

Découvrez un ensemble de documents, scientifiques ou techniques,  
dans la base Archimer : <http://www.ifremer.fr/docelec/>

**ifremer**

**Direction des Ressources Vivantes  
Ressources Aquacoles  
Laboratoire Conchylicole des Pays de Loire**

**DRV/RST/RA/LCPL/-2001 -09**

**Etude de la croissance et de l'activité  
écophysiological des huîtres creuses  
*Crassostrea gigas*, *Crassostrea angulata* et de  
leurs hybrides en système contrôlé**



©Ifremer/ J.L. Martin

**J. Haure, A. Huvet, H. Palvadeau, M., Nourry, C. Pénisson,  
P. Boudry et J.L Y. Martin**

**EXCLU DU PORT**

Etude de la croissance et de l'activité écophysiological des huîtres creuses *Crassostrea gigas*, *Crassostrea angulata* et de leurs hybrides en système contrôlé.

J. Haure<sup>1</sup>, A. Huvet<sup>2</sup>, H. Palvadeau<sup>1</sup>, M. Nourry<sup>1</sup>, C. Penisson<sup>1</sup>, P. Boudry<sup>2</sup> et  
J.L.Y. Martin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Conchylicole des Pays de la Loire, IFREMER, Polder des champs, 85230 Bouin, France ;

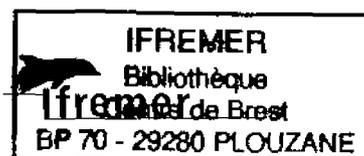
<sup>2</sup> Laboratoire de Génétique et Pathologie, IFREMER, B.P. 133, 17390 La Tremblade, France.

N° : DRV / RST / RA / LCPL / 2001-09

## Fiche Documentaire

<b>Numéro d'identification du rapport :</b> DRV/RST/RA/LCPL/2001-09  <b>Diffusion :</b> libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/>  <b>Validé par :</b> Jean Barret  <b>Version du document :</b> Définitive	<b>Date de Publication :</b> juillet 01  <b>Nombre de pages :</b> 39  <b>bibliographie :</b> oui  <b>illustrations :</b> oui  <b>langue du rapport :</b> français
<b>Titre et sous-titre du rapport :</b> Etude de la croissance et de l'activité écophysiological des huîtres creuses <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Crassostrea angulata</i> et de leurs hybrides en système contrôlé.  <b>Titre traduit :</b> Comparative study of the growth and physiologic activity of the oysters <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Crassostrea angulata</i> and their hybrids in controlled system.	
<b>Auteur(s) principal(aux) :</b> J. Haure <sup>1</sup> , A. Huvet <sup>2</sup> , H. Palvadeau <sup>1</sup> , M. Nourry <sup>1</sup> , C. Penisson <sup>1</sup> , P. Boudry <sup>2</sup> et J.L.Y. Martin <sup>1</sup>	<b>Organisme/Direction/Laboratoire :</b> IFREMER/DRV/RA/LCPL Bouin
<b>Collaborateur(s) :</b>	<b>Organisme/Direction/Laboratoire :</b>
<b>Travaux universitaires :</b> diplôme : _____ discipline _____ Etablissement de soutenance : _____ année de soutenance : _____	
<b>Titre du contrat de recherche :</b>	<b>n° du contrat IFREMER:</b>
Le testage en système contrôlé de souches d'huîtres creuses <i>C. gigas</i> et <i>C. angulata</i> par le Laboratoire Conchylicole des Pays de la Loire (Arrêté n° 99-19489) <b>Organisme commanditaire</b> (nom, sigle, adresse): Région Pays de la Loire (SMIDAP) 1 Bd de la Loire 44067 NANTES Cedex 02 <b>Organisme réalisateur</b> (nom, sigle, adresse) : Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation de la Mer ( IFREMER) LCPL Polder des Champs 85230 Bouin <b>Responsable scientifique :</b> J.L. Martin	
<b>Cadre de la recherche :</b> Convention annuelle IFREMER :Région Pays de la Loire (SMIDAP) <b>Programme :</b> <b>Projet :</b> _____ Autre (à préciser) : _____	

juillet 2001



**Résumé :** Une étude comparative de la croissance des huîtres *Crassostrea gigas*, *Crassostrea angulata* et de leurs hybrides a été réalisée en 1999 en système contrôlé avec apport de la micro algue *Skeletonema costatum*. Les résultats ont montré des différences significatives de la croissance pondérale des quatre populations étudiées. Les animaux *C. gigas* ont présenté des taux de croissance 1,4 fois supérieurs aux huîtres *C. angulata*. Les populations hybrides se sont montrées plus performantes que les huîtres portugaises mais ne se différencient pas des japonaises.

L'étude écophysio-logique a montré que les moyennes de filtration et de consommation d'oxygène obtenues au moyen d'un enregistrement de trois heures, ne peuvent différencier les quatre populations étudiées. En revanche, le calcul du FTA (Feeding Time Activity) a permis d'identifier un comportement écophysio-logique propre à chaque population. Les résultats ont supposé un temps d'activité de nutrition moins long chez *C. angulata* ( $84 \pm 10\%$ ) que pour *C. gigas* ( $98 \pm 6\%$ ) et les hybrides ( $90$  à  $97 \pm 7\%$ ). Les résultats de SFG (Scope For Growth) calculés en fonction des temps d'activité de consommation d'oxygène et de nutrition ont mis en évidence un rapport de la croissance 1,4 fois supérieur pour l'huître japonaise comparée à la portugaise.

**Mots clés :** Croissance ; écophysio-logie ; *Crassostrea gigas* ; *Crassostrea angulata* ; hybrides ; *Skeletonema costatum*.

**Abstract :** A comparative study of the growth of the oysters *Crassostrea gigas*, *Crassostrea angulata* and their hybrids was carried out in 1999 in system controlled with contribution of the micro alga *Skeletonema costatum*. The results showed significant differences of the ponderal growth of the four studied progenies. The animals *C. gigas* had growth rates 1.4 times greater than *C. angulata* oysters. The hybrid progenies were shown more powerful than Portuguese oysters but are not different from the Japanese oysters.

The ecophysio-logic study showed that the averages of filtration and oxygen uptake, obtained by means of a three hours recording, cannot differentiate the four studied progenies. On the other hand, the calculation of the FTA (Feeding Time Activity) allowed to identify a specific behavior ecophysio-logic to each progenies. The results supposed a less long time of activity of nutrition at *C. angulata* ( $84 \pm 10\%$ ) that for *C. gigas* ( $98 \pm 6\%$ ) and the hybrids ( $90$  to  $97 \pm 7\%$ ). The results of SFG (Scope For Growth) calculated according to times of activity of nutrition and oxygen uptake put in evidence 1.4 times superior report of the growth for the Japanese oyster compared with Portuguese.

**Key words :** Growth ; ecophysio-logy ; *Crassostrea gigas* ; *Crassostrea angulata* ; hybrids ; *Skeletonema costatum*.

<b>1. Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Matériels et méthodes .....</b>	<b>4</b>
2.1. Matériel biologique.....	4
2.2. Méthode d'élevage.....	7
2.3. Suivi hydrologique.....	7
2.4. Suivi zootechnique.....	8
2.5. Ecophysiologie.....	9
<b>3. Résultats .....</b>	<b>13</b>
3.1. Elevage expérimental .....	13
3.2. Résultats écophysiologiques .....	23
<b>4. Discussion et conclusion.....</b>	<b>30</b>
4.1. Zootechnie .....	30
4.2. Ecophysiologie.....	31

## 1. Introduction

La France est, actuellement, le premier pays européen producteur d'huîtres creuses japonaises *Crassostrea gigas*. La production annuelle commercialisée est de 140 000 tonnes. Toutefois, l'élevage de l'huître japonaise est relativement récent puisqu'elle fut introduite en France pendant les années 1970 suite à la disparition de l'huître creuse portugaise *Crassostrea angulata*, victime d'un iridovirus (Comps et al., 1976 ; Grizel and Héral, 1991). Aujourd'hui, l'existence de populations naturelles de *C. angulata*, en Atlantique nord, serait limitée aux seules côtes espagnoles et portugaises (Boudry et al., 1998 ; Huvet, 2000).

Tous les travaux réalisés sur la comparaison taxonomique de *C. gigas* et *C. angulata* concluent à une même espèce. Les études morphologiques effectuées au stade larvaire ou adulte déterminent une appartenance à la même espèce (Ranson, 1948 ; Menzel, 1974). Des conclusions similaires ont été obtenues à la suite d'observations de caryotype (Menzel, 1974 ; Leitão et al., 1999) ou d'études de la variation génétique d'enzymes tissulaires (Buroker et al., 1979). Cependant, des travaux récents ont pu différencier l'huître japonaise de la portugaise par la détermination de marqueurs d'ADN mitochondriaux (O'Foighil et al., 1998 ; Boudry et al., 1998) et nucléaire (Huvet et al., 2000) qui pourraient distinguer ces deux dernières en terme de sous-espèces ou écotypes.

Les différences phénotypiques entre ces deux taxons ont été également rapportées dans la littérature. Ainsi, plusieurs études ont permis de comparer *C. gigas* et *C. angulata* en fonction de leur rendement de production en milieu naturel (Héral, 1986 ; Héral et al., 1986 ; Bougrier et al., 1986 ; Parache, 1989) et par rapport à leur comportement écophysiological (His, 1972 ; Gouletquer et al., 1999). Le bilan des études réalisées, en milieu naturel, démontre que les performances de croissance de l'huître japonaise *C. gigas* sont deux fois supérieures à celles de la portugaise *C. angulata*. Les expérimentations écophysiological ont révélé des taux de filtration (His, 1972) et des consommations d'oxygène (Gouletquer et al., 1999) supérieurs chez l'huître japonaise comparés à ceux de la portugaise. Toutefois, il n'existe pas, semble-t-il, dans la littérature, d'étude proposant une évaluation complète des fonctions écophysiological qui permettent une comparaison du bilan énergétique net ou scope for growth (Warren and Davis, 1967) entre les deux souches.

Cette étude propose de comparer la croissance et l'activité écophysiological des deux taxons et de leurs hybrides issus de géniteurs génétiquement identifiés. De plus, ce travail présente une comparaison des

rendements zootechniques de différentes populations issues de géniteurs d'huîtres creuses en provenance de France, Japon et Taiwan.

## 2. Matériels et méthodes

Les expérimentations zootechniques se sont déroulées en 1999, de mars à octobre. Un suivi analytique et périodique a été réalisé sur le matériel biologique vivant et au sein du milieu d'élevage. La caractérisation écophysiological des différents taxons (*C. gigas* et *C. angulata*) et de leurs hybrides s'est effectuée en janvier 2000.

### 2.1. Matériel biologique

Le matériel biologique peut être séparé en deux études distinctes et simultanées, mais identiques en terme de suivi. Une première étude dite « Hybrides » comprend les taxons *C. angulata*, *C. gigas* et leurs hybrides. Une deuxième étude appelée « Exotiques » concerne la description zootechnique de trois populations d'huîtres creuses d'origines géographiques différentes (France, Japon, Taiwan).

#### Hybrides

Les animaux sont issus d'un croisement factoriel (2x2) entre des géniteurs *C. gigas* (France) et des géniteurs *C. angulata* (Espagne) (Tableau 1). Les individus, produits de l'ensemble de ces croisements, ont été référencés, dans cette étude de la manière suivante :

- **GG**, animaux purs *C. gigas*,
- **GA**, animaux hybrides issus de femelles *C. gigas* et de mâles *C. angulata*,
- **AG**, animaux hybrides issus de femelles *C. angulata* et de mâles *C. gigas*,
- **AA**, animaux purs *C. angulata*.

Tableau 1. Populations d'huîtres échantillonnées utilisées comme géniteurs (G0) dans le croisement factoriel *C. gigas* x *C. angulata* de première génération (Huvet, 2000).

Origine (Pays)	N	Taxon*
Marennes-Oléron (France)	150	<i>C. gigas</i>
Canio Sancti Pietri (Espagne)	80	<i>C. angulata</i>

\* La détermination taxonomique a été faite d'après les données géographiques et confirmée par PCR-RFLP sur le fragment d'ADN mitochondrial codant pour la cytochrome oxydase (Huvet, 2000).

Tableau 2. Croisement factoriel *C. gigas* x *C. angulata* du 14/04/98 (Huvet, 2000).

