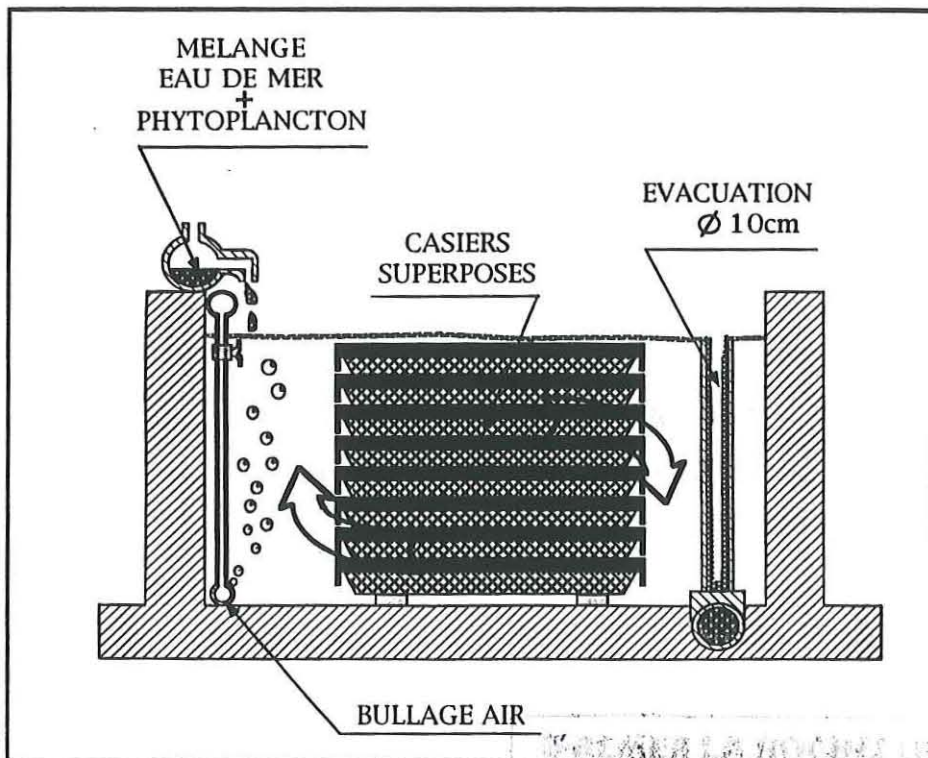


FAISABILITE BIOLOGIQUE DE L'ELEVAGE INTENSIF EN BASSIN DE L'HUITRE PLATE *OSTREA EDULIS*

Isabelle BRAULT, Jean-Pierre BAUD et Joël HAURE

43071
H200.FAI
F.



Date: 09.01.95
Classification: 0030

IFREMER Bibliothèque de la Tremblade






OLR 03201

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

Adresse : IFREMER/URRA
Station de Bouin
Polder des Champs
85230 BOUIN

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

AUTEUR (S) : Isabelle BRAULT, Jean-Pierre BAUD et Joël HAURE		CODE : RIDRV 94-21 RA/BOUIN
		Date : Décembre 1994 Tirage en nombre : 60
TITRE : FAISABILITE BIOLOGIQUE DE L'EVAGE INTENSIF EN BASSIN DE L'HUITRE PLATE <i>OSTREA EDULIS</i> .		Nb pages : 50 Nb figures : 15 Nb photos :
CONTRAT(intitulé) CR des Pays de Loire SMIDAP/IFREMER N° 92.00.761	Diversification conchylicole (huitre plate) Elevage intensif	DIFFUSION : libre  restreinte  confidentielle 

RESUME : L'étude de faisabilité de l'élevage intensif de l'huitre plate *Ostrea edulis* en bassin (enceinte contenant 8 niveaux de casiers d'élevage empilés) permet d'établir un premier bilan sur cette technique :

Aspects positifs :

- Obtention d'une croissance homogène quelque soit le niveau d'élevage dans la colonne d'eau durant les trois saisons étudiées (printemps, été, automne),
- Adéquation entre la ration alimentaire de phytoplancton (*Skeletonema costatum*) et la densité de coquillages à trois tailles différentes (1.10^9 cellules de phytoplancton). Seule la densité de 400 individus par casier pour les juvéniles (P) pourrait être augmentée.

Aspects négatifs :

- Mise en évidence d'une relation décroissante entre le coefficient de croissance (G30) et la taille des huitres plates (P = 1,7 ; MP = 0,4 ; MG = 0,2),
- Mise en évidence d'une relation croissante entre la mortalité cumulée et la taille des coquillages. Les huitres adultes subissent 40 % de mortalité en période estivale.

Cependant, les rendements moyens avec 28 kg/m² sont largement supérieurs aux rendements d'élevage de l'ordre de 0,5 kg/m² obtenus en eau profonde ou en marais extensif.

ABSTRACT : Feasibility of intensive ongrowing method of the flat oyster *Ostrea edulis* (8 overlaid of 0.5m² trays) was demonstrated :

- growth homogeneity within the seawater column for spring, summer and fall seasons,
- optimized food ration (*Skeletonema costatum*) with three growing densities (i.e. : 1.10^9 cells of phytoplankton per day for a density of 100, 200 and 300 bivalves per tray with large, medium and small size-classes, respectively. Only the 400 individuals per tray density can be increased for small oysters. Moreover, mean growth rate coefficients (G30) decreased with size (P = 1.7 ; MP = 0.4 ; MG = 0.2). Relationship was established between cumulative mortality rate and oyster size-class. Moreover, a seasonal effect was described affecting the overall rearing yield. By way of example, a 40 % mortality rate was reported in summer on large oysters.

Nevertheless, the calculated yield reaching 28 kg.m⁻² are greater than current 0.5 kg.m⁻² yield obtained in subtidal and semi-closed ponds'culture.

Mots clés : Aquaculture intensive, *Ostrea edulis*, *Skeletonema costatum*.

Key words : Intensive Aquaculture, *Ostrea edulis*, *Skeletonema costatum*.



SOMMAIRE

	Pages
REMERCIEMENTS	
I. INTRODUCTION	1
II. MATERIELS ET METHODES	2
2.1. Matériel biologique, système d'élevage	3
2.2. Production du phytoplancton (<i>Skeletonema costatum</i>)	5
2.3. Méthode et suivi des paramètres	5
2.3.1. Modalité et fréquence des prélèvements	5
2.3.2. Paramètres hydrobiologiques	6
2.3.3. Suivi des huîtres plates	8
III. RESULTATS	10
3.1. Validité de l'outil expérimental	10
3.2. Milieu d'élevage	11
3.2.1. Evolution des paramètres hydrobiologiques	11
3.2.2. Evolution des paramètres biotiques	14
3.3. Croissance des huîtres plates	21
3.3.1. Evolution des paramètres biométriques	21
3.3.2. Evolution des composés biochimiques	32
3.3.3. Evolution de la mortalité	37
3.3.4. Bilan du système expérimental	39
IV. DISCUSSION	42
4.1. Milieu d'élevage	42
4.2. Evolution saisonnière de la croissance	42
4.3. Evolution de la comparaison biochimique de la chair	43
V. CONCLUSION	45
VI. BIBLIOGRAPHIE	46
ANNEXE	50

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 :

Monsieur Loïc BEUNET, nurseur de la baie de Bourgneuf, pour la fourniture des différents lots d'huître plate.

Monsieur Tristan RENAULT et son équipe, pour avoir analysé sur le plan pathologique (Bonamia et Marteilia) les différents échantillons d'huître plate.

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

I. INTRODUCTION

Sur le plan régional, le polder aquacole situé à proximité du littoral de la baie de Bourgneuf, avec son réseau hydraulique et sa qualité d'eau de mer est une opportunité pour la conchyliculture. Ce potentiel est accru par la présence d'une nappe d'eau souterraine très riche en sels nutritifs. Cet aquifère est utilisé comme "milieu de culture" pour produire du phytoplancton en grands volumes et à très faible coût, utilisable pour nourrir certaines espèces de coquillages en aquaculture intensive (Baud, 1988a).

Depuis 1988, la station IFREMER de Bouin a développé ce type de culture avec la palourde japonaise qui était déjà exploitée de façon extensive en claire et sur estran (Baud et al., 1988c). Les expérimentations sur le prégrossissement (Baud et Bacher, 1990) et le demi-élevage de *Ruditapes philippinarum* (Baud et Haure, 1989) se sont concrétisées par la création d'entreprises artisanales sur le modèle intensif. D'autre part, la mise au point des techniques de grossissement intensif en claire de la même espèce (Séverin et al., 1990 ; Baud et al., 1991, 1992) confirmée par une expérience à grande échelle (Breton et al., 1991) a révélé le potentiel de rendement à l'unité de surface de cette filière. Celui-ci passe de 500 g/m² pour le mode extensif à 4 500 g/m² avec l'élevage intensif.

Les connaissances accumulées pendant 5 ans sur la palourde japonaise et la nécessité de diversifier les espèces pour la profession ostréicole afin d'éviter les risques pathologiques et d'élargir les possibilités de marché, contribuent à inciter les recherches d'intensification d'élevage en marais sur de nouvelles espèces. Ainsi, deux espèces de bivalves ont été retenues en fonction, d'une part de leurs aptitudes à être élevées dans ce type de milieu et d'autre part de leur valeur marchande et du marché potentiel qu'elles représentent. Il s'agit de l'huître plate, *Ostrea edulis* et du pétoncle noir *Chlamys varia*.

L'élevage des huîtres plates s'est révélé économiquement très avantageux en Bretagne avant qu'elles ne soient décimées depuis une vingtaine d'années par les parasitoses (i.e., *Bonamia*, *Marteillia*). La possibilité d'approvisionnement de juvéniles par l'intermédiaire d'écloseries locales permettent d'envisager une étude de faisabilité de l'élevage intensif en marais de cette espèce.

Les essais menés au préalable sur le pétoncle noir, traditionnellement apprécié par les consommateurs de la façade atlantique quoique disponible actuellement en très faible quantité sur le marché, ont mis en évidence des carences d'approvisionnement en petites tailles et des mortalités brusques et importantes lors de la mise en élevage des adultes au printemps. Ainsi, seule l'étude de l'huître plate sera approfondie dans ce rapport.

L'objectif principal est de démontrer la possibilité d'effectuer l'élevage intensif de l'huître plate *Ostrea edulis* à partir de l'algue fourrage *Skeletonema costatum*. Par soucis de rentabilité économique et pour permettre un probable transfert ultérieur de cette technique à la profession, un choix réducteur des normes d'élevage a été fait.

Une étude technique et économique de la filière de production intensive de la palourde japonaise a montré que les coûts du pompage en eau de mer et de la production de phytoplancton nécessaire à la croissance des coquillages étaient limitants pour une création de fermes intensives (Baud et al., 1993).

Même si les besoins alimentaires de l'huître plate ne sont pas identiques, les contraintes financières imposent d'adapter les densités d'élevage de cette espèce aux normes de production citées plus haut. Au préalable, une étude écophysiological de l'huître plate de différentes tailles soumise à diverses rations alimentaires a démontré une bonne adéquation entre le taux d'assimilation de ce bivalve et la norme d'élevage proposée (Haure et Baud, 1993).

Il s'agit donc de déterminer l'influence de la diatomée *Skeletonema costatum* sur la croissance et la survie des huîtres plates afin de mettre en évidence les cinétiques de croissance et les potentialités de rendement de production à chaque saison, ceci pour des tailles représentatives des principales phases de l'élevage de cette espèce. Il est important de déceler une éventuelle carence alimentaire mettant en péril ce type de filière.

La fiabilité d'un nouveau système de culture intensive, inspiré des recherches effectuées à Hawaï par Scura et al. (1979), basé sur des structures d'élevage empilées sur plusieurs niveaux et placées dans des couloirs en béton est également testé, pour chaque taille d'huître plate.

Enfin, cette méthodologie de testage des différents stades de production de l'huître plate aux principales saisons d'élevage, peut permettre d'extrapoler la croissance annuelle pour une ou plusieurs phases de l'élevage intensif de cette espèce. Si les conditions environnementales sont relativement stables, il est ainsi possible d'anticiper les résultats biologiques escomptés sur plusieurs années.

II. MATERIELS ET METHODES

2.1. Matériel biologique, système d'élevage

Les quatre tailles d'huîtres plates sont représentatives du cycle complet d'élevage et dénommées :

- "petites", correspondant à une taille située entre 0,8 et 1 cm,
- "moyennes petites", correspondant à une taille située entre 2 et 3 cm,
- "moyennes grosses", correspondant à une taille située entre 4 et 5 cm,
- "grosses", correspondant à une taille commerciale, soit 6 à 7 cm.

Durant la durée de l'expérience, l'approvisionnement en huîtres s'est révélé difficile car strictement limité aux eaux de la baie de Bourgneuf pour éviter l'introduction de parasites. Les huîtres plates sont fournies par un professionnel local. Seul le lot des petites de la période automnale est originaire de la Manche.

Les trois saisons pour lesquelles la croissance des différents lots est étudiée sont :

- le printemps, du 14 avril 1992 au 15 juin 1992, soit 61 jours,
- l'été du 1er juillet 1992 au 28 août 1992, soit 58 jours,
- l'automne, du 16 septembre 1992 au 16 novembre 1992, soit 61 jours.

La saison hivernale, période critique où les températures basses (jusqu'à 5°C) limitent la croissance des mollusques (Walne et Mann, 1975 ; Baud et Bacher, 1990) n'a pas été prise en compte. L'emploi d'un échangeur de chaleur pour atteindre une température de 10°C est trop coûteux et de ce fait justifie l'abandon de l'élevage à cette période (Baud, 1988b).

Le protocole expérimental suivi s'inspire de celui défini pour la palourde notamment en ce qui concerne la ration alimentaire. Celle-ci a été fixée en fonction des résultats des analyses écophysologiques effectuées sur la palourde japonaise nourrie avec *Skeletonema costatum* (Sauriau, 1990) et des travaux de 1988 et 1989 de la station de Bouin, soit $0,9 \times 10^9$ cellules par palourde de 20 g et par jour. Le taux de renouvellement journalier a été fixé à 100 %. Pour ces valeurs, le flux de nourriture par palourde correspondait à 5 litres par jour.

En prenant en compte ces normes d'élevage et l'encombrement des huîtres plates adultes par unité de surface de 0,5 m² réparties sur 8 niveaux, le nombre d'individus adultes

par enceintes expérimentales a été fixé à 800 (100 par niveau), le volume d'eau renouvelé à apporter par enceinte représente 4 000 l par jour soit 167 l/h (fig. 1).

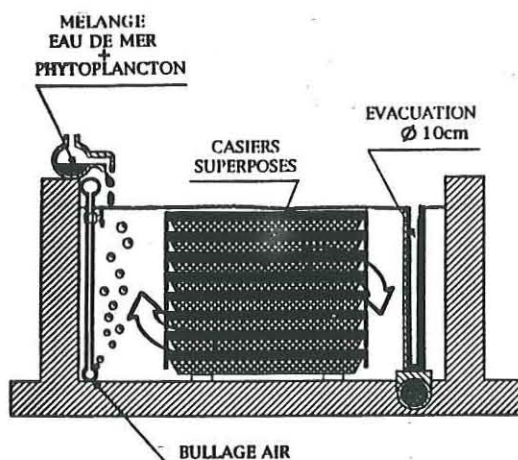


Figure 1 : Schéma de l'installation d'une enceinte expérimentale d'élevage. L'enceinte de 1 m, de longueur, 0,5 m de largeur et 1 m de hauteur est en béton et contient des cassiers en plastique ajourés superposés sur 8 niveaux. Un système de bullage assure l'homogénéisation et l'apport d'oxygène. L'évacuation se fait par une déruse et permet un maintien constant de la même hauteur d'eau. Un bac contenant le mélange d'eau de mer (87 %) et de phytoplancton (13 %) alimente individuellement chaque enceinte, par pompage, à raison de 167 l d'eau de mer enrichie par heure.

A raison d'une ration phytoplanctonique théorique de $0,9 \times 10^9$ cellules par huître et par jour, pour une concentration moyenne de $1,4 \times 10^9$ cellules par litre, il faut fournir 514 l/jour de phytoplancton soit 21,4 l par heure et par enceinte.

D'après ces calculs et pour conserver dans tous les cas le même flux de nourriture, les densités d'huîtres sont arbitrairement choisies en fonction de la taille des individus selon une augmentation géométrique comme indiquée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Normes d'élevage en fonction de la taille des huîtres plates. Le taux de renouvellement en eau de mer enrichie est égale à 200 % par jour, pour toutes les tailles.

Paramètres	Tailles			
	Petites (P)	M. petites (MP)	M. grosses (MG)	Grosses (G)
Ration alimentaire cell/ind/jour	$0,22 \cdot 10^9$	$0,30 \cdot 10^9$	$0,45 \cdot 10^9$	$0,9 \cdot 10^9$
Densité/casier	400	300	200	100
Poids moyen initial (g)	0,014	3,0	10,3	40,07

L'étude est effectuée dans 4 bassins distincts, comportant chacun une taille d'huître plate différente.

2.2. Production du phytoplancton (*Skeletonema costatum*)

La nourriture phytoplanctonique est assurée par la production en grand volume d'une culture monospécifique de *Skeletonema costatum* qui s'est révélée de bonne qualité pour la croissance de la palourde (Laing et al., 1987 ; Baud, 1991). La présence d'une eau souterraine salée riche en sels nutritifs (ammonium, phosphates et silicates) utilisés comme milieu de culture permet l'obtention d'efflorescences algales de concentration élevée.

