs non résistants à la *Bonamiose* et issus du milieu naturel. Ces essais ont été réalisés à la fois dans le milieu naturel, favorable au développement de *Bonamia* (Naciri, com.pers.) et en élevage intensif (Morvan et al., 1994) dans des enceintes bétonnées et alimentées par de l'eau de mer enrichie en phytoplancton (*Skeletonema costatum*) produit en grands volumes (Baud, 1988a). Dans les deux cas, il a été possible de constater une nette amélioration de la survie des lots d'huîtres résistantes ou tolérantes par rapport aux lots témoins. Les travaux menés pour définir les conditions optimales de l'élevage intensif de l'huître plate (Brault et al., 1994; Haure et Baud, 1993) ont permis de vérifier une meilleure survie mais aussi des croissances plus élevées des lots sélectionnés (Morvan et al., 1994). Cette étude a montré ainsi que la pression de sélection n'induit pas une altération de la croissance des huîtres plates résistantes ou tolérantes.

La présente étude s'inscrit à la suite de ces derniers travaux. Elle a pour objectif principaux de :

- Comparer les performances de croissance des différentes souches par rapport à un lot témoin jusqu'à la taille commercialisable.

2.1.1. Préparation des lots

A la fin de l'étude réalisée en 1994, les lots d'huîtres présentaient un taux significatif d'infestation par le ver *polydora* (Morvan et al., 1994). De manière à détruire ou limiter la propagation de ce ver indésirable, il a été décidé, en février 1995, de traiter les lots à la saumure (350‰), selon les recommandations de Catherine et al., (1990).

Les huîtres ont été nettoyées et débarrassées de leurs epibiontes (balanes, ascidies etc...) à la mise en place de l'étude.

Une calibration des individus entre 17g et 60g, effectuée sur le corps de lot, a permis dans la mesure du possible, d'améliorer l'homogénéité de la taille initiale des huîtres et de réduire la variabilité pondérale de la population de départ. Ainsi, les poids moyens en début d'expérience de "Q", "R6", "R7", étaient respectivement de 32,3g ($\pm 2,0$ à 95%), 33,6g ($\pm 2,8$ à 95%) et 29,4g ($\pm 2,6$ à 95%) et d'une longueur respective de 59,4cm ($\pm 1,5$ à 95%), 61,1cm ($\pm 2,2$ à 95%) et 59,1cm ($\pm 2,0$ à 95%) (tableau 1).

2.1.2. Méthode d'élevage

- Description du dispositif expérimental (fig.1)

L'étude s'est effectuée dans un bassin bétonné de 7,70m X 1,90m et 0,55m utile de profondeur. Les huîtres sont réparties dans des casiers en plastiques ajourés de 0,5m², et sont empilés par quatre pour définir une unité de production appelée l'enceinte. Les huîtres qui garnissent l'enceinte appartiennent à un même lot. Les enceintes d'huîtres sont distribuées par bloc, réunissant les trois familles, sur la longueur du bassin. La position des familles par bloc est définie de façon aléatoire sur la largeur du bassin.

- Densité d'élevage.

La densité de l'élevage intensif de l'huître plate est fixée par les limites du système de production, mais aussi par la taille des individus. Brault et al., (1994), préconisent ainsi, une densité de 100 huîtres/casier pour des tailles d'huîtres situées entre 6 et 7cm. Ces caractéristiques d'élevage n'ont pu être respectées dans cette étude, par manque d'animaux correspondants aux critères biométriques précédemment énoncés. Une densité de 80 huîtres/casier a été adoptée.

- Alimentation en eau de mer et distribution de phytoplancton (*Skeletonema costatum*).

En 1993, Brault et al., (1994) ont démontré qu'un renouvellement journalier de 200% en eau de mer pouvait être un facteur limitant de la croissance de l'huître plate en élevage intensif.

Une meilleure croissance, notamment au niveau tissulaire a été observée avec un taux de renouvellement de 2400% (Morvan et al., 1994). De plus, une étude écophysiological menée sur l'huître creuse (*Crassostrea gigas*) a permis d'optimiser le débit en fonction de la ration alimentaire (*Skeletonema costatum*) (Haure et Baud, données non publiées). Les résultats de ces travaux ont été adoptés dans cette étude, pour l'huître plate. Les caractéristiques d'élevage sont résumées dans le tableau 2.

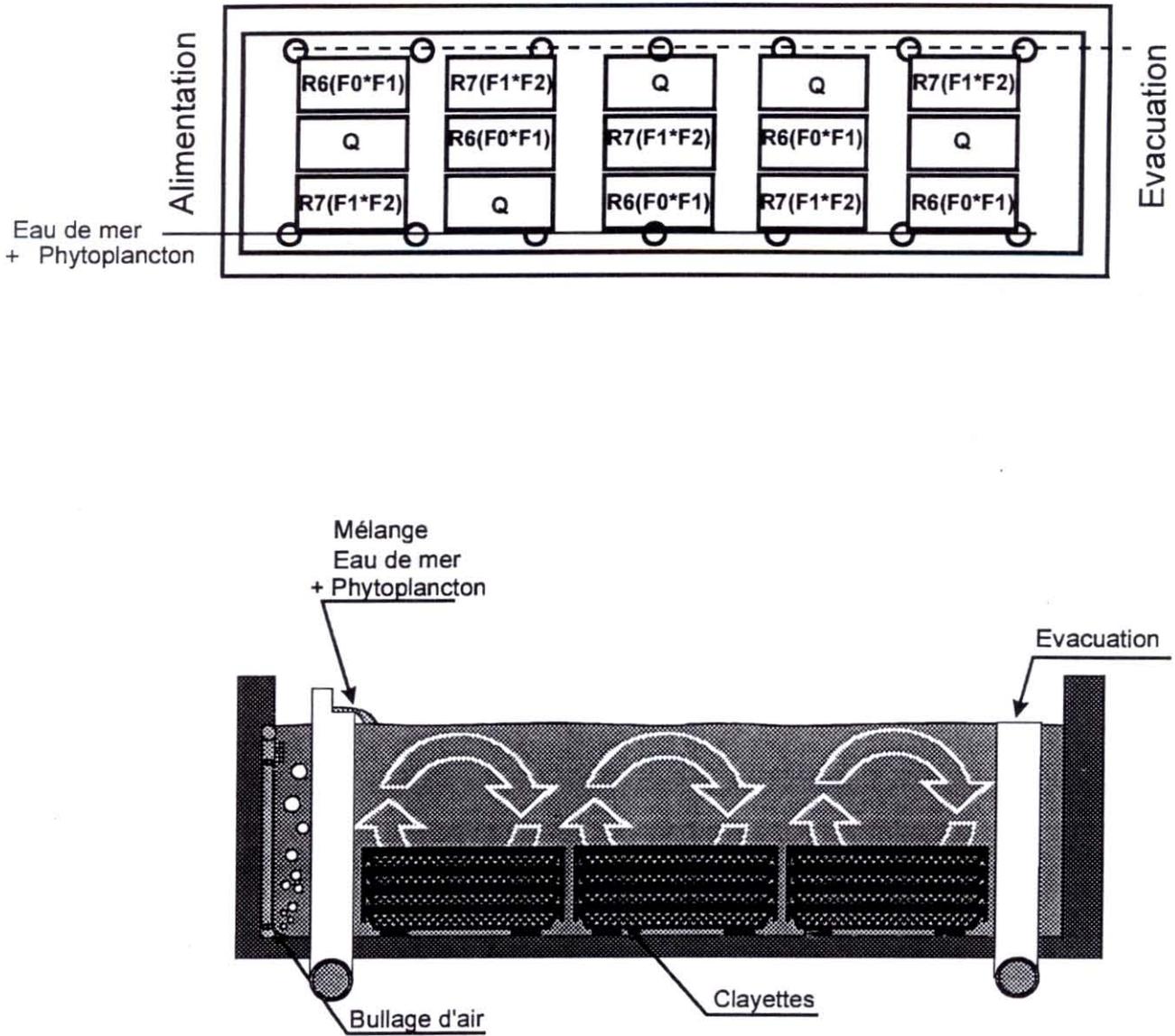


Figure 1: Schéma des installations expérimentales: Vue aérienne et coupe des bassins d'élevage intensif.

Tableau 2 : Caractéristiques d'élevage dans le bassin expérimental.

Densité d'élevage par casier	Nombre d'individus total	Débit eau de mer (m ³ /heure)	Débit phyto (l/heure)	Débit total (m ³ /heure)
80	4800	19.6	400	20
Débit(l)/huître/heure eau de mer	Débit(l)/huître/heure de phyto	Ration phyto Nbcél/j/huître	Nbcél/µl de mélange	Taux de renouvellement
4.1	0.1	3 10 ⁹	30	6000%

2.2. PRODUCTION DE PHYTOPLANCTON

La diatomée *Skeletonema costatum* est obtenue à partir d'une eau salée souterraine riche en sels nutritifs, (Robert, 1990) et de caractéristiques physico-chimiques à peu près constantes tout au long de l'année (Baud, 1988a). La production phytoplanctonique est réalisée en plein air, en bassin bétonnée de 80m³ de volume utile. Pendant la période de l'étude, les concentrations algales se sont situées, la plupart du temps et au moment de l'utilisation, entre 1 et 2.10⁶ cell/ml. Le phytoplancton a été alors orienté par pompage dans un bac mélangeur où il est homogénéisé à l'eau de mer par bullage puis distribué par gravité dans le bassin d'élevage.

2.3. SUIVI EXPERIMENTAL

2.3.1. Hydrobiologie

La plupart des paramètres physico-chimiques ont été relevés quotidiennement, et dans la mesure du possible, à heure fixe (10 heure) dans le bassin d'élevage. La matière particulaire, la turbidité et les composés biochimiques ont été mesurés, une fois par semaine, sur un prélèvement d'eau (1l), préfiltré à 250µm, à l'entrée et à la sortie du bassin.

-Oxygène

Elle est mesurée en pourcentage de saturation par rapport à un étalonnage du 100% effectué dans un milieu saturé en oxygène, au moyen d'un oxymètre de terrain YSI modèle 58.

- Salinité

Elle est lue sur un conductimètre salinomètre WTW LF 196 étalonné avec de l'eau de mer normale après correction de la température.

- Température

Les variations de température sont mesurées au moyen d'un thermomètre mini-maxi précis au degré Celsius.

- N.T.U. (Unité de Turbidité Néphélométrique).

Elle est relevée au moyen d'un turbidimètre HACH (modèle 2100a), sensible entre 0,1 et 1000 N.T.U. avec une précision de 5 à 10%.

- Seston

Le seston peut être défini pour l'ensemble du matériel particulaire de taille comprise entre 0,45µm et 250µm.

La quantité de seston total a été appréciée à partir de la filtration d'un certain volume d'eau, qui est fonction de la charge particulaire, sur un filtre Whatman GF/C de porosité de 0,45µm préalablement pesé. Le résidu salin a été éliminé après rinçage du filtre avec une solution de formate d'ammonium isotonique à l'eau de mer qui est sublimé lors du passage à l'étuve à 50°C, durant 24 heures. La pesée du filtre ainsi déshydraté donne alors la masse de seston total. Le filtre est ensuite placé dans un four à 450°C pendant 1 heure pour détruire la fraction organique. On obtient après pesée, la masse de seston minéral. Le seston organique est calculé par différence entre le seston total et la fraction minérale. Les résultats sont calculés par rapport au volume d'eau filtrée et sont exprimés en mg/l⁻¹.

- Composés biochimiques

Selon Widdows et *al.*, (1979) et Héral et *al.*, (1980), une estimation de la teneur en lipides, protéines et glucides de la matière en suspension représente la nourriture particulaire disponible pour les mollusques.

La fraction particulaire de l'eau a été recueillie sur filtre Whatman GF/C préalablement calciné. Les dosages colorimétriques ont été effectués avec un spectrophotomètre à double faisceau HITACHI U-2000.

* Les protéines sont dosées selon la méthode de Lowry et *al.*, (1951) et exprimées en mg.l⁻¹ d'équivalent albumine de boeuf.

* Les lipides sont extraits dans un mélange de chloroforme et méthanol (Bligh et Dyer, 1959) et sont dosés selon la technique de Marsh et Weinstein (1966). Ils sont donnés en mg.l⁻¹ d'équivalent acide tripalmitique.