Dénom.	Femelles x Mâles	Nb de parents	Type de ponte
GG	<i>C. gigas</i> x <i>C. gigas</i>	21 ♀, 10 ♂	Stripping en masse
GA	<i>C. gigas</i> x <i>C. angulata</i>	21 ♀, 15 ♂	Stripping en masse
AG	<i>C. angulata</i> x <i>C. gigas</i>	21 ♀, 10 ♂	Stripping en masse
AA	<i>C. angulata</i> x <i>C. angulata</i>	21 ♀, 15 ♂	Stripping en masse

### Exotiques

L'origine des populations échantillonnées, dont les individus ont été utilisés comme géniteurs (G0) dans les croisements de première génération, est indiquée dans le tableau 3. Au préalable, un lot d'une cinquantaine d'animaux des populations de Taiwan et du Japon a été examiné par les pathologistes du laboratoire LGP de la Tremblade conformément aux réglementations internationales du Conseil International de l'Exploitation de la Mer (CIEM) sur les importations de bivalves marins en provenance de pays extérieurs à l'Europe. L'absence d'agent pathogène a permis l'importation de ces deux populations vivantes. Pour ces populations étrangères non acclimatées, une maturation naturelle a été préférée à une maturation artificielle et la ponte a eu lieu

spontanément dans les bacs de quarantaine. Pour l'intra-croisement de la population française, les gamètes ont été obtenus par « stripping » à partir de 20 géniteurs (Tableau 4).

Tableau 3. Populations d'huîtres échantillonnées utilisées comme géniteurs (G0) dans les croisements de première génération.

Origine (Pays)	Taxons*	N
Marenes-Oléron (France)	<i>C. gigas</i>	80
Hiroshima (Japon)	<i>C. gigas</i>	150
Kaoshung (Taiwan)	<i>C. angulata</i>	80

\* La détermination taxonomique a été faite d'après les données géographiques et confirmée par PCR-RFLP sur le fragment d'ADN mitochondrial codant pour la cytochrome oxydase (Boudry et *al.*, 1998).

Tableau 4. Croisements intra-population du 12/05/98.

Dénom.	Nombre de parents	Types de ponte
FG	10 ♀, 10 ♂	Stripping en masse
JG	Inconnu	Naturelle
TA	Inconnu	Naturelle

Les individus, produits de l'ensemble de ces croisements, seront notés dans cette étude de la manière suivante :

- **FG**, animaux purs *C. gigas*, (France),
- **JG**, animaux purs *C. gigas*, (Japon),
- **TA**, animaux purs *C. angulata*, (Taiwan).

## 2.2. Méthode d'élevage

Les études dites « hybrides » et « exotiques » se sont réalisées chacune dans un bassin bétonné de 7,70m x 1,90m et 0,55m utile de profondeur. Les huîtres ont été réparties dans des casiers (250/casier) en plastiques ajourés de 0,5 m<sup>2</sup>, et sont empilés par quatre pour définir une unité de production appelée l'enceinte (fig. 1).

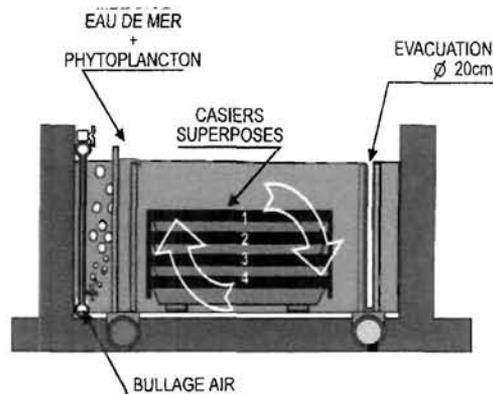


Figure 1 : Coupe d'un bassin expérimental d'élevage intensif.

Au rythme des prélèvements d'huîtres, tous les quinze jours, les casiers subissent une rotation verticale et les enceintes sont permutées de manière horizontale pour éviter toute stratification spatiale de la croissance.

L'eau de mer qui alimente les bassins bétons est enrichie en permanence avec l'apport d'une diatomée *Skeletonema costatum* produite sur eau salée souterraine (Baud et al., 1990). En fonction des exigences physiologiques de l'huître creuse (Haure et Baud, données non publiées), il a été distribué une ration alimentaire de  $2 \cdot 10^9$  cellules/jour/huître de *S. costatum* pour un débit d'eau de mer de 3 l/heure/huître d'eau de mer.

## 2.3. Suivi hydrologique

Les paramètres physico-chimiques, telles que la température, la salinité (WTW.LF 96) et la turbidité (HACH 2100A) ont été relevés quotidiennement, et dans la mesure du possible, à heure fixe (10 heures) dans le bassin d'élevage. La chlorophylle *a* a été mesurée par fluorimétrie (Yentsch et Menzel, 1963 ; Neveux, 1976), par extraction à l'acétone (90%), au moyen d'un fluorimètre IC6800, deux fois par semaine.

## 2.4. Suivi zootechnique

Un échantillon de 30 huîtres par population a été prélevé tous les quinze jours de mars à octobre, sur lequel ont été effectuées les mesures suivantes :

### Mesures pondérales :

Le poids total de chaque huître vivante a été mesuré au 1/10<sup>ème</sup> de g.

Après ouverture de l'animal, la chair est égouttée sur papier absorbant, puis congelé avant d'être lyophilisée pendant 48 heures. La chair est alors stockée dans un dessiccateur et pesée au 1/100<sup>ème</sup> de g.

### Mortalités :

Tous les quinze jours, les huîtres vivantes ont été dénombrées par population et la mortalité décomptée. Cette dernière a été exprimée en pourcentage ponctuel à chaque prélèvement, vis à vis de la population restante, et en cumulé en fin d'étude.

### Maturité :

La maturité sexuelle des animaux a été appréciée, dès l'ouverture des 30 animaux prélevés par population, selon une échelle et un examen visuel suivants :

- G0, absence visuelle de la gonade,
- G+, présence visuelle de la gonade,
- G++, réplétion de la gonade (aspect fluent des gamètes).

### Mesures biochimiques de la chair :

Après lyophilisation, la chair de 10 huîtres sur les trente prélevées a été finement broyée et homogénéisée jusqu'à l'obtention d'une poudre fine, au moyen d'un broyeur à bille. De petites quantités de chair ont été alors pesées précisément au 1/10<sup>ème</sup> de mg pour les analyses biochimiques individuelles des huîtres.

Les protéines ont été dosées selon la méthode de Lowry and *al.* (1951) après extraction dans de la soude normale. Les résultats sont exprimés en mg l<sup>-1</sup> d'équivalent albumine de bœuf.

L'extraction des lipides a été réalisée selon la méthode de Bligh et Dyer (1959) avec un mélange de chloroforme + méthanol. Le dosage a été

effectué d'après le protocole défini par Marsh et Weinstein (1966). Les résultats sont exprimés en mg. l<sup>-1</sup> d'équivalent d'acide tripalmitique.

Les sucres totaux ont été dosés selon la méthode de Dubois et *al.* (1956) et les résultats sont exprimés en mg. l<sup>-1</sup> d'équivalent glucose.

## 2.5. Ecophysiologie

L'étude écophysiologique a été réalisée en janvier 2000, hors période de reproduction, pour éviter les perturbations physiologiques dues au stade de maturation avancée des gonades, comme l'ont constaté Soletchnik et *al.* (1997) sur l'huître creuse *C. gigas*. Ces travaux ont été seulement réalisés sur les huîtres de l'étude dite « hybrides ».

### Acclimatation :

35 animaux de chaque descendance ont été mesurés individuellement après une acclimatation de 15 jours à  $19,0 \pm 1,0$  °C. Selon Bougrier et *al.* (1995), le *preferendum* thermique de *C. gigas* se situe à 19 °C et son maintien optimise la sensibilité des réponses écophysiologiques. Une pré filtration de l'eau de mer a permis d'homogénéiser le milieu pour éviter les perturbations liées à la variabilité naturelle de la matière particulaire totale. Une concentration d'algues, conforme au milieu d'élevage, a été maintenue entre 6 et 8 mg l<sup>-1</sup> de matière organique particulaire ( $2,0 \times 10^9$  cellules jour<sup>-1</sup> huître<sup>-1</sup>). Ces conditions d'acclimatation ont été respectées lors des mesures écophysiologiques. De plus, les huîtres ont été mises à jeûner dans de l'eau de mer filtrée à 1 µm, et à 19 °C, 24 heures avant l'expérimentation.

### Modèle expérimental :

Le dispositif écophysiologique est constitué de 7 chambres mesurant l'activité de l'animal et d'une chambre témoin vide pour tenir compte de la décantation des matières en suspension. Chaque unité de mesure est équipée d'une électrovanne (deux voies) pilotée par un automate (fig. 2). Lorsque l'électrovanne d'une chambre de mesure est ouverte, l'eau de sortie est analysée pendant 2 minutes par un oxymètre (oxymètre WTW) pour déterminer la consommation d'oxygène, puis par un fluorimètre (Turner 112) pour apprécier la filtration de l'huître. Pendant ce temps, les autres cellules s'écoulent sur un circuit d'évacuation. A l'issue des 2 minutes, le cycle se termine et reprend sur une nouvelle chambre de mesure. Ainsi, l'activité de l'animal est mesurée toutes les 16 minutes, sur une durée totale d'expérimentation de 3 heures, avec un enregistrement simultané de la filtration et de la consommation d'oxygène, au moyen d'une centrale d'acquisition de données.



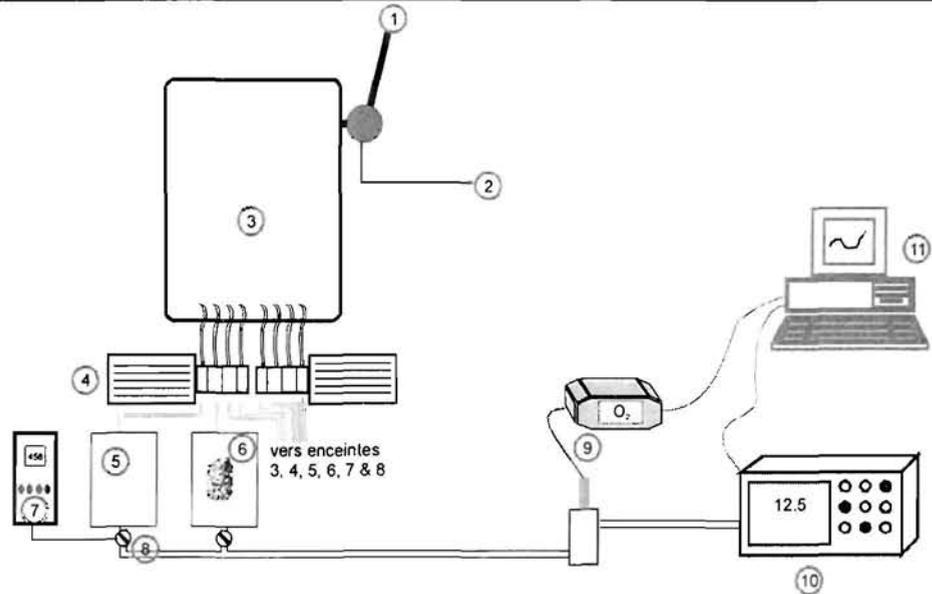


Figure 2 : Dispositif écophysiologique expérimental (1. Eau de mer 2. Phytoplancton 3. Bac de mélange 4. Pompe péristaltique 5. Enceinte témoin 6. Enceinte de mesure 7. Automate 8. Electrovanne 9. Oxymètre 10. Fluorimètre 11. Acquisition de données).

Le débit de chaque cellule a été ajusté à  $15 \text{ l h}^{-1}$  pour que l'animal n'appauvrisse pas le milieu au-delà de 30 % (Smaal and Widdows, 1994).

Les biodépôts (fèces et pseudofèces) sont récupérés après 3 heures, à la fin du cycle expérimental, pour ne pas perturber l'activité de l'animal. Ils sont recueillis par filtration sur filtre Whatman GF/C, puis pesés après séchage à l'étuve ( $55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) pendant 24 heures. Une fois cramés à  $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$  durant 1 heure, les filtres sont à nouveau pesés pour déterminer la part de la matière organique.

Quatre prélèvements discrets sont réalisés à la sortie du témoin, au cours d'un cycle de mesures. La matière organique particulaire (MOP) est déterminée par la filtration d'un volume aliquote sur filtre Whatman GF/C, et est traitée de la même manière que les biodépôts.