Cette espèce demeure nettement dominante sur les autres diatomées en présence de fortes teneurs en ammoniacque et silicates de l'eau de forage (Robert, 1983). La production phytoplanctonique est réalisée en plein air, dans des bacs béton de 80 m³ munis d'une rampe de bullage et d'une alimentation en eau de forage. Des repiquages successifs en phase exponentielle de la même population algale sont effectués selon des quantités variables (environ au 1/10ème) en fonction de la densité algale et de la saison et permettent d'obtenir des fortes concentrations algales durant la période d'avril à octobre. La gestion de la production est assurée par une rotation sur 3 bacs.

Le phytoplancton est ensuite distribué des bassins de culture vers le bac mélangeur où l'eau de mer enrichie avec *S. costatum* est pompée vers les différentes unités expérimentales.

2.3. Méthode et suivi des paramètres

2.3.1. Modalité et fréquence des prélèvements

Par saison, les paramètres hydrobiologiques suivants : T°, pH et turbidité sont observés quotidiennement, à heure fixe (9 h 30) et dans l'enceinte contenant les tailles adultes. Les paramètres biotiques du milieu sont analysés 2 fois par semaine. Pour ce faire, le flux d'eau de mer d'entrée au niveau du bac d'alimentation (codé E) et les flux d'eau de sortie au niveau de chaque enceinte d'élevage d'huîtres plates (codés H) font l'objet chacun de trois prélèvements donnant trois mesures distinctes :

- Flux de sortie d'eau de mer correspondant aux huîtres plates (petites) = H1,
- Flux de sortie d'eau de mer correspondant aux huîtres plates (moyennes petites) = H2,
- Flux de sortie d'eau de mer correspondant aux huîtres plates (moyennes grosses) = H3,
- Flux de sortie d'eau de mer correspondant aux huîtres plates (grosses) = H4.

Les prélèvements sont effectués à mi-hauteur de la colonne d'eau pour le bac d'entrée (E) et au niveau de la dérase d'évacuation pour chaque enceinte (H).

L'évolution des paramètres biométriques de l'huître plate est mesurée tous les quinze jours au niveau du plateau central (N° 4 en partant du bas) pour chaque taille de mollusques.

2.3.2. Paramètres hydrobiologiques

- Température :

Les fluctuations thermiques sont mesurées au moyen d'un thermomètre mini-maxi précis au demi degrés Celsius.

- Salinité :

La salinité est déterminée à l'aide d'un conductimètre salinomètre Kent (modèle LF 196) au 10ème de gramme.

- pH :

Le pH est relevé au 1/10ème au moyen d'un pHmètre Kent de terrain modèle 196T.

- Turbidité :

Elle est mesurée au moyen d'un turbidimètre, HACH modèle 2100A, sensible entre 0,1 et 1000 NTU (unité néphélométrique de turbidité) et pour une précision de 5 à 9 %.

- Seston :

Par définition, le seston regroupe l'ensemble du matériel particulaire comprenant, d'une part, le matériel organique et d'autre part la composante minérale. Le seston total représente la quantité en mg/l de matière retenue sur un filtre GFC de 0,45 μm , séché à 60°C pendant 24 h. La crémation à 450°C pendant 1 heure permet d'estimer par différence de pesée la part du seston organique du seston minéral.

- *Dénombrement cellulaire :*

La concentration phytoplanctonique, exprimée en nombre de cellules par millilitre d'efflorescence, est estimée quotidiennement par la moyenne arithmétique de plusieurs comptages des cellules phytoplanctoniques, effectués sur une cellule hématologique de type Mallassey.

- *Protéines, lipides et glucides particulières :*

La concentration de la nourriture particulaire disponible pour les mollusques est désignée par la somme des protéines, lipides et glucides particulières de la matière en suspension (Héral et al., 1983). Le dosage des protéines est basé sur la méthode de Lowry et al. (1951).

Les lipides sont extraits au chloroforme (Bligh et Dyer, 1959) puis mesurés selon le protocole de Marsh et Weinstein (1966).

L'estimation des glucides est réalisée suivant la méthode de Dubois et al. (1956).

Les résultats sont exprimés en mg.l^{-1} d'équivalent d'albumine de boeuf, acide tripalmitique et glucose respectivement pour les protéines, lipides et glucides.

L'énergie particulaire, exprimée en joules par litre d'eau, est estimée par la somme des lipides, protéines et glucides particuliers, corrigés par les coefficients de conversion calorique établis par Brody en 1945 selon l'équation suivante :

$$E(\text{j/l}) = 23,65 \times \text{Protéine (mg/l)} + 17,16 \times \text{Glucide (mg/l)} + 39,56 \times \text{Lipide (mg/l)}$$

Dans ce milieu d'élevage dominé sur le plan nutritionnel par la diatomée, *Skeletonema costatum*, des travaux antérieurs sur l'évolution saisonnière de la teneur en chla du milieu ont montré que les résultats n'étaient pas fiables pour différentes raisons :

- La teneur pigmentaire (chla) par cellule est variable suivant la saison. Elle est, à dénombrement cellulaire constant, deux fois plus élevée en automne et en hiver qu'en été (Baud, 1991).
- Le rapport chla/phéo, indicateur de la qualité d'une population phytoplanctonique, se comporte différemment selon qu'il y ait eu contact ou non avec les bivalves filtreurs.

L'évolution de cet indicateur de biomasse phytoplanctonique est donc abandonnée au profit de l'analyse des lipides, protides, glucides particuliers de l'eau du milieu d'élevage.

2.3.3. Suivi des huîtres plates

- Paramètres biométriques :

La croissance des huîtres plates est évaluée par mesure individuelle du poids au 1/10ème de g sur 40 individus marqués au préalable par taille (G, MG et MP) et au 1/1 000ème de g sur les 40 "petites".

La taille de l'huître plate étant un paramètre de croissance difficile à quantifier du fait de l'hétérogénéité de forme de la coquille, celui-ci n'a pas été utilisé dans la majorité des calculs.

En outre, 15 individus par plateau central N°4 et par taille ont été sacrifiés pour estimer les poids individuels de chair fraîche. Le poids individuel de chair sèche est déterminé par pesée au 1/10 000ème de g après congélation pendant 12 h puis lyophilisation pendant 48 h. Le poids des coquilles vides est déterminé après séchage à 60°C à l'étuve pendant 24 h.

- Paramètres biochimiques :

Les 15 individus sont dosés individuellement à partir d'une prise connue de chair sèche lyophilisée pour chaque taille analysable (G, MG et MP) afin d'obtenir une valeur moyenne avec un intervalle de confiance à 95 % de précision.

Les analyses biochimiques sont réalisées selon les mêmes méthodes que pour le milieu avec au préalable : extraction dans la soude 1N pour les protéines, au chloroforme pour les lipides et dans l'acide trichloroacétique sur de la chair délipidée pour les sucres. Le glycogène après précipitation à l'éthanol absolu est dosé par la méthode de Dubois et al. (1956). Les résultats sont exprimés en mg/g de chair sèche.

- Taux de croissance et indices de condition :

L'appréciation de l'état physiologique d'un bivalve peut se faire par différents indices, calculés à partir de combinaisons de paramètres biométriques et/ou biochimiques.

Les taux de croissance appliqués aux poids total, de chair et de coquille sont calculés par la formule utilisée par Spencer et Gough (1978), avec une périodicité d'environ 30 jours entre deux prélèvements :

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

W_0 = poids initial (g)

W_t = poids final (g)

$t-t_0$ = durée entre deux prélèvements (jours)

L'indice de condition utilisé a été celui de Lawrence et Scott (1982) :

$$IC = \frac{\text{poids sec de chair sèche (g)}}{\text{poids total} - \text{poids de coquille (g)}} \times 1\,000$$

Il renseigne sur l'état physiologique du bivalve et caractérise son cycle sexuel.

L'indice pondéral gaméto-somatique (PGS), défini par Lucas et al. (1978) permet d'apprécier l'effort de reproduction des huîtres :

$$I.P.G.S. = (P_i - P'_i) P' \times 100$$

P_i = poids sec maxi avant la ponte, exprimé en Gr

P'_i = poids sec mini après la ponte (g)

P' : poids sec mini après la dernière ponte.

- *Estimation de la mortalité :*

Lors des prélèvements bimensuels, les huîtres mortes sont dénombrées par plateau. Un calcul de la mortalité cumulée par taille est effectué pour chaque saison. De plus, 30 huîtres par lot, suivant la disponibilité par taille, sont envoyées au service pathologie IFREMER de Palavas les Flots pour la détermination d'une éventuelle présence de parasites (*Bonamia*, *Marteillia*) susceptibles d'affecter les huîtres plates.

III. RESULTATS

3.1. Validité de l'outil expérimental

Afin d'alléger l'échantillonnage, seul le plateau central de chaque enceinte expérimentale a fait l'objet d'un suivi de la croissance des huîtres plates.

Auparavant, il fallait toutefois démontrer que les taux de croissance et de mortalité des huîtres plates étaient indépendants du niveau d'élevage dans la colonne d'eau pour une unité expérimentale.

Dans un premier temps, un test au fluorimètre sur la teneur en phytoplancton du milieu en différents points de l'unité expérimentale (exempt d'huîtres plates) a permis de vérifier la répartition homogène du flux d'eau de mer enrichie dans toute l'enceinte.

Dans un deuxième temps, un prélèvement (initial et final) sur 40 individus par plateau a été effectué, pour 1 taille d'huîtres plates (P) au printemps et en été.

L'analyse de variance faite sur les petites tailles à la même période (tableau 2b) ne laisse pas apparaître de différence significative des poids totaux par niveau.

Tableau 2a : Analyse de variance à un facteur, le niveau d'élevage, sur la croissance des petites huîtres plates (P) au printemps. (NS) = Non Significatif. (n = 40 par niveau).

	DDL	Carrés moyens	Test F	Probabilité
Total	319	0,21		
Niveau	7	0,19	0,87	NS
Résiduel	312	0,22		

La deuxième analyse, portant sur les petites tailles en été (tableau 2b), traduit une différence significative par niveau d'élevage.

Tableau 2b : Analyse de variance à un facteur, le niveau d'élevage, sur la croissance des petites huîtres plates (P) en été.

	DDL	Carrés moyens	Test F	Probabilité
Total	318	0,30		
Niveau	7	1,11	3,91	< 0,001
Résiduel	311	0,28		

Le test de Newman Keuls révèle que seul, le plateau N°4 se distingue des autres par sa croissance médiocre. Cette différence pourrait être due à l'influence négative sur la croissance de la pression d'échantillonnage. Celle-ci s'effectue tous les 15 jours sur le plateau N°4. Elle est donc 2 fois plus importante par rapport aux autres niveaux d'élevage. On ne peut dans ce cas conclure sur une quelconque interférence de la structure d'élevage sur la croissance des huîtres.

Parallèlement à ce test, la mortalité inter niveau a été suivie pour vérifier l'éventuel impact de la structure d'élevage. L'analyse de variance prenant en compte également l'effet taille et l'effet saison est traitée ultérieurement dans le chapitre 3.3.3.

3.2. Le milieu d'élevage

3.2.1. Evolution des paramètres hydrobiologiques

Les températures minimales et maximales enregistrées au printemps (figure 2a) sont comprises entre 10,5°C et 24°C et augmentent sensiblement à partir de la mi-mai.

La variation journalière thermique ne dépasse pas 4°C.

En été, les températures fluctuent entre 17°C et 26,5°C avec des amplitudes journalières variables de 0 à 5°C (figure 2b). Les températures se maintiennent à un niveau stable sauf vers la 2ème semaine où elles diminuent d'environ 4°C.

Pendant la période automnale (figure 2c), les températures chutent brutalement de fin septembre à mi-octobre. Avant la période de refroidissement, les températures sont comprises entre 18 et 28°C pour les maxi et 17 et 18°C pour les mini. A partir du début octobre, elles varient respectivement de 12 à 15°C et de 11,5 à 13,5°C.

L'évolution de la courbe de la salinité du printemps (figure 3a) s'échelonne de 32,6 ‰ à 34,8 ‰ avec des valeurs proches de 33 ‰ en faible décroissance régulière, jusqu'à la mi-mai et par la suite, avec de larges fluctuations autour de 34 ‰.

Les valeurs estivales (figure 3b) sont relativement stables et oscillent autour de 35 ‰.

En automne (figure 3c), le milieu d'élevage subit une dessalure à partir de fin octobre jusqu'à un minima de 32 ‰.

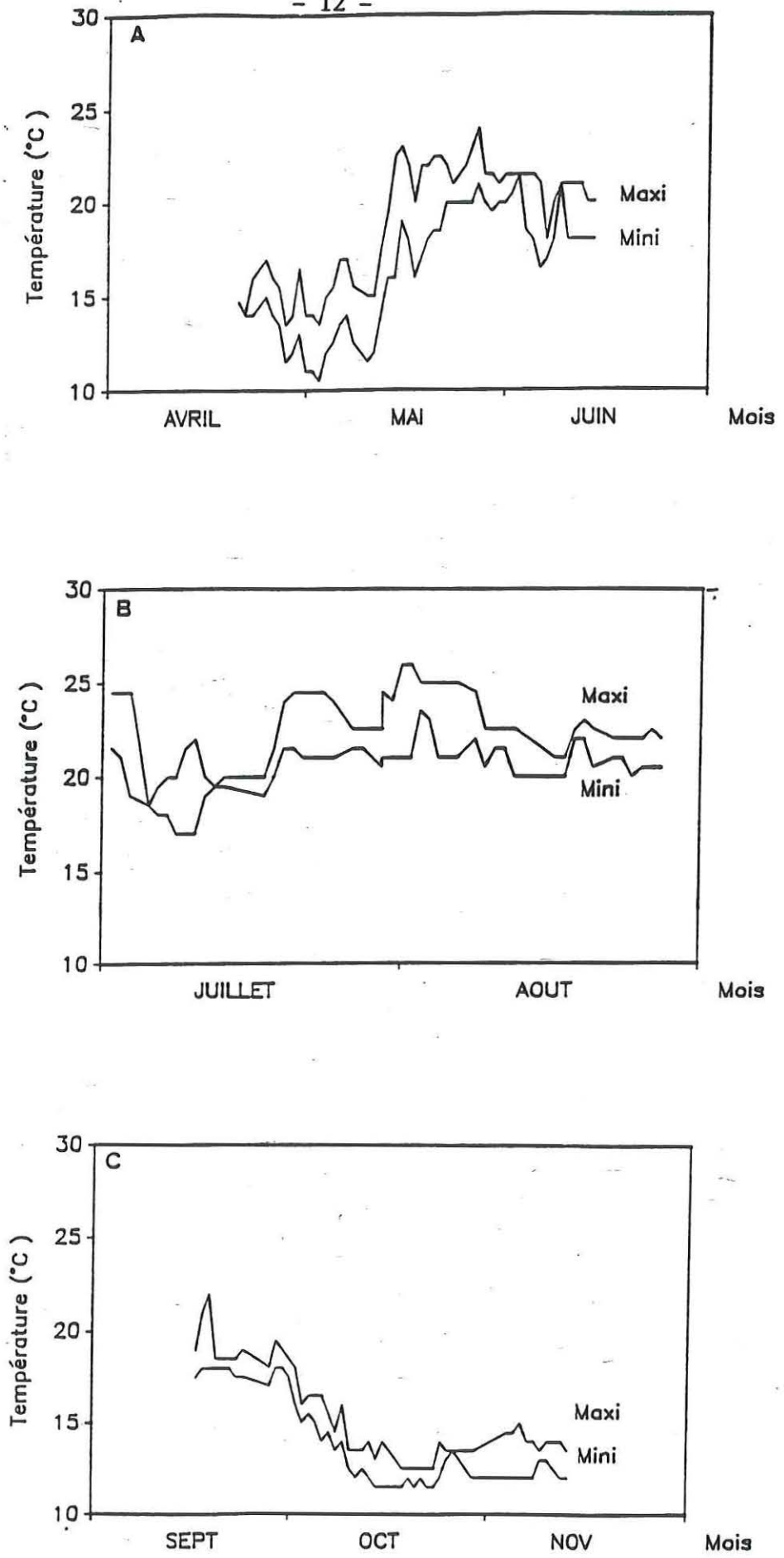


Figure 2 : Evolution saisonnière de la température de l'eau d'élevage, a : printemps, b : été et c : automne.