* Les glucides sont dosés selon la méthode de Dubois et *al.*, (1956) et sont exprimés en mg l⁻¹ d'équivalent glucose.

Ces résultats ont permis de calculer l'énergie particulaire, exprimée en joules par litre selon l'équation établie par Brody (1945).

$$E \text{ (J.l}^{-1}\text{)} = 23,65 \times \text{Protéines (mg.l}^{-1}\text{)} + 17,16 \times \text{Glucides (mg.l}^{-1}\text{)} + 39,56 \times \text{Lipides (mg.l}^{-1}\text{)}.$$

2.3.2. Production expérimentale de l'huître plate (*Ostrea edulis*)

L'expérience s'est effectuée sur une période de 8 mois et des émersion de 2 heures par jour ont été aménagées pour acclimater les huîtres à l'émersion et évacuer les biodépôts.

Des lots d'huîtres numérotées de 40 individus par enceinte, ont été mesurés et pesés au début et à la fin de l'étude. Cette technique permet d'obtenir des taux de croissance individuelle et de

s'affranchir de la variabilité d'un échantillonnage aléatoire quand les populations de départ ne sont pas très homogènes.

Par ailleurs, un suivi mensuel a permis de dénombrer la mortalité ponctuelle mais aussi d'estimer la croissance des huîtres plates.

- Mortalité et production par plateau.

A chaque prélèvement, la mortalité par niveau a pu être estimée et un poids total d'huîtres vivantes a été mesuré. Il a été ainsi possible de calculer le poids individuel par niveau (P. ind) de la manière suivante :

$$P.ind = \frac{\text{Biomasse vivante par niveau (g)}}{\text{Nombre d'huîtres vivantes par niveau}}$$

- Biométrie

Selon les fréquences d'échantillonnage définies précédemment, 40 animaux sont prélevés aléatoirement par famille (2 huîtres x 4 niveaux x 5 enceintes) et font l'objet d'une analyse biométrique individuelle.

Les longueurs, largeurs et épaisseurs sont mesurées avec un pied à coulisse précis au 1/10 de mm. Ces paramètres permettent de calculer un indice de forme (Imaï et Sakaï, 1961) en appliquant la formule suivante :

$$IMSA = \frac{\text{épaisseur} \times 100}{(\text{longueur} + \text{largeur}) / 2}$$

Le poids total vivant de l'huître est mesuré individuellement au 1/10g. Après avoir été décoquillée, la chair est égouttée sur papier absorbant puis congelée avant d'être lyophilisée pendant 48 heures. La chair sèche est alors stockée dans un dessiccateur en attendant la pesée, effectuée au 1/100g. Les coquilles vides sont au 1/10g.

Des indices ont été calculés à partir de ces différents paramètres biométriques. Ce sont des combinaisons mathématiques qui donnent des valeurs numériques, souvent sans unité, et permettent d'apprécier certains phénomènes qui ne sont pas directement mesurables, tels que l'état physiologique des individus ou leur taux de croissance.

L'indice de condition

L'indice physiologique utilisé dans cette étude est celui de Lawrence et Scott (1982) dont la formule est la suivante :

$$I.C. = \frac{\text{Poids de la chair sèche (g)}}{\text{Poids total (g) - Poids de coquille (g)}} \times 1000$$

Bodoy et *al.*, (1986) montrent que cet indice présente, parmi d'autres, la plus forte sensibilité et la plus petite variabilité sans être dépendant de l'âge de l'animal. Par ailleurs, il est simple à calculer et donne une appréciation du taux de remplissage du volume intervalvaire par la chair de l'huître.

Taux de croissance

Celui-ci est estimé de deux façons :

- *G30*

Il a été calculé à partir des poids moyens par individu selon la formule de Spencer et Gough (1978).

$$G_{30} = \frac{30}{t - t_0} \times \text{Ln} \frac{W_t}{W_0}$$

W_0 : Poids initial

W_t : Poids final

$t - t_0$: Durée entre deux mesures exprimée en jours

- Gain de poids quotidien (GPQ)

$$\text{G.P.Q (g/j)} = \frac{W_t - W_0}{t - t_0}$$

Enfin, le degré d'infestation du ver *Polydora* dans la coquille de l'huître a été estimé selon l'échelle à 5 niveaux appliquée à l'huître creuse (Catherine et *al.*, 1990). Les résultats sont exprimés de manière quantitative (% d'huîtres infestées) et qualitative (niveau d'infestation sur 40 animaux).

2.4. ETUDE DU SYSTEME EXPERIMENTAL (tableau 3)

Avant de poursuivre davantage dans cette étude, il a été indispensable de démontrer la fiabilité du système de production en garantissant une qualité de croissance identique quelle que soit la position dans le bassin d'élevage et pour une même famille d'huîtres. Pour ce faire, il a été décidé de diviser schématiquement le bassin en trois zones dans le sens de la longueur et cinq dans celui de la largeur définissant ainsi quinze cases de production. D'après ce modèle, une analyse de variance a été réalisée avec le poids individuel et la survie des huîtres comme variables. Elle repose sur deux facteurs (longueur : 5; largeur : 3) et quatre répétitions (4 niveaux par enceinte) définissant une analyse sur 60 observations.

Tableau 3 : Analyse de variance de la croissance en fonction de l'emplacement des enceintes dans le bassin d'élevage.

Facteurs Etudiés	Poids individuel		Survie		
	Test F	Proba (%)	Test F	Proba (%)	Newman-Keuls
Longueur: F1	1.75	15.45	3.13	2.34	long 1 A long 2 A long 3 A long 4 A long 5 A
Largeur: F2	1.06	35.73	0.98	38.53	
Interaction F1*F2	2.66	1.76	2.23	4.26	

Le tableau 3 ne montre pas de différences significatives (au seuil de 5%) du poids individuel en fonction de la longueur et de la largeur du bassin. La même remarque peut être faite pour la survie par rapport à la largeur. Cependant, il existe une différence significative de la survie sur la longueur du bassin mais le test de Newman-Keuls ne définit qu'un seul groupe homogène et la hiérarchisation ne traduit pas une logique que l'on peut aisément interpréter. Enfin, l'interaction (Longueur * Largeur) définit pour les deux paramètres une différence statistique, mais il s'agit là d'une comparaison entre famille.

En conclusion, il est possible d'affirmer qu'il n'existe pas de différence de croissance par rapport à la position spatiale du bassin, et que le système d'élevage présente une unité de production homogène.

III Résultats

3.1. LE MILIEU D'ELEVAGE

Température (fig.2.a)

La température moyenne de l'eau enregistrée sur la durée totale de l'étude (8 mois) est de 17,4°C ± 0,5°C (n = 214), avec un minima début novembre, et un maxima fin juin, respectivement de 5°C et 28°C.

Les températures moyennes augmentent du début de l'étude à juin (13,0°C à 25,5°C) et diminuent de juin à novembre (25,5°C à 6,5°C).

Les écarts moyens quotidiens représentent 3,4°C et peuvent s'échelonner de 1°C à 7°C. Ces données témoignent de la sensibilité du système d'élevage aux variations de température de l'air, sans présenter pour autant de corrélation saisonnière.

Oxygène (fig.2.b)

Le pourcentage d'oxygène qui traduit la disponibilité de cet élément dans l'eau était, la plupart du temps supérieur à 80% avec une moyenne de $93\% \pm 2\%$ durant la période étudiée ($n = 92$).

Lors d'une panne générale du réseau électrique survenue le 25 juin, le taux d'oxygène est descendu à 10%. Cet incident s'est produit en fin de semaine et n'a pu être immédiatement rétabli. La durée de désoxygénation a pu être estimée à 24 heures. Hormis cet épisode accidentel préjudiciable à la physiologie de l'huître, les taux d'oxygène ont varié de 78% à 105%.

Salinité (fig.2,c)

La salinité augmente d'avril (29,6‰) à juin (37,2‰) où elle atteint son maximum. Elle diminue lentement par la suite, jusqu'à la fin de l'étude (35,0‰). La valeur moyenne enregistrée tout au long de l'étude a été de $34,2\text{‰} \pm 0,2\text{‰}$ ($n=141$).

Matière particulaire (fig.3)

Il existe entre autres, deux moyens d'apprécier la matière particulaire :

- La mesure de la turbidité.
- La pesée de sestons retenus sur filtre et perte au feu pour définir le poids organique

Si la première technique est la plus rapide, en revanche elle ne donne aucune indication sur la nature des particules (organiques ou minérales).

Dans cette étude, les deux méthodes ont été adoptées pour déterminer dans un milieu original, la correspondance entre la turbidité et la charge particulaire totale.

Dans le milieu d'élevage, le seston total varie de $7,1 \text{ mg.l}^{-1}$ à $122,0 \text{ mg.l}^{-1}$ autour d'une moyenne de $29,0 \text{ mg.l}^{-1} \pm 9,1 \text{ mg.l}^{-1}$ ($n = 28$). Les valeurs observées augmentent nettement à partir du mois d'août. Parallèlement, la turbidité évolue de 3,0 à 35 avec une moyenne de $12,7 \pm 3,4$ ($n = 28$). Une corrélation a pu être établie entre les valeurs de turbidité et la charge particulaire totale. Elle s'écrit :

$\text{Seston total (mg.l}^{-1}) = 2,4 \times \text{NTU} + 0,3$ avec $F = 121,4$; $P < 0,01\%$; $R^2 = 0,62$; $n = 78$.

Par ailleurs, le pourcentage de matière organique par rapport au seston total présente des valeurs qui vont du simple au double (mini : 15,5%; maxi 32,9%). La moyenne générale est de $23,7\% \pm 1,8\%$ ($n = 28$). On peut observer sur les graphiques que le pourcentage de matière organique augmente lorsque le seston total diminue. Il est ainsi possible de conclure que les fortes turbidités sont accompagnées d'une part importante de minéral.

