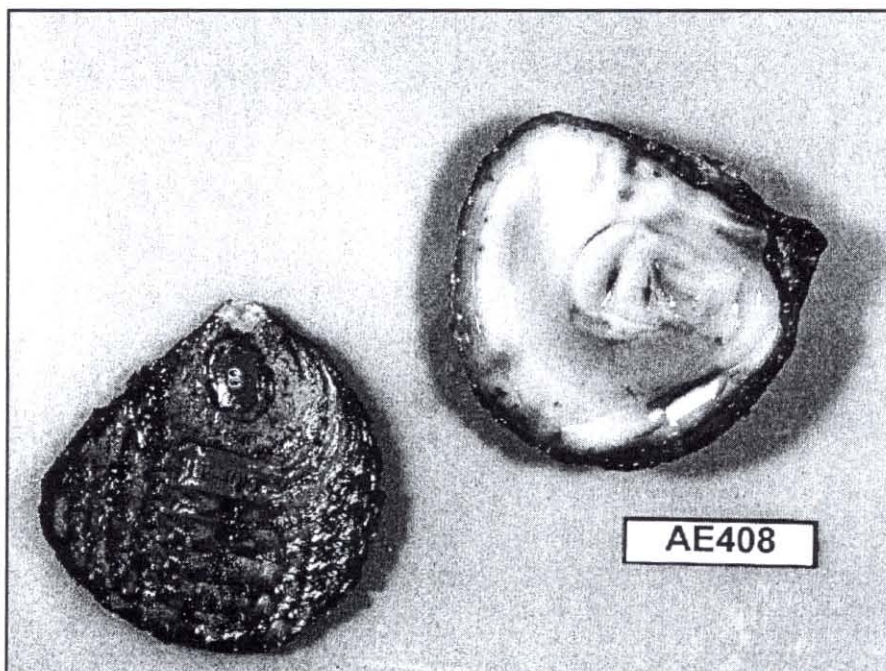


**INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA FILTRATION
ET LA CONSOMMATION D'OXYGENE DE L'HUITRE PLATE
OSTREA EDULIS: DETERMINATION DES COEFFICIENTS
ALLOMETRIQUES**

Joël HAURE, Christian PENISSON, Serge BOUGRIER et Jean-Pierre BAUD



FICHE DOCUMENTAIRE

Numéro d'identification du rapport : DRV/RA/ST/98/12		date de publication Septembre 1998	
Diffusion : libre X restreinte interdite		nombre de pages 14	
Validé par : DRV/RA		bibliographie 3	
Version du document :		illustration(s)	
langue du rapport Français			
Titre et sous-titre du rapport : Influence de la température sur la filtration et la consommation d'oxygène de l'huître plate <i>Ostrea edulis</i> : Détermination des coefficients allométriques.			
Titre traduit : The influence of temperature on the clearance and oxygen consumption rates of the flat oyster <i>Ostrea edulis</i> : Determination of the allometric coefficients.			
Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom Joël HAURE, Christian PENISSON, Serge BOUGRIER et Jean-Pierre BAUD,		Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER/ DRV/ RA/ LCPL BOUIN.	
Collaborateur(s) : nom, prénom		Organisme / Direction / Service, laboratoire	
Travaux universitaires : diplôme : établissement de soutenance :		discipline : année de soutenance :	
Titre du contrat de recherche :		n° de contrat IFREMER	
Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse:			
Organisme(s) réalisateur(s) : nom(s) développé(s), sigle(s), adresse(s) Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation de la MER (IFREMER) L.C.P.L Polder des champs 85230 BOUIN FRANCE			
Responsable scientifique : Jean-Pierre BAUD			
Cadre de la recherche : Programme : Physiologie de la reproduction de la croissance de l'adaptation des mollusques E 11002			
Projet :		Autres (préciser) :	
Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)			

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION	1
2 - MATÉRIELS ET MÉTHODES	1
2.1 Matériel biologique	1
2.2 Acclimatation	2
2.3 Mesures physiologiques	2
3 - RÉSULTATS	3
4 - DISCUSSION	8
BIBLIOGRAPHIE	12

RÉSUMÉ

La filtration et la consommation d'oxygène d'*Ostrea edulis* ont été mesurées à différentes températures (10°-30°C) sur des individus de 5 à 120g de poids total (0,1 à 2,7g de poids sec) et hors période de gamétogénèse.