#### Mesures écophysiologiques :

L'étude écophysiologique a été réalisée pour dresser le bilan énergétique global ou scope for growth (SFG) de chacun des animaux afin de comparer les deux taxons *C. gigas*, *C. angulata* et leurs hybrides. Les fonctions de filtration et de consommation d'oxygène ont été enregistrées et moyennées sur la durée totale de l'expérimentation, (3 h), en ne tenant compte que les valeurs où l'animal était actif (valeurs  $> 0$ ).

La **filtration** a été calculée de la façon suivante (Hildreth and Crisp, 1976 ; Anonyme, 1987 ; Smaal and Widdows, 1994) :

Filtration ( $CR$ ) ( $l\ h^{-1}$ ) =  $F \times [(I - O) / I]$  où  $F$  = débit ( $l\ h^{-1}$ ) de chaque unité de mesure ;  $I$  = fluorescence mesurée à la sortie de la chambre témoin et  $O$  = fluorescence mesurée à la sortie de la chambre expérimentale.

La **consommation d'oxygène** a été mesurée de la manière suivante (Haure, 1999) :

Consommation d'oxygène ( $OCR$ ) ( $mg\ h^{-1}$ ) =  $F \times (I - O)$  où  $F$  = débit ( $l\ h^{-1}$ ) de chaque unité de mesure ;  $I$  = concentration d'oxygène ( $mg\ h^{-1}$ ) à la sortie de la chambre témoin et  $O$  = concentration d'oxygène ( $mg\ h^{-1}$ ) à la sortie de la chambre expérimentale.

Les productions de fèces et de pseudofèces, en matière organique, ont été ramenées à une production horaire ( $mg$  de MOP  $h^{-1}$ ) en tenant compte du temps d'activité de l'huître.

Les **consommations, ingestions et absorptions organiques** ont été calculées selon les formules suivantes (Anonyme, 1987 ; Small an Widdows, 1994):

**Consommation organique ( $cpom$ )** ( $mg\ h^{-1}$ ) =  $CR \times MOP$  où  $CR$  = filtration ( $l\ h^{-1}$ ) et  $MOP$  = matière organique particulaire de l'eau de mer prélevée à la sortie du bac témoin ( $mg\ l^{-1}$ ).

**Ingestion organique ( $Ipom$ )** ( $mg\ h^{-1}$ ) =  $Cpom - Ppom$  où  $Ppom$  = pseudofèces organique ( $mg\ h^{-1}$ ).

**Absorption organique ( $Apom$ )** ( $mg\ h^{-1}$ ) =  $Ipom - Fpom$  où  $Fpom$  = fèces organique ( $mg\ h^{-1}$ ).

A l'issue de chaque cycle expérimental, la chair des huîtres a été lyophilisée pendant 48 h, puis pesée au 1/10 g.

Les fonctions écophysiologiques ont été ramenées à l'activité standard d'un animal de 1 g de poids de chair sèche (Bayne and Newell, 1983) selon la formule suivante :

$Y_s = (W_s / W_e)^b \times Y_e$  où  $Y_s$  est la fonction physiologique d'un animal standard ;  $W_s$ , le poids sec de l'animal standard (1 g) ;  $W_e$ , le poids sec de l'animal étudié ;  $Y_e$ , la fonction physiologique mesurée et  $b$  le coefficient d'allométrie relatif à la fonction considérée.

Les coefficients d'allométrie sont spécifiques de la fonction physiologique mais aussi de l'espèce considérée. Des études précédentes (Bougrier et al., 1995) ont défini, chez *C. gigas*, les coefficients d'allométrie de la filtration et de la consommation d'oxygène, avec les valeurs respectives de 0,44 et

0,80. Il n'existe pas à priori, dans la littérature, d'information concernant les coefficients d'allométrie chez *C. angulata*. Cependant, en raison de leur forte identité et de leur appartenance à une même espèce (Boudry et al., 1998), les coefficients d'allométrie, définis chez *C. gigas*, ont été utilisés, dans cette étude, pour les trois autres populations (AA, AG, GA).

De plus, les données écophysiologicals ont été converties en énergie pour définir le budget énergétique de chaque animal. Les facteurs adoptés étaient 20,3 j pour 1 mg de MOP (Bayne et al., 1987) et 14,1 j pour 1 mg d'O<sub>2</sub> (Gnaiger, 1983 ; Bayne and Newell, 1983).

Le scope for growth (SFG) a été calculé pour déterminer le budget énergétique net dont peut disposer l'animal pour réaliser sa croissance somatique, gonadique et de la coquille (Smaal and Widdows, 1994). Dans cette étude, l'excrétion azotée n'a pas été prise en compte et représente généralement une part inférieure à 5% de la dépense énergétique totale (Smaal and Widdows, 1994). Dans ce contexte, la formulation du SFG peut être la suivante :

Scope for growth (SFG) ( $\text{j h}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) =  $Apom - OCR$  où  $Apom$  = absorption organique ( $\text{j h}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) et  $OCR$  = consommation d'oxygène ( $\text{j h}^{-1} \text{g}^{-1}$ ).

L'ensemble des paramètres décrits précédemment a été estimé sur les périodes actives de l'animal, sans tenir compte des valeurs nulles de filtration et consommation d'oxygène qui auraient pu être rencontrées au cours de l'expérimentation. De nouveaux paramètres ont pu ainsi être développés pour estimer le temps d'activité de l'huître par rapport au temps total de l'enregistrement (3 h). Bougrier et al. (1998) calculent le temps d'activité respiratoire (RTA) exprimé en pourcentage de la durée totale de l'étude. Une démarche identique a été réalisée, dans cette étude, par rapport au temps d'activité de filtration de l'animal (FTA).

Les RTA et FTA ont été définis comme la proportion du temps où l'animal a été actif, divisé par le temps total d'enregistrement (3 h).

Ces nouvelles données écophysiologicals ont permis de recalculer, dans cette étude, un SFG corrigé (SFGc), comme suit :

$SFGc$  ( $\text{j h}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) =  $FTA \times A - RTA \times R$  où  $SFGc$  = Scope for growth corrigé et pondéré par le temps d'activité de respiration et de filtration,  $FTA$  = proportion du temps d'activité de filtration par rapport au temps total de l'expérimentation (%),  $RTA$  = proportion du temps d'activité de respiration par rapport au temps total de l'expérimentation (%),  $A$  = Absorption ( $\text{j h}^{-1} \text{g}^{-1}$ ),  $R$  = consommation d'oxygène ( $\text{j h}^{-1} \text{g}^{-1}$ ).

### 3. Résultats

#### 3.1. Elevage expérimental

##### Mesures hydrologiques :

Au cours de l'élevage, la température de l'eau s'est élevée à 25,1 °C au début du mois d'août et un minimum relevé début mars à 7,5 °C. La température moyenne a été de  $17,7 \pm 0,6$  °C (fig. 3).

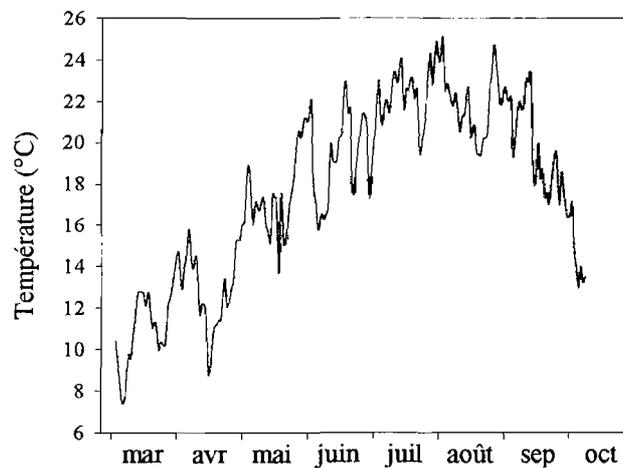


Figure 3 : Evolution de la température au cours de l'élevage expérimental.

La salinité a subi d'importantes variations au cours de l'étude. Si la moyenne a été de  $32,3 \pm 0,3$  ‰, en revanche plusieurs minima ont été observés en mars (25,8 ‰), en avril (27,0 ‰), et en octobre (26,5 ‰). Les maxima ont atteint 35,5 ‰ en août (fig. 4).

La turbidité (fig. 5), malgré une variabilité importante, a présenté une moyenne relativement basse ( $10,0 \pm 1,8$  NTU) comparée à celle que l'on peut observer dans un écosystème côtier tel que la baie de Bourgneuf (Haure et Baud, 1995) où les valeurs peuvent être supérieures à 200 NTU.

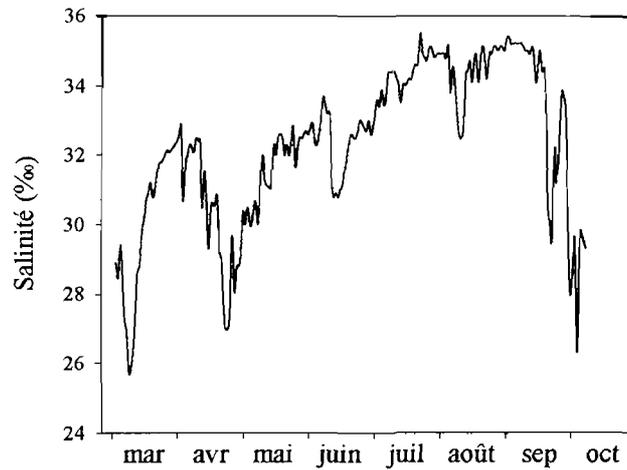


Figure 4 : Evolution saisonnière de la salinité.

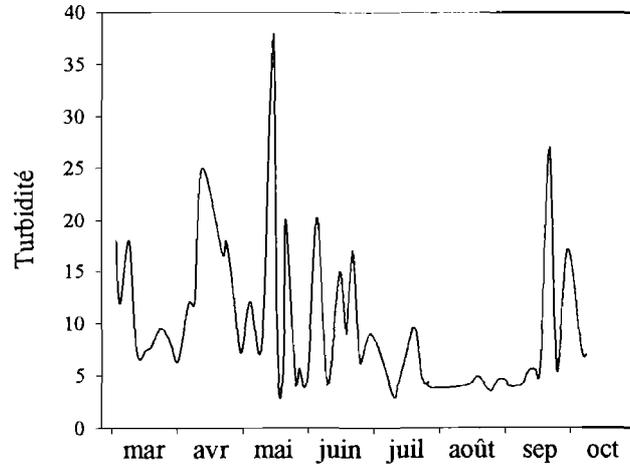


Figure 5 : Evolution saisonnière de la turbidité.

La chlorophylle *a* a varié, tout au long de l'étude de 6,6 à 44,9  $\mu\text{g l}^{-1}$ . La moyenne générale s'élève à  $24,4 \pm 2,6 \mu\text{g l}^{-1}$  (fig. 6).

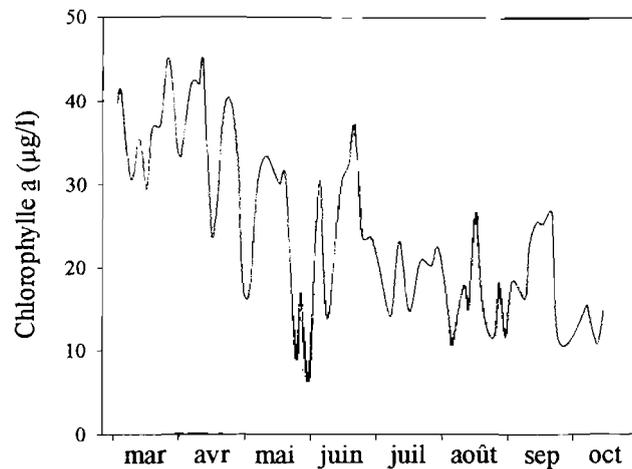


Figure 6 : Evolution saisonnière de la chlorophylle.

#### Paramètres zootechniques :

##### - Mortalités

La figure 7 présente l'évolution des mortalités ponctuelles des populations d'huîtres de l'étude « exotique ». Elles sont restées faibles (< 1%) jusqu'au mois de juin pour les trois populations étudiées. Un premier pic apparaît au mois de juillet chez les huîtres JG (5 %) suivi d'un second (5 %) début octobre. Les huîtres d'origine française FG ont présenté une nette augmentation de la mortalité au mois de septembre mais inférieure à 10 %. Les mortalités du taxon *C. angulata* (TA) ont augmenté dès le mois de septembre et n'ont cessé de croître jusqu'en octobre (20 %).