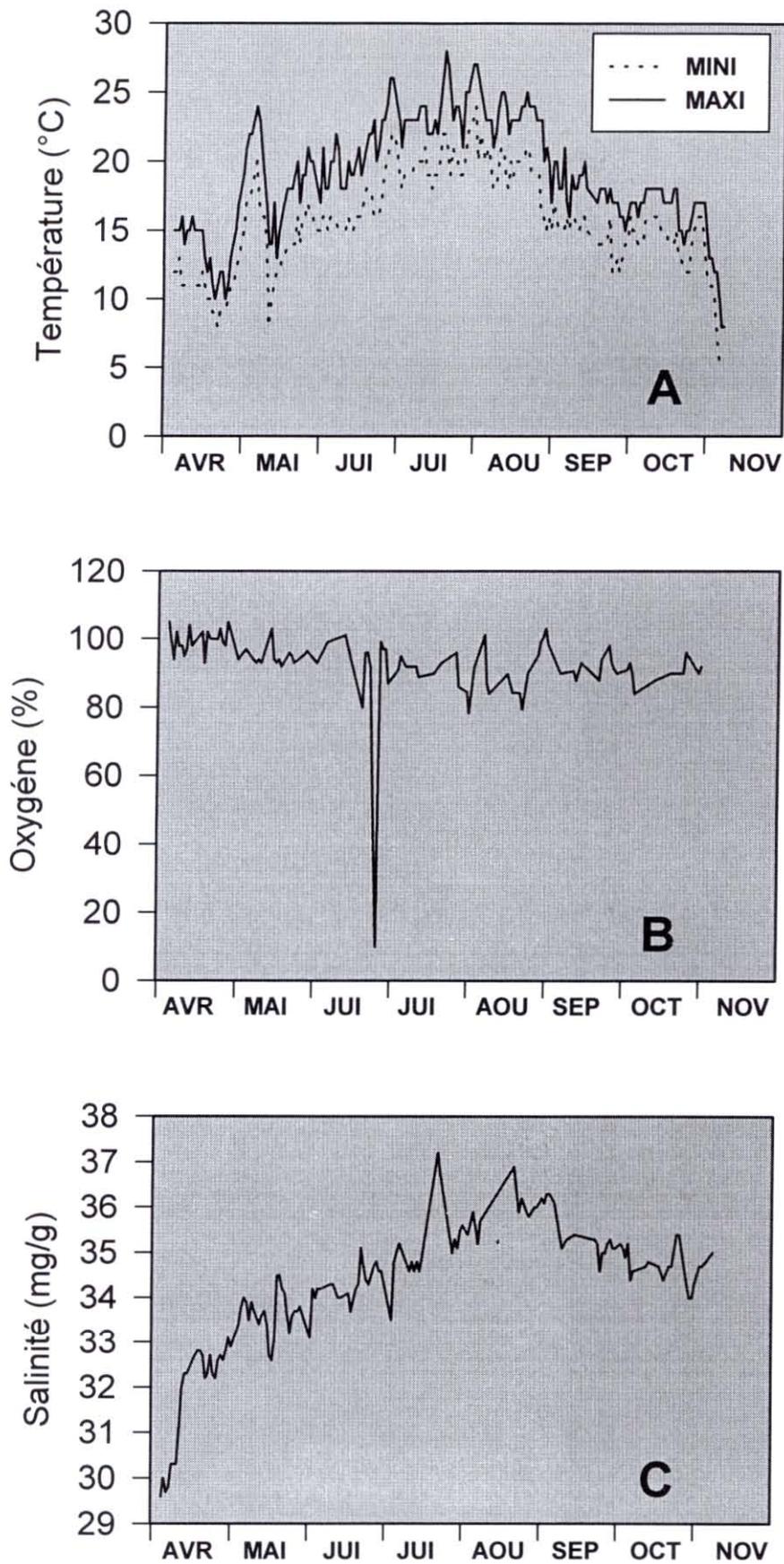


Figure 2: Caractéristiques physiques du milieu d'élevage

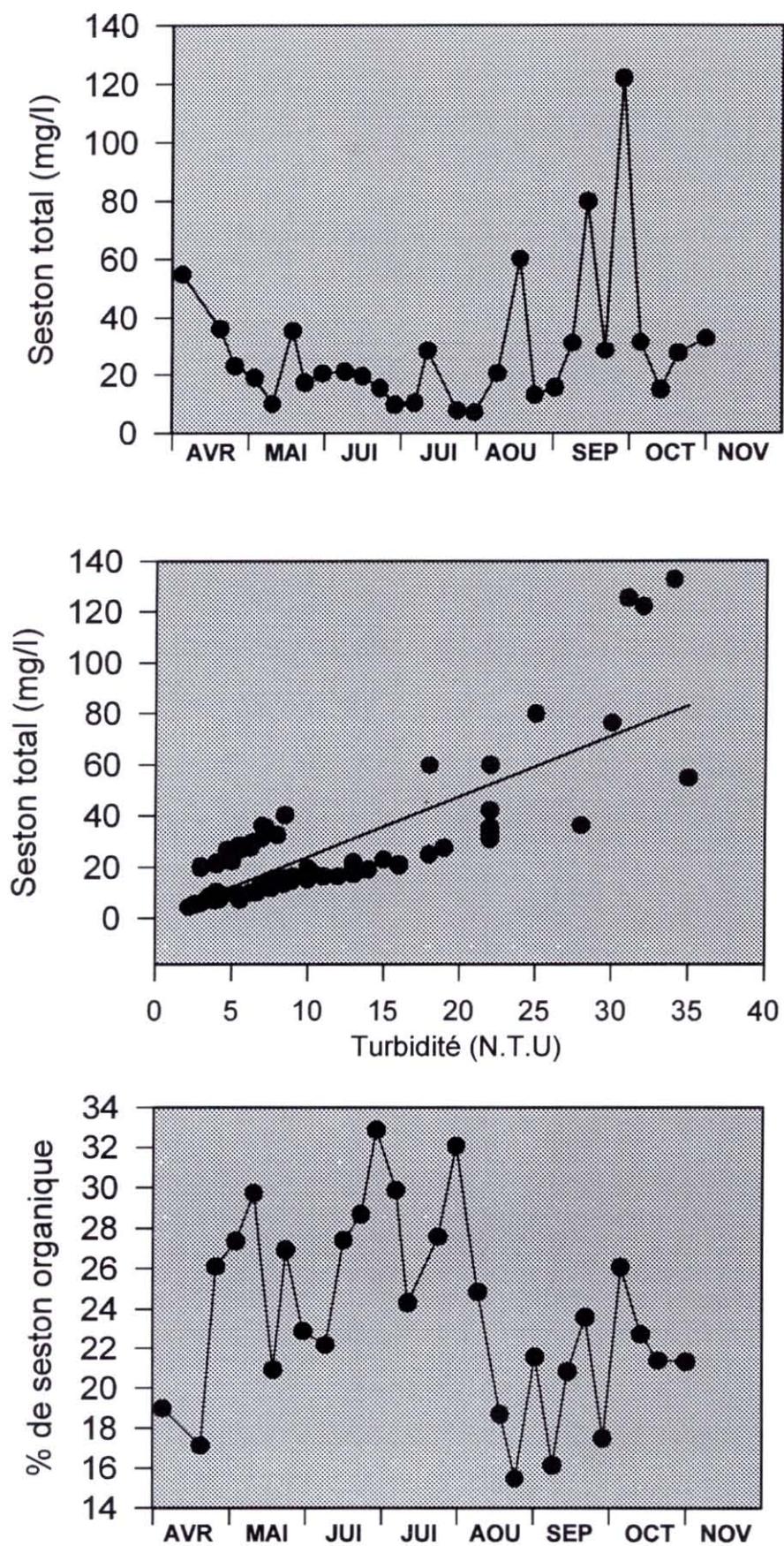


Figure 3: Matières particulaires du milieu d'élevage

Débit (fig.4)

Tout au long de l'étude, le débit du mélange eau de mer plus phytoplancton a été maintenu entre 15m^3 et 25m^3 . La moyenne a été de $19,5\text{m}^3 \pm 0,4\text{m}^3$ ($n = 60$). Les mesures de débit étaient contrôlées au moyen d'un récipient taré à 80 litres, et d'un chronomètre.

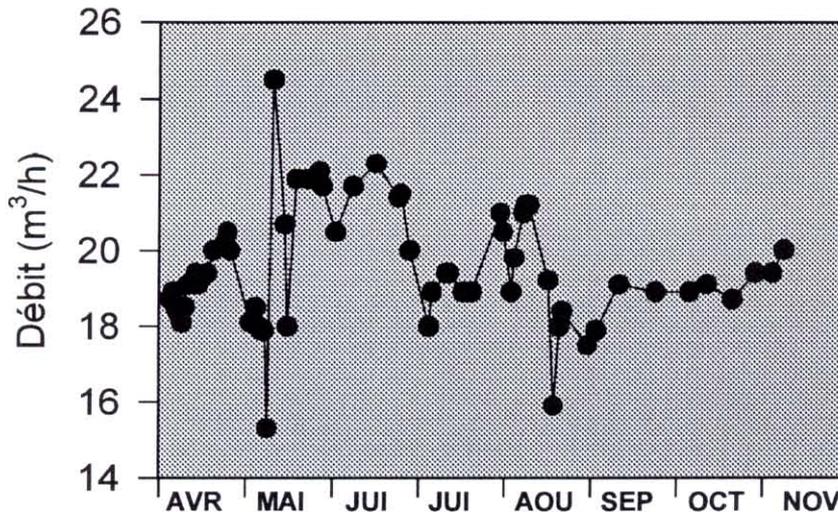


Figure 4 : Variations des débits au cours de l'étude

Energie particulaire (fig.5)

L'énergie d'entrée véhiculée par l'eau de mer est directement dépendante de la densité cellulaire des cultures de phytoplancton. Ces cultures sont utilisées, en moyenne, après trois jours de croissance phytoplanctonique.

Durant cette période, les facteurs climatiques, qui ne peuvent être maîtrisés, conditionnent le développement de la biomasse algale.

L'énergie mesurée à l'entrée et à la sortie du bassin présente des variations identiques pendant l'étude.

De juin à début août, les valeurs chutent sensiblement de 88j.l^{-1} à 30j.l^{-1} à l'entrée, et réaugmentent en moyenne à 40j.l^{-1} pendant l'automne. L'énergie particulaire de l'eau d'alimentation est en moyenne de $56,2\text{j.l}^{-1} \pm 6,4\text{j.l}^{-1}$ ($n = 29$). La valeur maximale est de $95,2\text{j.l}^{-1}$ au début de l'étude et le minimum de $29,6\text{j.l}^{-1}$ en août.

En sortie, l'énergie moyenne est de $45,2\text{j.l}^{-1} \pm 5,6\text{j.l}^{-1}$ ($n = 29$), avec des valeurs maximales et minimales respectivement de $72,6\text{j.l}^{-1}$ et $21,8\text{j.l}^{-1}$.

En l'absence d'un bac témoin sans huîtres, la consommation énergétique est considérée dans cette étude, comme la rétention totale du système de production (huîtres + infrastructures).

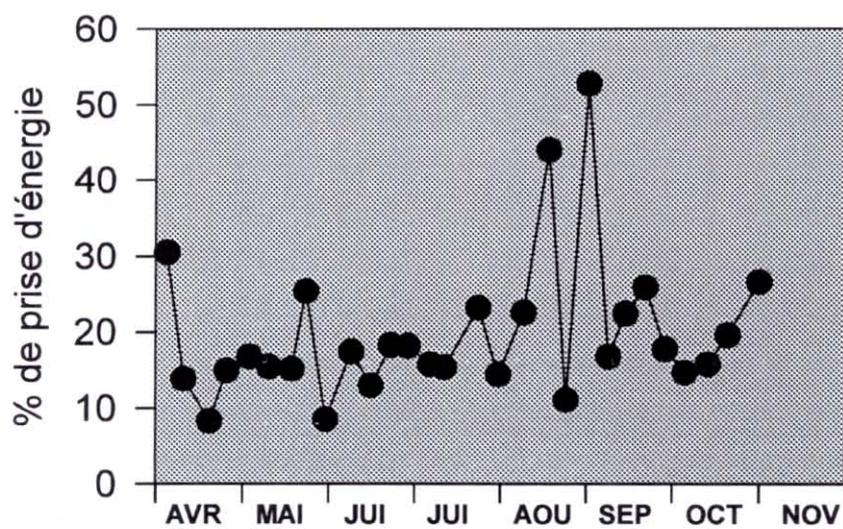
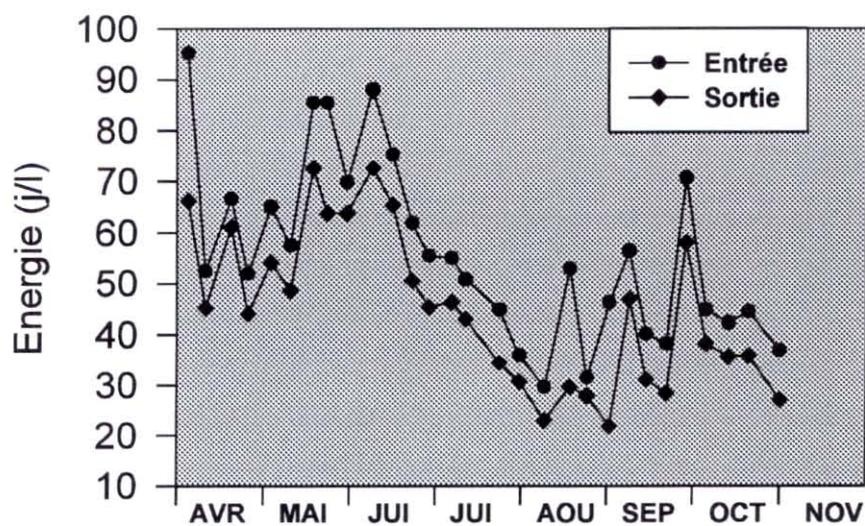


Figure 5: Evolution de l'énergie particulaire du milieu d'élevage

Hormis deux épisodes où la prise de nourriture est supérieure à 40%, celle-ci varie peu. Elle est en moyenne de $19,5\% \pm 0,4\%$ ($n = 60$).

Bien qu'il n'a pas été possible de noter de corrélation significative, on peut observer une tendance à l'augmentation de la rétention de la nourriture lorsque celle-ci décroît.

Composés biochimiques.

Le tableau 4 résume les caractéristiques générales des composés biochimiques particuliers de l'eau à l'entrée et à la sortie du bassin d'élevage. On peut observer que les protéines constituent l'élément majoritaire, suivi des glucides et enfin des lipides. La variabilité est importante et dépend de la qualité des cultures de phytoplancton comme expliqué plus haut (*cf.* énergie particulière). On peut noter toutefois que la prise des protéines et glucides semble identique, alors que celle des lipides est nettement inférieure.

Tableau 4 : Caractéristiques biochimiques de la charge particulaire de l'eau d'élevage ($n = 29$).