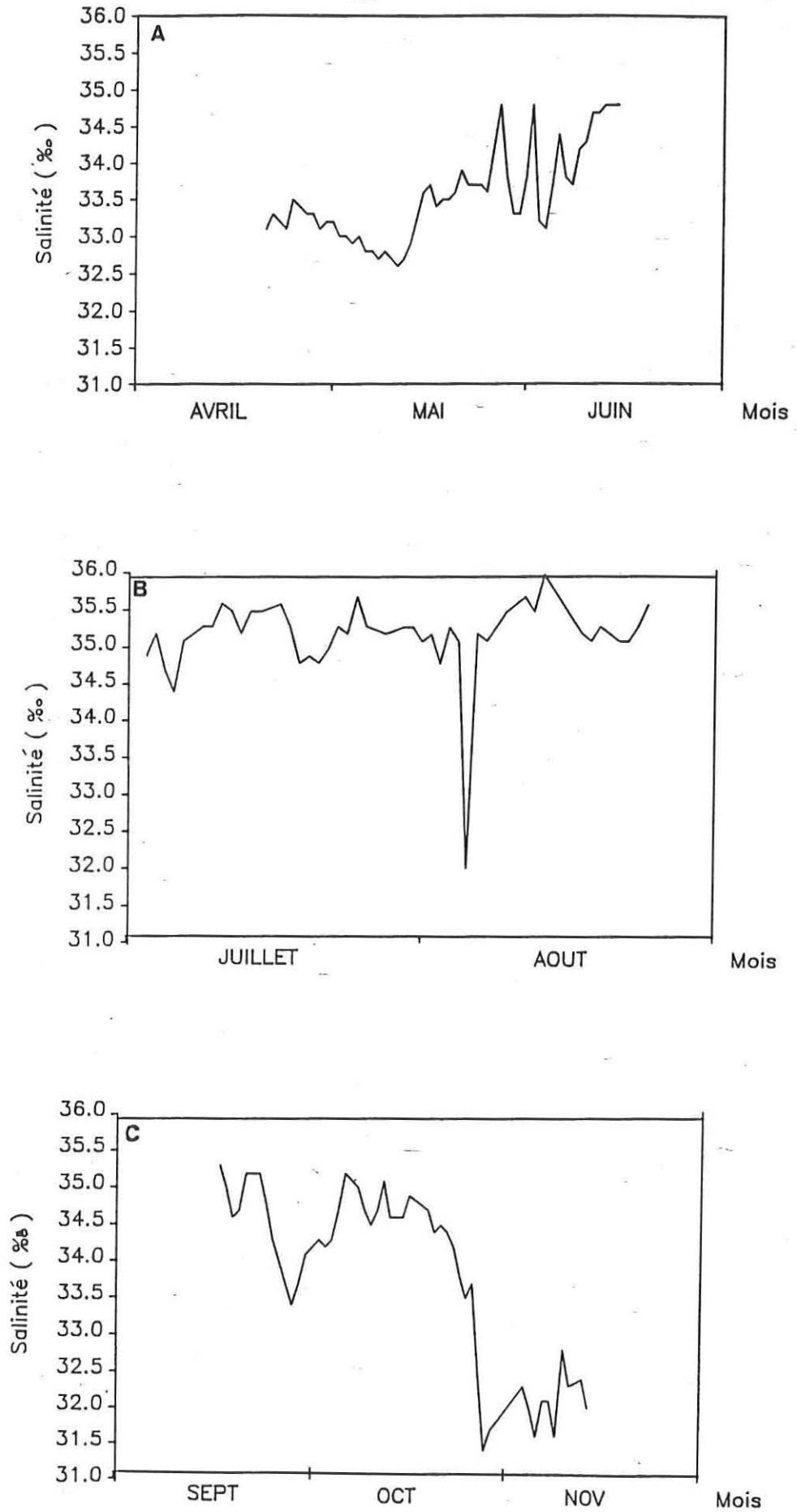


Figure 3 : Evolution saisonnière de la salinité de l'eau d'élevage, a : printemps, b : été, c : automne.

Pendant la saison printanière, le pH (figure 4a) se situe aux alentours de 8,25, hormis un pic culminant à 8,9 de fin mai à début juin.

Pendant l'été et l'automne (figures 4b et 4c), le pH reste stable avec des valeurs comprises entre 7,7 et 8,6.

La turbidité atteint 13 NTU au début de la phase printanière (figure 5a) puis se stabilise autour de 2 NTU. Les valeurs initiales plus élevées seraient liées à une mauvaise décantation de l'eau de mer en début d'expérience.

Pendant la saison estivale, les eaux sont très peu chargées (figure 5b) sauf début août et mi-août où elles augmentent ponctuellement d'un facteur 3. Ceci peut être attribué à un brassage du milieu par de forts coups de vent ou à une remise en suspension de particules lors de prélèvements bimensuels.

En automne, les teneurs (figure 5c) s'élèvent graduellement de mi-septembre à mi-novembre soit environ de 2 NTU à 5 NTU.

3.2.2. Evolution des paramètres biotiques

= Dénombrement de la biomasse phytoplanctonique

Du 15 avril au 15 juin (figure 6a) la biomasse phytoplanctonique dans le bac de production phytoplanctonique fluctue de $0,5 \cdot 10^6$ à $2,6 \cdot 10^6$ cellules par ml avec une moyenne de $1,6 \cdot 10^6 \pm 0,5$ cellules/ml. Le tableau 3a montre que la ration alimentaire moyenne apportée par jour et par individu pendant cette période est légèrement supérieure à celle établie théoriquement dans le protocole.

Tableau 3a : Ration alimentaire (exprimée en nombre de cellules par individu et par jour) distribuée au printemps en fonction de la taille des huîtres plates élevées.

Taille \ Ration alimentaire	G	MG	MP	P
Théorique	$0,9 \cdot 10^9$	$0,45 \cdot 10^9$	$0,30 \cdot 10^9$	$0,22 \cdot 10^9$
Mesurée	$1,04 \cdot 10^9$ $\pm 0,33$	$0,52 \cdot 10^9$ $\pm 0,17$	$0,35 \cdot 10^9$ $\pm 0,11$	$0,26 \cdot 10^9$ $\pm 0,08$

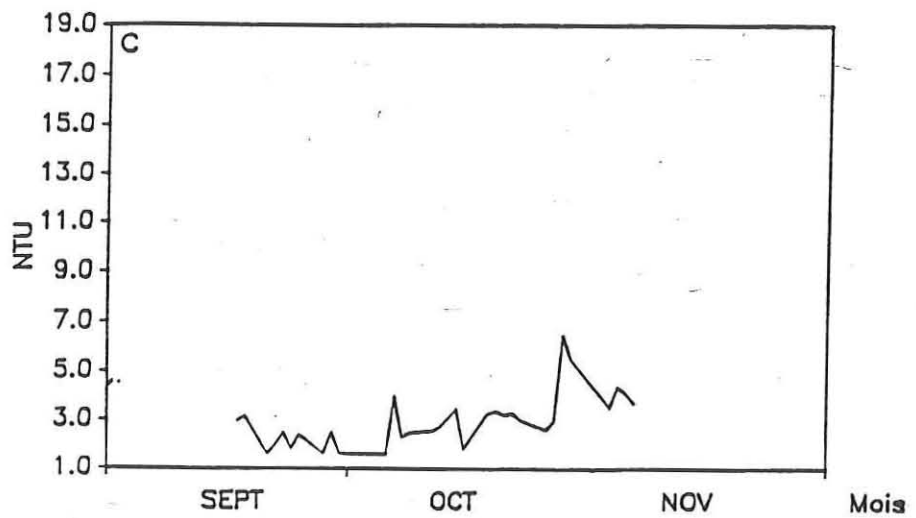
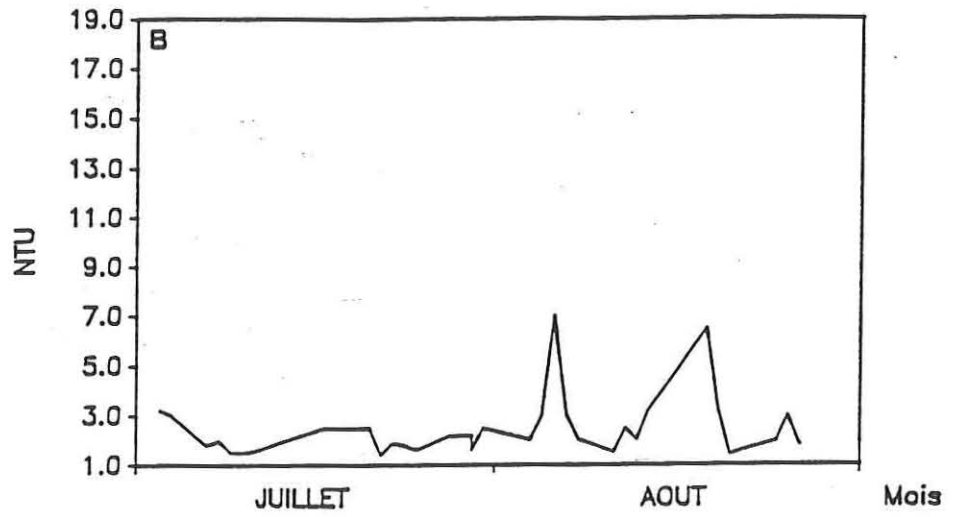
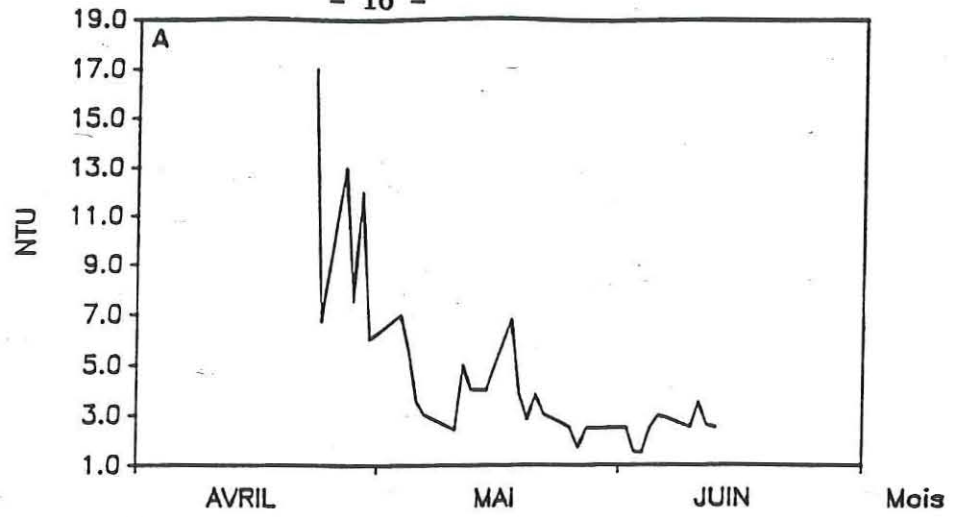


Figure 5 : Evolution saisonnière de la turbidité exprimée en NTU de l'eau d'élevage, a : printemps, b : été et c : automne.

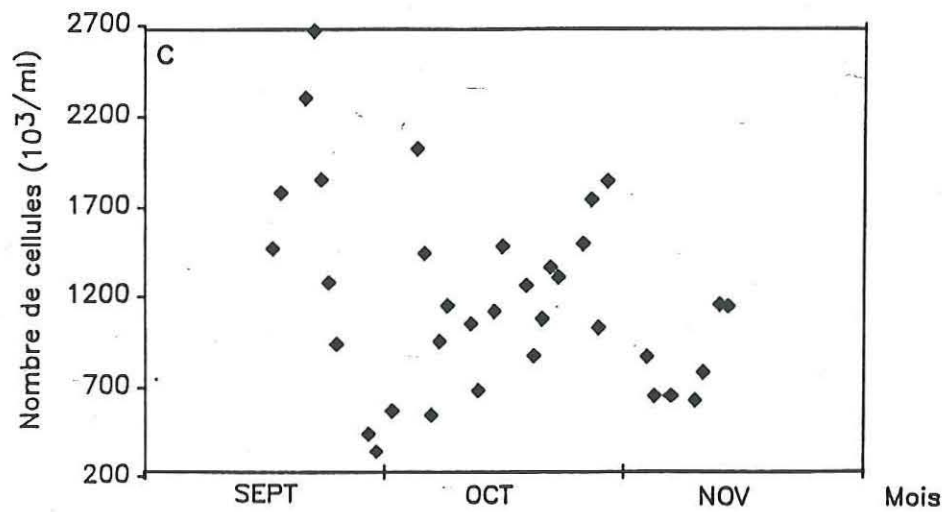
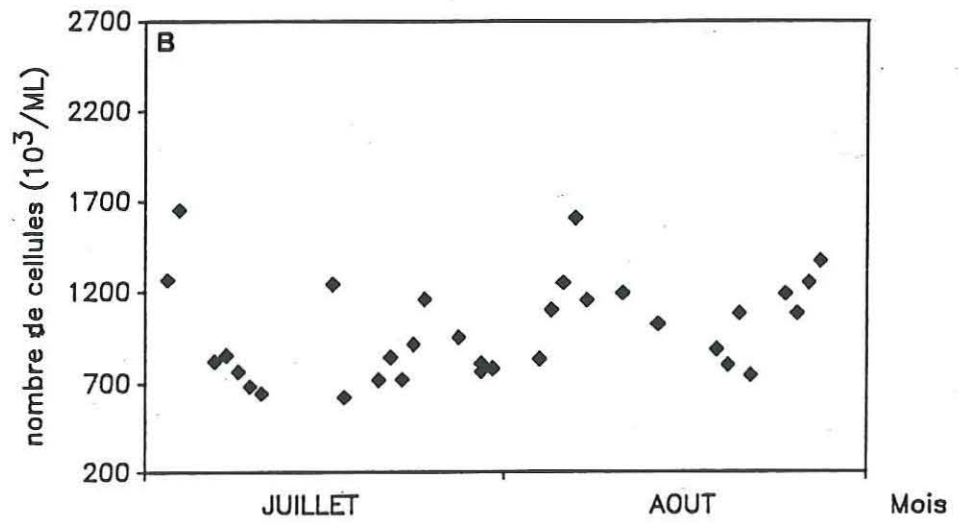
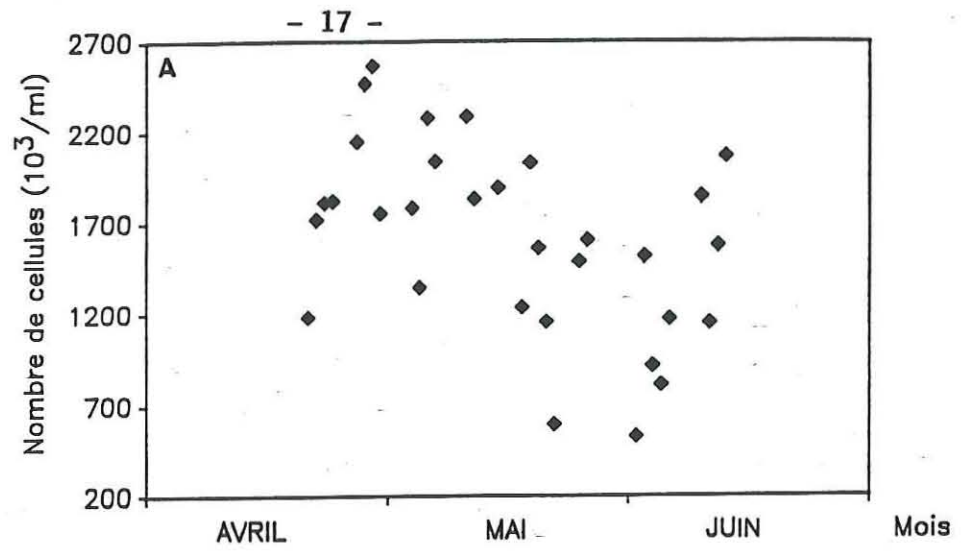


Figure 6 : Evolution saisonnière de la biomasse phytoplanctonique produite dans les bassins extérieurs avec l'eau de forage.

De juillet à août (figure 6b), la concentration algale varie selon une fourchette plus restreinte ($0,6 \cdot 10^6$ à $1,4 \cdot 10^6$ cell/ml) avec une moyenne de $1,0 \cdot 10^6 \pm 0,3$ cell/ml. Le tableau 3b indique la ration alimentaire réellement fournie aux différentes tailles d'*Ostrea edulis*.

Tableau 3b : Ration alimentaire (exprimée en nombre de cellules par individu et par jour) en été, en fonction de la taille des huîtres plates.

Taille \ Ration alimentaire	G	MG	MP	P
Mesurée	$0,64 \cdot 10^9$ $\pm 0,17$	$0,34 \cdot 10^9$ $\pm 0,09$	$0,21 \cdot 10^9$ $\pm 0,06$	$0,16 \cdot 10^9$ $\pm 0,04$

Enfin du 15 septembre au 15 novembre, les teneurs (figure 6c) présentent une moyenne de $1,2 \cdot 10^6 \pm 0,5$ cell/ml ce qui correspond à une ration alimentaire moyenne inférieure à celle définie théoriquement par le protocole initial.

Tableau 3c : Ration alimentaire (exprimée en nombre de cellules par individu et par jour) en automne, en fonction de la taille des huîtres plates.

Taille \ Ration alimentaire	G	MG	MP	P
Mesurée	$0,76 \cdot 10^9$ $\pm 0,35$	$0,38 \cdot 10^9$ $\pm 0,18$	$0,25 \cdot 10^9$ $\pm 0,12$	$0,19 \cdot 10^9$ $\pm 0,09$

- Nourriture particulaire et flux énergétique

L'estimation de la valeur énergétique de la nourriture particulaire, reflète l'apport nutritif susceptible d'être utilisé par les huîtres.

La période printanière est caractérisée par un niveau énergétique hétérogène (figure 7a), qu'il s'agisse du bac d'entrée (moyenne de 174 j/l) ou des enceintes d'élevage. La variabilité énergétique de l'eau de mer enrichie est déterminée par la variabilité de la biomasse phytoplanctonique au cours de l'évolution des efflorescences extérieures en bassin.

L'analyse des différents composés de la nourriture particulaire montre la prépondérance en pourcentage des protéines et des glucides à cette saison (figure 8a).