Les résultats des mortalités finales cumulées (fig. 8) témoignent de valeurs plus élevées pour les huîtres TA que pour les JG et FG avec respectivement 33, 24 et 17 % de mortalités finales sur la durée totale de l'expérimentation.

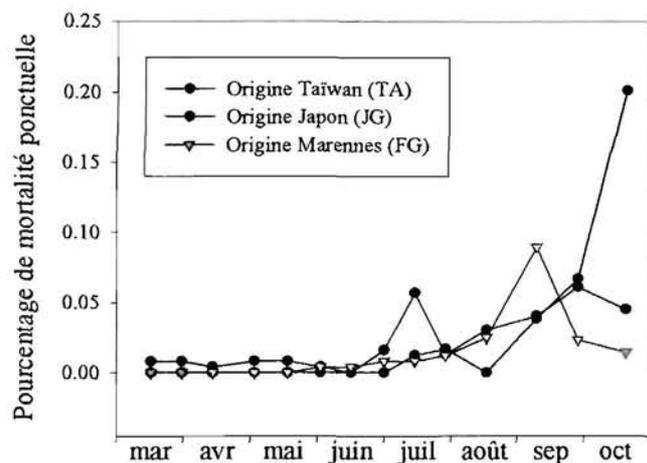


Figure 7 : Evolution des mortalités ponctuelles des populations d'huîtres de l'étude dite « **Exotique** ».

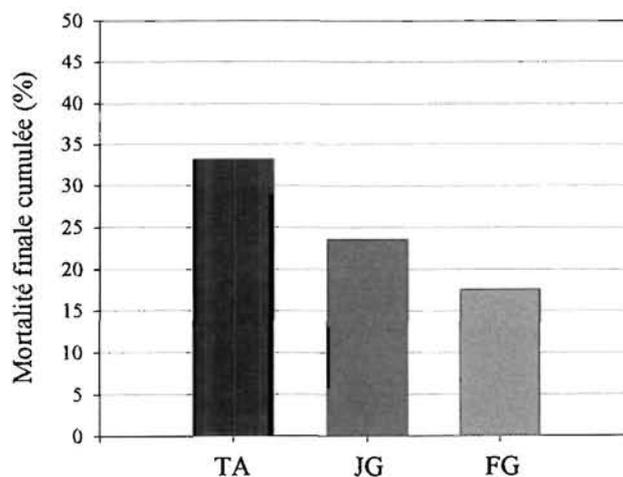


Figure 8 : Mortalités finales cumulées des populations d'huîtres de l'étude dite « **Exotique** ».

Les figures 9 et 10 présentent l'état des mortalités ponctuelles et finales cumulées des populations d'huîtres dites « **Hybrides** », observées sur la période d'étude. Les quatre populations d'huîtres présentent des mortalités marquées au mois de juin avec respectivement pour GG, AA, AG et GA des taux de 17,5, 10,0, 18,0 et 14,0 %. Toutefois, un premier pic à 3,0 % apparaît début juin pour AA et un autre à 12,0 % en septembre. Les mortalités finales cumulées révèlent des valeurs proches entre les hybrides et le taxon *C. gigas* (28 à 32 %) et un taux plus élevé pour *C. angulata* (42 %).

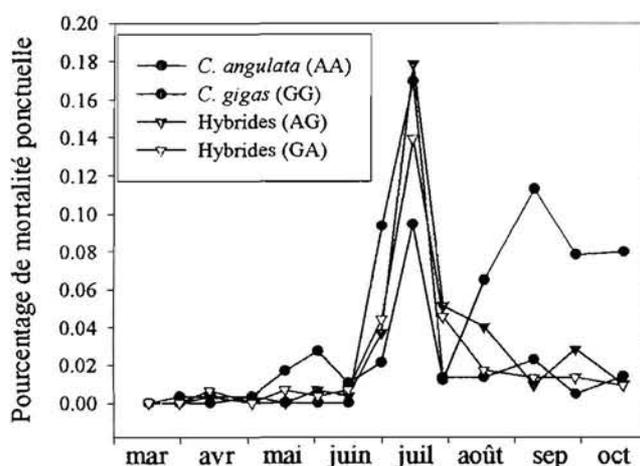


Figure 9 : Evolution des mortalités ponctuelles des populations d'huîtres de l'étude dite « **Hybride** ».

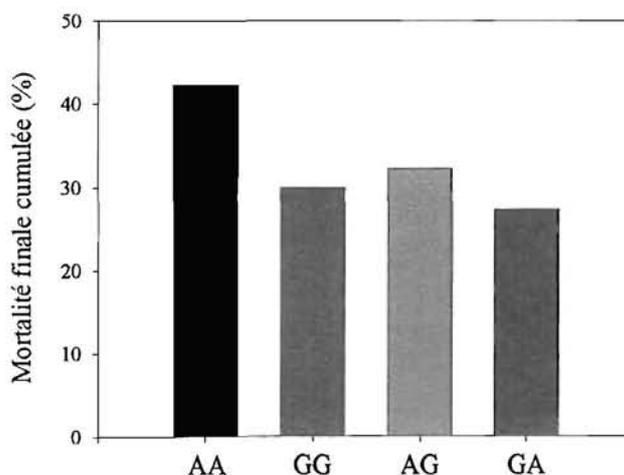


Figure 10 : Mortalités finales cumulées des populations d'huîtres de l'étude dite « **Hybride** ».

### - Croissances pondérales

Les croissances pondérales des huîtres de l'étude « Exotiques » sont représentées sur la figure 11.

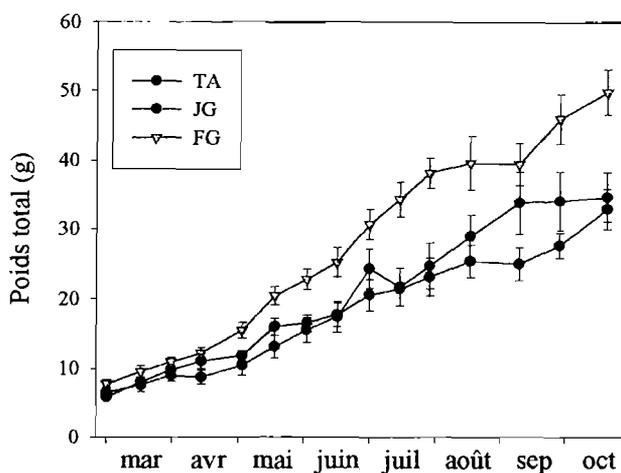


Figure 11 : Evolution de la croissance pondérale des huîtres de l'étude « Exotique ».

Au début de l'étude, les poids moyens des différents lots d'huîtres étaient pour FG, JG, et TA respectivement de  $11,8 \pm 0,9$  g,  $10,7 \pm 0,8$  g et  $9,8 \pm 1,2$  g. Une analyse de la variance montre des différences significatives entre ces valeurs (Tableau 5).

Tableau 5. Poids total moyen de 30 animaux prélevés aléatoirement par population, au début et à la fin de l'étude.

SD = écart type ; P = probabilité (NS = non significatif au seuil de 5 % ; \* = significatif ; \*\*\* = très hautement significatif) ; SNK = hiérarchisation selon le test de Student-Newman-Keuls.

Date	Population	Moyenne (g)	SD	P	SNK
Mars 1999	FG	11,8	2,5	0,022 *	FG : A
	JG	10,7	2,2		JG : A B
	TA	9,8	3,3		TA : B
Octobre 1999	FG	68,6	11,9	<0,001 ***	FG : A
	JG	47,1	11,9		TA : B
	TA	47,3	13,0		JG : B

Tableau 6. Poids total moyen de 30 animaux prélevés aléatoirement par population, au début et à la fin de l'étude. SD – écart type ; P = probabilité (N.S. = non significatif au seuil de 5 % ; \*\*\* = très hautement significatif) ; SNK = hiérarchisation selon le test de Student-Newman-Keuls.

Date	Population	Moyenne (g)	SD	P	SNK
Mars 1999	AA	15,8	3,3	0,27 N.S.	—
	GG	15,9	3,8		
	GA	15,9	3,5		
	AG	14,3	4,3		
Octo bre 1999	AA	55,1	11,8	<0,001 ***	GG : A
	GG	75,8	14,1		GA : A
	GA	68,7	11,0		AG : A
	AG	68,4	16,7		AA : B

- Maturité, poids de chair sèche

L'évolution des indices de maturation de la gonade et des poids de chair sèche des huîtres des études « Exotiques » et « Hybrides » est tracée sur les figures 13 et 14.

Dans la plupart des cas, les poids secs sont les plus élevés lorsque le taux de maturation indique une réplétion maximale de la gonade, c'est à dire en mai et juin. Entre le début et la fin de l'étude la croissance somatique a été très variable selon les populations et a représenté pour FG, JG et TA de l'étude « Exotiques » des augmentations respectives de 73,5 %, 21,6 % et 114,0 % du poids sec initial. La même hétérogénéité est observée pour l'étude « Hybrides » avec pour AA, AG, GA et GG des accroissements tissulaires respectifs de 2,3 %, 51,9 %, 8,4 % et 17,2 % du poids de chair sèche initial. Pour la plupart des populations une chute du poids sec a été observée à partir du mois de mai provoquée par les pontes successives des animaux. Cependant, les poids secs augmentent à nouveau au mois de juillet chez les individus du taxon *C. angulata* des deux études traduisant ainsi une nouvelle maturation des gonades que l'on peut corrélérer avec l'aspect qualitatif de la chair.

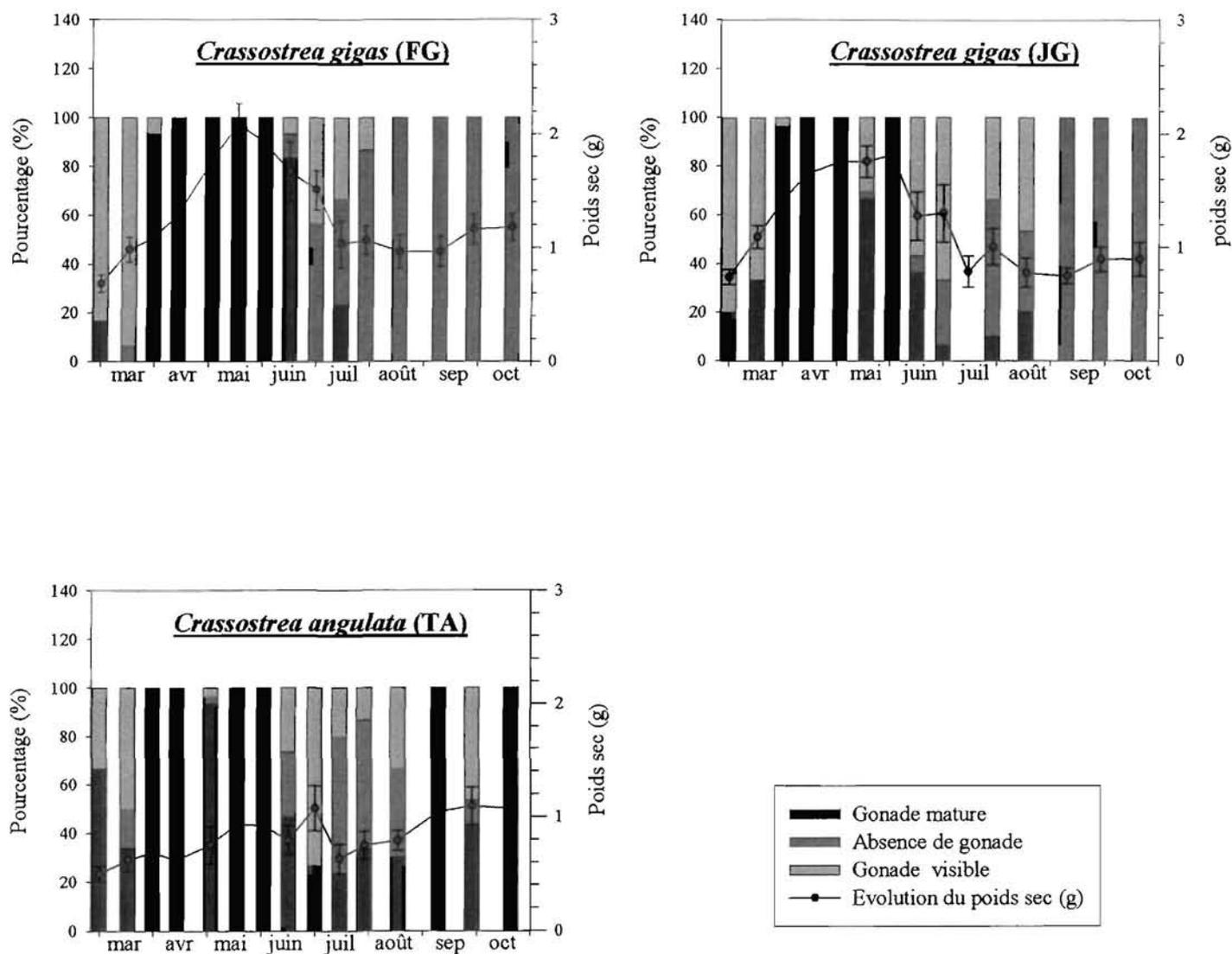


Figure 13 : Evolution de la maturation gonadique et du poids de chair sèche des trois populations étudiées au cours de l'étude « Exotiques ».