Pour chaque température, la relation allométrique entre la réponse physiologique et le poids sec de l'animal (W) a été estimée selon la relation: $y=aW^b$. Un modèle statistique est proposé pour expliquer la filtration ou la consommation d'oxygène (y) en fonction de la température (T) et du poids sec de l'animal (W): $y=[a+(b.c^T)].W^d$. d est égal à 0,62 pour la filtration et à 0,74 pour la consommation d'oxygène.

Les deux fonctions physiologiques augmentent avec l'élévation de la température et atteignent leur maximum à 30°C (Filtration: $2,83\pm 0,32 \text{ l.h}^{-1}.\text{g}^{-1}$; Consommation d'oxygène: $1,78\pm 0,23 \text{ mg O}_2.\text{h}^{-1}.\text{g}^{-1}$) lorsque les huîtres plates sont nourries avec la microalgue fourrage *Skeletonema costatum*.

Mots Clés : Filtration, consommation d'oxygène, poids sec, température, *Ostrea edulis*

ABSTRACT

The clearance and oxygen consumption rates of *Ostrea edulis* were measured at different temperatures (10-30°C) on 5 to 120g total weight individuals (0.1 to 2.7g dry tissue weight), outside the period of gametogenesis. For each temperature, the allometric relationship between the physiological response and the dry tissue weight of the animal (DW) was estimated using the formula : $Y=a.DW^b$. A statistical model is proposed for the variation in the clearance rate or the oxygen consumption rate (Y) with temperature (T) and the dry tissue weight of the animal (DW) : $Y= [a +(b.c^T)].DW^d$. The calculated value for d was 0.62 for clearance rate and 0.74 for oxygen consumption rate.

The rates of both physiological functions increased as the temperature increased and reached maximum levels at 30°C (Clearance rate : $2.83 \pm 0.32 \text{ l.h}^{-1}.\text{g}^{-1}$; oxygen consumption rate: $1.78 \pm 0.23 \text{ mg O}_2.\text{h}^{-1}.\text{g}^{-1}$) when the flat oysters were fed with *Skeletonema costatum*.

Key words : Clearance rate, oxygen consumption rate, dry weight, temperature, *Ostrea edulis*.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier :

L'équipe du laboratoire IFREMER (URGE/GAP/de Ronce les Bains), pour la fourniture des huîtres plates, *Ostrea edulis*.

Monsieur Max Nourry de l'IFREMER (URAPL) de Bouin pour la gestion des élevages de nurserie.

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

1 - INTRODUCTION

Les protozoaires pathogènes, *Bonamia ostreae* (Comps *et al.*, 1980) et *Martelia refringens* (Grizel et Tigé, 1982) sont responsables depuis les années 60, d'une diminution importante de la production française de l'huître plate *Ostrea edulis*.

Différents travaux ont permis de décrire le cycle d'infestation de *Bonamia ostreae* et de développer un immunodiagnostic enzymatique pour estimer les degrés d'infection des huîtres plates (Rogier *et al.*, 1991; Cochenec *et al.*, 1992). Un programme de sélection d'huîtres plates résistantes ou tolérantes à *Bonamia ostreae* a débuté en 1985 à l'IFREMER (Naciri-Graven *et al.*, 1997). La pression de sélection sur les géniteurs (Martin *et al.*, 1993; Hervio *et al.*, 1995) a pu être renforcée par inoculation du parasite à l'aide des techniques d'isolation et de purification de *Bonamia ostreae* (Miahle *et al.*, 1988).

Les huîtres ainsi sélectionnées ont été comparées à des huîtres témoins non sélectionnées, de même âge, provenant de géniteurs prélevés dans le milieu naturel. Ces essais comparatifs ont été réalisés en élevage intensif (Baud *et al.*, 1997), dans des enceintes bétonnées, alimentées par de l'eau de mer enrichie en phytoplancton (*Skeletonema costatum*) produit sur eau salée souterraine à partir de grands volumes extérieurs (Baud et Bacher, 1990).

Les résultats ont montré de manière significative de meilleures performances de croissance et de survie pour les souches résistantes âgées de 18 mois, par rapport aux lots témoins (Baud *et al.*, 1997).

Une souche résistante à *Bonamia ostreae* devrait permettre, à terme, de relancer la production de cette huître; traditionnellement dans le milieu naturel, et/ou intensivement dans des bassins avec apports de nourriture.