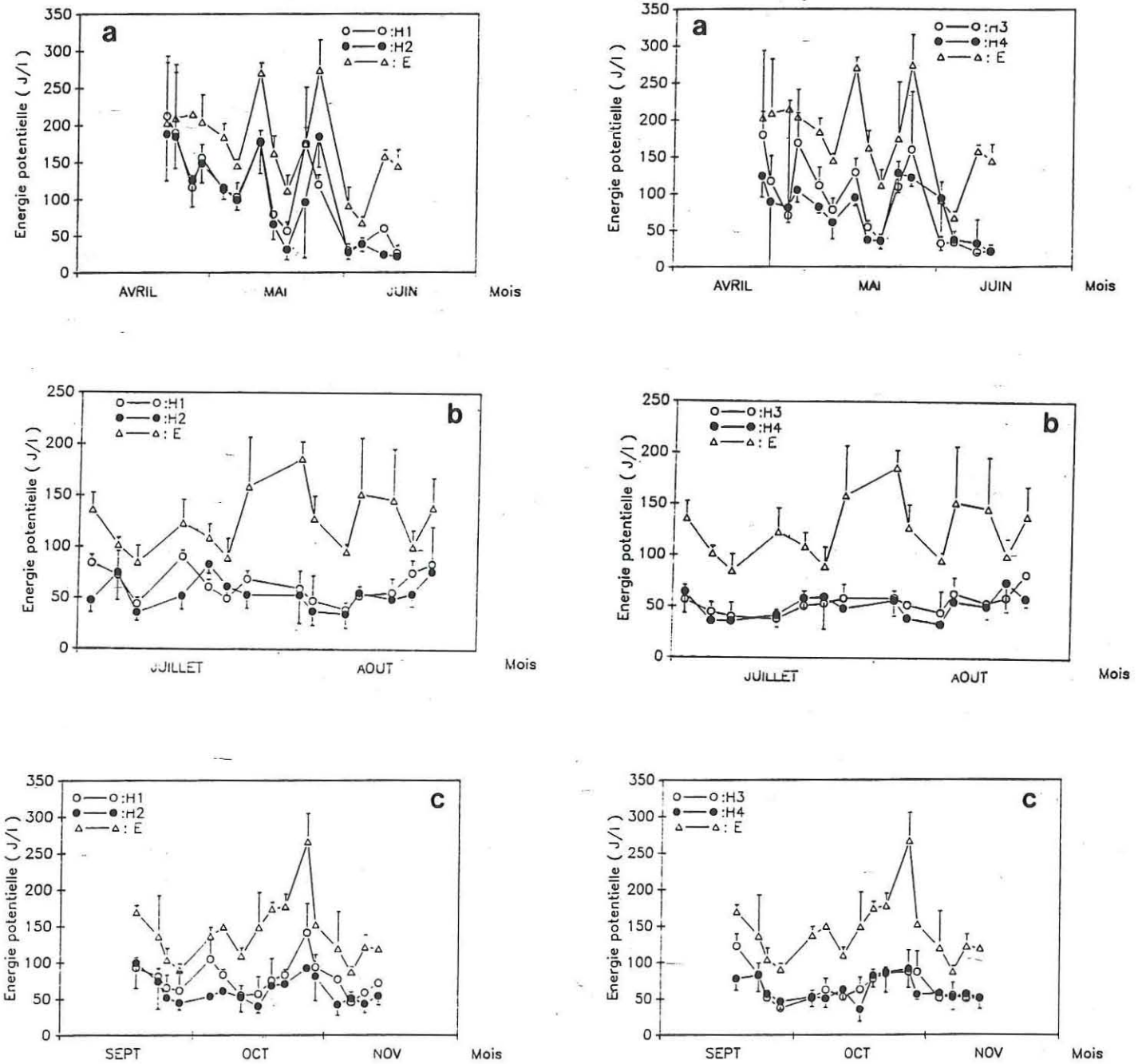


Figure 7 : Evolution saisonnière de la valeur énergétique de l'eau d'alimentation (E) et d'élevage en fonction des tailles de l'huître plate (H1 : petite, H2 : moyenne petite, H3 : moyenne grosse, H4 : grosse).

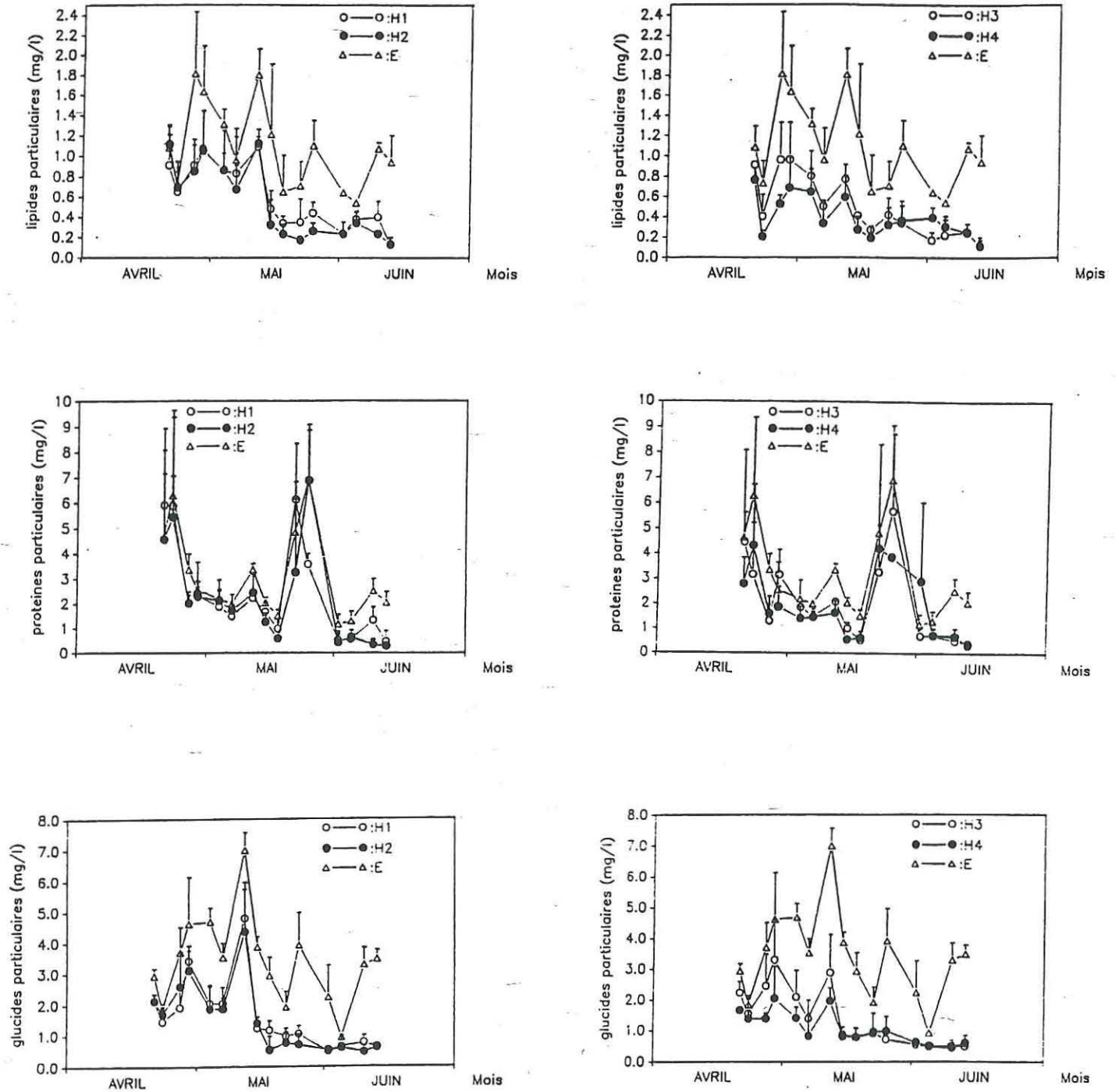


Figure 8a : Evolution printanière de la composition biochimique de la nourriture particulaire de l'eau d'alimentation (E) et d'élevage en fonction des tailles de l'huître plate.

L'évolution du flux énergétique au niveau de chaque enceinte suit fidèlement celle enregistrée dans le bac témoin. Il apparaît clairement que la consommation de nourriture particulière est corrélée positivement avec la taille de l'huître plate.

Pendant la période estivale (figure 7b), les fluctuations de l'énergie potentielle dans le bac d'entrée (moyenne = 124,7 j/l) sont également marquées par une forte hétérogénéité.

Par contre, les variations observées dans les enceintes d'élevage sont minimisées, notamment pour les grosses tailles. Malgré les fluctuations de nourriture particulière apportées, la consommation des huîtres plates est restée régulière.

Cette exigence accrue de nourriture en été pour les grandes tailles pourrait s'expliquer par une augmentation de l'activité métabolique pendant cette saison (e.g., augmentation de la respiration, des stress et de l'activité métabolique lors de la gamétogenèse).

En automne (figure 7c), la prise de nourriture exprimée en flux énergétique est en relation avec la quantité fournie et ce de façon plus marquée pour les petites tailles. Les tailles supérieures (G, MG, MP) prélèvent davantage et se comportent de manière très similaire. Les protéines représentent la fraction majoritaire des composés biochimiques (figure 8c), la fraction glucidique étant faible et proche de celle des lipides.

3.3. Croissance des huîtres plates

3.3.1. Evolution des paramètres biométriques

Globalement, une augmentation du poids est mise en évidence sur toutes les tailles au printemps mais selon des cinétiques différentes comme le montre la figure 9a.

Les petites tailles, après une période d'acclimatation, ont une vitesse de croissance rapide qui se traduit par un gain de poids de 3 100 % en 61 jours. La prise de poids des moyennes petites s'accélère également à partir de la mi-mai et équivaut à 192 % du poids d'origine. Les moyennes grosses présentent une progression régulière à part un léger fléchissement fin mai correspondant à 73 % du poids initial. Les grosses tailles, quant à elles, ont un accroissement linéaire accompagné d'une légère stagnation à partir de fin mai, ce qui correspond à un gain de poids de seulement 22 %.

La vitesse de croissance pondérale estivale (figure 9b) varie en fonction du temps et des tailles :

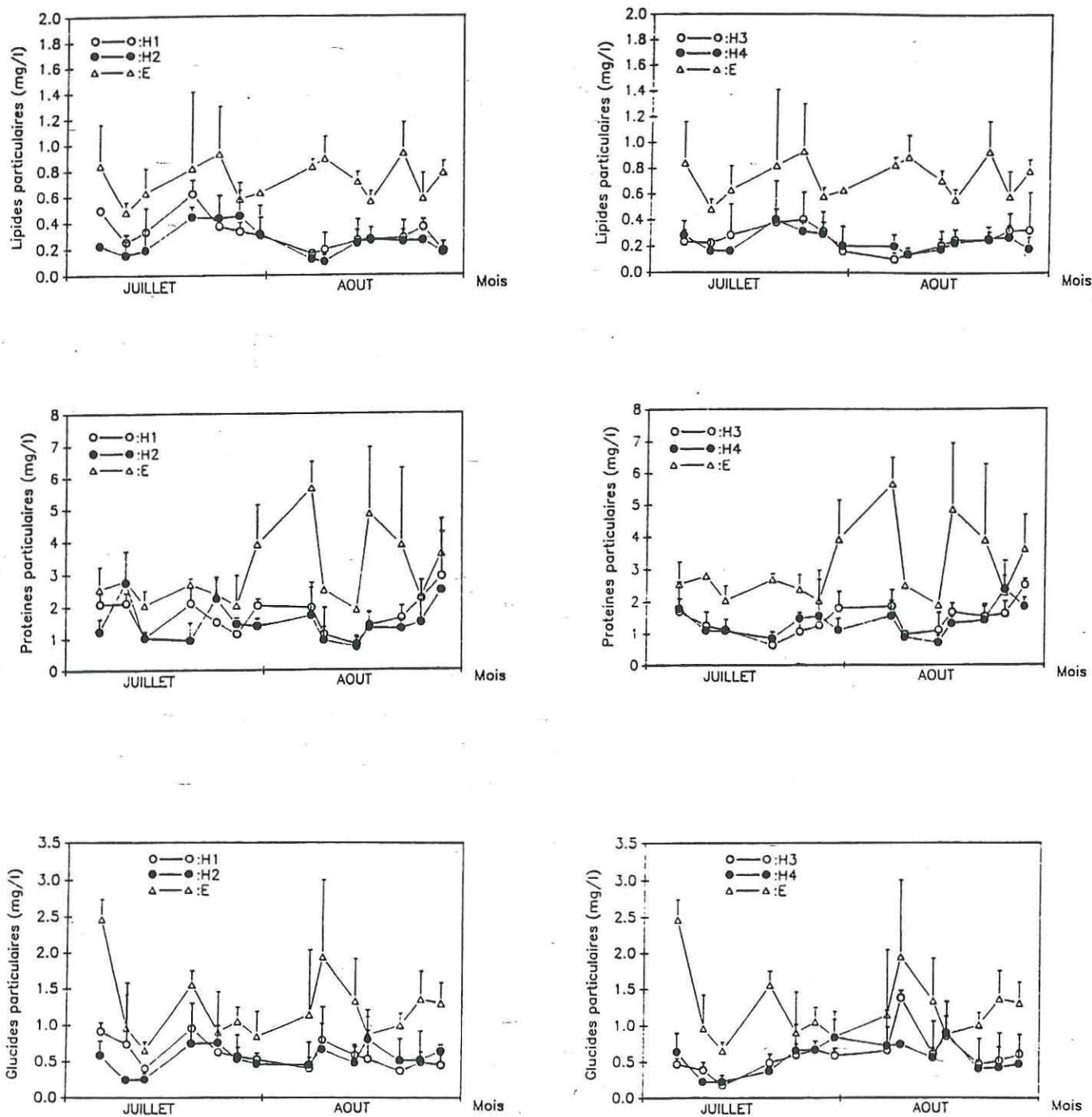


Figure 8b : Evolution estivale de la composition biochimique de la nourriture particulaire de l'eau d'alimentation (E) et d'élevage en fonction des tailles de l'huître plate.

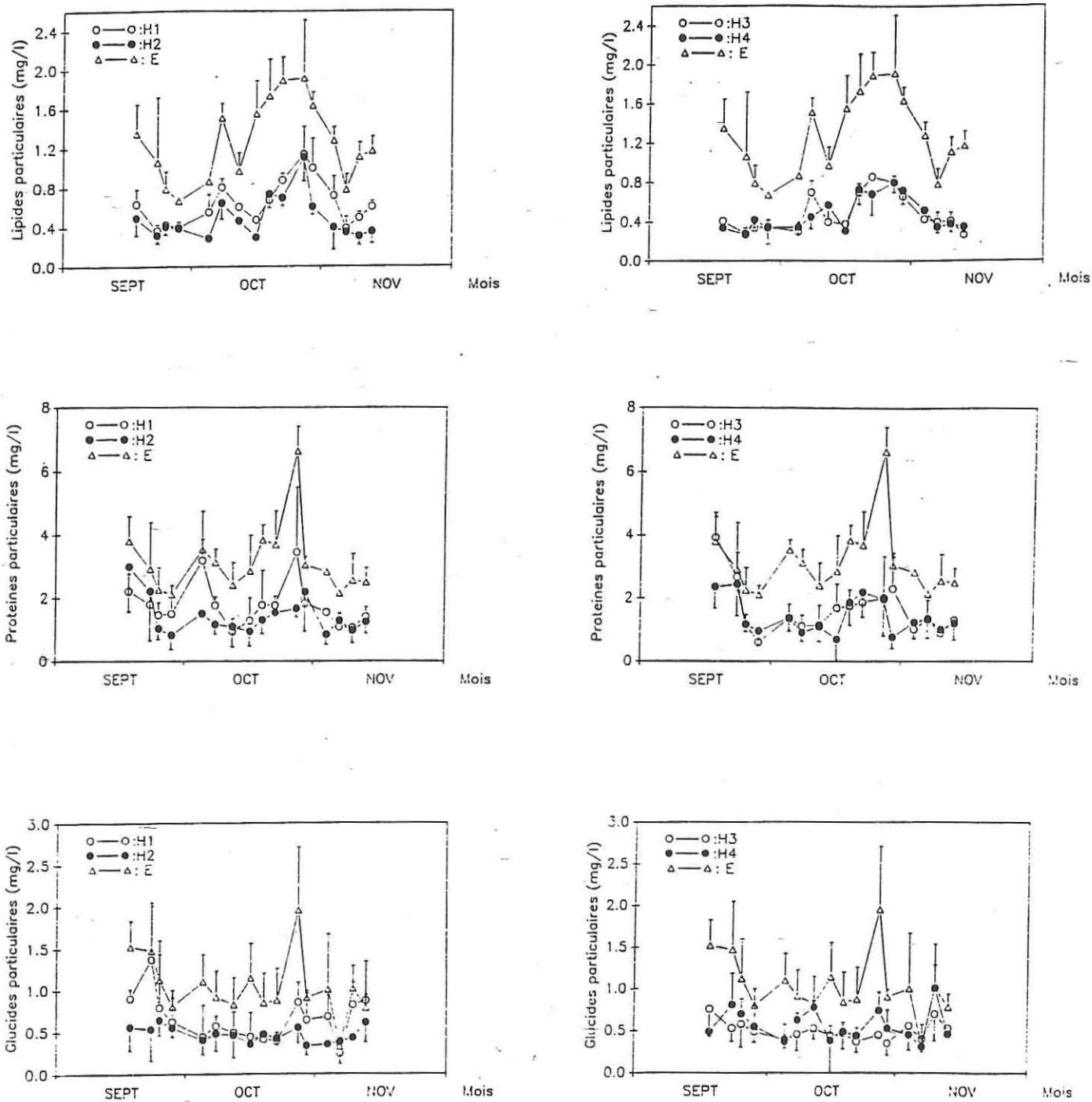


Figure 8c : Evolution automnale de la composition biochimique de la nourriture particulaire de l'eau d'alimentation (E) et d'élevage en fonction des tailles de l'huître plate.