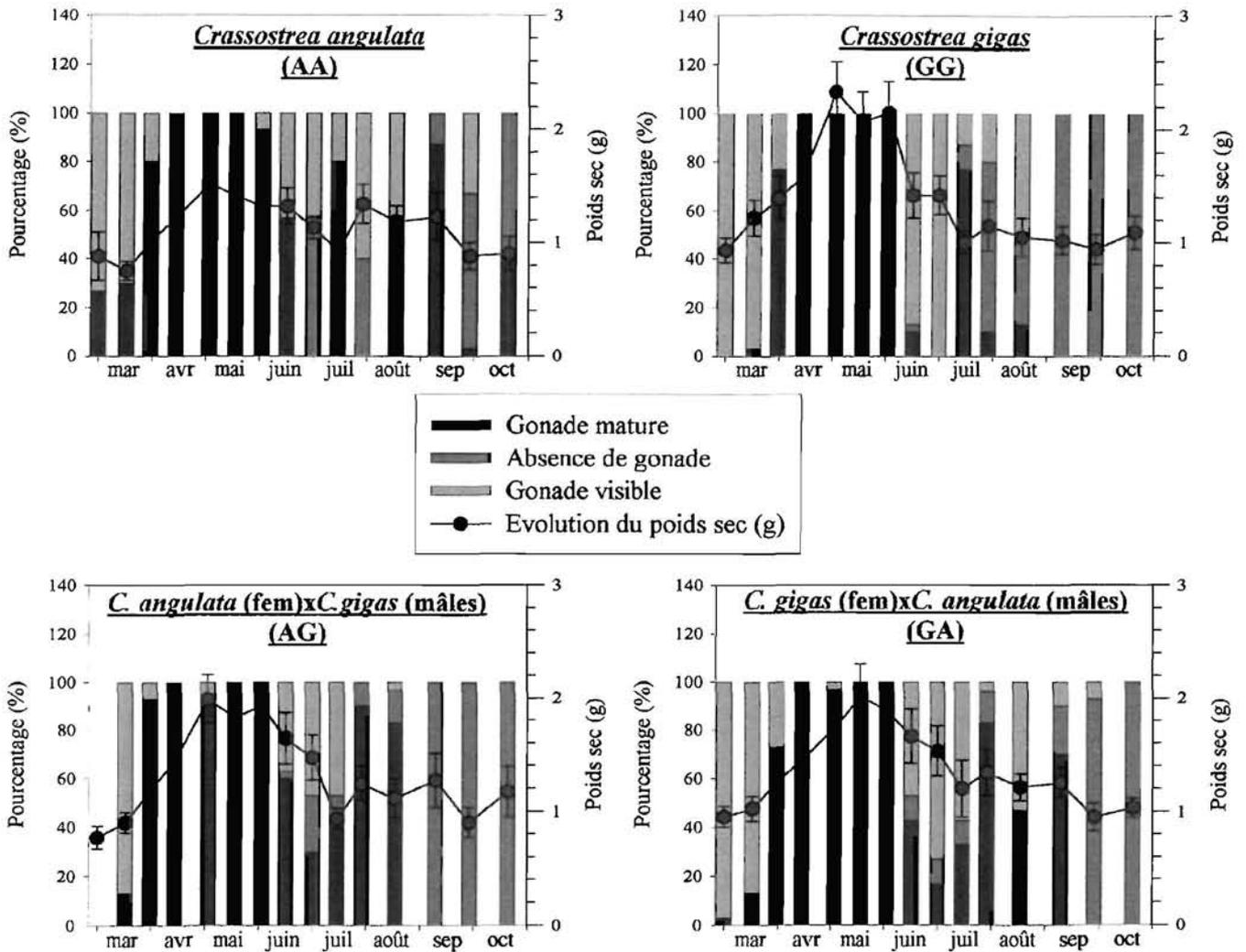


Figure 14 : Evolution de la maturation gonadique et du poids de chair sèche des quatre populations étudiées au cours de l'étude « Hybrides ».

L'absence de gonade, identifiée dès la fin août, peut être notée sur les huîtres appartenant au taxon *C. gigas* et les individus des populations hybrides, ce qui n'est pas le cas chez les huîtres *C. angulata* des deux études.

- Composés biochimiques de la chair

L'évolution des composés biochimiques de la chair des huîtres des deux études est décrite sur les figures 15 et 16.

Quelque soit l'étude et la population considérée la progression des teneurs en protéines présente une diminution de mars à mai suivi d'un pic en juillet. Les valeurs augmentent à nouveau en juillet et se stabilisent jusqu'à la fin de l'étude.

Excepté pour la population TA où les concentrations sont faibles en début d'étude, l'évolution des glucides présente une diminution de mars à octobre avec un pic au mois de juillet.

La cinétique des concentrations en lipides des chairs de mollusque laisse apparaître en juillet un pic commun aux trois populations de l'étude « Exotique » qui peut être un événement caractéristique d'une ponte. Hors de cette période, la progression des teneurs en lipides ne peut discriminer les différents taxons. Un constat identique peut être fait pour les huîtres de l'étude « hybrides ». Cependant, il semblerait que les lipides soient beaucoup plus élevés, fin août, pour les huîtres du taxon *C. angulata*, alors qu'ils restent faibles chez les trois autres populations.

### 3.2. Résultats écophysologiques

Cette étude a été seulement menée sur les animaux de l'étude dite « hybride » de manière à mettre en évidence les différences de comportement écophysologiques entre les taxons *C. gigas* et *C. angulata* et leur degré d'hybridation.

L'enregistrement simultané de la filtration et de la consommation d'oxygène d'un animal durant 3 heures d'expérimentation peut être examiné sur la figure 17. Dans cet exemple, l'animal consomme de l'oxygène dès le début de l'expérimentation et le maximum est atteint au bout de 42 minutes ( $1,2 \text{ mg O}_2 \text{ h}^{-1}$ ). La consommation d'oxygène se stabilise, ensuite et jusqu'à la fin de la période, entre  $0,9$  et  $1,2 \text{ mg O}_2 \text{ h}^{-1}$ .

La filtration de l'animal, en revanche, s'est manifestée 27 minutes après le début de l'enregistrement et atteint  $3,2 \text{ l h}^{-1}$  à la 42<sup>ème</sup> minute. Elle chute alors brutalement à la 52<sup>ème</sup> minute. 10 minutes plus tard, la filtration se déclare à nouveau et atteint  $6,1 \text{ l h}^{-1}$  après 83 minutes d'expérimentation.

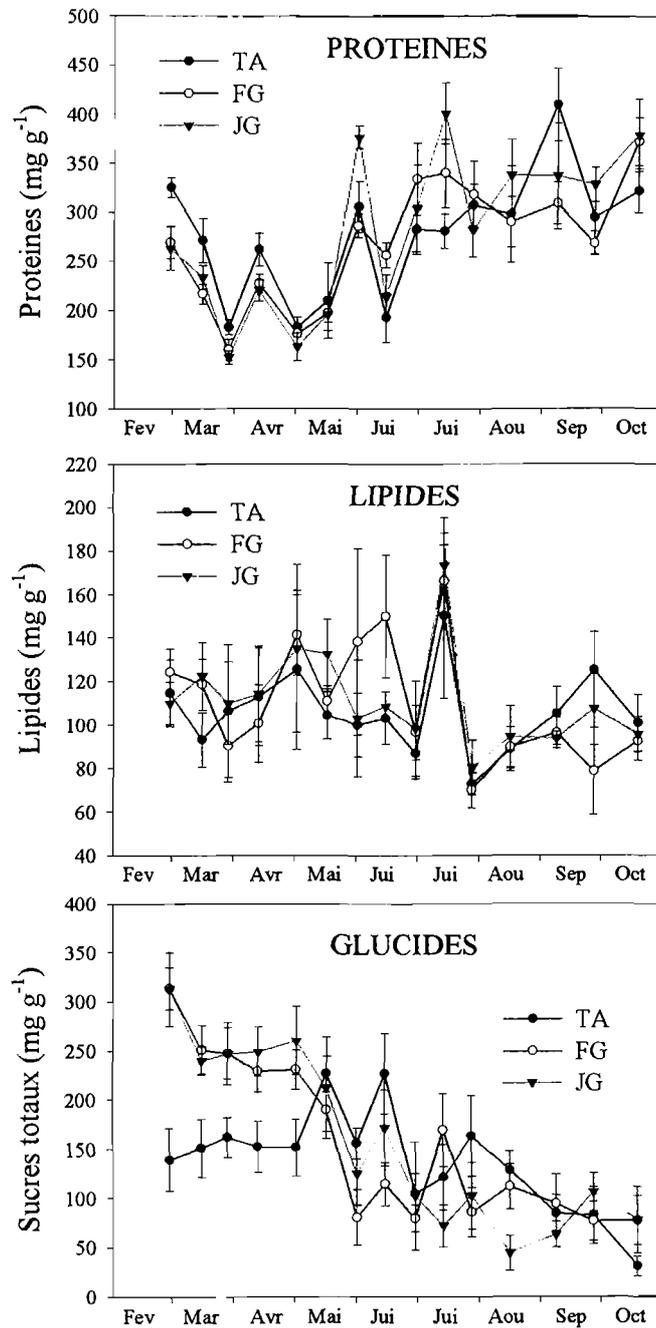


Figure 15 : Evolution des composés biochimiques de la chair des huîtres de l'étude « Exotique ».

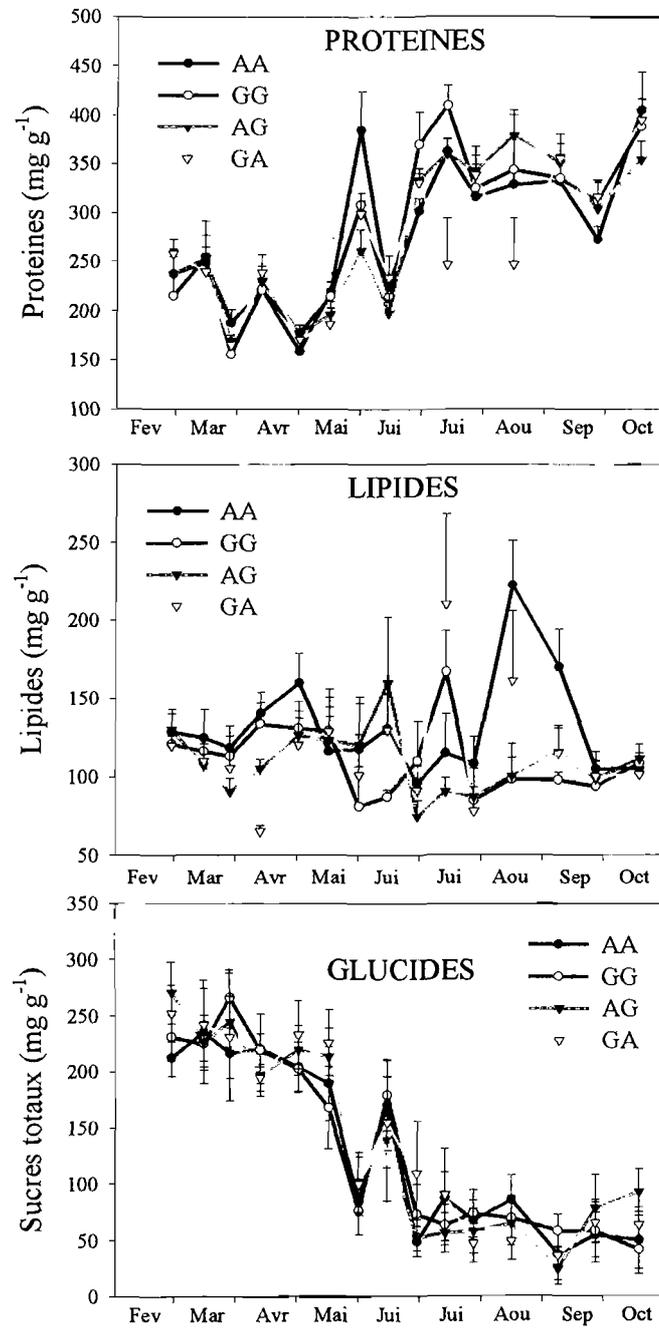


Figure 16 : Evolution des composés biochimiques de la chair des huîtres de l'étude « Hybrides ».