La nécessité de définir les exigences écophysiologicals de cette espèce apparaît indispensable pour optimiser l'élevage et définir un modèle biologique de la croissance de cette espèce comparable à celui développé par Raillard *et al.* (1993) et Barillé *et al.* (1997) pour l'huître creuse japonaise *Crassostrea gigas*.

L'objectif de cette étude est de définir le taux de filtration qui permet d'estimer l'apport d'énergie pour l'animal et la consommation d'oxygène qui est représentative de la perte principale d'énergie, dans le cas particulier d'un élevage intensif avec apport contrôlé d'eau de mer enrichie avec la diatomée *Skeletonema costatum*. Ces fonctions physiologiques sont étudiées en fonction du poids sec de l'animal et de la température qui représentent deux des paramètres importants dans le calcul des bilans énergétiques (Winter, 1976, 1978; Bayne et Newel, 1983).

2 - MATÉRIELS ET MÉTHODES

2-1 Matériel biologique

L'étude a été réalisée sur 149 individus pour le calcul de la filtration et 139 pour celui de la consommation d'oxygène. Le poids total individuel des huîtres plates, *Ostrea edulis* était de 5 à 120g et de 0,1 à 2,7g de poids sec. Les individus produits par l'écloserie de l'IFREMER de Ronces les Bains ont été prégressés et élevés à la station de l'IFREMER de Bouin.

2-2 Acclimatation

Les expérimentations sont réalisées hors période de gamétogénèse pour éviter les perturbations physiologiques dues au stade de maturation avancée des gonades, comme l'ont constaté Soletchnik *et al.* (1997) sur *Crassostrea gigas*.

En avril 1996, les animaux sont acclimatés à 15, 20, 25 et 30°C et à 10°C en janvier 1997. Ces températures correspondent aux températures naturelles observées pendant les périodes de croissance des mollusques élevés, à Bouin de mars à novembre (Baud *et al.*, 1990; Baud *et al.*, 1997).

Pour chacune des températures, 50 huîtres sont maintenues, à température expérimentale constante, pendant 15 jours dans un aquarium de 30 litres d'eau de mer filtrée à 1µm. Ces températures expérimentales sont atteintes à raison d'un ajustement journalier de 1°C. Tous les jours, 15 litres d'eau sont renouvelés et enrichis de 1200ml de *Skeletonema costatum* d'une concentration de 1,2 à 1,5.10⁶ cel.ml⁻¹.

2-3 Mesures physiologiques

La concentration algale dans le milieu expérimental est stabilisée entre 40 et 50 cellules de *Skeletonema costatum* par µl d'eau de mer filtrée à 1µm. Cet apport nutritif représente 6 à 8 mg de matière organique particulaire (MOP) en accord avec les conditions d'élevage intensif de l'huître plate (Baud *et al.*, 1997).

Les salinités sont mesurées au moyen d'un salinomètre WTW au cours de chaque expérimentation. A l'issue des différents cycles de mesures physiologiques, le poids sec de chaque individu est déterminé après 48 heures de lyophilisation.

La filtration individuelle est mesurée au moyen d'un système expérimental qui a été décrit dans différents ouvrages (Barillé *et al.*, 1993; Soletchnik *et al.*, 1997) et calculée de la façon suivante (Hildreth et Crisp, 1976; Anonyme, 1987):

$$\text{Filtration (1 h}^{-1}\text{)} = D \times [(E-S) / E]$$

D = Débit (1 h⁻¹) pour chaque animal

E = Nombre de cellules algales (*Skeletonema costatum*) à l'entrée de l'unité expérimentale

S = Nombre de cellules algales (*Skeletonema costatum*) à la sortie de l'unité expérimentale

La concentration algale est estimée par un Multisizer (Coulter, Coultronics, Margency, France). La consommation d'oxygène de chaque animal est mesurée dans des récipients de 150, 300 ou 900ml selon la taille des individus. Les enceintes sont complétées par de l'eau de mer filtrée, de salinité connue et enrichie en *Skeletonema costatum* de manière identique que pour la mesure de filtration. L'enregistrement de la concentration d'oxygène s'effectue par des sondes oxymétriques munies d'un agitateur (Orbisphère laboratoires, Orbisphère France, Maurepas, France) et à température constante.