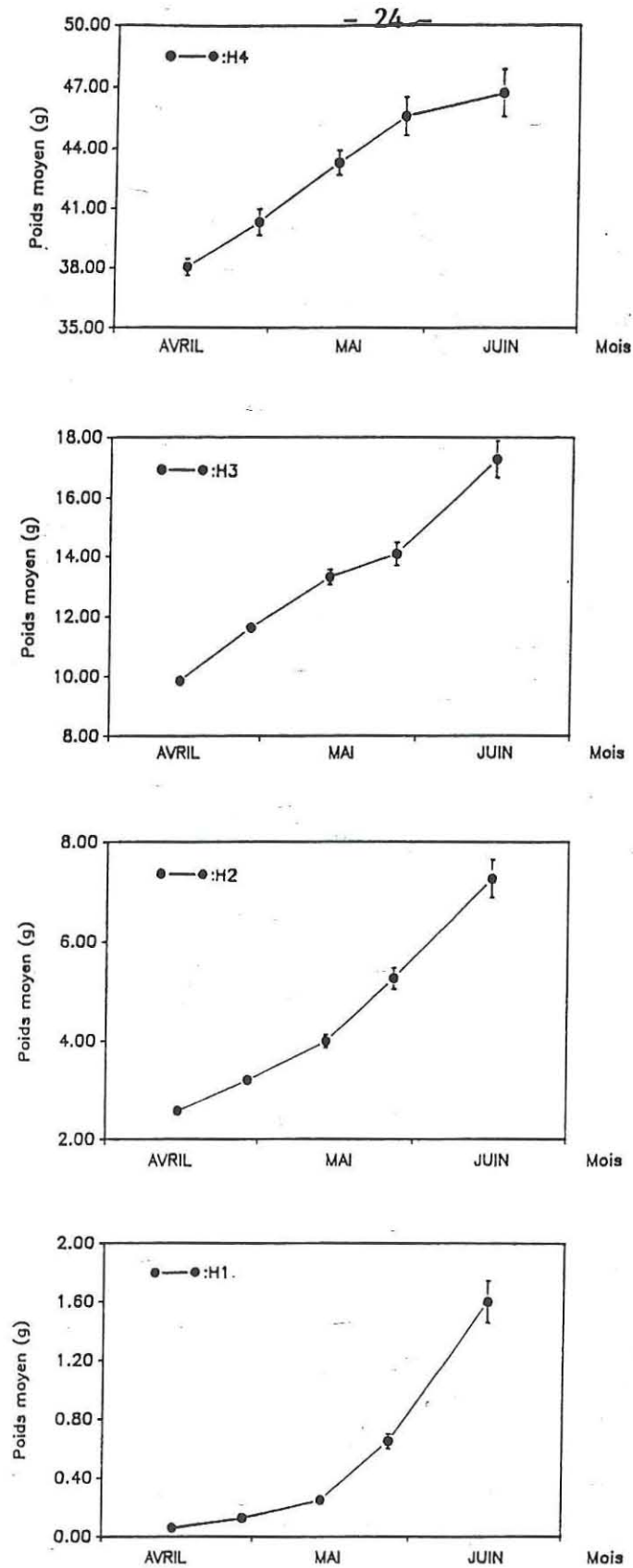


Figure 9a : Evolution printanière de la croissance pondérale des huîtres plates en fonction de la taille (H1 : petite, H2 : moyenne petite, H3 : moyenne grosse, H4 : grosse).

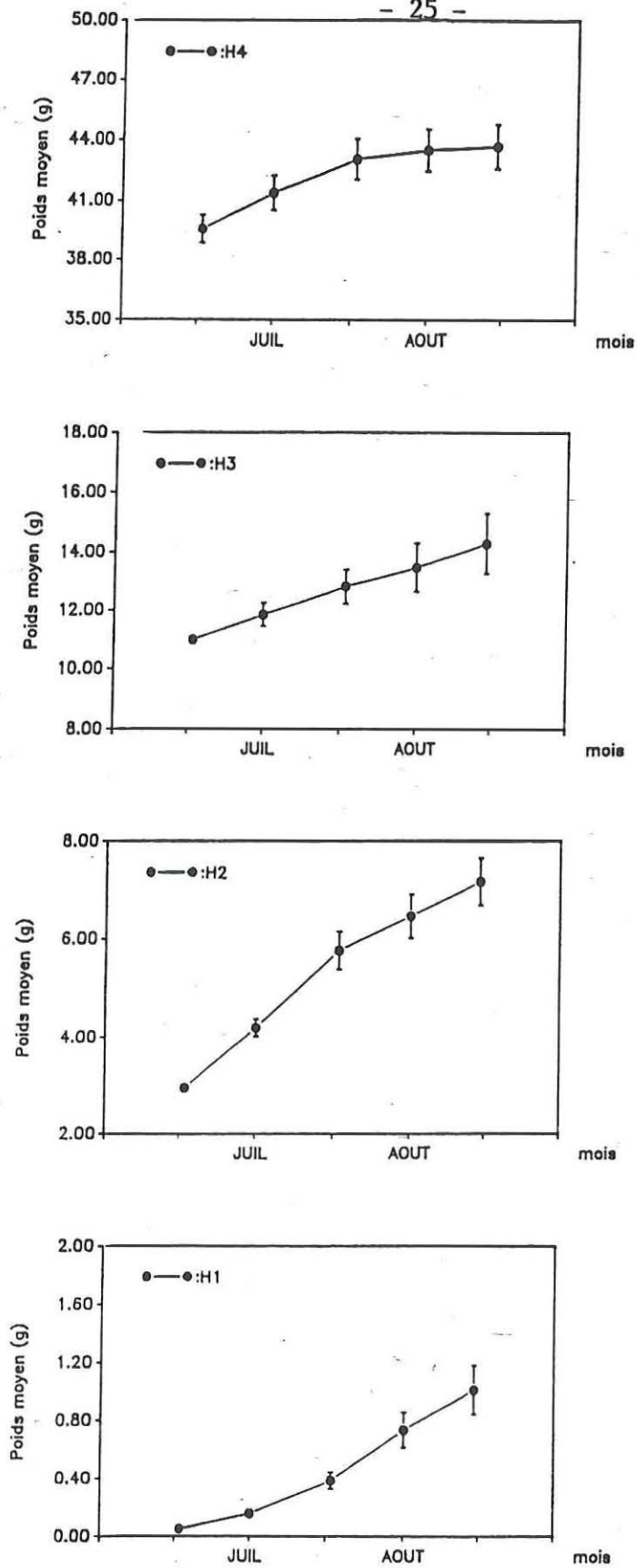


Figure 9b : Evolution estivale de la croissance pondérale des huîtres plates en fonction de la taille.

- pour les petites, elle s'accroît à partir de la fin juillet,
- pour les moyennes petites, par contre, elle présente un léger fléchissement à partir de la même période,
- pour les moyennes grosses, elle est linéaire,
- pour les grosses, elle stagne pendant le mois d'août.

Le gain pondéral correspondant, sur 58 jours est de 1 960 % pour les petites, 113 % pour les moyennes petites, de 27 % pour les moyennes grosses et de 8 % pour les grosses.

En automne (figure 9c) la croissance des MP, MG et G est linéaire (gain de poids de 100 %, 56 et 14 % respectivement) et s'accroît au fur et à mesure de l'avancement de la saison pour les petites (gain de 3 250 %).

A partir de ces résultats, il apparaît clairement que plus la taille est petite, plus la croissance s'accélère.

Une augmentation nette du poids sec (d'un facteur 2), toutes tailles confondues, est visible de mi-avril à mi-mai (tableau 4a) pour les G et MG, décalée de mi-avril à fin mai pour les MP, avec ensuite une baisse significative.

Une ponte des huîtres matures entre mi-mai et début juin pourrait expliquer ce phénomène.

L'évolution du poids sec des petites tailles suggère l'éventuelle précocité de la maturité des huîtres plates, hypothèse à vérifier ultérieurement.

Ainsi, une production concomitante de chair (malgré la ponte) et de coquille (inversement proportionnelle à la taille) est constatée au printemps. Ces résultats sont appuyés par le calcul de l'indice de croissance G30 (tableau 5a).

Pendant la période estivale, le gain pondéral au niveau de la coquille est notable (tableaux 4b et 5b). Il est fonction de la taille considérée (MP > MG > G). Par contre, le bilan de croissance tissulaire est négatif pour les grandes tailles et globalement nul pour les jeunes stades. Les variations du poids sec suggèrent la présence d'une deuxième ponte, dès le début juillet pour les MG et les G, mi-juillet pour les MP.

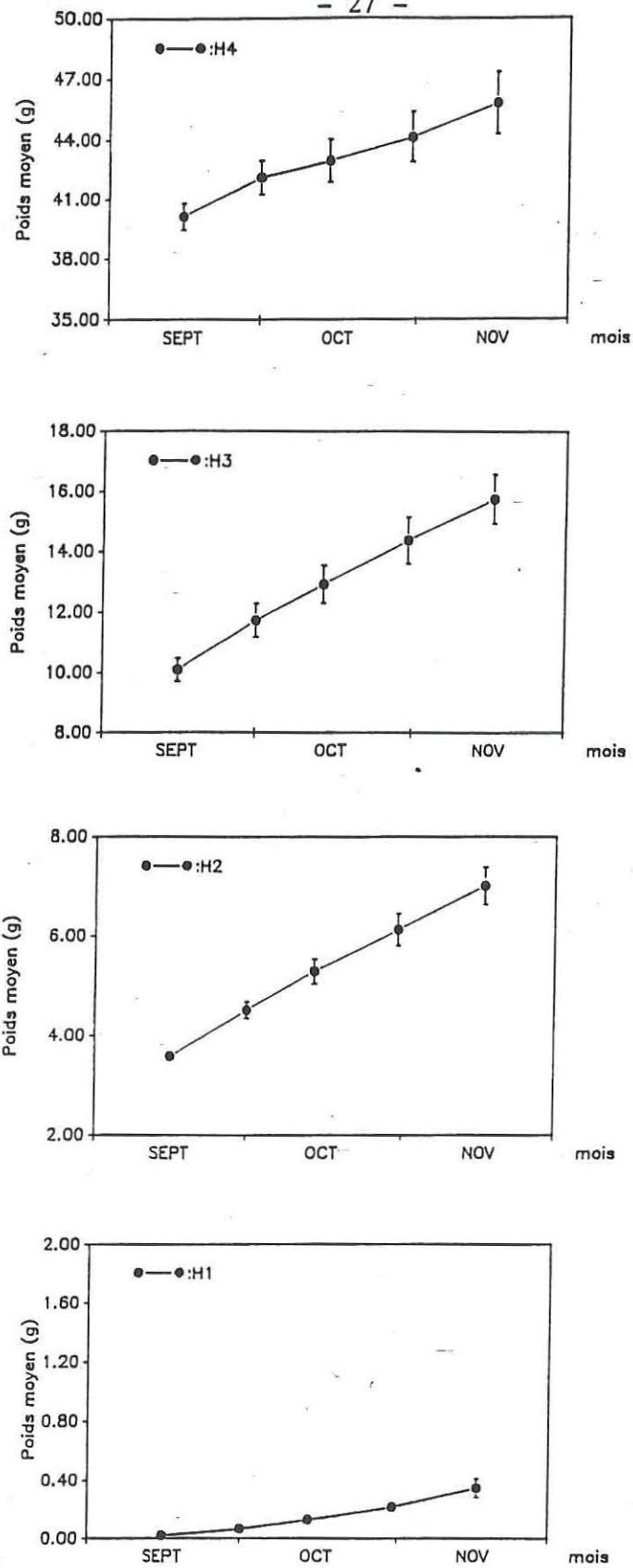


Figure 9c : Evolution automnale de la croissance pondérale des huîtres plates en fonction de la taille.

Il semble qu'à cette période, l'énergie soit transférée préférentiellement vers la coquille au détriment de la chair. En effet, Walne et Mann (1975) ont montré cette tendance lorsque les températures étaient supérieures à 15°C.

En automne (tableaux 4c et 5c), les bilans de croissance de la chair et de la coquille sont positifs quelque soit la taille. Les G30 correspondants indiquent que les productions de matière vivantes et de coquilles sont corrélées négativement avec la taille.

Tableau 4a : Valeurs bi-mensuelles de poids sec et poids de coquille exprimées en g en fonction de la taille des huîtres au printemps.

Jour Julien	POIDS SEC					POIDS DE COQUILLE				
	106	121	135	148	167	106	121	135	148	167
Grosses	1,0	1,5	2,0	1,7	1,5	25,2	25,7	32,3	31,6	33,8
MGrosses	0,4	0,5	0,7	0,6	0,6	6,6	7,1	9,3	10,1	11,7
MPetites	0,099	0,126	0,162	0,219	0,160	1,8	2,2	2,5	4,2	4,3

Tableau 4b : Valeurs bi-mensuelles de poids sec et poids de coquille exprimées en g en fonction de la taille des huîtres en été.

Jour Julien	POIDS SEC					POIDS DE COQUILLE				
	183	197	213	227	241	183	197	213	227	241
Grosses	1,3	1,1	0,9	1,0	1,1	24,5	24,9	25,1	24,2	26,9
MGrosses	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	7,5	7,6	8,9	10,2	9,8
MPetites	0,084	0,008	0,093	0,099	0,088	2,0	3,3	3,8	4,7	4,3

Tableau 4c : Valeurs bi-mensuelles de poids sec et poids de coquille exprimées en g en fonction de la taille des huîtres en automne.

Jour Julien	POIDS SEC			POIDS DE COQUILLE		
	260	288	321	260	288	321
Grosses	1,1	1,0	1,2	27,5	27,3	28,2
MGrosses	0,3	0,3	0,4	5,4	7,4	8,8
MPetites	0,106	0,137	0,185	2,4	3,9	5,1

Tableau 5a : Variations des coefficients de croissance (G30) exprimées pour la chair, la coquille et le poids total des trois tailles d'huîtres plates élevées au printemps.

	POIDS TOTAL	POIDS DE COQUILLE	POIDS SEC
Grosses	0,159	0,144	0,199
MGrosses	0,279	0,282	0,199
MPetites	0,492	0,428	0,341

Tableau 5b : Variations des coefficients de croissance (G30) exprimées pour la chair, la coquille et le poids total des trois tailles d'huîtres plates élevées en été.

	POIDS TOTAL	POIDS DE COQUILLE	POIDS SEC
Grosses	0,040	0,048	- 0,086
MGrosses	0,125	0,138	- 0,148
MPetites	0,384	0,396	0,024

Tableau 5c : Variations des coefficients de croissance (G30) exprimées pour la chair, la coquille et le poids total des trois tailles d'huîtres plates en automne.

	POIDS TOTAL	POIDS DE COQUILLE	POIDS SEC
Grosses	0,036	0,012	0,043
M. Grosses	0,234	0,240	0,141
M. Petites	0,382	0,371	0,274

Les indices de condition mesurés au printemps, figurant sur le tableau 6a, montrent que l'état physiologique des huîtres est similaire pour chaque taille, avec une moyenne de 109 pour les moyennes petites, 103 pour les moyennes grosses et 89 pour les grosses. Leur évolution confirme la présence d'une ponte vers la mi-mai, appuyée par le calcul des IGPS. Contre toute attente, l'effort de ponte est plus fort chez les jeunes stades, évalué à 36,9 % contre 16,67 % pour les moyennes grosses et 17,65 % pour les grosses.

Tableau 6a : Variations et moyenne des indices de condition (IC) au printemps des trois tailles d'huître plate.

Jour Julien	106	121	135	148	167	Moyenne
Grosses	76,8	98,4	102,2	93,5	74,5	89,1
MGrosses	91,7	122,7	127,1	92,6	82,7	103,4
MPetites	140,1	122,3	126,9	93,8	63,1	109,2

La diminution de l'indice de condition des MP en début de saison demeure inexplicée dans la mesure où elle ne reflète pas l'évolution du poids sec.

En été, les indices de condition chutent (tableau 6b) et révèlent une faiblesse de l'état physiologique pour chaque taille, plus prononcée pour les moyennes petites qui enregistrent un indice minimum de 30, probablement liée à la ponte comme l'indiquent les valeurs d'IPGS, de 18,2 %, 33,3 % et 16,0 % par taille décroissante.

Tableau 6b : Variations et moyenne des indices de condition (IC) en été des trois tailles d'huître plate.

Jour Julien	183	197	213	227	241	Moyenne
Grosses	79,3	75,4	55,1	61,3	63,4	66,9
MGrosses	84,1	61,5	44,3	48,5	53,3	58,3
MPetites	76,2	53,3	38,6	30,0	37,7	47,2

La période automnale (tableau 6c) est caractérisée par une stabilité des indices de condition, tout au moins pour les G et MG et par une similarité des indices moyens quelque soit la taille.

Tableau 6c : Variations et moyenne des indices de condition (IC) en automne des trois tailles d'huître plate.

Jour Julien	260	288	321	Moyenne
Grosses	82,9	75,5	77,6	78,7
MGrosses	83,1	71,8	74,5	76,5
MPetites	102,2	77,8	78,0	86,0

En résumé, le taux de croissance des huîtres plates sur la période étudiée (mi-avril à mi-novembre) montre l'adéquation des conditions expérimentales pour l'élevage de cette espèce.

Afin de comparer les croissances en fonction des saisons et de la taille des huîtres, les courbes de croissance (figure 10) sont assimilées à des droites d'équation $y = ax + b$. L'analyse de variance effectuée à partir des coefficients de pente (tableau 7) sur 2 facteurs (i.e., saison et taille) ne montre pas de différence significative pour la saison mais par contre met en évidence un effet taille hautement significatif. Le test de Newman Keuls confirme les résultats précédemment observés, c'est-à-dire que la taille est inversement proportionnelle au taux de croissance.

Tableau 7 : Coefficients de pente (a), termes constants (b) et coefficient d'explication (r^2) pour les fonctions représentatives des croissances saisonnières à différentes tailles de l'huître plate *Ostrea edulis*.