		Protéines (mg/l)	Lipides (mg/l)	Glucides (mg/l)
Entrée	Moyenne	0.9	0.6	0.8
	Minimum	0.3	0.3	0.2
	Maximum	1.6	0.9	1.9
Sortie	Moyenne	0.7	0.5	0.6
	Minimum	0.2	0.3	0.1
	Maximum	1.2	0.7	1.4
Pourcentage de prise		22.2%	16.7%	25.0%

3.2. LES HUITRES

- Mortalités et biomasse par plateau (fig.6)

L'évolution des mortalités ponctuelles représente une courbe de Gauss, et met en évidence d'importantes pertes à partir de juin et jusqu'à août. Les taux de mortalité les plus importants ont été observés en juillet avec pour les familles Q, R6, R7, respectivement, 33,7%, 24,0% et 30,4%.

Une analyse de variance réalisée sur la durée totale de l'étude a montré que les différences de mortalité étaient hautement significatives selon les lots ($F = 19,60$, $P < 0,01$; $n = 480$), selon les mois ($F = 196,71$; $P < 0,01$; $n = 480$) mais aussi selon le niveau ou plateau d'élevage ($F = 3,66$; $P = 0,012$; $n = 480$).

Un test de Newman-Keuls a pu hiérarchiser ces résultats en différents groupes homogènes selon des mortalités décroissantes :

* Familles d'huîtres :

Q (lot témoin d'Atlantique) > R7 et R6 (lots "résistants ou tolérants")

* Mois

Juillet > Août > Septembre et Octobre > Mars et Avril

* Niveau

Clayette 3 > Clayette 2, 4 et 1

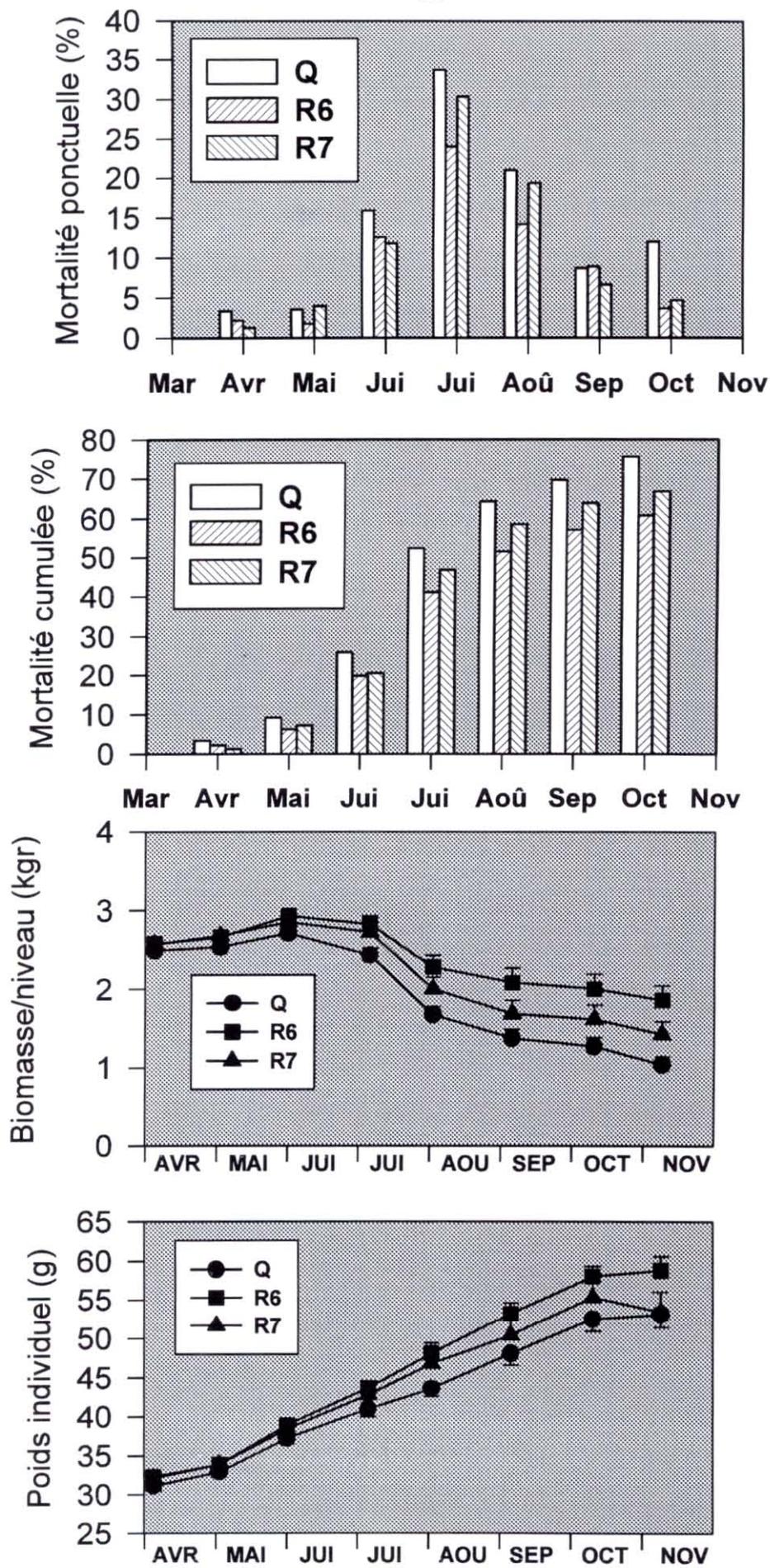


Figure 6 : Mortalité ponctuelle, mortalité cumulée, biomasse par niveau et poids individuel des huîtres en élevage.

Les mortalités cumulées augmentent rapidement de mai à août puis lentement jusqu'à la fin de la période étudiée. En fin d'expérience, elles sont de 75,6% pour Q, 60,8% pour R6 et 66,8% pour R7.

Le poids total d'huîtres par plateau est relativement homogène en avril (Q = 2,49kg ± 0,05kg, R6 = 2,58kg ± 0,04kg, R7 = 2,57kg ± 0,06kg . n = 20).

Les biomasses augmentent jusqu'en juin où elles atteignent leur maximum (Q = 2,71kg ± 0,06kg, R6 = 2,93kg ± 0,06kg, R7 = 2,85kg ± 0,11; n = 20).

Par la suite, les mortalités sont importantes et la production biologique ne suffit pas à augmenter ni même à maintenir la biomasse qui diminue jusqu'en novembre (Q = 1,04kg ± 0,1kg ; R6 = 1,85kg ± 0,19kg ; R7 = 1,42kg ± 0,06kg , n = 20).

Le poids individuel est obtenu dans ce cas par le rapport, biomasse par plateau/nombre d'huîtres. En avril il était de 31,1g ± 0,6g pour Q, 32,3g ± 0,5g pour R6 et enfin 32,1g ± 0,7g pour R7 (n = 120). Pendant l'étude, la croissance individuelle représente une augmentation linéaire du poids des huîtres jusqu'en novembre (Q = 53,1g ± 1,7g, R6 = 58,8g ± 1,8g, R7 = 53,4g ± 2,6g ; n = 20). Une analyse de variance montre des différences hautement significatives pour trois facteurs étudiés (famille, mois, niveau).

Les familles sont hiérarchisées au moyen du test de Newman-Keuls en trois groupes homogènes (poids individuel décroissant) (F = 8,155; P < 0,01; n = 480).

Souche "tolérante ou résistante" R6 > souche "tolérante ou résistante" R7 > lot témoin Q.

D'autre part, les croissances mensuelles sont significativement différentes de mois en mois, excepté en fin d'étude où octobre et novembre ne peuvent être dissociés (F = 875,67; P < 0,01; n = 480).

Enfin, le niveau de production par clayette est hiérarchisé selon des poids individuels croissant du haut vers le bas (F = 68,08; P < 0,01; n = 480).

Le test de Newman-Keuls situe les niveaux de la manière suivante :

Niveau 1 :	A
Niveau 2 :	B
Niveau 3 :	B C
Niveau 4 :	C

Biométrie

L'évolution de la longueur et de la largeur des huîtres présente pour les trois familles une croissance, que l'on peut dissocier en trois périodes (fig.7). Ceci est confirmé par une analyse de variance réalisée en fonction de ces deux paramètres et à un facteur étudié (mois) (Longueur : F = 44,70; P < 0,01; n = 960; Largeur : F = 24,70; P < 0,01; n = 960). Un test de Newman-Keuls hiérarchise les mois en fonction du potentiel de croissance :

Avril et mai < Juin, août et juillet < Septembre, novembre et octobre.

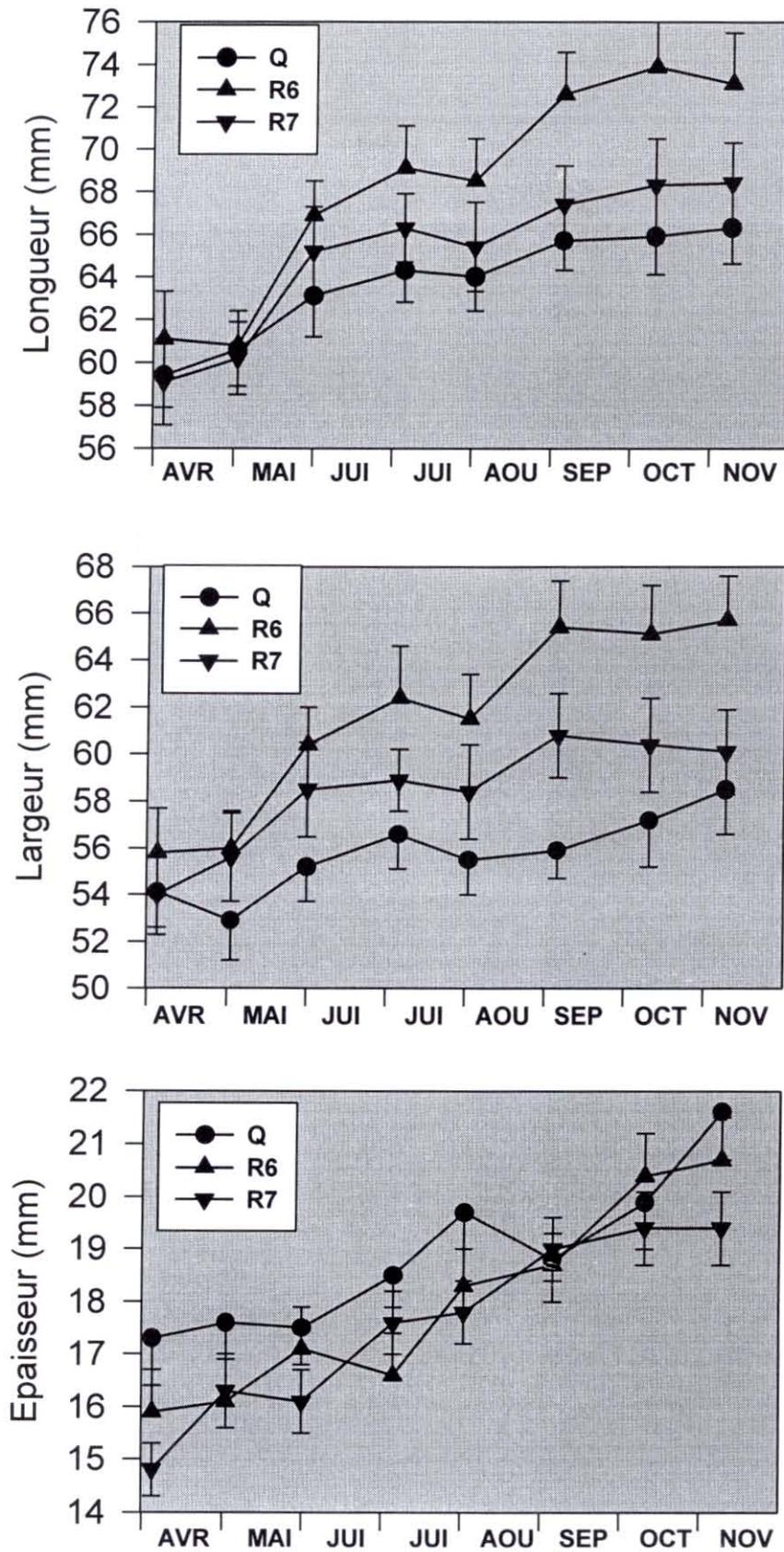


Figure 7: Evolution des longueurs, largeurs et épaisseurs des huîtres en élevage.