Elle se maintient, alors, pendant 120 minutes entre 5,2 et 6,1 l h<sup>-1</sup> puis diminue rapidement jusqu'à la fin de l'enregistrement.

D'une manière générale, et pour la plupart des expériences, il est apparu que la consommation d'oxygène atteignait son maximum lorsque l'activité de filtration débutait.

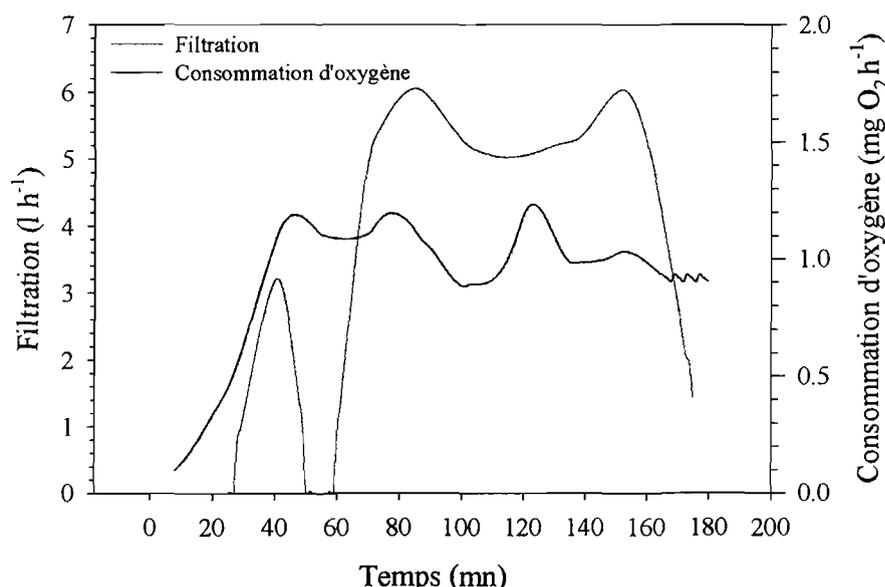


Figure 17 : Exemple d'un enregistrement simultané de la filtration et de la consommation d'oxygène d'un animal durant 3 heures.

Les valeurs moyennes de filtration pour les populations AA, GG, GA, et AG ont été respectivement de 3,41, 3,83, 3,62 et 3,51 l h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> (Tableau 7). Toutefois, l'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre ces valeurs, même si *C. angulata* présente le taux moyen de filtration le plus faible.

Les écarts entre les consommations moyennes d'oxygène relevées n'ont pas été suffisamment importants pour différencier statistiquement les quatre populations au seuil de 5 % (Tableau 7). Les valeurs se situent entre 1,23 et 1,33 mg d'O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>.

Le scope for growth (SFG), calculé pour chaque population a été ramené au temps d'activité (durée relevée correspondante à une filtration > 0 et pour une consommation d'oxygène > 0) de l'animal, comme cela est adopté classiquement dans la plupart des études écophysiologiques (Smaal and Widdows, 1994). Le SFG apparaît supérieur pour les individus GG (191,0 j h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>) et le plus faible pour les animaux AA (146,1 j h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>)

(Tableau 7). Pour les deux populations hybrides, le SFG présente des données intermédiaires (GA : 182,2 j h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> et AG : 167,4 j h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>). Cependant, l'analyse statistique ne montre pas de différence entre les populations.

Tableau 7 : Moyennes des paramètres écophysologiques. SD=écart type ; P=probabilité ; \*=significatif ; N.S.=non significatif.

Paramètres	Population	Moyenne	SD	P	SNK
Filtration (l h <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	AA	3,41	1,62		
	GG	3,83	1,10	0,56	
	GA	3,62	0,93	N.S.	-
	AG	3,51	1,36		
Consommation d'oxygène (mg d'O <sub>2</sub> h <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	AA	1,26	0,54		
	GG	1,33	0,51	0,83	
	GA	1,23	0,47	N.S.	-
	AG	1,31	0,52		
Scope for growth (SFG) (j h <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	AA	146,1	75,9		
	GG	191,0	64,3	0,18	-
	GA	182,2	67,0	N.S.	
	AG	167,4	72,7		
Respiration time activity (RTA) (%)	AA	98	4		
	GG	97	6	0,83	
	GA	97	8	N.S.	-
	AG	97	8		
Feeding time activity (FTA) (%)	AA	73	30		GG : A
	GG	89	19	0,017	GA : A
	GA	89	20	*	AG : A
	AG	85	25		AA : B
Scope for growth corrigé (SFGc) (j h <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	AA	123,1	80,5		GG : A
	GG	167,8	64,0	0,044	GA : A
	GA	164,5	60,7	*	AG : AB
	AG	151,9	81,3		AA : B

Le temps d'activité moyen de chaque population, lié à la consommation d'oxygène (RTA), est de 98 % pour AA et de 97 % pour les trois autres populations (Tableau 7).

L'activité de nutrition (FTA) montre, en revanche des différences beaucoup plus marquées entre populations (Figure 18). Le FTA est de 73 % pour AA, 89 % pour GG et GA et 85 % pour la population AG. L'analyse statistique des données de RTA ne donne pas de différence significative entre les populations d'huîtres au seuil de 5 %. Cependant, l'analyse des valeurs de FTA conduit à différencier statistiquement les populations et permet de les hiérarchiser selon la méthode de Student-Newman-Keuls (SNK) (Tableau 7). Les animaux AA présentent des FTA significativement inférieurs aux trois autres populations.

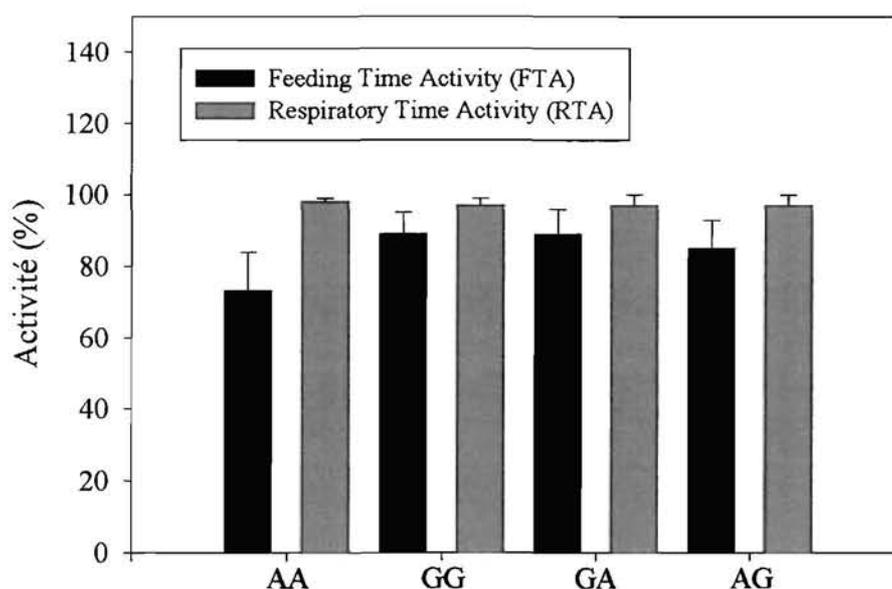


Figure 18 : Temps d'activité consacrés à la filtration et à la consommation d'oxygène des animaux de chaque population, par rapport à la durée de l'expérimentation (3 heures).

Le scope for growth corrigé (SFGc), en pondérant l'absorption par le FTA et la consommation d'oxygène par le RTA, est représenté, pour chacune des populations, par la figure 19. L'analyse statistique donne des différences significatives au seuil de 5 % ( $p = 0,044$ ) entre les populations (Tableau 7). Les valeurs obtenues des animaux GG et GA sont

significativement supérieures à celles des individus AA avec les résultats respectifs de 167,8, 164,5 et 123,1  $\text{j h}^{-1} \text{g}^{-1}$ . Toutefois, la population AG ne peut être différenciée des trois autres (151,9  $\text{j h}^{-1} \text{g}^{-1}$ ). Les huîtres du taxon *C. gigas* représentent un bilan énergétique 1,4 fois supérieur au taxon *C. angulata* (Figure 19). Ce rapport est identique à celui observé au niveau de la performance de croissance entre GG et AA.

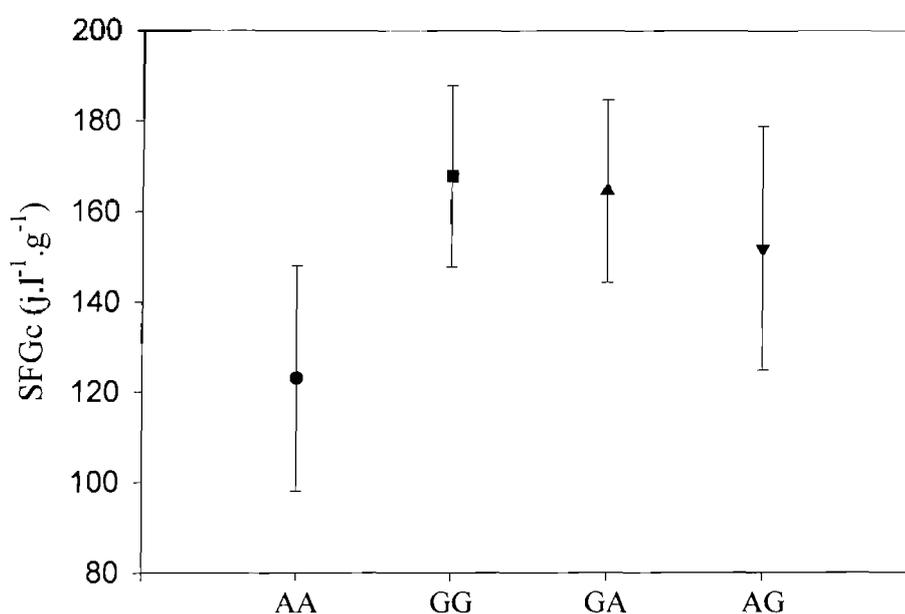


Figure 19 : Scope for growth corrigé (SFGc) des quatre populations étudiées.

## 4. Discussion et conclusion

### 4.1. Zootechnie

Cette étude a montré que les performances de la croissance pondérale ont été significativement supérieures chez les huîtres des populations GG, GA et AG par rapport aux animaux AA. Des résultats similaires ont été obtenus, par différents auteurs, lors de la comparaison des vitesses de croissance de *C. gigas* et *C. angulata* élevées dans le milieu naturel (His, 1972 ; Menzel, 1979 ; Héral et al., 1986 ; Bougrier et al., 1986 ; Parache, 1989). La plupart de ces auteurs arrivent à la conclusion que l'huître du pacifique aurait un potentiel de croissance 2 fois supérieur à l'huître portugaise. Les résultats de cette étude révèlent un différentiel de croissance de 1,4 seulement. Deux explications peuvent être avancées pour expliquer la différence de résultats : (i) les observations des auteurs précédemment cités, ont été réalisées à une période où l'huître *C. angulata* était déjà contaminée par l'iridovirus, puisque cette maladie est apparue en France en 1966 (Comps, 1970), et les performances de croissance de ce taxon étaient alors, déjà diminuées ; ou (ii) l'immersion permanente des huîtres dans un milieu enrichi (*Skeletonema costatum*) a atténué les différences pondérales entre les deux taxons.