	Petite			Moyenne petite			Moyenne grosse			Grosse		
	a	b	r^2	a	b	r^2	a	b	r^2	a	b	r^2
Printemps	0,0237	-1,7452	0,99	0,0075	1,6099	0,99	0,0040	2,5814	0,99	0,0015	3,4233	0,98
Eté	0,0227	-3,3499	0,96	0,0066	1,3024	0,94	0,0019	2,6879	0,99	0,0007	3,4676	0,87
Automne	0,0217	-5,3095	0,91	0,0047	1,3449	0,98	0,0031	2,2011	0,98	0,0009	3,3707	0,98

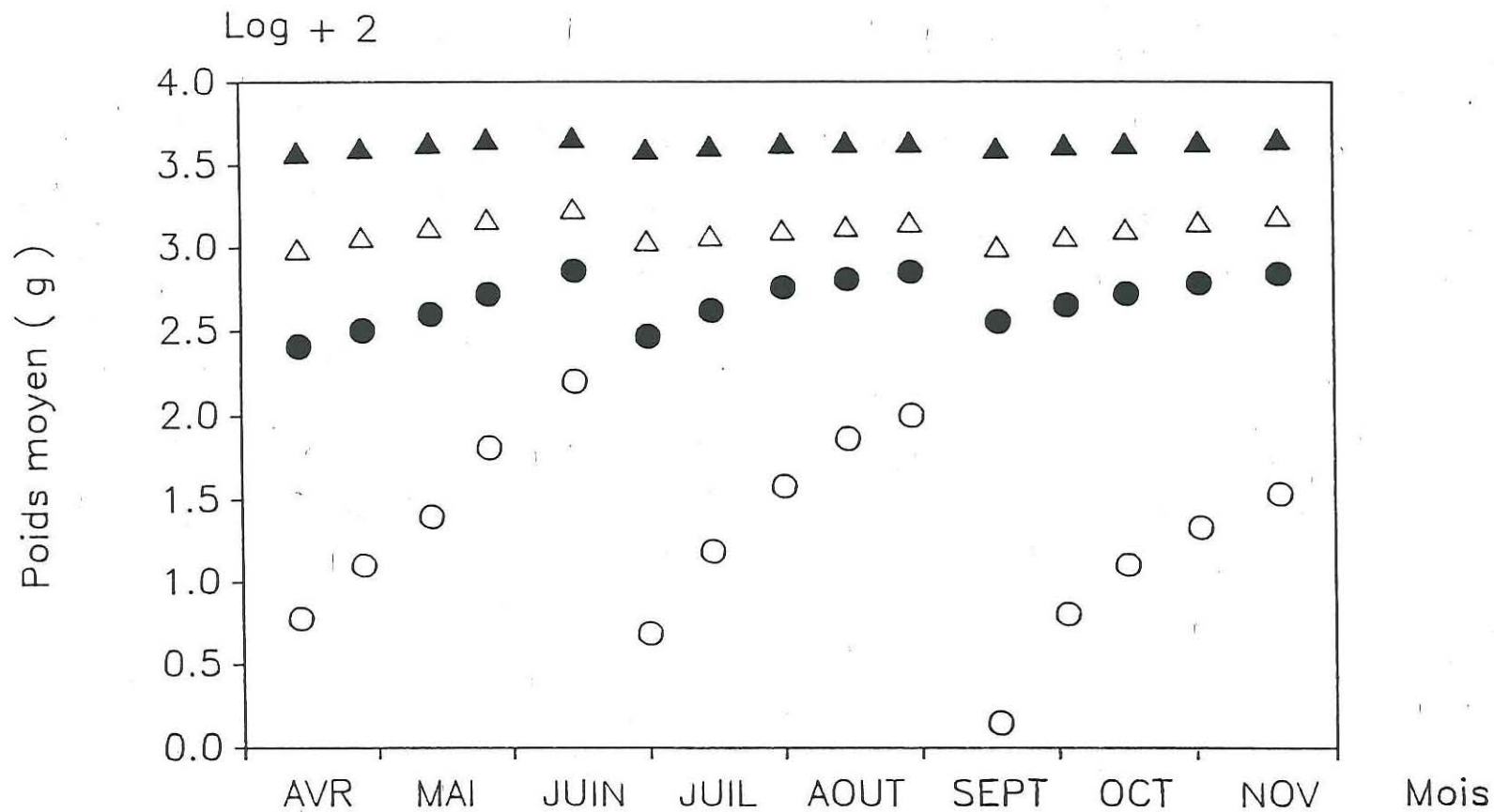


Figure 10 : Evolution de la croissance pondérale exprimée en log sur toute la saison d'étude et pour les différentes tailles de l'huître plate (▲ = grosse ; △ = Moyenne Grosse ; ● = Moyenne Petite ; ○ = Petite).

3.3.2. Evolution des composés biochimiques

L'évolution de la composition biochimique globale pour chaque saison est mesurée à partir de la conversion en énergie des composés de la chair (fig. 11).

Au printemps, la valeur énergétique de la chair est similaire pour chaque taille ($\Delta < 2$ kj). Elle atteint sa valeur maximale (13,5 kj/mg), juste avant la période de ponte mi-mai pour les G et MG, fin mai pour les MP.

La mobilisation de l'énergie est concomitante avec la chute des protéines et du glycogène pour toutes les tailles, sauf pour les MP qui enregistrent essentiellement une chute de glycogène (fig. 12a). La régularité des teneurs lipidiques au moment de la ponte suggère que seuls les protéines et glucides sont partiellement utilisés pour l'élaboration des produits génitaux.

La ponte estivale, mise en évidence par les variations du poids sec et les indices de condition, n'est pas visible sur l'évolution du flux énergétique de la chair. Les tendances observées sont essentiellement liées aux variations des protéines (figure 12b). Le niveau énergétique oscille dans une fourchette comprise entre 10 et 12 kj/mg pour les MP et MG, et 11 à 13,5 kj/mg pour les G (fig. 10).

Le bilan énergétique de la chair en automne, lié à l'évolution des concentrations protéiques (figure 12c) est nul pour les grosses. Les variations énergétiques fluctuent de 12,2 à 14,3 kj/mg.

Quelque soit la saison, il faut souligner la forte proportion en glucides des huîtres plates, indiquée dans le tableau 8, par rapport aux huîtres creuses (en moyenne 19 % d'après Mann, 1979).

Tableau 8 : Composition biochimique moyenne de l'huître plate par saison, exprimée en %.

Saisons	Protéines	Lipides	Glucides
Printemps	42	10	47
Eté	56,3	10,3	33,3
Automne	57,4	11,8	30,9

Globalement, la part des protéines est légèrement inférieure à celle des glucides au printemps, ensuite la tendance s'inverse. Il ressort de cette étude l'absence de séquences marquées des phénomènes métaboliques, notamment l'été, observées classiquement sur les

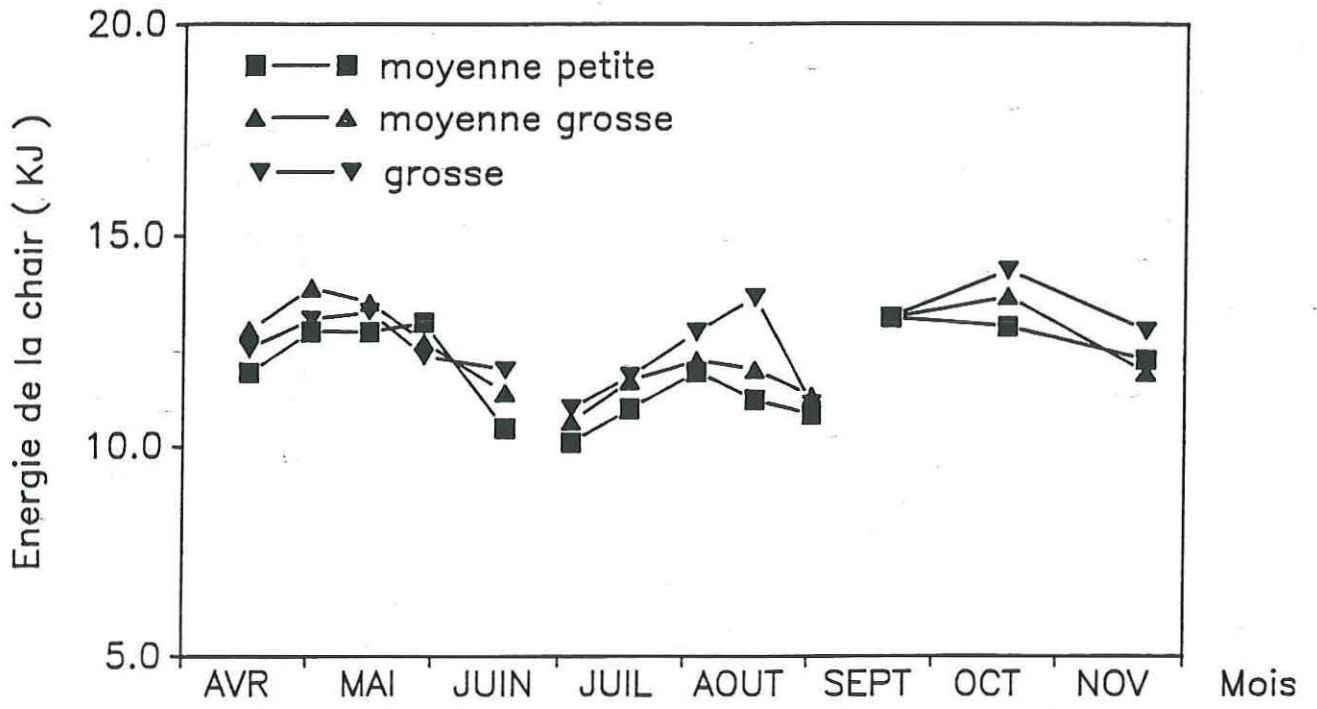


Figure 11 : Evolution saisonnière de la valeur énergétique par mg de chair des différentes tailles de l'huître plate.

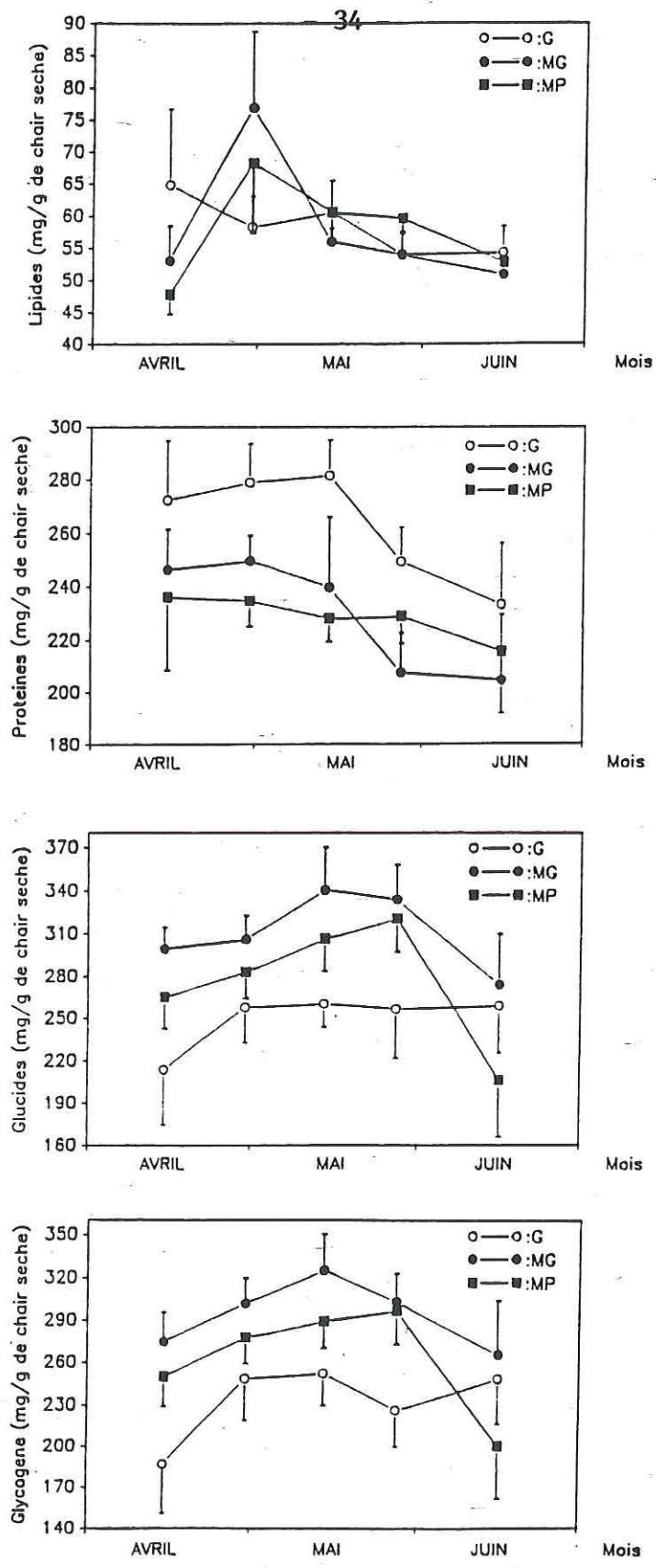


Figure 12a : Evolution printanière de la composition biochimique de la chair des différentes tailles en élevage de l'huître plate (G : grosse, MG : moyenne grosse, MP : moyenne petite).

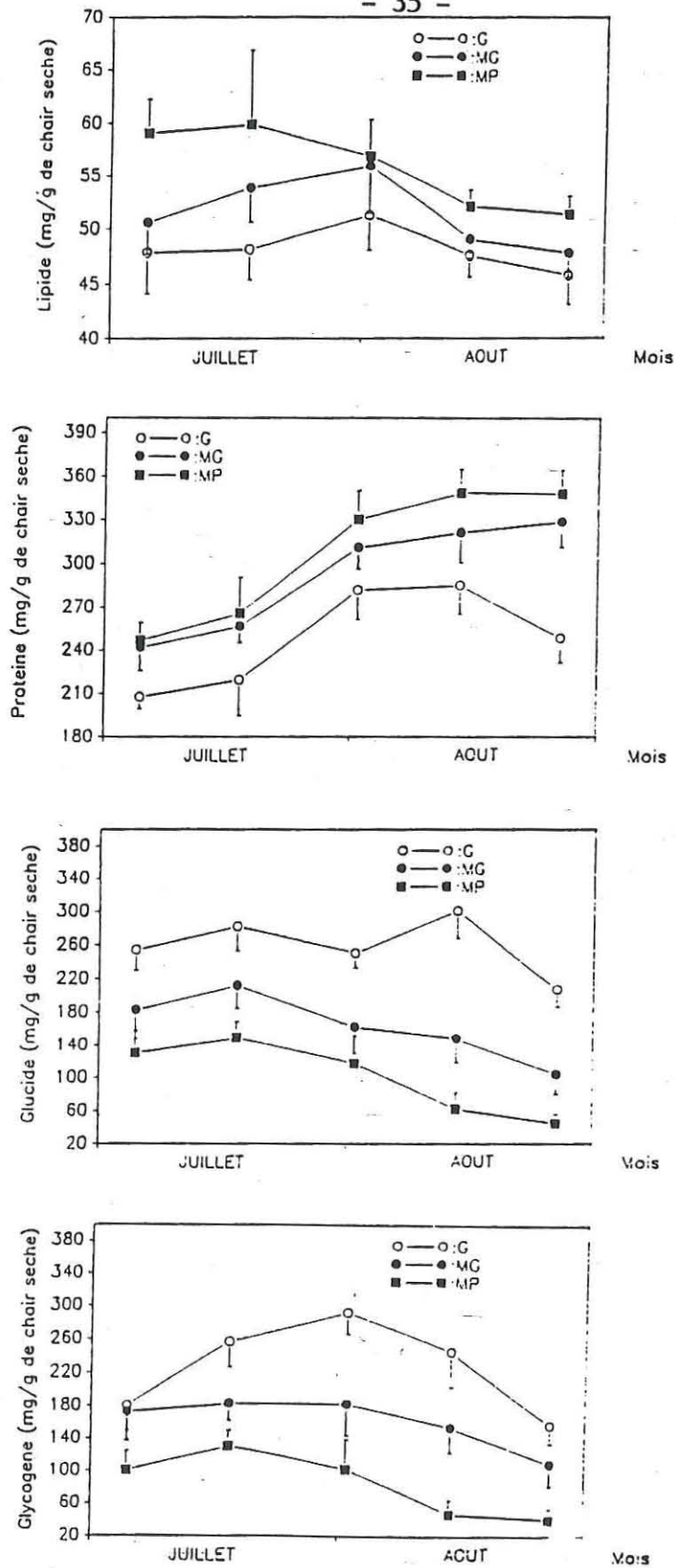


Figure 12b : Evolution estivale de la composition biochimique de la chair des différentes tailles en élevage de l'huître plate (G : grosse, MG : moyenne grosse, MP : moyenne petite).