Au début de l'étude, les longueurs étaient pour Q, R6 et R7 respectivement de $59,4\text{mm} \pm 1,5\text{mm}$ ($n = 40$), $61,1\text{mm} \pm 2,2\text{mm}$ ($n = 40$), $59,1\text{mm} \pm 2,0\text{mm}$ ($n = 40$) et à la fin de l'étude, dans le même ordre, de $66,3\text{mm} \pm 1,7\text{mm}$ ($n = 40$), $73,1\text{mm} \pm 2,4\text{mm}$ ($n = 40$) et $68,4\text{mm} \pm 1,9\text{mm}$ ($n = 40$)

La largeur, quant à elle, augmente de $54,1\text{mm} \pm 1,5\text{mm}$ ($n = 40$) à $58,5\text{mm} \pm 1,9\text{mm}$ ($n = 40$) pour Q, de $55,8\text{mm} \pm 2,0\text{mm}$ ($n = 40$) à $65,7\text{mm} \pm 1,9\text{mm}$ ($n = 40$) pour R6 et enfin de $54,0\text{mm} \pm 1,7\text{mm}$ ($n = 40$) à $60,1\text{mm} \pm 1,8\text{mm}$ ($n = 40$) pour R7.

L'analyse de variance résumée dans le tableau 5 présente des différences hautement significatives entre les lots avec un arrangement identique ($R6 > R7 > Q$) pour la longueur et la largeur.

La croissance des huîtres en épaisseur ne montre pas de différences marquées en fonction de la saison et augmente de façon linéaire d'avril à novembre quelle que soit la famille. Cependant, le tableau 5 montre des différences significatives entre les lots et hiérarchise les familles de la manière suivante : $Q > R6 > R7$

On peut observer également des cinétiques différentes de la croissance pondérale en fonction des familles d'huîtres (fig. 8).

D'avril à juillet, le poids des huîtres augmente plus vite et de manière identique pour les souches résistantes ou tolérantes par rapport au lot témoin.

D'août à novembre, la croissance pondérale différencie les trois familles d'huîtres (fig.8a). L'analyse de variance (tableau 5) dissocie significativement leur gain de poids respectif durant la période d'élevage et un test de Newman-Keuls permet de classer les familles en fonction de leurs performances.

Les poids de coquille suivent la même évolution que les poids totaux (fig.8b). L'analyse de variance est hautement significative et classe les familles dans le même ordre que pour les poids individuels (tableau 5).

Un incident technique n'a pas pu permettre de mesurer les poids de chair sèche en juillet. Cependant, il est possible de constater un accroissement significatif de la chair pendant la période printanière. Les poids secs se stabilisent d'août à octobre et chutent en novembre (fig.8c).

A la mise en élevage le poids de chair se situe, en moyenne, entre 0,92g et 1,0g. Alors que le maximum est atteint en mai ($1,40\text{g} \pm 0,13\text{g}$; $n = 40$) pour le lot témoin "Q", il n'est atteint qu'en juin ($1,54\text{g} \pm 0,14\text{g}$; $n = 40$) pour la souche tolérante ou résistante "R7" (F1 x F2) et en octobre ($1,49\text{g} \pm 0,14\text{g}$; $n = 40$) pour la souche tolérante ou résistante "R6" (F0 X F1).

Excepté pour la souche "R6" (F0 X F1), il est possible de constater des pertes de poids de chair de juin à octobre pour "Q" (témoin Atlantique) et en août pour "R7" (F1 X F2). Ces variations peuvent être attribuées à la libération des larves dans le milieu lors de la reproduction.

Même si les poids de chair sèche de la souche R6 semblent supérieurs d'août à novembre, il n'a pas été possible de différencier statistiquement les trois familles pendant la période totale de l'élevage (tableau 5).

Tableau 5: Analyse de variance à 1 facteur étudié (famille) en fonction des paramètres biométriques, sur la durée totale de l'élevage.

	Echantillon	Unités	Q	R6	R7	Test F	Proba (%)	Newman-Keuls		
Longueur	960	mm	63.7	68.3	65.0	47.84	< 0.01	R6	A	
								R7	B	
								Q		C
Largeur	960	mm	55.8	61.5	58.3	80.38	< 0.01	R6	A	
								R7	B	
								Q		C
Epaisseur	960	mm	18.9	18.0	17.5	26.17	< 0.01	Q	A	
								R6	B	
								R7		C
Poids total	960	g	42.1	46.7	43.9	18.04	< 0.01	R6	A	
								R7	B	
								Q		C
Poids de coquille	960	g	28.9	32.2	30.7	17.91	< 0.01	R6	A	
								R7	B	
								Q		C
Poids chair sèche	840	g	1.27	1.29	1.27	0.30	74.57			
Indice Condition (L&S)	840		98.9	92.2	98.9	7.68	0.06	Q	A	
								R7	A	
								R6		B
Imai & Sakai	960		31.7	27.8	28.5	92.02	< 0.01	Q	A	
								R7	B	
								R6		C
Polydora (infestation)	960		2.1	1.9	1.6	35.74	< 0.01	Q	A	
								R6	B	
								R7		C

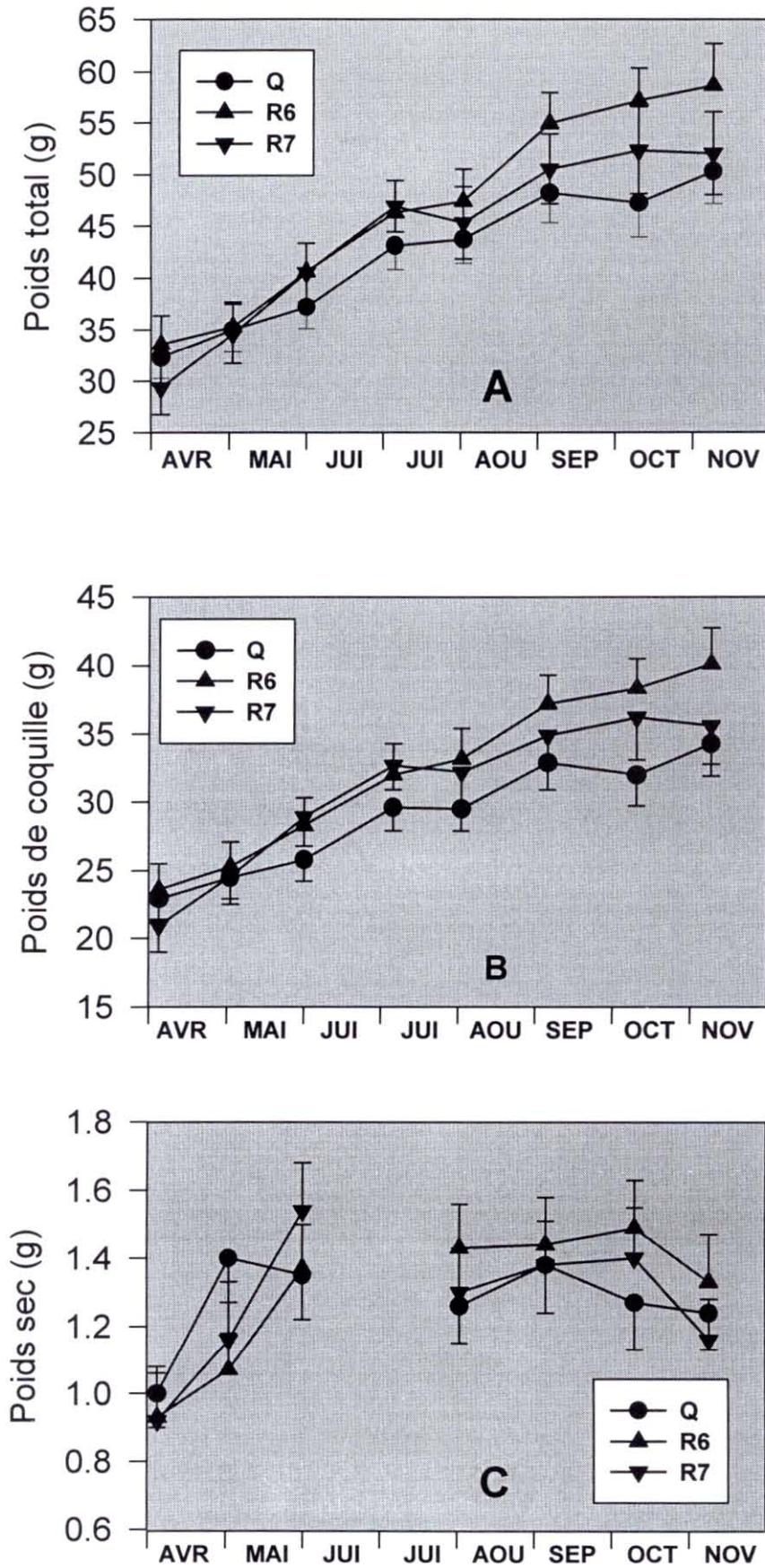


Figure 8: Evolution des poids individuels, poids de coquille et poids de chair sèche des huîtres plates en élevage.

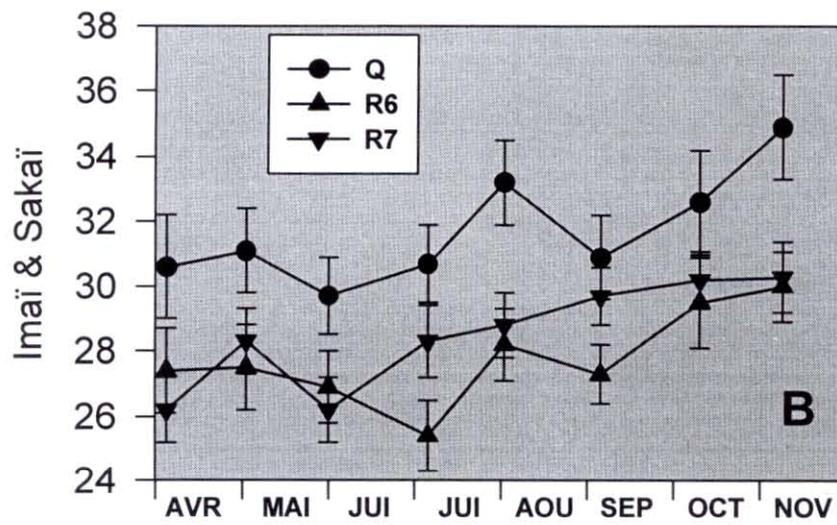
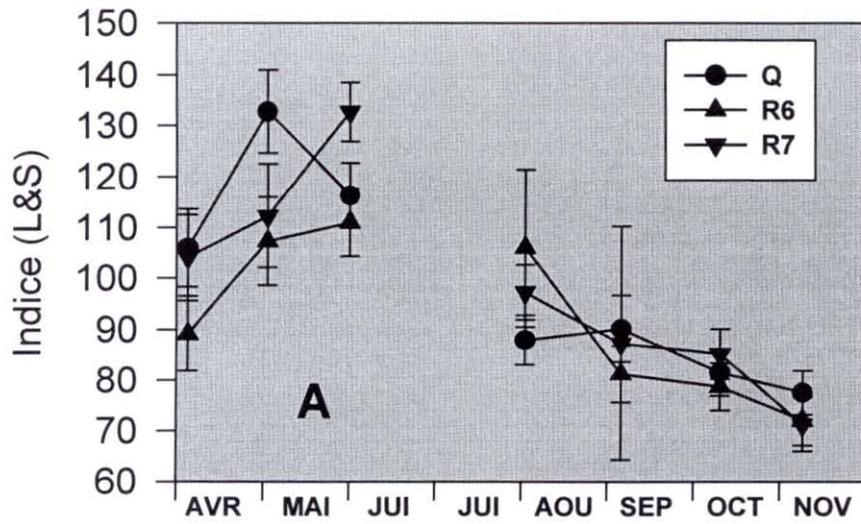


Figure 9: Evolution des indices physiologiques et de formes des huîtres en élevage.

L'indice physiologique de Lawrence et Scott (1982) augmente rapidement au printemps. Il atteint son maximum en mai pour "Q" ($132,8 \pm 8,2$; $n = 40$), et en juin pour "R6" et "R7", respectivement $111,0 \pm 6,7$ ($n = 40$) et $132,7 \pm 5,8$ ($n = 40$). Par la suite l'indice de condition diminue jusqu'à la fin de l'étude avec des valeurs inférieures à celles de la mise en élevage (fig.9a).