La différence de croissance obtenue entre les individus FG (*C. gigas*) d'origine française et les animaux TA (*C. angulata*) de Taiwan, de l'étude « Exotique » est comparable aux résultats de l'étude « Hybrides », et confirme le potentiel pondéral de chacun de ces taxons. En revanche, les huîtres JG (*C. gigas*) d'origine japonaise ont présenté une aptitude à croître, similaire aux individus TA, bien que n'appartenant pas à la même sous-espèce. Ceci peut s'expliquer par une forte adaptation de la population locale (FG) aux conditions environnementales, que n'auraient pas encore acquis les individus originaires du Japon (JG). Ces résultats montrent que les huîtres *C. gigas*, introduites en France depuis les années 1970, sont à l'origine d'un potentiel de géniteurs, sans cesse renouvelé, qui ne souffre actuellement pas d'une dégénérescence de la croissance.

Les deux études ont présenté des mortalités supérieures chez les huîtres du taxon *C. angulata*. Des analyses pathologiques, réalisées en cours d'étude, n'ont pourtant pas décelé la présence de l'iridovirus chez ces dernières. La fragilité de *C. angulata* pourrait être, dans ce cas là, attribuée à l'effort permanent qu'elle consacre à la reproduction, et que l'on a pu constater au cours des 9 mois d'expérimentation. Cette hypothèse a été confirmée par l'apparition des mortalités lors des épisodes de réplétion maximale de la gonade. Soletchnik et al. (1997) ont pu, en effet, noter une perturbation

des fonctions écophysiological de l'huître *C. gigas* pendant la maturation sexuelle.

Les populations hybrides se comportent de manière intermédiaire entre les deux taxons *C. gigas* et *C. angulata*, en terme de croissance et de survie, sans qu'il y ait de différenciation statistique avec *C. gigas*. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bougrier et al. (1986) en élevage dans un site ostréicole. Cependant, leur étude concluait à une différence significative de la croissance entre le taxon *C. gigas* et les deux hybrides GA et AG.

L'évolution des composés biochimiques de la chair des huîtres n'a pas permis de différencier les populations des deux études réalisées. Il semblerait que les taux de sucres totaux diminuent, au cours de l'étude, au profit des protéines. Les lipides, en revanche, semblent fluctuer directement au rythme de l'effort de reproduction alloué par les individus de chaque population. Il apparaît ainsi, que les sucres totaux qui représentent le réservoir d'énergie le plus facilement métabolisé, sert essentiellement à la formation des protéines, alors que l'énergie utilisée pour l'élaboration des lipides (gamètes) est puisée directement dans le milieu, sans étape intermédiaire. Dans un écosystème naturel, comme la baie de Bourgneuf, l'énergie puisée dans le milieu est stockée, tout d'abord, sous forme de glycogène qui est utilisé par la suite, pour la formation des lipides (Haure et Baud, 1995). Il s'agit dans ce cas, d'un milieu estuarien dont l'énergie particulière dépasse rarement l'équivalent de  $15 \mu\text{g l}^{-1}$  de chlorophylle *a* et où l'animal profite des périodes à fortes efflorescences phytoplanctoniques pour effectuer des réserves, qu'il utilisera par la suite au gré de ces besoins (Haure et Baud, 1995). Dans cette étude, la moyenne de chlorophylle *a* était supérieure à  $24 \mu\text{g l}^{-1}$  et l'animal n'aurait pas éprouvé le besoin de stocker de l'énergie sous forme de glycogène puisque le milieu était suffisamment riche pour satisfaire ses fonctions métaboliques de base. Dans le cas où cette hypothèse serait la bonne, il suffirait de diminuer la concentration énergétique particulière du milieu. Ainsi, la formation de sucres serait favorisée sans perdre pour autant les performances de croissance, puisque l'énergie excédentaire est mobilisée pour la reproduction et perdue lors de la ponte. De plus, on améliorerait la qualité de la chair de l'huître en provoquant la production de glycogène.

## 4.2. Ecophysiology

Comme le signalent Bougrier et al. (1998), la plupart des études réalisées auparavant considéraient que lorsque l'animal ouvrait ses valves, celui-ci consommait de l'oxygène et de la nourriture. Or, dans l'exemple d'enregistrement qui a été décrit dans cette étude, il apparaît nettement que

l'animal est capable de consommer de l'oxygène sans pour autant prélever de la nourriture dans le milieu. Cet exemple a été de nombreuses fois rencontré au cours de cette étude. Les résultats observés sur les activités liées à la consommation d'oxygène et de nutrition montrent que pour chaque population le RTA était supérieur au FTA.

Quand l'animal consomme des particules, la consommation d'oxygène augmente proportionnellement à l'activité de filtration. Lorsque ces deux fonctions sont simultanées on peut penser, à la vue des résultats, que l'animal a une activité optimale avec un taux de pompage élevé. La consommation d'oxygène serait alors, une fonction non maîtrisée et corrélée au débit d'eau circulant à travers le filtre branchial. Cette hypothèse a été souvent soulevée (Bougrier et al. 1998), sans avoir été validée par un enregistrement simultané de la filtration et de la consommation d'oxygène, excepté chez *Ostrea edulis* (Haure, 1999). En revanche, il a été démontré que les huîtres *C. gigas* et *O. edulis* pouvaient réguler de manière active leur filtration en fonction de la charge particulaire du milieu (Hutchinson et Hawkins, 1992 ; Barillé et al., 1997 ; Haure, 1999).

Les observations écophysiological calculées sur les périodes actives des animaux n'ont pas pu différencier les populations. Des résultats récents (Gouletquer et al., 1999) ont toutefois montré des différences significatives de la consommation d'oxygène entre des huîtres juvéniles de *C. gigas* et *C. angulata*, âgées de 5 mois, dans un milieu expérimental régulé à 20°C. Dans notre étude, les résultats de respiration n'ont pas pu discriminer les deux taxons représentés par des animaux de 21 mois. La non conformité des résultats obtenus entre les deux études pourrait s'expliquer par la différence d'âge des animaux testés. Ainsi, Winter (1973) et Widdows (1978) signalent une variabilité importante de l'activité physiologique de bivalves de même espèce mais pas de même âge. Le métabolisme des animaux devient plus lent au fur et à mesure qu'ils vieillissent (Winter, 1976). La sensibilité des résultats serait, de la sorte, plus importante chez les jeunes sujets et amplifierait les différences entre les populations.

Les consommations moyennes d'oxygène sont très proches de celles observées par Bougrier et al. (1995) chez *C. gigas*. En revanche, pour *C. angulata*, His (1972) trouve des valeurs moyennes de 1,93 mg d'O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>. Ces résultats sont supérieurs à ceux de cette étude (1,26 mg d'O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>) mais les individus testés étaient plus jeunes et les valeurs n'étaient pas pondérées par un coefficient d'allométrie.

Les taux de filtration n'ont également pas permis de dissocier les populations étudiées. Bougrier et al. (1995) trouvent que la filtration



moyenne de *C. gigas* standardisée à 1 g de poids sec et à 20 °C se situe à 4,5 l h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> (entre 3,4 et 4,8 l h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>). Ceci est en accord avec nos résultats (3,83 l h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>). Mathers (1974) observe un taux de filtration de 9 à 14 ml h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> pour *C. angulata* (7 à 9 cm de long) à une température expérimentale de 12-13 °C. A ces mêmes températures, Bougrier et al. (1995) déterminent, chez *C. gigas*, un taux de filtration de 3,9 l h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>. L'écart entre ces résultats peut provenir du protocole expérimental adopté. Ainsi, Bougrier et al. (1995) ont étudié la filtration de l'animal, quand il était actif, dans une enceinte avec un renouvellement régulier en eau de mer. Mathers (1974), en revanche, a déterminé la filtration de l'huître par la déplétion de la matière particulaire, à l'issue de quatre heures, dans un récipient non renouvelé. Dans ce cas, la période active de l'animal ne peut être déterminée. De plus, il a été démontré que l'huître pouvait réguler sa filtration au-delà de 30 % de prise (Smaal and Widdows, 1994), ayant pour effet de sous estimer son activité. En outre, il est possible qu'à de telles températures (12-13 °C), l'activité physiologique des deux taxons soit mieux caractérisée qu'à 20 °C. Pourtant, His (1972) notait que la différence d'activité valvaire entre *C. gigas* et *C. angulata* pouvait s'identifier au-dessous de 10 °C seulement.

Le SFG, estimé sur la période active de l'animal, ne peut significativement différencier les quatre populations. Il est possible, toutefois, par l'analyse de ce paramètre, d'effectuer une hiérarchisation comparable à l'étude des performances de croissance.

La prise en compte du temps d'activité de l'huître par rapport à la durée totale de l'expérimentation est une démarche récente en écophysiologie (Bougrier et al., 1998). Des études antérieures se sont intéressées à l'activité valvaire des huîtres (Higgins, 1980) en adoptant l'hypothèse que l'ouverture des valves témoigne de la nutrition et de la consommation d'oxygène. Loosanoff et Nomejko (1946), en revanche, ont suggéré des temps de filtration inférieurs au temps total du suivi. De plus, Galtsoff (1964) pense que le temps d'activité lié à la nutrition est plus faible que pour la consommation d'oxygène. Un constat identique a été fait sur l'activité écophysiologique d'*Ostrea edulis* (Haure, 1999). Ces résultats suggèrent que l'estimation du bilan énergétique (SFG) calculé sur la période active uniquement de l'animal, est surestimée (Bougrier et al., 1998) et qu'il convient de définir un scope for growth qui tient compte des temps d'activité de nutrition et de consommation d'oxygène.

La pondération de la consommation d'oxygène par le RTA, et de l'absorption par le FTA, dans le calcul du bilan énergétique, a donné naissance, dans cette étude, à un SFG corrigé (SFGc).

L'analyse statistique du SFGc a permis de différencier significativement les quatre populations. Ces données ont expliqué les meilleures croissances du taxon GG et des hybrides GA par rapport au taxon AA. Ce constat est identique à celui de la croissance pondérale de ces animaux. Le FTA est la donnée écophysiological qui a permis de différencier les quatre populations. His (1972) a montré que l'activité valvaire de *C. gigas* représentait 83,5 % de son temps d'immersion et seulement 61,1 % pour *C. angulata*, sans pouvoir faire la part entre les activités de nutrition et de consommation d'oxygène. Toutefois, cet auteur signale qu'à des températures inférieures à 10 °C la différence d'activité valvaire, entre les deux taxons, s'accroît et qu'à 2 °C, l'activité de *C. gigas* est encore mesurable, mais pas celle de *C. angulata*.

Pour déterminer le *preferendum* thermique de chaque population, il faudrait reproduire cette étude sur une gamme de températures plus large (5 à 30 °C).

D'une façon générale, les hybrides ont des performances biologiques intermédiaires, qui se situent entre les formes parentales. De plus, les mesures de croissance pondérale et d'activité écophysiological ont montré un comportement biologique des populations hybrides plus proche de *C. gigas* que de *C. angulata*.

Si les souches hybrides se révèlent insensibles à l'iridovirus, responsable de la maladie des branchies, elles pourraient diversifier, à terme, les élevages conchycolles.

## Références bibliographiques

Anonyme, 1987. Bilan énergétique chez les mollusques bivalves. groupe de travail. La Tremblade; *Vie Mar. H.S.*, **7**, 1-68.

Barillé, L., Prou, J., Héral, M., Razet, D., 1997. Effects of high natural seston concentration on the feeding, selection and absorption of the oyster *Crassostrea gigas*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **212**, 149-172.

Baud, J. P., 1990. Effets de l'apport de phytoplancton *Skeletonema costatum* sur la croissance et les variations de la composition biochimique de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* cultivée en marais. *Océanis*, 16/5, 391-408.

Bayne, B. L., Hawkins, A. J. S., Navarro, E., 1987. Feeding and digestion by the common mussel *Mytilus edulis* L. (Bivalvia : Mollusca) in mixtures of salt and algal cells at low concentrations; *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **111**, 1-22.

Bayne, B. L., Newell, R. C., 1983. Physiological energetics of marine molluscs. in : K. M. Wilburg and A.S.M. Saleuddin editors, *The mollusca*, 4. *Academic Press London*, 407-415.

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

Boudry, P., Heurtebise, S., Collet, B., Cornette, F., Gérard, A., 1998. Differentiation between populations of the Portuguese *Crassostrea angulata* (Lamarck) and the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg), revealed by mtDNA RFLP analysis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **226**, 279-291.