L'équation $Y = aW^b$, est utilisée pour définir les relations d'allométrie entre la taille de l'individu (W) et la réponse physiologique mesurée (Winter, 1976, 1978; Bayne et Newel, 1983). Dans cette équation, Y est la variable dépendante et a et b sont les constantes spécifiques des conditions expérimentales. Un modèle statistique de la consommation

d'oxygène et de la filtration est calculé en fonction de deux facteurs indépendants (température et poids sec) selon l'équation suivante (Bougrier *et al.*, 1995) :

$$Y = [a + (b \times c^T)] \times P^d$$

Y est la fonction physiologique étudiée (filtration (l h⁻¹) ou la consommation d'oxygène (mg O₂.h⁻¹), T (°C) est la température, P (g) le poids de chair sèche et a, b, c, d sont des constantes.

3 - RÉSULTATS

Les tableaux 1 et 2 représentent respectivement pour la filtration et la consommation d'oxygène, les valeurs des constantes de l'équation, $Y = aW^b$, aux températures étudiées.

L'exposant b est dans la majeure partie des cas inférieur à 1 et montre pour cette espèce l'effet du poids sec sur les fonctions physiologiques (Bayne and Newell, 1983). La pente a correspond à la réponse physiologique d'un animal de 1g de poids sec. Il existe un effet significatif ($P < 0,05$) de la température sur l'activité fonctionnelle de *Ostrea edulis*. En effet, les augmentations de température induisent une augmentation de la consommation d'oxygène et de la filtration.

Les relations entre la filtration ainsi que la consommation d'oxygène en fonction de la température et du poids sec de l'huître plate *Ostrea edulis* (figs.1 et 2), peuvent être décrites au moyen de modèles statistiques non linéaires déjà définis par Bougrier *et al.*, (1995) sur l'huître creuse *Crassostrea gigas*:

$$F (l.h^{-1}) = [a + (b \times c^T)] \times P^d$$

avec F=filtration (l.h⁻¹), T= température (°C), P= poids sec (g), a=0,162 ± 0,029; b=0,072 ± 0,006; c=1,131±0,007; d= ,622±0,007; n=149; r²=0,822; F (Fisher)=223,981; p<0,05.

et

$$C (mg O_2 \cdot h^{-1}) = [a + (b \times c^T)] \times P^d$$

avec

C= consommation d'oxygène (mg O₂.h⁻¹), T=température (°C), P= poids sec (g),
a=-0,139±0,53; b=0,194±0,028; c=1,079±0,004; d=0,745±0,07; n=139, r²=0,799;
F (Fisher)=178,687, p<0,05.

Les deux modèles statistiques sont validés par les figures 3 et 4. Une régression linéaire de type $Y = a X + b$ donne la relation entre les valeurs observées et calculées et une analyse de variance ne montre pas de différences significatives entre elles

(filtration : a = 1,02; b = - 0,027; r² = 0,82; n = 149; P = 0,91 ;

consommation d'oxygène : a = 1,01; b = - 0,014; r² = 0,80, n = 139; P = 0,93).

La filtration et la consommation d'oxygène augmentent avec la température de 10°C

(filtration : 0,43 ± 0,11 l.h⁻¹ consommation d'oxygène : 0,29 ± 0,23mg O₂.h⁻¹) à 30°C (filtration 2,83 ± 0,32 l.h⁻¹; consommation d'oxygène : 1,78 ± 0,23mg O₂.h⁻¹) pour un animal standard de 1g de poids sec (fig. 5 et 6). Cependant, il n'y a pas de différences significatives entre 10°C et 15°C pour les fonctions physiologiques étudiées.

Tableau 1 : Relations allométriques de la filtration ($F = aW^b$) de l'huître plate à différentes températures (T).

Périodes	T	a	b	n	r	r ²	E.T.	F
Janvier 1997	10	0,423	0,921	28	0,52**	0,27	0,30	9,46
	15	0,548	0,879	24	0,81**	0,66	0,14	42,22
Mai 1996	20	0,900	0,791	32	0,81**	0,64	0,11	53,92
	25	1,833	0,747	33	0,80**	0,64	0,10	54,3
	30	3,188	0,803	32	0,87**	0,76	0,08	96,37

a et b = constantes, n = nombre d'individus, r = coefficient de corrélation, r² = coefficient de détermination, E.T. = écart type, F = Test F (Fisher).