L'analyse de variance présente des différences significatives entre les lots et sur la période d'élevage (tableau 5). Les souches "Q" et "R7" ont des indices physiologiques supérieurs à la souche R6.

L'indice de forme Imaï et Sakaï (1961), varie peu d'avril à juin pour les lots Q et R7 (fig. 9b), alors que d'avril à juillet il diminue pour les souches R6 et passe de $27,4 \pm 1,3$ ($n = 40$) à $25,4 \pm 1,1$ ($n = 40$). Ceci traduit pour cette famille une croissance plus importante en longueur durant cette période que pour les autres lots (Q et R7) (fig.9).

C'est à partir de juillet que pour toutes les familles cet indice augmente jusqu'à la fin de l'étude.

Les trois lots sont différenciés par une analyse de variance réalisée sur la durée totale de l'étude et sont classés en groupes homogènes selon leur coefficient de forme, (tableau 5).

Le degré d'infestation du *Polydora* dans la coquille d'huître diminue globalement d'avril à juillet pour réaugmenter jusqu'en septembre. Par la suite et jusqu'à la fin de l'étude, celui-ci n'évolue plus (fig.10).

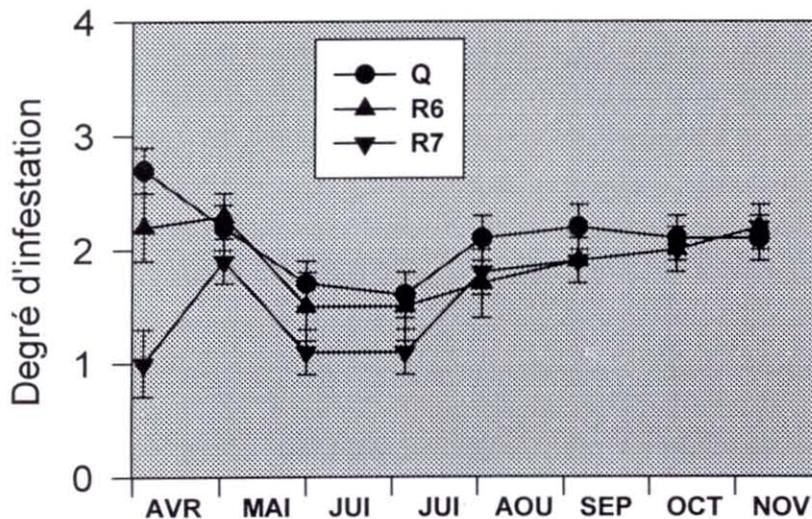


Figure 10 : Evolution du degré d'infestation du ver *Polydora* dans la coquille des huîtres.

Le taux d'huîtres infestées s'est situé entre 70% et 100% des populations, sans évolution logique dans le temps mais au gré de l'échantillonnage aléatoire des individus.

Il est intéressant de constater que suite au traitement à la saumure le degré d'infestation diminue, sans détruire totalement le ver *Polydora*.

L'analyse de variance est nettement significative en fonction des lots. Les groupes homogènes sont identiques à ceux définis au début de l'expérience.

Coefficients de croissance (fig.11).

Les gains de poids quotidien (G.P.Q) et les taux de croissance (G30) ont été calculés en fonction des variations saisonnières des poids totaux individuels. Le G.P.Q présente une accélération de la croissance d'avril à mai et se maintient globalement jusqu'en septembre, pour chuter en octobre.

Pendant la période de stabilisation les G.P.Q ont varié de 0,096 à 0,148 pour le lot témoin (Q), de 0,137 à 0,172 pour la souche résistante ou tolérante "R6" et enfin de 0,106 à 0,155 pour la souche résistante ou tolérante "R7".

Les G30, quant à eux, augmentent d'avril à mai et diminuent progressivement jusqu'en septembre, pour chuter en octobre.

En avril les G30 étaient de 0,051 pour "Q", 0,044 pour "R6" et 0,050 pour "R7" et augmentent en mai, respectivement à 0,127, 0,142 et 0,129.

La différence qui existe entre ces deux coefficients de croissance concerne essentiellement la période de mai à septembre. Pour le G.P.Q les performances sont stabilisées et pour le G30, elles diminuent.

Ceci peut être expliqué par le calcul même de ces deux indices. En effet, le G.P.Q prend en compte un gain de poids journalier, d'où son accroissement pondéral global entre deux dates de prélèvement, alors que le G30 pondère les variations par rapport au poids de l'animal entre les deux mesures. Il s'agit là, en fait, d'une standardisation de la croissance.

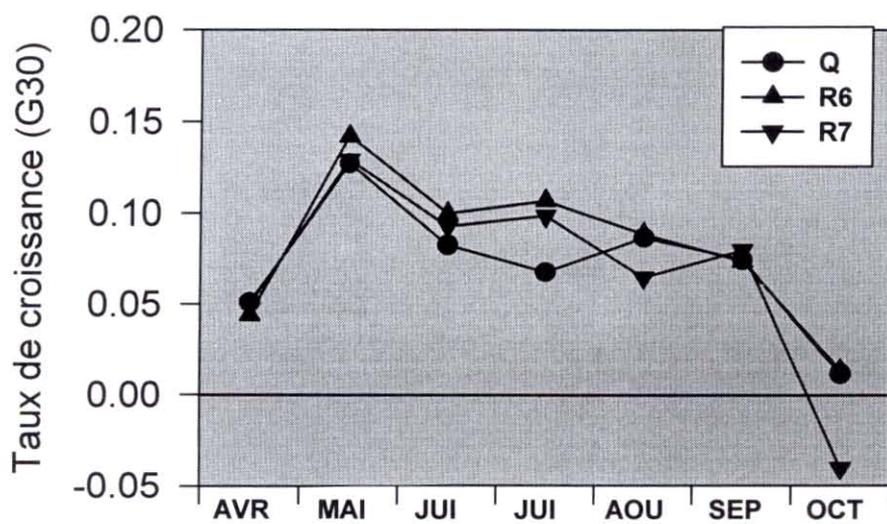
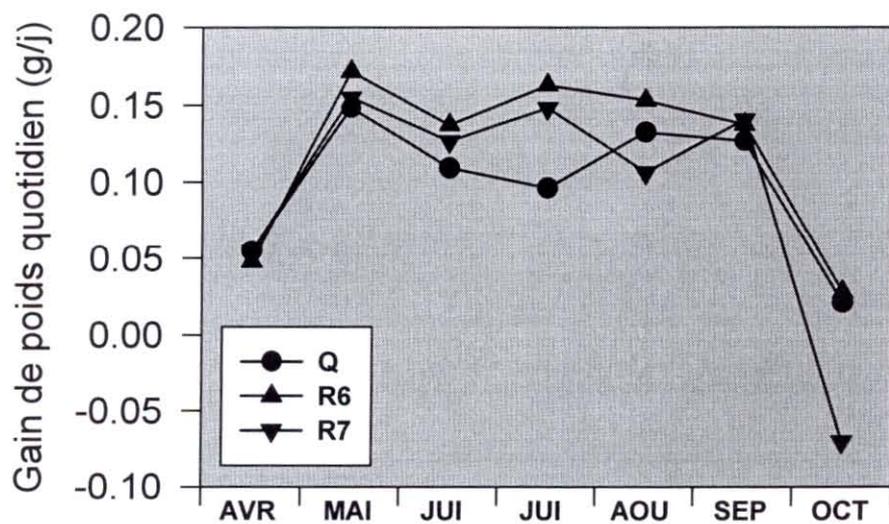


Figure 11: Evolution saisonnière des différents coefficients de croissance des huîtres plates.

IV - DISCUSSION

4.1. LE MILIEU D'ELEVAGE.

Excepté un épisode accidentel lié à une panne générale du circuit électrique, entraînant une chute importante du taux d'oxygène (10%), les paramètres physico-chimiques du milieu n'ont pas présenté de conditions préjudiciables à l'élevage d'*Ostrea edulis* dans le système de production intensive. Cependant, différents points peuvent être discutés:

Température

D'importantes fluctuations journalières de la température ont été constatées tout au long de l'étude. Celles-ci peuvent perturber la physiologie de l'huître notamment dans ses fonctions de filtration et par conséquent de rétention de la nourriture (Bougrier, com.pers.).

La variation des températures a été similaire à celle enregistrée en 1994 pour un élevage identique, (Morvan et al., 1995) avec une moyenne printanière peu différente de 15°C, de 20°C en été et de 15°C en automne. Selon Mann (1979) et Spencer (1988) une température de 20°C est idéale pour la croissance de l'huître plate. Wilson (1987) définit un "zéro biologique" de 11°C au-delà duquel il y a une "pousse" significative de la coquille d'*Ostrea edulis*. D'autre part, Buxton et al., (1981) observent que le taux de filtration est optimum entre 15°C et 20°C avec un maximum à 17°C, et remarquent que la consommation en oxygène de l'huître plate est stable de 5°C à 20°C et augmente d'un facteur de 2,5 lorsque la température atteint 25°C. Ainsi, les auteurs déterminent une plage thermique pour laquelle la croissance de l'huître plate est positive ou "Scope for growth" (Warren and Davis, 1967) à partir de 4-5°C avec un optimum à 17°C.

Matière particulaire-Energie

La turbidité moyenne relevée au cours de l'étude a été de 12,7 NTU (30,8mg/l⁻¹) soit 3,5 fois plus élevée que les valeurs observées en 1994 (Morvan et al., 1995). Cette charge particulaire riche en minéral est issue d'une mauvaise décantation de l'eau de mer. Elle peut diminuer les performances physiologiques de l'huître plate suite à une dilution du phytoplancton et favoriser ainsi une sélection préingestive coûteuse en énergie. Ceci a pu être observé par Widdows et al., (1979), Bayne et al., (1989) avec *Mytilus edulis*, Vahl (1980) avec *Chlamys islandica* et Soletchnik et al., (1991) sur *Crassostrea gigas*. De plus, il a été démontré que le rapport organique sur minéral représentait un des meilleurs traceurs de la croissance des mollusques filtreurs et que celui-ci devait être le plus élevé possible pour assurer un rendement d'assimilation maximum (Bayne et Worrall, 1980; Haure et Baud, 1995).

L'énergie particulaire retenue pour les huîtres, en supposant que la rétention due à l'infrastructure du système est négligeable, a été en moyenne de 19,5% ± 0,4% de la nourriture apportée.

En 1994, le pourcentage de prise atteignait 70%, dès le deuxième mois d'élevage. Il était proche de 90% à la fin de l'étude, malgré un dédoublement de la densité d'huîtres au cours du suivi

(Morvan et al., 1995). Il est nécessaire de rappeler les normes d'élevage qui avaient été fixées lors de ces derniers travaux :

- Ration alimentaire : $1,4 \cdot 10^9$ cellules de phytoplancton /huître/jour;
- Débit circulant : 0,4 litre/heure/huître.

Dans ce contexte, il est apparu que l'huître appauvrissait très rapidement le milieu par son activité de filtration, supérieure au débit entrant. A titre comparatif, Drinnan (1964) trouve, pour *Ostrea edulis*, un taux de filtration moyen de 3,39 l/h/g de poids sec sans cendre, acclimatée à 18,5°C. Wilson (1983) estime une filtration de 4,99 l/h/g de poids sec sans cendre à 20°C.

La priorité de cette étude était d'obtenir le meilleur rendement de croissance sans tenir compte du coût fonctionnel qui est indispensable pour optimiser le système d'élevage. Dans ce contexte un débit de 4 l/heure/huître a été fixé au début de l'étude et a été maintenu à 20 m³/h pour le bassin d'élevage, malgré les mortalités d'huître successives. Ainsi, on peut penser que le flux véhiculant la nourriture a toujours été au dessus du seuil de filtration critique qui peut appauvrir le milieu par recirculation de l'eau à travers les branchies comme Riisgård (1977) l'a suggéré.

D'autre part, la vitesse de déplacement des particules, exprimée par un courant, peut améliorer les performances de croissance des mollusques par le renouvellement rapide de la nourriture retenue par les bivalves (Wilson, 1987; Kirby-Smith, 1972).