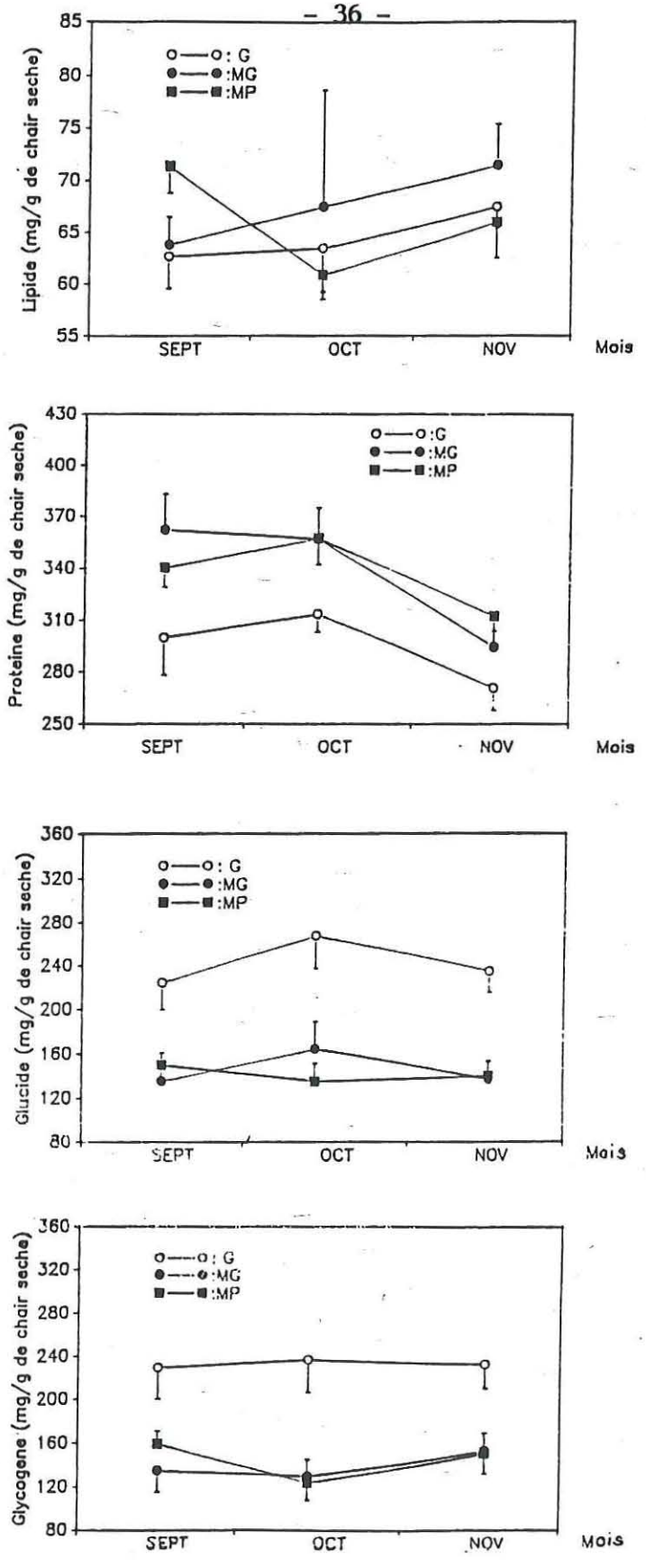


Figure 12c : Evolution automnale de la composition biochimique de la chair des différentes tailles en élevage de l'huître plate (G : grosse, MG : moyenne grosse, MP : moyenne petite).

bivalves. La ponte printanière s'accompagne d'une perte synchrone de protéines et glucides en accord avec les travaux de Mann (1979) mais beaucoup plus atténuée que celle observée dans les conditions naturelles. Les fluctuations de la teneur lipidique sont non significatives quelque soit la saison ce qui rejoint les observations faites par Mann (1979).

La forte valeur énergétique qui caractérise la chair de l'huître plate dans cette étude traduit la richesse du milieu d'élevage.

3.3.3. Evolution de la mortalité

Les pourcentages de mortalité cumulés de la période printanière (fig. 13a) mettent en évidence une relation entre la taille de l'huître et le taux de mortalité. En effet, la mortalité affecte davantage les grandes tailles : le pourcentage de mortalité cumulé (25 %) des grosses représente 8 fois celui des petites.

Les résultats du test Bonamiose effectué sur 30 individus de grosses tailles (Renault com. pers.) à la fin de la première expérience indiquent la présence du parasite sur 2 huîtres (6,7 % de prévalence).

La mortalité estivale (fig. 13b) affecte indifféremment les G et MG (soit 40 % des stocks initiaux), dans une moindre mesure les MP (2 fois moins) et épargne totalement les P. Compte tenu de la nécessité de reprendre les mêmes individus pour la 3ème expérience, en raison de la pénurie d'approvisionnement, et du fait de l'amointrissement des quantités lié à la mortalité, le test Bonamiose n'a pu être réalisé à cette période.

La phase automnale (figure 13c) est caractérisée par une perte d'environ 26, 21 et 3 % des quantités initiales respectivement pour les G, MG et MP. Par contre le faible taux de survie des petites tailles (seulement 68 %) paraît anormal et pourrait être imputé à la qualité initiale du lot d'origine différente des précédents.

L'examen zoosanitaire révèle que 13 % des grosses sont atteintes par la Bonamiose (9,7 % fortement) et que 6,7 % des MG présentent un début d'infection. Les MP, quant à elles sont indemnes (Renault com. pers.).

Le taux de mortalité est traité par analyse de variance en fonction de la saison, du niveau d'élevage et de la taille des huîtres. L'analyse ne révèle pas de différence significative de la mortalité en fonction des niveaux ($F = 0,70$; $P = 0,672$) mais par contre met en évidence (avec le test Newman et Keuls) :

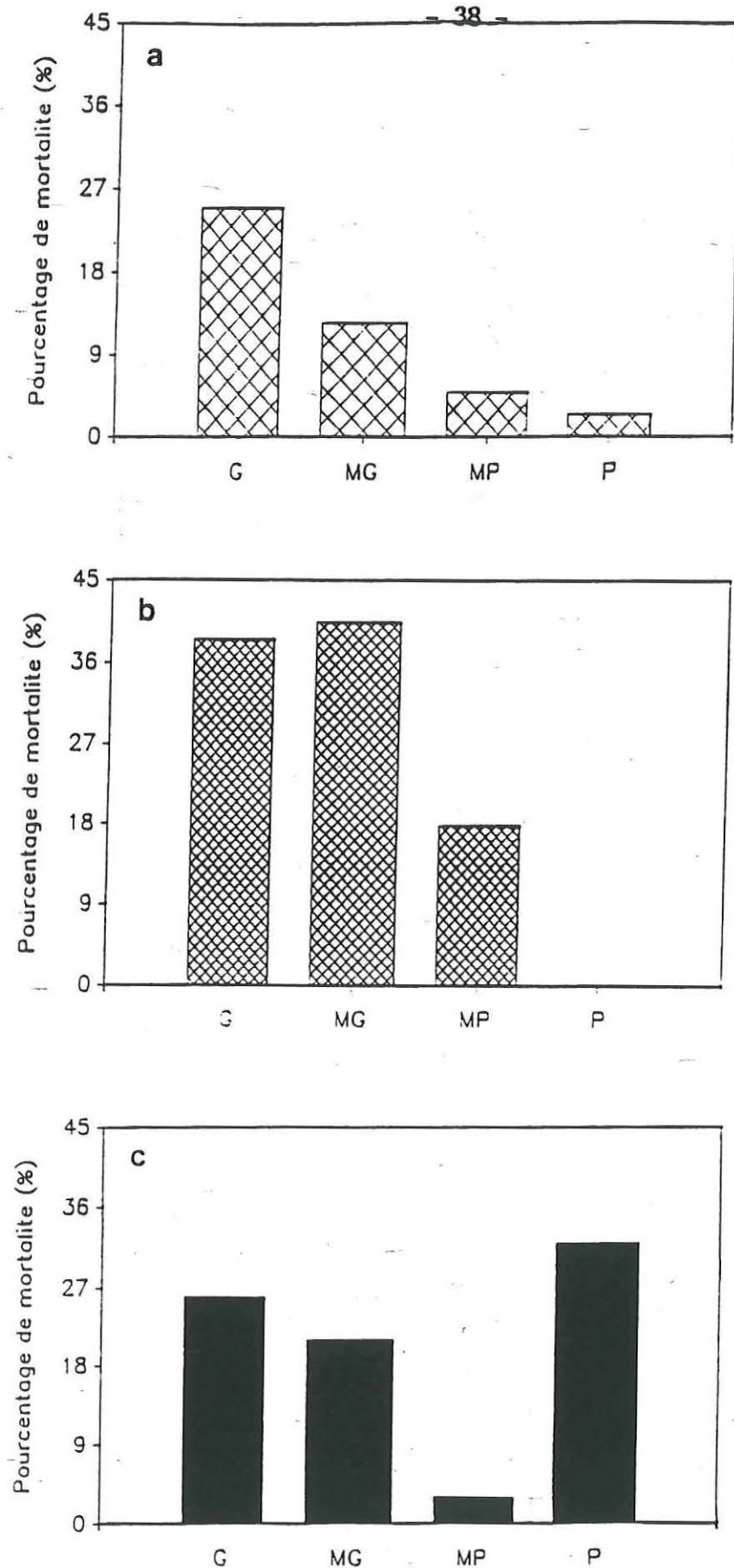


Figure 13 : Evolution saisonnière (a : printemps, b : été, c : automne) de la mortalité cumulée en fonction des différentes tailles en élevage de l'huître plate (G : grosse, MG : moyenne grosse, MP : moyenne petite, P : petite).

- un effet "saison" ($F = 41,69$; $P = 0,000$), avec une mortalité moindre au printemps comparativement à l'été et l'automne,
- un effet "taille" ($F = 142,23$; $P = 0,000$), avec une mortalité qui décroît de la manière suivante : $G > MG > MP$ et P .
- une interaction taille/saison ($F = 112,95$; $P = 0,000$) avec une mortalité plus élevée sur les G et MG l'été et sur les P en automne.

L'importante mortalité automnale est essentiellement due au lot de petites et serait liée à la qualité initiale du lot.

Les grandes tailles sont significativement plus affectées par la mortalité, probablement à cause de la Bonamiose (détectée sur quelques individus prélevés) dans la mesure où cette mortalité ne touche pas les jeunes stades. La forte mortalité estivale pourrait être expliquée par l'effet combiné de la Bonamiose (sous toute réserve car il n'y a pas eu d'examen à cette période) et du mauvais état physiologique des huîtres.

Connaissant le taux de mortalité, il peut être calculé pour chaque saison un rendement simulé en fonction des résultats obtenus à partir de la courbe prédictive de la figure 14 (annexe).

3.3.4. Bilan du système expérimental

La figure 15 représente le pourcentage d'énergie retenu par l'unité expérimentale. Il est calculé en % de prise de nourriture exprimée en flux d'énergie, en fonction de la taille de l'huître et de la saison.

Toutes tailles et saisons confondues, le pourcentage d'énergie retenu est de 50,9 %. Cette prise énergétique moyenne est proportionnelle à l'âge des huîtres. Elle est respectivement de 43,3 %, 51,6 %, 54 % et 55,8 % pour les P , MP , MG et G et ce malgré l'augmentation de la densité en élevage inversement proportionnelle à la taille. Il apparaît également que le pourcentage moyen de rétention est supérieur en été (53,4 %) par rapport au printemps (47,5 %) et à l'automne (51,7 %). Ce pourcentage est à rapprocher cependant de la ration alimentaire moyenne saisonnière. Dans ce cas la prise de nourriture journalière est de $0,76 \cdot 10^6$ cell/ml pour le printemps, $0,53 \cdot 10^6$ cell/ml pour l'été et $0,62 \cdot 10^6$ cell/ml pour l'automne. On remarque alors un déficit relatif de la ration journalière en période estivale qui est à mettre en parallèle avec le rendement faible de croissance mais surtout d'engraissement d'*Ostrea edulis* à cette période.

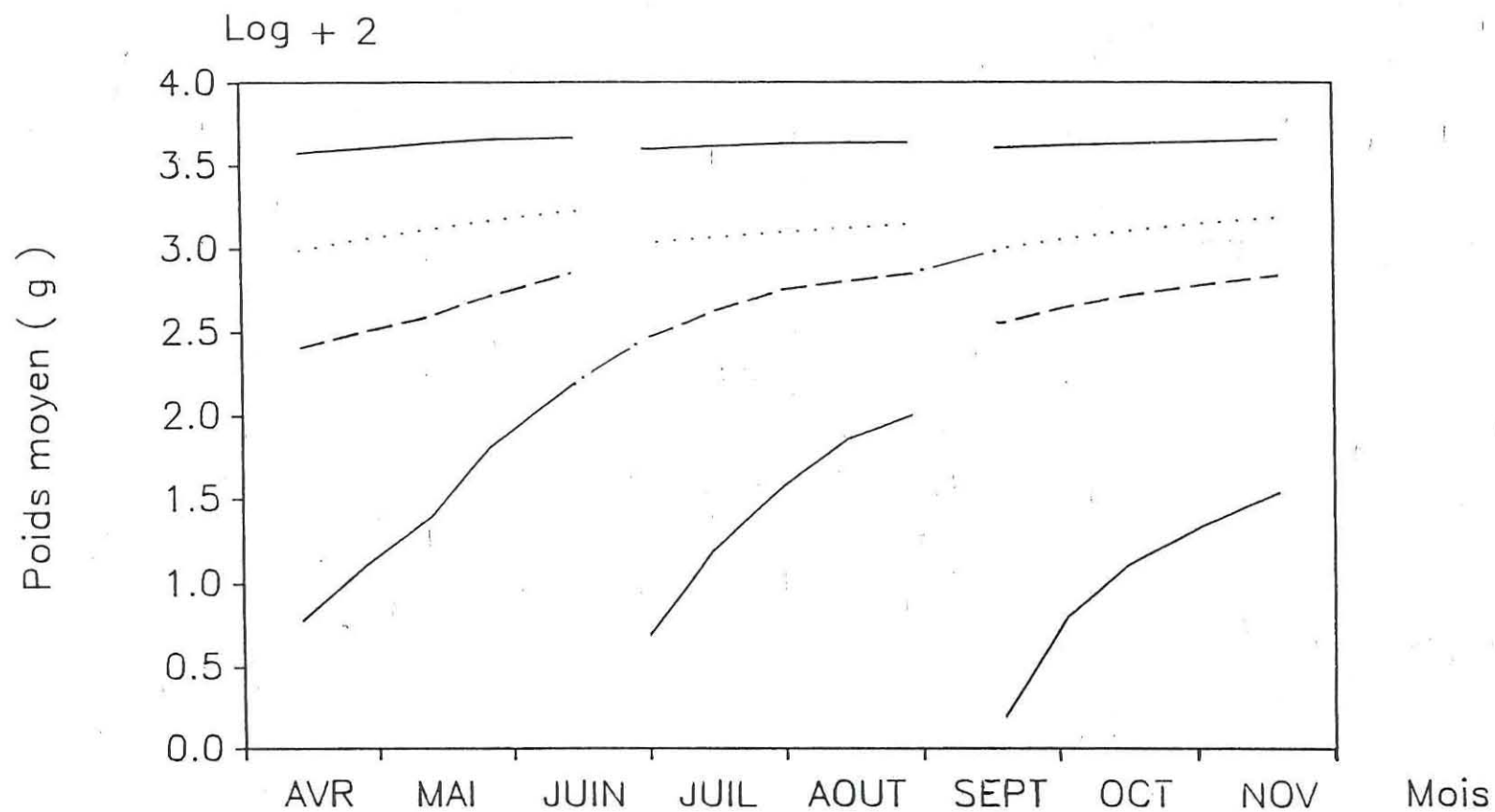


Figure 14 : Simulation de la croissance pondérale annuelle de l'huître plate élevée en bassin à partir de la juxtaposition des courbes saisonnières après transformation logarithmique.

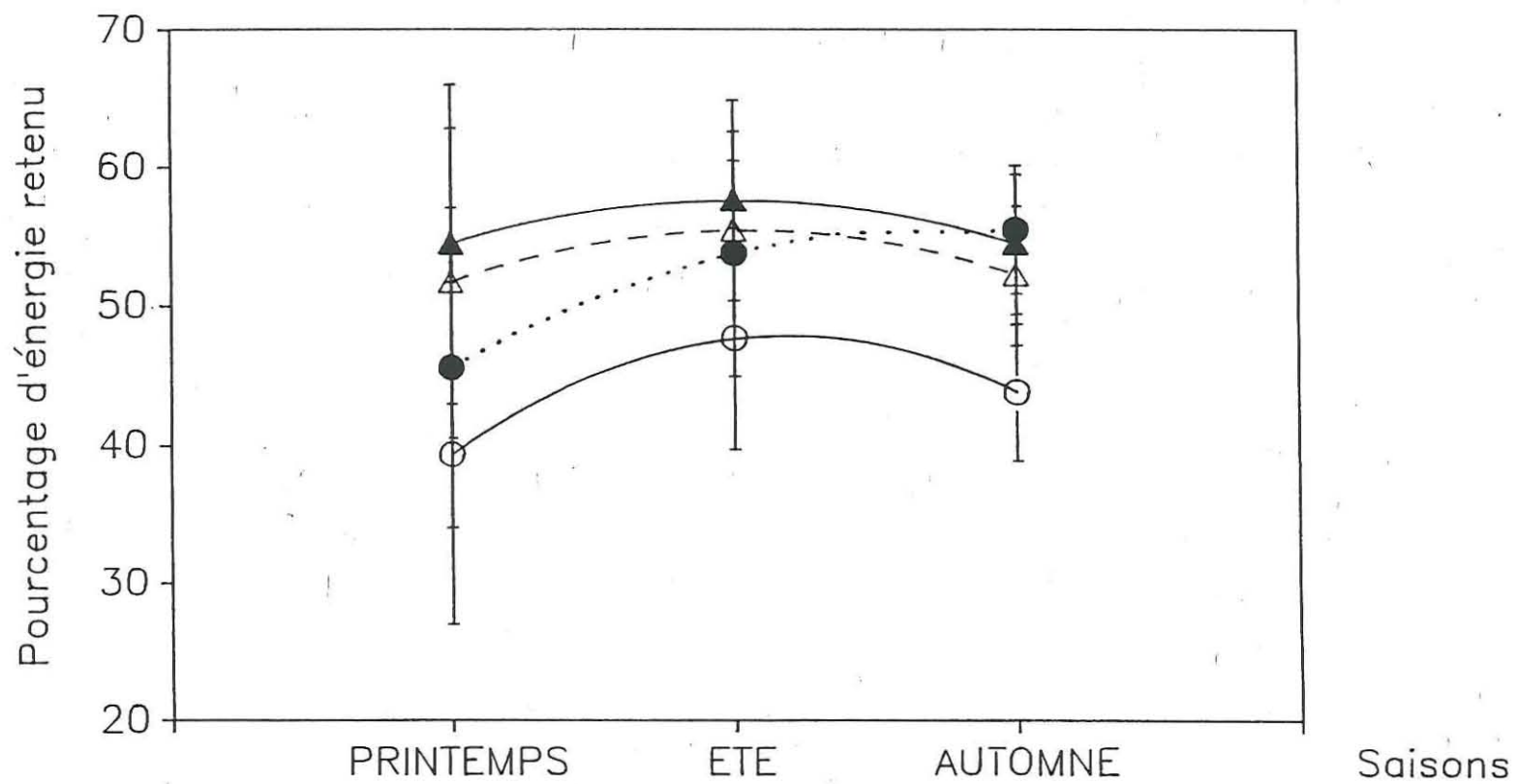


Figure 15 : Rendement de l'unité expérimentale d'élevage intensif de l'huître plate en fonction de la saison et de la taille des coquillages (▲ = Grosse ; △ = Moyenne Grosse ; ● = Moyenne Petite ; ○ = Petite).