Bougrier, S., Ragueneas, G., Bachère, E., Tigé, G., Grizel, H., 1986. Essai de réimplantation de *Crassostrea angulata* en France, Résistante au chambrage et comportement des hybrides *Crassostrea angulata*-*Crassostrea gigas*. *ICES, C.M.F.*, **38**, 10.

Bougrier, S., Geairon, P., Deslous-Paoli, J. M., Bachère, C., Jonquières, G., 1995. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture*, **134**, 143-154.



Bougrier, S., S., Collet, B., Geairon, P., Geffard, O., Héral, M., Deslous-Paoli, J. M., 1998. Respiratory time activity of the Japanese oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **219**, 205-216.

Buroker, N. E., Hershberger, W. K., Chew, K. K., 1979. Population genetics of the family Ostreidae, I Intraspecific studies of *Crassostrea gigas* and *Saccostrea commercialis*. *Mar. Biol.*, **54**, 157-169.

Comps, M., 1970. La maladie des branchies chez les huîtres du genre *Crassostrea*, caractéristiques et évolution des altérations, processus de cicatrisation. *Revue des travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, **34**, 23-44.

Comps, M., Bonami, J. R., Vago, C., Campillo, A., 1976. Une virose de l'huître portugaise *Crassostrea angulata* Lmk. *C. R. Acad. Sci. Paris. Sciences de la Vie*, **282**, 1991-1993.

Dubois, F., Gilles, X. A., Hamilton, J. K., Rebecs P. A., Smith, F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, **28** (3) : 350-356.

Galtsoff, P. S., 1964. The american oyster, *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fish. Bull. US*, **64**, 1-840.

Gnaiger, E., 1983. Calculation of energetic and biochemical equivalents of respiratory oxygen consumption. *in* : Polarographic oxygen sensors. E. Gnaiger, H. Forstner eds. *Springer-Verlag, Berlin, appendix C.*, 337-345.

Gouletquer, P., Wolowicz, M., Latala, A., Geairon, P., Huvet, A., Boudry, P., 1999. Comparative analysis of oxygen consumption rates between cupped oyster spat of *Crassostrea gigas* of French, Japanese, Spanish and Taiwanese origins. *Aquat. Living. Resour.* **12**, 271-277.

Grizel, H., Héral, M., 1991. Introduction into France of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **47**, 399-403.

Haure, J., 1999. Testage de souches d'huîtres plates *Ostrea edulis* tolérantes à *Bonamia ostreae* : Elevage contrôlé, écophysiologie et modélisation de la croissance. Thèse de Doctorat, *Ecole Pratique des Hautes Etudes, Sciences de la Vie et de la Terre*, 95p.

Haure, J., Baud, J. P., 1995. Approche de la capacité trophique dans un bassin ostreicole (Baie de Bourgneuf). *RIDRV-95-16/RA-Bouin*. 104p.

Héral, M., 1986. L'ostréiculture française traditionnelle, in : *Barnabé G. (Ed), Aquaculture, vol 1, Tech. & Doc., Lavoisier, Paris., 345-390.*

Héral, M., Deslous-Paoli, J. M., Prou, J., 1986. Dynamiques des productions et des biomasses des huîtres creuses cultivées (*Crassostrea angulata* et *Crassostrea gigas*) dans le bassin de Marennes-Oléron depuis un siècle. *ICES, C.M. F: 41.*

His, E., 1972. Premiers éléments de comparaison entre l'huître portugaise et l'huître japonaise. *Pêches Mart., 219, 1-9.*

Higgins, P. J., 1980. Effect of food availability on the valve movements and feeding behavior of juvenile *Crassostrea virginica* (Gmelin). I Valve movements and periodic activity. *J Exp. Mar. Biol. Ecol., 45, 229-244.*

Hutchinson, S., Hawkins, L. E., 1992. Quantification of the physiological responses of the European flat oyster *Ostrea edulis* L. To temperature and salinity. *J. Moll. Stud., 58, 215-226.*

Huvet, A., 2000. Ressources génétiques et phylogéographie des huîtres creuses *Crassostrea gigas* et *Crassostrea angulata* : variabilité, différenciation et adaptation des populations naturelles et introduites. Thèse de Doctorat, Université de Tours, 202.

Hildreth, D. L., Crisp, D. J., 1976. A corrected formula for calculation of filtration rate of bivalve molluscs in an experimental flowing system. *J. Mar. Biol. Ass. U.K., 56, 111-120.*

Leitão, A., Boudry, P., Labat, J. P., Thiriot-Quiévreux, C., 1999. Comparative karyological study of cupped oyster species. *Malacologia, 41(1), 175-186.*

Loosanoff, V. L., Nomejko, C. A., 1946. Feeding of oyster in relation to tidal stages and to periods of light and darkness. *Biol. Bull. Mar. Lab. Woods Hole (Mass), 90, 244-264.*

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

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

Mathers, N. F., 1974. Some comparative aspects of filter-feeding in *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea angulata* Lam. Mollusca : Bivalvia. Proceedings of the Malacological Society of London, **41**, 89-98.

Menzel, R. W., 1974. Portuguese and Japanese oysters are the same species. *J. Fisheries. Res. Board Canada*, **31**, 453-455.

Menzel, R. W., 1979. Genetic manipulations of bivalve Mollusks for mariculture. *ICES, C.M. F* : 44.

Neveux, J., 1976. Dosage de la chlorophylle *a* et de la phéophytine *a* par fluorimétrie. *Ann. Inst. Océanogr.* **52**, 165-174.

O'Foighil, D., Gaffney, P. M., Wilbur, A. E., Hilbish, T. J., 1998. Mitochondrial cytochrome oxidase I gene sequences support an Asian origin for the Portuguese oyster *Crassostrea angulata*. *Marine Biology*, **131**, 497-503.

Parache, A., 1989. Evolution de quelques paramètres de croissance des huîtres en élevage dans le bassin d'Arcachon de 1950 à 1986: Premiers résultats. *Haliotis*, **19**, 227-236.

Ranson, G., 1948. Prodissoconques et classification des ostréides vivants. *Bull. Musée Royal Belgique*, **24**, 1-12.

Smaal, A. C., Widdows, J., 1994. The scope for growth of bivalves as an integrated response parameter in biological monitoring, in: Kramer, K.J.M. (Ed.), *Biomonitoring of coastal waters and estuaries*, 247-268.

Soletchnik, P., Razet, D., Geairon, P., Faury, N., Gouletquer, P., 1997. Ecophysiologie de la maturation sexuelle et de la ponte de l'huître creuse *Crassostrea gigas* : réponses métaboliques (respiration) et alimentaires (filtration, absorption) en fonction des différents stades de maturation. *Aquat. Living Resour.*, **10**, 177-185.

Warren, C. E., Davis, G. E., 1967. Laboratory studies on the feeding bioenergetics and growth in fish. in : The biological basis of freshwater fish production. S. D. Gerking (Ed). *Blackwell Scientific, Oxford*, 175-214.

Winter, E. J., 1973. The filtration of *Mytilus edulis* and its dependence on algal concentration measured by a continuous automatic recording apparatus. *Mar. Biol.*, **22**, 317-328.



Winter, E. J., 1976. A critical review on some aspects of filter-feeding in lamellibranchiate bivalves. *Haliotis*, **7**, 71-87.

Widdows, J., 1978. Combined effect of body size, food concentration and season on the physiology of *Mytilus edulis*. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **58**, 109-124.

Yentsch, C. S. and Menzel, D. W., 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. *Deep-Sea Res.* **10**, 221-231.

## RIDRV2001

N° RI DRV	DEPARTEMENT	LABORATOIRE	AUTEURS	TITRE	DATE SORTIE	DIFFUSION	NB PAGES	TIRAGE
DRV/RA								
RA-2001-01	RA	La Trinité/mer	Fleury P.G., S. Claude, J.F. Bouget, A. Langlade, Y. Le Cogvic	REMORA : résultats des stations de Bretagne - année 2000	fév	libre	31	
RA-2001-02	RA	La Trinité/mer	Fleury P.G., F. Cornette, S. Claude, H. Palvadeau, S. Robert, F. d'Amico, C. Vercelli et P. Le Gal	REMORA : résultats des stations nationales - année 2000	fév	libre	48	
RA-2001-03	RA	La Tremblade LCPC	Robert S., P. Geairon, P. Guilpain, D. Razet, N. Faury, J.L. Seugnet, J. Grizon, P. Soletchnik, O. Le Moine, P. Gouletquer, S. Taillade	REMOULA 2000. Réseau de Croissance Moule des Pertuis Charentais, Mars 2000 - février 2001	mars	libre	34	
RA-2001-04	RA	La Trinité/mer	Mazurié J., J.F. Bouget, P.G. Fleury, A. Langlade, S. Claude, J.P. Joly, T. Comtet	Comparaison des performances d'élevage de moules en 4 sites mytilicoles de Baie de Vilaine, de février 2000 à février 2001	juin	libre	44	
RA-2001-05	RA	RA/Brest	Coordination : Jean Barret	Publications 2000 du Département Ressources Aquacoles	juin	libre	159	
RA-2001-06	RA	Sète LCM	Alunno-Bruscia M., C. Vercelli, J.M. Chabirand, J. Oheix et D. Buestel	Influence de la densité d'élevage sur la croissance et la qualité de l'huître creuse <i>Crassostrea gigas</i> dans l'étang de Thau	juillet	libre	66 + 1 ann	
RA-2001-07	RA	La Tremblade LCPC	Faury N., S. Remoué, P. Soletchnik, P. Gouletquer, P. Geairon, O. Le Moine, D. Razet, P. Guilpain, S. Robert et S. Taillade	Mortalités printanière et estivale de l'huître creuse <i>C. gigas</i> en élevage à plat dans le bassin de Marennes-Oléron. Etude du métabolisme du glycogène sur différentes origines de cheptels	juillet	libre	29 + 10 ann	
RA-2001-08	RA	Port-en-Bessin LCN	Kopp J., G. Messian, E. Le Gagneur, F. Cornette, M. Ropert	Etats des stocks conchylicoles normands en 2000	juillet	libre	50	
RA-2001-09	RA	Bouin (LCPL, La Tremblade LGP	Haure J., A. Huvet, H. Palvadeau, M. Nourry, C. Penisson, P. Boudry, J.L.Y. Martin	Etude de la croissance et de l'activité écophysiological des huîtres creuses <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Crassostrea angulata</i> et de leurs hybrides en système contrôlé	juillet	libre	39	

## RIDRV2001

DRV/RH								
RH-2001-01	RH	Port-en-Bessin Brest	J. Vigneau, S. Fifas, F. Foucher	Les campagnes d'évaluation du stock de coquilles Saint-Jacques en Manche orientale: méthodologie et estimation des indices d'abondance.	avril	libre		
RH-2001-02	RH	Département		Rapport d'activité 2000 du Département Ressources Halieutiques	avril	libre		
RH-2001-03	RH	Département	Coord. : J.-P. Minet Secrét. : M. Hanquiez	Publications 2000 du Département Ressources Halieutiques	avril	libre		
RH-2001-04	RH	Brest	F. Blanchard	Effets de l'exploitation par la pêche sur la dynamique de diversité des peuplements de poissons démersaux. Analyse comparée du rôle des interactions entre espèces dans le golfe de Gascogne et dans le golfe du Lion.	avril	libre		
RH-2001-05	RH	La Rochelle	M. Bertignac, I. Auby, J. Foucard, S. Martin, X. de Montaudoin, P.-G. Sauriau	Evaluation du stock de palourdes du bassin d'Arcachon	mai	restreinte	35	
RH-2001-06	RH	Nantes	D. Halgand, G. Arzul, M.L. Cochard, E. Erard-Le-Denn, J. Huet, L. Dorobisz, M. Rumèbe	Surveillance écologique et halieutique de l'environnement marin du site de la centrale de Penly (Manche est): année 2000	mai	restreinte	140	
RH-2001-07	RH	Nantes Lorient	M. J. Rochet, V. Trenkel, I. Péronnet	Estimation des rejets de pêche des chalutiers français en mer Celtique.	juin	libre		
RH-2001-08	RH	Saint-Pée-sur-Nivelle	P. Prouzet, M. Lissardy, G. Morandeau, F.X. Cuende	La pêche maritime professionnelle dans l'estuaire de l'Adour. Importance économique et caractéristiques des captures de poissons migrateurs amphihalins	juin	libre		
DRV/VP								
DRV/SEM								