Suite à des études écophysologiques récentes menées sur le comportement de l'huître creuse soumise à différents niveaux de nourriture et de débits (Haure et Baud, données non publiées), la concentration algale a été adaptée à 30 cellules/ μ l pour *Ostrea edulis*. Cet apport nutritif équivalent à une ration de $3 \cdot 10^9$ cellules/jour/huître n'a pas semblé être un facteur limitant (19,5% de rétention en moyenne).

Certains auteurs ont utilisé différentes concentrations algales pour étudier les fonctions physiologiques de l'huître plate *Ostrea edulis*. Ainsi, Riva et Massé (1983) ont adopté 12 à 15 cellules/ μ l de *Tetraselmis suecica* alors que Buxton et al. (1981) utilisent une concentration de 20 cellules/ μ l de cette même espèce et considèrent que le seuil de production de pseudofécès n'est pas atteint. Wilson (1983) préfère une concentration de 150 à 200 cellules/ μ l d'*Isochrysis galbana* mais constate que la filtration de l'huître diminue au fur et à mesure que la biomasse algale augmente et définit un pic à 18,2 cellules/ μ l.

Il est apparu que la prise des composés biochimiques différait selon leur nature. La rétention des protéines et des glucides particuliers semble équivalente et est respectivement de 22,2% et 25,0%. En revanche, la diminution des lipides entre l'entrée et la sortie du bassin ne représente que 16,7%

De la même manière, Morvan et al. (1995) observent ce différentiel de rétention entre les composés biochimiques avec une augmentation de la fonction lipidique à la sortie du bassin. D'après les connaissances actuellement acquises sur le tri preingestif de la matière particulaire par les mollusques filtreurs, il semble délicat de conclure que *Ostrea edulis* puisse sélectionner la nourriture en fonction de sa composition biochimique. L'hypothèse qui peut être avancée trouverait sa justification dans l'effort de reproduction des individus, que l'on observe généralement dans ce type d'élevage intensif. En effet, dans les limites de températures relevées et de quantité de nourriture apportée, les huîtres accumulent rapidement des réserves qui s'orientent vers une production de spermatozoïdes et de larves qui sont successivement libérés dans le milieu. Ces derniers sont très riches en acides gras et peuvent expliquer l'analyse différentielle des composés biochimiques, voire même des quantités de lipides supérieures à la sortie qu'à l'entrée du bassin, comme l'ont constaté Morvan et al. (1994).

4.2. LES HUITRES

La croissance

Après examen des statistiques de la plupart des paramètres biométriques, il a été possible de hiérarchiser, de façon globale, les performances de croissance des trois familles étudiées comme suit : $R6 > R7 > Q$.

Ce bilan général est en accord avec celui obtenu par Morvan et *al.* (1995).

Toutefois, certains facteurs de croissance ne répondent pas au constat précédent. Ainsi, l'analyse statistique des poids de chair sèche ne peut dissocier les familles. Il apparaît donc que ce paramètre ne présente pas de réponse suffisamment sensible pour dissocier les populations dans un système d'élevage tel qu'il a été défini dans cette étude.

Les indices de condition sont en moyenne supérieurs à 90 et témoignent d'une bonne qualité de chair selon l'échelle établie par Walne et Mann (1970). Cependant, cet indice, qui donne une idée relative du coefficient de remplissage intervalvaire est significativement supérieur pour le lot témoin "Q" et respectivement, dans un ordre décroissant, pour "R7" et "R6".

Ceci, va à l'encontre de l'arrangement précédemment décrit et peut trouver sa justification dans le calcul même de l'indice de condition et de la forme de l'animal. En effet, l'accroissement en longueur et du poids de la coquille ne s'accompagne pas immédiatement d'une augmentation du volume intervalvaire et peut ainsi biaiser l'appréciation des calculs.

Par ailleurs, l'indice de forme (Imaï et Sakai) montre que les huîtres des lots résistants ou tolérants ont une croissance en longueur et en largeur plus élevée que celles du lot témoin qui présentent, quant à elles, une tendance à s'arrondir et à épaissir.

Les coefficients de croissance ont montré que les périodes les plus favorables au gain de poids total se situent soit au printemps seulement (G30) ou au printemps et en fin d'été (G PQ). Walne et Mann (1975) constatent que le printemps est la saison où l'augmentation de poids total de *Ostrea edulis* est la plus forte.

D'autre part, les températures moyennes relevées au printemps et à la fin de l'été se situeraient entre 15°C et 18°C. Il est nécessaire de rappeler que Buxton et *al.* (1981) définissent un optimum de croissance de l'huître plate à 17°C et qu'au delà le "scope for growth" diminue. Selon Mann (1979) et Spencer (1988) une température de 20°C est idéale pour la croissance de cette espèce.

D'après ces résultats, il semblerait que l'huître plate (*Ostrea edulis*) souffrirait de températures trop élevées voire supérieures à 20°C. Or la moyenne des températures de l'eau pendant l'été était peu différente de 23°C.

Une différence de la performance de croissance a été constatée entre les niveaux ou clayettes, quelles que soient les familles étudiées. Avec une augmentation du poids individuel du haut vers le bas.

Il a été observé qu'en l'absence de stratification de nourriture dans la colonne d'eau, les particules phytoplanctoniques se répartissaient de manière homogène dans le bassin d'élevage (mesures fluorimétriques).

Par ailleurs, Riva et Massé (1983) ont pu observer la fragilité de l'huître plate (*Ostrea edulis*) soumise aux variations physiques du milieu ambiant et notamment des fluctuations de lumière. Tout au long de l'étude le bassin était recouvert d'une ombrière d'un pouvoir occultant supérieur à 90%. Malgré cette précaution il est possible que des variations de lumière perturbantes pour l'activité physiologique de l'huître, aient été plus importantes en surface qu'au fond de la colonne d'eau.

D'autre part, des assecs (2 heures/jour) ont été réalisés durant la quasi-totalité de l'expérience et peuvent ainsi expliquer les différences de croissance entre les niveaux d'élevage. La figure 12 montre, lors d'une opération de mise en assec du bassin, le temps qui s'écoule entre les 4 clayettes.

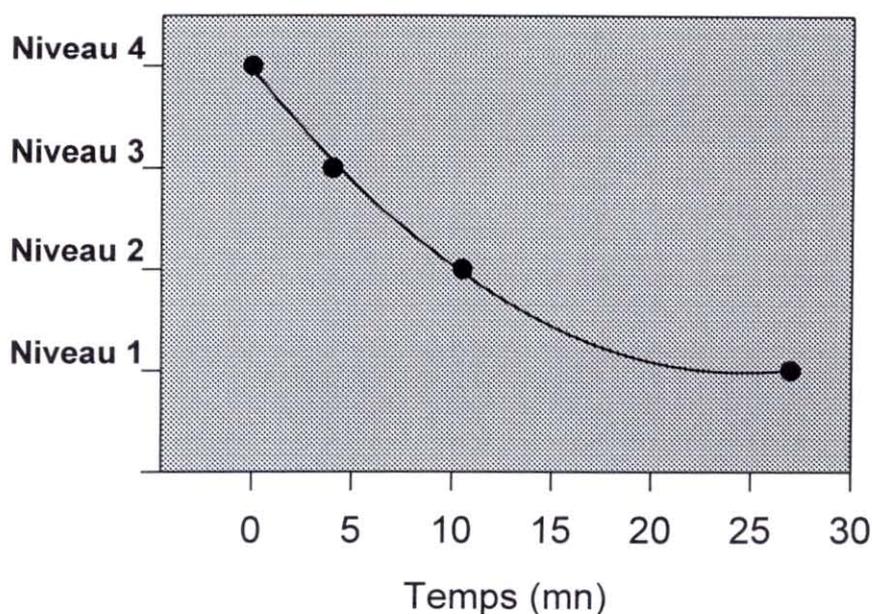


Figure 12 : Durée de l'exondation entre chaque niveaux lors de l'assec.

Il est ainsi possible de noter que le niveau du bas bénéficie journalièrement de 27 minutes de submersion supplémentaire par rapport à la clayette 4. En toute rigueur, il conviendrait de rajouter le différentiel de temps, entre clayettes, qui se produit lors du remplissage et qui peut être estimé à 20 minutes entre les deux niveaux extrêmes. Ainsi, il est possible d'affirmer que les huîtres installées au fond du bassin bénéficient de 47 minutes de croissance potentielle par jour, de plus que les individus positionnés près de la surface.

En tenant compte des jours où les assecs n'ont pas pu être réalisés, l'écart du temps de croissance entre les huîtres de la clayette 1 et 4 a été de 6 jours répartis sur la durée totale de l'élevage.

Dans un système d'élevage intensif, cette hypothèse peut expliquer au moins en partie la variation des performances de croissance entre niveaux.

En outre, l'activité physiologique intense des huîtres plates produit une quantité importante de biodépôt. Ces biodépôts riches en matière organique sont formés de fécès et de pseudofécès qui décantent et s'accumulent dans les niveaux bas des enceintes. Cette accumulation différentielle de matière organique et notamment de pseudofécès pourrait générer au niveau de la clayette la plus basse (niveau 1) une source nutritionnelle annexe et complémentaire qui permettrait également d'expliquer la variation des performances entre niveaux.

Le gain pondéral individuel sur toute la durée du cycle d'étude des huîtres marquées en fonction du poids de départ et d'arrivée de chacune d'entre elles, et pour les trois familles étudiées est représenté sur la figure 13.

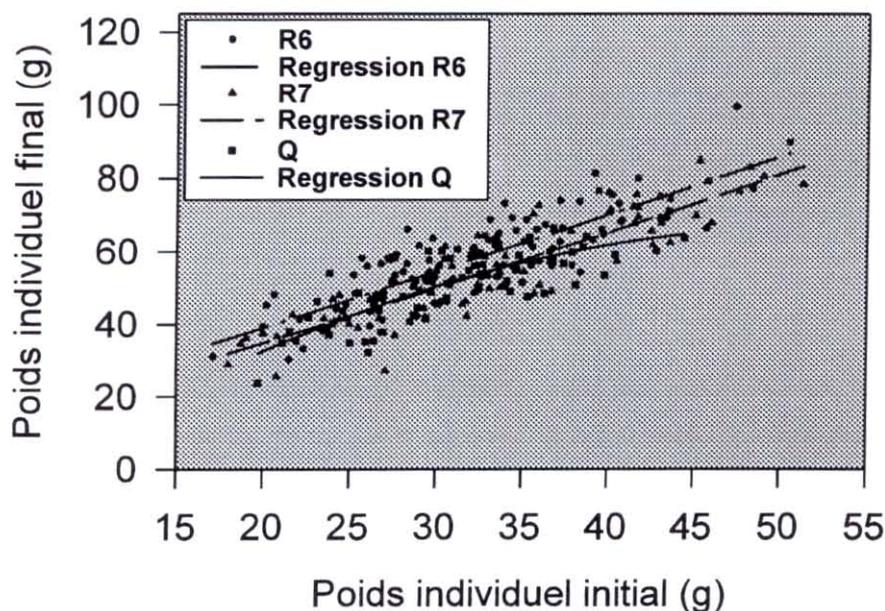


Figure 13 : Gain pondéral des huîtres marquées du début à la fin de l'étude.

Les courbes de régression d'ordre 2 présentent des pentes différentes, et donnent des vitesses de croissance pour chaque famille dans un ordre déjà décrit précédemment ($R6 > R7 > Q$).

L'autre information qui peut être dégagée de cette analyse graphique est le potentiel de croissance de chaque lot. Ainsi, pour la souche "Q", il est possible de constater une diminution du gain pondéral pour les individus dont le poids était le plus important au début de l'étude, et traduit en fin d'expérience, une perte de vitesse de croissance de la population considérée. On peut penser que si l'expérience devait se poursuivre, l'écart entre le lot témoin et les lots résistants ou tolérants s'élargirait encore, car le potentiel maximum de croissance de la famille "Q" semble atteint ou proche de l'être.

Les mortalités

L'élevage de l'huître en système intensif a montré de réels potentiels de croissance individuelle. Ceci avait été observé auparavant, par Brault *et al.* (1994) et Morvan *et al.* (1995). Cependant, il n'en est pas de même lorsque l'on pondère ces résultats par la mortalité, afin de définir le potentiel de production des élevages. En effet, dès le mois de juin, le gain pondéral des huîtres survivantes

ne compense pas les pertes dues aux mortalités, et entraîne une diminution mensuelle de la biomasse par plateau jusqu'à la fin de l'étude.