IV. DISCUSSION

4.1. Le milieu d'élevage

Les conditions hydrobiologiques rencontrées dans l'étude sont globalement compatibles avec l'élevage de l'huître plate. Les températures mesurées sont favorables à une croissance élevée quelque soit les tailles considérées. En effet, les travaux de Mann (1979), en accord avec Spencer (1988) ont montré qu'à 20°C, la croissance de cette espèce était maximale. Les salinités mesurées correspondent à celles caractéristiques des zones d'élevage extensif (en eau profonde ou sur estran).

D'après la régression linéaire $NTU = 0,3129 SEM + 0,3735$ ($r = 0,74$) calculée sur 42 couples de données, la charge moyenne en seston minéral (SEM) est évaluée à 10,95 mg/l dans le milieu expérimental alors qu'elle est estimée à 74,5 mg/l dans la zone de balancement des marées (Baud et al., 1990). Ainsi, les faibles concentrations de matériel particulaire observées permettent d'augmenter l'efficacité d'assimilation d'*Ostrea edulis* dans la mesure où l'énergie requise pour sélectionner les particules indésirables est faible (Utting, 1988).

La comparaison inter-saison de la quantité de biomasse phytoplanctonique injectée met en évidence une différence significative entre les saisons. Le test de Newman Keuls indique que la période printanière se distingue des 2 autres avec une ration alimentaire moyenne de 1,6 fois supérieure à celle de l'été. Cependant ces variations demeurent beaucoup plus faibles comparées au milieu naturel qui pour la même période présente un rapport de 5,5 (Robert, 1983 ; Baud et al., 1990) ou de 9 (Nedhif, 1984 ; Gouilletquer, 1989).

4.2. Evolution saisonnière de la croissance

La stagnation de croissance estivale suggérée par Orton (1958), n'a pas été observée dans cette étude. Les résultats sont en accord avec ceux de Walne et Mann (1975) et Askew (1972) qui montrent une continuité de la croissance à cette période.

La diminution de la croissance avec l'augmentation du poids initial est confirmée par les résultats obtenus par Askew (1972) qui a montré une baisse d'1/3 du coefficient de croissance pour un intervalle de taille de 3,6 à 59 g.

La transformation logarithmique des courbes de croissance (figure 14) permet de simuler une courbe de croissance annuelle.

Ainsi des petites huîtres d'un poids initial moyen de 0,060 g, mis en élevage en début de la saison de croissance (avril), pourraient atteindre en fin de saison (novembre) un poids final moyen de 15,76 g soit un gain de 15,7 g sur 7 mois d'élevage.

Comparée aux croissances obtenues par Sunderlin et al. (1976) en milieu contrôlé et enrichi (les huîtres plates progressaient de 24 g en 7 mois pour des températures comprises entre 22 et 29°C), cette croissance hypothétique, bien qu'inférieure, serait très satisfaisante étant données les températures sous nos latitudes.

La comparaison des G30 moyens de cette étude (tableau 8) avec les G30 calculés à partir des résultats exposés par Sunderlin et al. (1976), Spencer et Akester (1986) et Spencer (1988), (les huîtres plates de différentes tailles étaient élevées en milieu enrichi par séquence de 6 semaines pendant la période du 7 mai au 30 juillet) montre que les performances réalisées sont identiques.

Tableau 9 : Coefficients de croissance (G30) de l'huître plate pour cette étude et comparaison avec les résultats de différents auteurs.

Poids total moyen initial en g \ G30	P = 0,05 g	MP = 3,0 g	MG = 9,6 g
G30 moyen (sur les 3 saisons)	1,66	0,418	0,212
G30 moyen (Spencer)	1,48	0,430	0,216
G30 moyen (Sunderlin et al.)	1,80	0,490	0,372

Les indices de condition calculés au printemps (89 à 109 selon la taille) sont supérieurs à ceux d'automne (environ 80) et à ceux de la période estivale (< 60).

Les indices estivaux témoignent de conditions défavorables pour les huîtres plates.

En effet, selon Walne et Mann (1970), l'indice de condition est médiocre lorsqu'il est inférieur à 80, moyen à 90, bon à 100 et significatif d'une excellente qualité quand il est > 110.

4.3. Evolution de la comparaison biochimique de la chair

Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer la relative stabilité des composés biochimiques d'*Ostrea edulis* durant la saison d'élevage et plus spécifiquement pendant la période de gamétogenèse.

Chez l'huître plate, espèce vivipare, la fécondité de l'ordre de 500 000 à 1 500 000 larves est plus faible que chez l'huître creuse caractérisée par une fécondité externe de plusieurs dizaines de millions d'oeufs. L'indice gamétosomatique témoigne également d'un effort de reproduction plus faible qui se traduit par une perte de matériel somatique inférieure chez l'huître plate.

D'après Mann (1979), *O. edulis* ne montre pas de diminution marquée de glycogène en dépit de son activité gamétogénique.

En effet, elle est capable de maintenir son processus de gamétogenèse sans affecter ses réserves glycogéniques.

De plus, la richesse du milieu de l'élevage contribuerait à masquer les modifications de la composition biochimique normalement liées à la ponte.

D'autre part, la sex ratio pourrait aussi intervenir sur l'apparente stabilité de la valeur énergétique. En effet, l'huître plate est une espèce protandre et présente un asynchronisme de la maturation sexuelle (Mann, 1979). La maturation initiale est mâle, ensuite les individus évoluent vers le sexe femelle. Ainsi les huîtres plates matures l'été sont des individus soit de sexe féminin, soit masculin ou encore en phase de transition (Cole, 1942). Comme les femelles incubent leurs larves sur plusieurs jours (voir plusieurs semaines), les variations des poids secs et des composants biochimiques sont moins fortes et moins rapides.

Au cours de cette étude, il a été également observé que les jeunes stades sont susceptibles d'élaborer des produits génitaux. Ce fait inattendu a déjà été constaté par Shpigel (1989) sur des juvéniles de 4 à 6 mois et par Baud (com. per.) sur des individus de 6 mois élevés en nurserie.

Il apparaît que le comportement alimentaire des différentes tailles d'huîtres varie principalement au printemps et que la prise de nourriture maximum soit corrélée positivement avec la taille.

Toutefois, le groupe des G, MG et MP se distingue des petites tailles par son homogénéité et la supériorité des rendements. Ainsi, l'optimum entre densité et apport de nourriture serait atteint pour les individus de moyennes et grandes tailles dans cette étude alors que la densité des petites huîtres pourrait être augmentée (Haure et Baud, 1993).

La légère tendance à l'augmentation de la rétention de nourriture par le système l'été peut être mis en relation avec une demande physiologique plus forte à cette période.

Les fonctions physiologiques telles que la respiration et l'excrétion augmenteraient pendant la phase estivale et ne seraient que partiellement assurées sur le plan énergétique par la quantité nutritionnelle du milieu. Ce déficit induirait un bilan métabolique négatif sur la qualité de la chair et se repercuterait sur le niveau de l'indice de condition.

V. CONCLUSION

L'étude de faisabilité biologique a mis en évidence la validité du procédé technique original de l'élevage intensif en surélévation des huîtres plates, à savoir :

l'homogénéité de la croissance quelque soit le niveau dans la colonne d'eau et l'adéquation de la ration alimentaire pour chaque taille et densité, excepté pour les jeunes stades pour lesquels la densité pourrait être augmentée.

Les potentialités de croissance, quel que soient les tailles et la saison considérées, prouvent la compatibilité de l'espèce *O. edulis* vis à vis des facteurs biotiques et abiotiques qui caractérisent le niveau d'élevage, avec notamment l'algue fourrage *S. costatum* qui présente, de part sa facilité de production dans la région des Pays de la Loire un atout considérable pour l'aquaculture intensive.

Cependant le taux de mortalité élevé, surtout pour les individus de grande taille, pourrait être dû, en grande partie, à la Bonamiose ainsi qu'à la médiocrité de l'état physiologique des huîtres en période estivale. Ces mortalités risquent toutefois d'affecter le rendement potentiel de la filière.

Par conséquent, le demi-élevage intensif d'*O. edulis* semble être favorable à la production de jeunes stades, tandis que le grossissement final paraît plus aléatoire.

Cette première analyse nécessite cependant d'être confirmée par d'autres essais expérimentaux.

Quoiqu'il en soit, les rendements calculés, proches de 28 kg/m² sont très largement supérieures aux rendements de l'élevage extensif en marais (de l'ordre de 500 g/m²) et laissent présager des perspectives de production très encourageantes.

Auparavant, les premiers constats de croissance et mortalité devront être confirmés dans une étude prenant en compte deux phases d'élevage : la phase petite (P) à moyenne grosse (MG) et la phase moyenne grosse (MG) à grosse (G). Une optimisation biologique et économique des supports de culture (e.g., essais comparatifs à partir de casiers, poches) devra être entreprise à une échelle pilote. Les données fournies par le suivi de ces élevages seront essentielles pour réaliser l'analyse économique qui permettra de définir un protocole d'élevage transférable ou non au milieu professionnel.

VI. BIBLIOGRAPHIE

Askew C.G., 1972. The growth of oysters *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* in Emsworth Harbour. In : *Aquaculture*, 1 : 237-259.

Baud J.P., 1988a. Utilisation des eaux salées souterraines de la baie de Bourgneuf pour le prégrossissement intensif des mollusques filtreurs. Mémoire pour l'obtention du grade de cadre IFREMER, 127 p.

Baud J.P., 1988b. Mise au point d'une stratégie de prégrossissement intensif en nourricerie de naissains de palourdes (*R. philippinarum*) et d'huîtres (*C. gigas*) dans la région de la baie de Bourgneuf. Rapport interne IFREMER DRV-88-031-RA/BOUIN, 83 p.

Baud J.P., 1991. Utilisation d'eaux salées souterraines en baie de Bourgneuf, pour le prégrossissement intensif de mollusques filtreurs en nourricerie. D.R.U. Faculté des Sciences de Nantes, 99 p.

Baud J.P. et Haure J., 1989. Intensive rearing of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in ponds. Poster, European Aquaculture Society, Bordeaux 2-4 octobre 1989.

Baud J.P. et Bacher C., 1990. Use of saline ground water for intensive rearing of *R. philippinarum* juveniles in a nursery system. *Aquaculture*, 157-178.

Baud J.P., Hommebon 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 interne IFREMER DRV-88-024-RA/BOUIN, 32 p.

- Baud J.P., Glize P. et Haure J., 1991. Elevage intensif de la palourde japonaise *R. philippinarum* dans les marais atlantiques : faisabilité biologique. Rapport interne IFREMER DRV-91-03-RA/BOUIN, 54 p.
- Baud J.P., Haure J. and Bodoy A., 1992. Intensive culture of the Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in marine ponds. The impact of rearing densities and feeding levels on growth rate and yields. *Océanis*, 18 (1) : 121-132.
- Baud J.P., Haure J., Marion A. et Robert J.M., 1990. Caractéristiques hydrobiologiques de quatre secteurs ostréicoles de la baie de Bourgneuf en 1987. Rapport interne IFREMER DVR-90-04-RA/BOUIN, 66 p.
- Baud J.P., Paquette P., Ayel J.P., Lepage C., 1993. Etude technique et économique de la filière de production intensive de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* en marais. Rapport interne RIDRV-93-035/RA Bouin-SEM Paris, 50 p.
- Bligh E.G. and Dyer W.F., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37 : 911-917.
- Breton G., Baud J.P. et Haure J., 1991. Optimisation de l'élevage intensif de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* en marais. Rapport interne IFREMER DRV-91-13-RA/BOUIN, 42 p.
- Brody S., 1945. Bioenergetic and growth. Reinhold, New-York, 1 023 p.
- Cole H.A., 1942. The fecundity of *Ostrea edulis*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 25 : 243-260.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton P.A., Rebecs P.A. and Smith F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28 (3) : 350-356.
- Gouletquer P., 1989. Etude des facteurs environnementaux intervenant sur la production de la palourde japonaise d'élevage *R. philippinarum*. Thèse de 3ème cycle, Université de Brest, 347 p.
- Haure J. et Baud J.P., 1993. Intensive rearing of flat oyster *Ostrea edulis* in raceways using underground salt water : an approach to validate a methodology. Poster and abstract p. 60, WAS Torremolinos, mai 1993.

- Héral M., Deslous-Paoli J.M. et Sornin J.M., 1983. Transferts énergétiques entre l'huître *Crassostrea gigas* et la nourriture potentielle disponible dans un bassin ostréicole : premières approches. *Océanis* 10 (4) : 465-475.
- Laing I., Utting S.D. and Kilada R.W.S., 1987. Interactive effect of diet and temperature on the growth of juvenile clams. *J. exp. Mar. Biol. Ecol.*, vol. 113 : 23-38.
- Lawrence D.R. and Scott G.I., 1982. The determination and use of condition index of oysters. *Estuaries*, 5 (1) : 23-27.
- 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.
- Lucas A., Calvo J. et Trancart M., 1978. L'effort de reproduction dans la stratégie démographique de six bivalves de l'Atlantique. *Haliotis*, 9 : 107-116.
- Mann R., 1979. Somme 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 Weinstein D., 1966. Simple charring method for determination of lipids. *J. Lipids. Res.*, 7 : 574-576.
- Nedhif M., 1984. Elevage de *Ruditapes philippinarum* dans le bassin de Marennes-Oléron. Relations trophiques et bilan énergétique. Thèse de spécialisation INAT, Tunis, 154 p.
- Orton J.H., 1958. Observations and experiments on sexe. Change in the european oyster (*Ostrea edulis*). I. The change from female to male. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 14 : 967-1045.
- Robert J.M., 1983. Fertilité des eaux des claires ostréicoles et verdissement : utilisation de l'azote par les diatomées dominantes. Thèse d'état, Université de Nantes, 281 p.
- Sauriau P.G., 1990. Élément d'optimisation appliqué à la vénéiculture intensive en marais. Contrat IFREMER/ECOCEAN, 54 p.
- Scura E.D., Kuljis A.M., Richard H., York Jr and Legoff R.S., 1979. The commercial production of oysters in an intensive raceway system. *Proc. world Maricul. Soc.*, 10 : 624-630.

- Séverin P., Baud J.P. et Haure J., 1990. Mise au point de l'élevage intensif de la palourde japonaise *R. philippinarum* en marais. Influence de la ration alimentaire des taux de renouvellement de l'eau et de la vitesse de circulation en circuit fermé. Rapport interne IFREMER DRV 90-39-RA/BOUIN.
- Spencer B.E. and Gough G.J., 1978. The growth and survival of experimental batches 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. and Akester M.J., 1986. Growth and survival of seed oysters in outdoor pumped upwelling systems supplied with fertilized sea water. In : *Aquaculture*, 55 : 173-189.
- Spencer B.E., 1988. Growth and filtration of juvenile oysters in experimental outdoor pumped upwelling systems. In : *Aquaculture*, 75 : 139-158.
- Sphigel M., 1989. Gametogenesis of the european flat oyster (*Ostrea edulis*) and Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in warm water in Israël. In : *Aquaculture*, 80 : 343-349.
- Sunderlin J.B., Tobias W.J. and Roels O.A., 1976. Growth of the european oyster, *Ostrea edulis* linné, in the St Croix artificial upwelling mariculture system and in natural waters. Proceedings of the National Shellfisheries Association, vol. 65 : 43-48.
- Utting S.D., 1988. The growth and survival of Hatchery - Reared *Ostrea edulis* L. spat in relation to environmental conditions at the on growing site. In : *Aquaculture*, 69 : 27-28.
- Walne P.R. and Mann R., 1970. The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oysters *Ostrea edulis* L. and a review of the literature. *Fish. Invest.*, 226 (3) : 35 p.
- Walne P.R. and Mann R., 1975. Growth and biochemical composition of *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. In : Barnes H., eds., Proc 9th Europ. Mar. Biol. Sympo., Oban. Aberdeen, University Press : 587-607.

ANNEXE

- Calcul du taux de survie global simulé :

$$[(NI_p \times S) \times S'] \times S'' = NF_{MG}$$

- NI_p : Nombre initial des Petites au printemps.
 NF_{MG} : Nombre final simulé fin automne.
 S : Taux de survie des Petites au printemps.
 S' : Taux de survie des Moyennes Petites l'été.
 S'' : Taux de survie des Moyennes Grosses l'automne.

$$\text{soit } [(3\,200 \times 0,973) \times 0,818] \times 0,791 = 2\,015$$

Le taux de survie global ($\frac{NF_{MG}}{NI_p}$) est donc de 0,63

- Calcul simulé du nombre final par enceinte de MG à la fin de la manipulation

$$(NI_{MG} \times \frac{NF_{MG}}{NI_p}) = NF'_{MG}$$

- NI_{MG} : nombre initial de MG par enceinte.
 NF'_{MG} : nombre final de MG par enceinte.

$$\text{soit } 1\,600 \times 0,63 = 1\,008$$

- Calcul simulé du rendement

$$R = NF'_{MG} \times PF_{MG}$$

$R = 1\,008 \times 13,8 = 13,91 \text{ kg}$

R : rendement exprimé en kg/enceinte
 PF_{MG} : Poids final moyen individuel des MG en automne (en g)

soit un rendement de **27,82 kg/m²**.

- Calcul simulé du gain de rendement

$$\Delta R = \frac{R - B_I}{R} \times 100$$

B_I : Biomasse initiale des petites/enceinte en kg.

$$\Delta R = \frac{13,91 - 0,187}{13,91} \times 100 = 98,6 \%$$

(soit un facteur de 74)