Les mortalités cumulées au terme de l'expérience, s'élèvent respectivement pour "Q", "R6", "R7" à 69.7%, 60.8%, et à 66.8%. Elles semblent traduire une plus grande sensibilité, statistiquement différente, du lot témoin par rapport aux lots résistants ou tolérants. Cette observation avait déjà été faite par Morvan et *al.* (1995) qui avaient enregistré des mortalités de 29% pour les lots témoins et 12% pour les lots résistants ou tolérants.

Les mortalités ponctuelles semblent bien corrélées aux variations de température qui sont sans doute à l'origine pendant la période estivale, de fortes consommations d'oxygène. Rappelons que Buxton et *al.* (1981) observent une augmentation de la respiration des huîtres plates d'un facteur de 2.5 quand la température de l'eau s'élève de 20°C à 25°C.

De plus, il ne faut pas oublier qu'une chute anormale du pourcentage d'oxygène (10%) s'est produite (début juin) avant l'augmentation des mortalités.

Enfin, des analyses sur des huîtres vivantes ont été réalisées au laboratoire IFREMER de Ronces les Bains. Les résultats ont mis en évidence la présence de *Bonamia ostreae* sur un échantillon de 30 huîtres pour chacune des trois familles (Q: 6/30; R6: 4/30; R7: 4/30).

Le Polydora

Le *Polydora* a été présent tout au long de l'étude à des taux d'infestation variables mais importants. Il peut être aussi un vecteur de mortalité par affaiblissement des huîtres.

Suite à un traitement des individus à la saumure avant l'expérience, il a été constaté une diminution du taux de présence du parasite au milieu de l'étude, mais de courte durée. Les résultats de désinfection n'ont pas été aussi probants que ceux obtenus par Catherine et *al.*(1990) sur l'huître creuse, *Crassostrea gigas*. Il semblerait que le traitement des huîtres plates ait été réalisé trop tard par rapport au niveau de propagation du parasite. Ainsi, les vers situés à la surface de la coquille ont été éliminés, mais ceux installés au fond des galeries ont été épargnés, et ont pu se multiplier par la suite.

Il est difficile de préjuger de l'efficacité des débits importants utilisés et des assecs journaliers effectués pour endiguer ou éviter l'installation du ver *Polydora*, puisque celui-ci été déjà présent au début de l'étude.

V - CONCLUSION

La synthèse générale des résultats obtenus peut être ordonnée en deux paragraphes distincts. L'un tiendra compte des comparaisons essentielles entre le lot témoin et les lots résistants ou tolérants, et l'autre dressera le bilan des productions dû au système d'élevage, qui a été adopté dans cette expérience.

Les résultats obtenus entre les différents lots étudiés montrent une fragilité plus importante aux conditions stressantes du milieu (chutes d'oxygène, températures élevées) des lots témoins vis à vis des lots résistants ou tolérants (mortalités). De plus, l'analyse des performances de croissance présente un potentiel plus important des lots sélectionnés, qui s'oriente davantage vers une production de la coquille. Enfin, l'infestation dû au ver *Polydora* est plus marquée pour les huîtres des lots non résistants.

En conclusion, la pression de sélection semble améliorer la capacité de croissance des individus, et des études écophysiologiques futures pourraient mettre en évidence les facteurs pertinents de sélection, (respiration, filtration, assimilation, etc...) notamment en période de stress.

Le débit et la quantité de nourriture qui ont été fixés au début de l'étude semblent correspondre aux exigences alimentaires de l'huître plate, *Ostrea edulis*. Toutefois, ceci devra être confirmé par des études d'écophysiologie.

La bonne oxygénation du bassin d'élevage est un paramètre qui doit être impérativement maîtrisé pour minimiser la mortalité des individus, en particulier durant la période estivale où les besoins respiratoires importants semblent étroitement liés aux températures hautes.

VI - BIBLIOGRAPHIE

Baud J.P., (1988a). Utilisation des eaux salées souterraines en baie de Bourgneuf pour le pré-grossissement intensif de mollusques filtreurs. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de cadre IFREMER, 127p.

Bayne B.L. and C.M.Worral, (1980). Growth and production of mussels *Mytilus edulis* from two populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3 : 317-328.

Bayne B.L.; A.J.S Hawkins, E. Navarro and I.P. Iglesias, (1989) Effects of seston concentration on feeding, digestion and growth in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 55, 47-54.

Bligh J.G. and W.F. Dyer, (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37 : 911-917.

Bodoy A., J. Prou et J.P. Berthomé, (1986). Etude comparative de différents indices de condition chez l'huître creuse (*Crassostrea gigas*). *Haliotis*, 5 : 173-182.

Bougrier S., G. Tigé, E. Bachère and H. Grizel, (1986). *Ostrea angasi* acclimatization to French coasts. *Aquaculture*, 58, 151-154.

Brault I., J.P. Baud et J. Haure, (1994). Faisabilité biologique de l'élevage intensif en bassin de l'huître plate *Ostrea edulis*. Rapport interne IFREMER DRV 94. 21/RA/Bouin, 50p.

Brody S., (1945). Bioenergetic and growth. *Reinhold*, New-York, 1023.

Buxton C.D., R.C. Newell and J.G. Field, (1981). Response-surface analysis of the combined effects of exposure and acclimation temperatures on filtration, oxygen consumption and scope for growth in the oyster *Ostrea edulis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 6 : 73-82.

Catherine M., D. Bateau, J. Mazurié et C. Le Bec, (1990). Anomalies des coquilles d'huîtres creuses *Crassostrea gigas* observées sur le littoral français en mai-juin 1989 dues au ver *Polydora* et aux peintures antisalissures. Rapport interne IFREMER DRV--90-22-CSRUR-RA/Nantes-La Trinite sur mer, 106p.

- Comps M., G. Tigé et H. Grizel**, (1980). Etude ultrastructurale d'un protiste parasite de l'huître plate *Ostrea edulis*. C.R. Acad. Sci., Paris, 290, série D., 383-385.
- Dubois F., X.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebecs and F. Smith**, (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28 (3) : 350-356.
- Drinnan R.E.**, (1964). An apparatus for recording the water pumping behaviour of lamellibranchs. *Neth. J. Sea Res.* 2: 223-232.
- Grizel H. and G. Tigé**, (1982). Evolution of the haemocyte disease caused by *Bonamia ostreae*. 3 int. Colloq. on invertebrate pathology, Brighton (U.K.), 6-10 sept. 1982, L, pp 258-260.
- Grizel H., M. Comps, D. Raguènes, T. Leborgne, G. Tigé et A.G. Martin**, (1983). Bilan des essais d'acclimatation d'*Ostrea chilensis* sur les côtes de Bretagne. *rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 46, 209-225.
- Haure J. et J.P. Baud**, (1993). Intensive rearing of flat oyster *Ostrea edulis* in raceways using underground saltwater: an approach to validate a methodology. Poster and abstract, 60-61, *WAS, Torremolinos, mai 1993*.
- Haure J. et J.P. Baud**, (1995). Approche de la capacité trophique dans un bassin ostréicole (baie de Bourgneuf). Rapport interne IFREMER RIDRV-95-16/RA-Bouin, 103p.
- Héral M., D. Razet, S. Maestrini et J. Garnier**, (1980). Composition de la matière organique particulaire dans les eaux du bassin de Marennes-Oléron. Apport énergétique pour la nutrition de l'huître. *Cons. Int. Explor. Mer*, CM 1980/L 44.
- Imai T. et S. Sakaï**, (1961). Study of Japanese Oyster, *Crassostrea gigas*. *J. Agr. Res. Tohokan*, p 125-171.
- Kirby-Smith W.W.**, (1972). Growth of the bay scallop : influence of experimental water currents. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 8:7-18.
- Lawrence D.R and G.I. Scott**, (1982). The determination and use of condition index of oysters. *Estuaries*, 5 (1), 23-27.
- Le Bec C., J. Mazurié, N. Cochenec and T. le Cognic**, (1991). Influence of *Crassostrea gigas* mixed with *Ostrea edulis* on the incidence of *Bonamia disease*. *Aquaculture*, 93, 263-271.
- Le Borgne Y., et M. Le Penec**, (1983). Elevage expérimental de l'huître asiatique *Ostrea denselamellosa* (Lischke). *Vie Marine*, 5, 23-28.

Lowry O.H., N.I. Rosebrough, A.L. Farrand and R.J. Randall, (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem* : 193, 263-275.

Mann R., (1979). Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 59 : 95-110.

Marsh J.B. and D.B. Weinstein, (1966). Sample charving method for determination of lipid. *J.Lip.Res.*, 7 : 574-576.

Martin A.G., A. Gérard, N. Cochenec and A. Langlade, (1993). Selecting flat oysters, *Ostrea edulis*, for survival against the *Bonamia ostrea* : assessment of the resistance of first selected generation. Bordeaux Aquaculture 92. E.A.S., 18 : 545-554.

Mialhe E., E. Bachère, D. Chayot and H. Grizel, (1988). Isolation and purification of the protozoan *Bonamia ostreae*, a parasite affecting the flat oyster *Ostrea edulis* L. *Aquaculture* 71 : 293-299.

Montes J., R. Anadon and C. Azedo, (1984). A possible life cycle for *Bonamia ostreae* on the basis of electron microscopy studies *Journal of invertebrate pathology* 63,1-6.

Morvan Y.M., J.P. Baud, J. Haure, M. Nourry et N. Le Bayon, (1995). Contrôle des performances des souches d'huîtres plates résistantes au protozoaire *Bonamia ostreae*. Rapport IFREMER/ Région des Pays de la Loire, 56p.

Pascual M., A.G. Martin, E. Zampatti, D. Coatanea, J. Deffosse and R. Robert, (1991). Testing of the Argentina oyster, *Ostrea puelchana* in several French oyster-farming sites. CIEM, CM/K, 30p.

Riisgård H.L., (1977). On measurements of the filtration rates of suspension feeding bivalves in a flow system. *Ophelia*, 16:167-173.

Riva A. et H. Massé, (1983). Etude écophysiological de quelques mollusques bivalves. Bases biologiques de l'aquaculture. Montpellier. IFREMER. Actes de colloques n.1, pages 45 à 62.

Robert J.M., (1990). An example of development for aquaculture in France : The shellfish-culture polders in the bay of Bourgneuf. *Bull. Ecol.*, t. 21 (3) : 59-43.

Robert R., M. Borel, Y. Pichot and G. Trut, (1991). Growth and mortality of the European oyster *Ostrea edulis* in the bay of Arcachon (France). *Aquat. Living. Ressour.*, 4 265-274.

Soletchnik P., J. Prou, M. Héral, L. Barillé, D. Razet et L. Guezennec, (1991). Influence de la charge particulaire sur la filtration d'une population d'huître *Crassostrea gigas* dans le bassin estuarien de Marennes-Oléron (France) : analyse de deux cycles de marée. *CIEM C.M.*,1991/F, 53.

Spencer B.E. and G. J. Gough, (1978.) The growth and survival of experimental hatches of hatchery reared spat of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* (Thunberg) using different methods of tray cultivation. In *Aquaculture*, 13 : 293-312.

Spencer B.E. (1988), Growth and filtration of juvenile oysters in experimental outdoor pumped upwelling systems. In : *Aquaculture*, 75 : 139-158.

Vahl O., (1980). Seasonal variations in seston and in the growth rate of the iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) from balsford, 70°N *J Exp.Mar.Biol.Ecol.*, 48 : 195-204.

Walne P.R. and R. Mann, (1970). The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oyster *Ostrea edulis* L. and review of the literature. *Fish. Invest.*, 226 (3) : 35 p .

Walne P.R. and R. Mann, (1975). Growth and biochemical composition in *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. Proc. 9th Europ. mar. biol. Symp., pp.587-607.

Warren C.E. and G.E. Davis, (1967). Laboratory studies on the feeding, bioenergetics and growth of fish. In : Gerkin, S.D. (ed. The biological basis of freshwater fish production blackwell, Oxford : 175-214.

Widdows J.P., C Festhand and C.M. Worrall, (1979). Relationship between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 50 : 125-207.

Wilson J.H. (1983). Retention efficiency and pumping rate of *Ostrea edulis* in suspensions for *Isochrysis galbana*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 12:51-58.

Wilson J.H. (1987), Environmental parameters controlling growth of *Ostrea edulis* L. and *Pecten maximus* L. suspended culture. In : *Aquaculture*, 64 : 119-131.