** (P < 0,01) Analyse de variance hautement significative.

Tableau 2 : Relation allométriques de la consommation d'oxygène ($O_2 = aW^b$) de l'huître plate à différentes températures (T).

Périodes	T	a	b	n	r	r ²	E.T.	F
Janvier 1997	10	0,281	1,079	17	0,71**	0,51	0,28	15,39
	15	0,392	0,940	32	0,80**	0,64	0,13	53,87
Mai 1996	20	0,756	0,825	34	0,85**	0,72	0,09	83,99
	25	1,072	0,886	27	0,87**	0,76	0,10	80,75
	30	1,635	0,726	29	0,82**	0,67	0,10	55,54

a et b = constantes, n = nombre d'individus, r = coefficient de corrélation, r² = coefficient de détermination, E.T. = écart type, F = Test F (Fisher).

** (P < 0,01) Analyse de variance hautement significative.

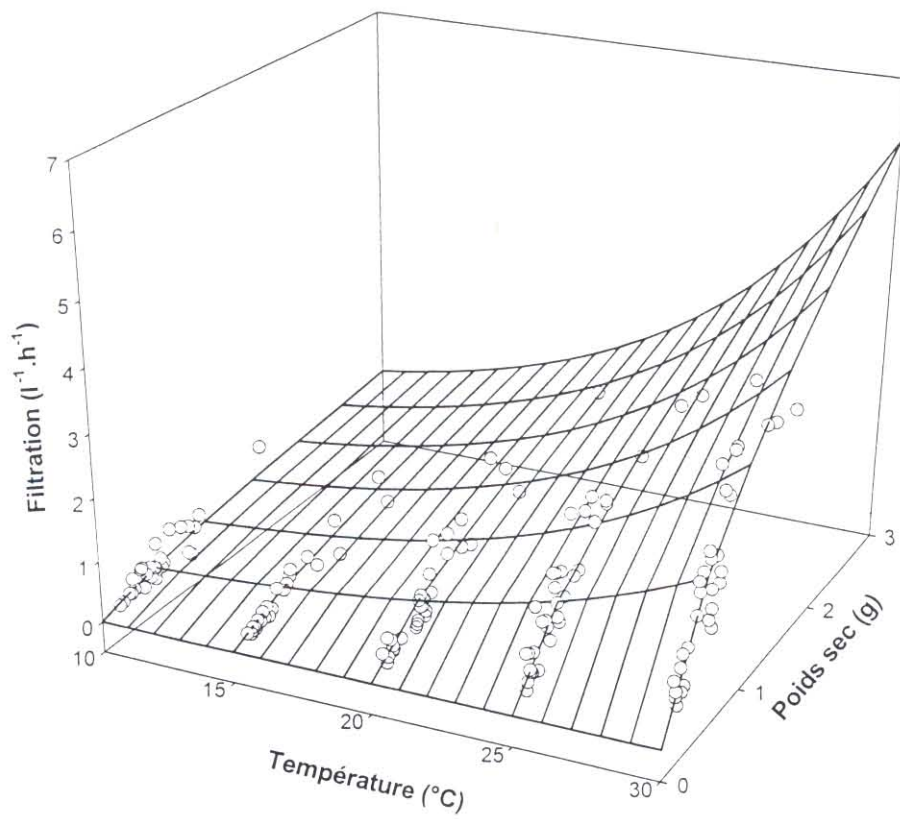


Fig.1. Représentation 3-D de la filtration pour *Ostrea edulis*

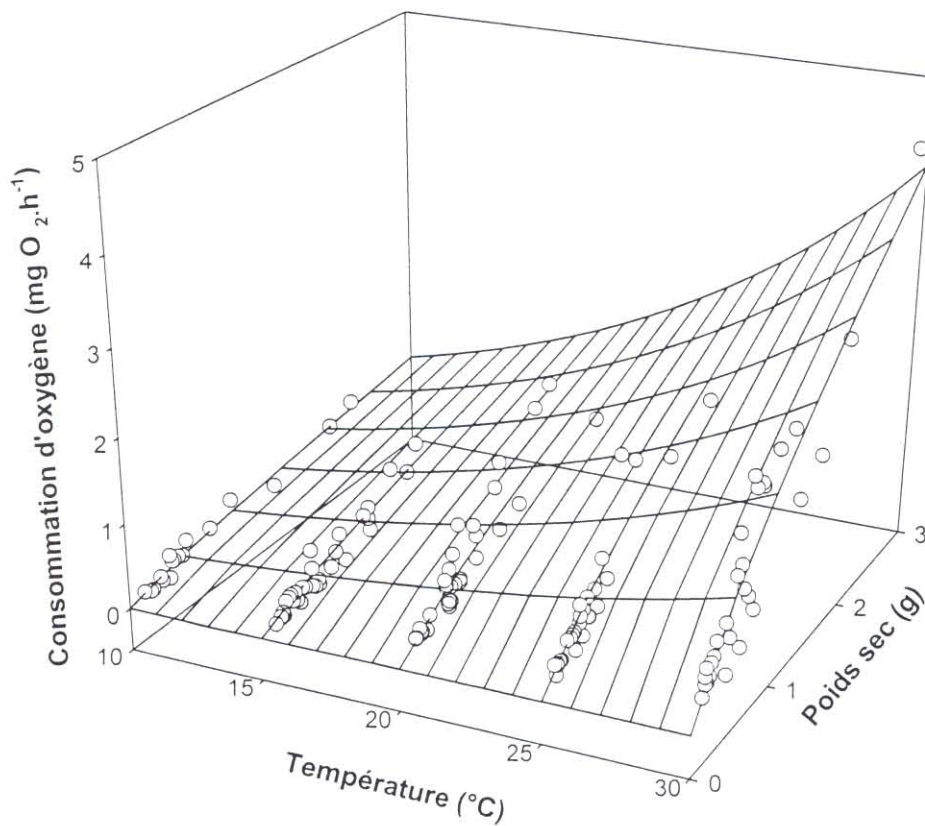


Fig.2: Représentation 3-D de la consommation d'oxygène pour *Ostrea edulis*

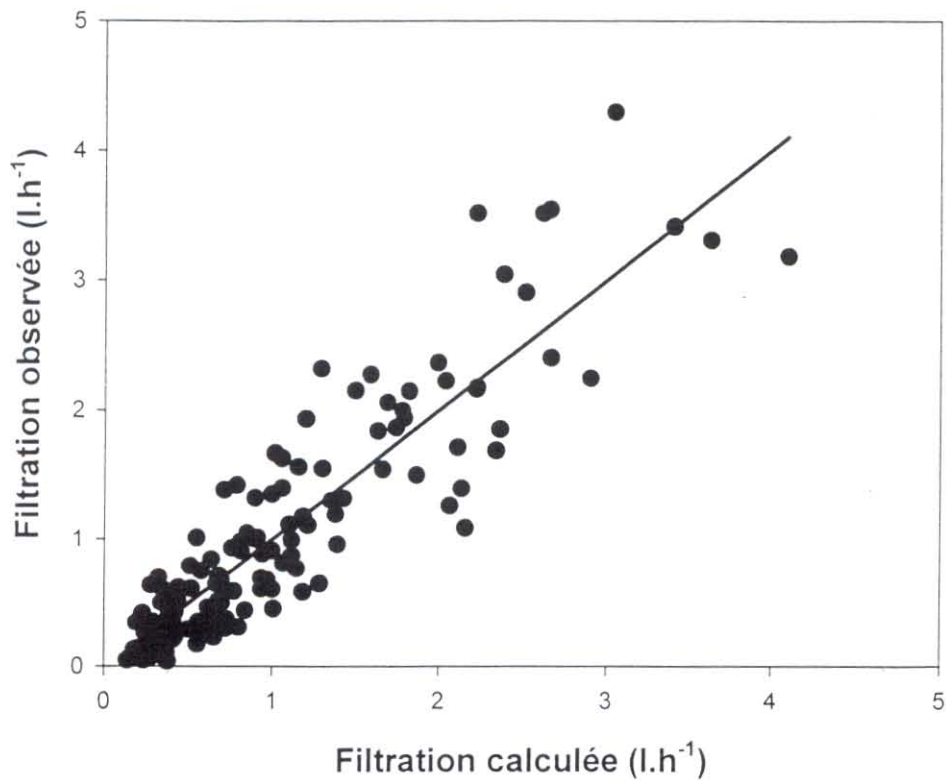


Fig.3. Droite de régression entre la filtration calculée (fcal) et la filtration observée (fobs):
 $fobs = 1.02 * fcal - 0.027$

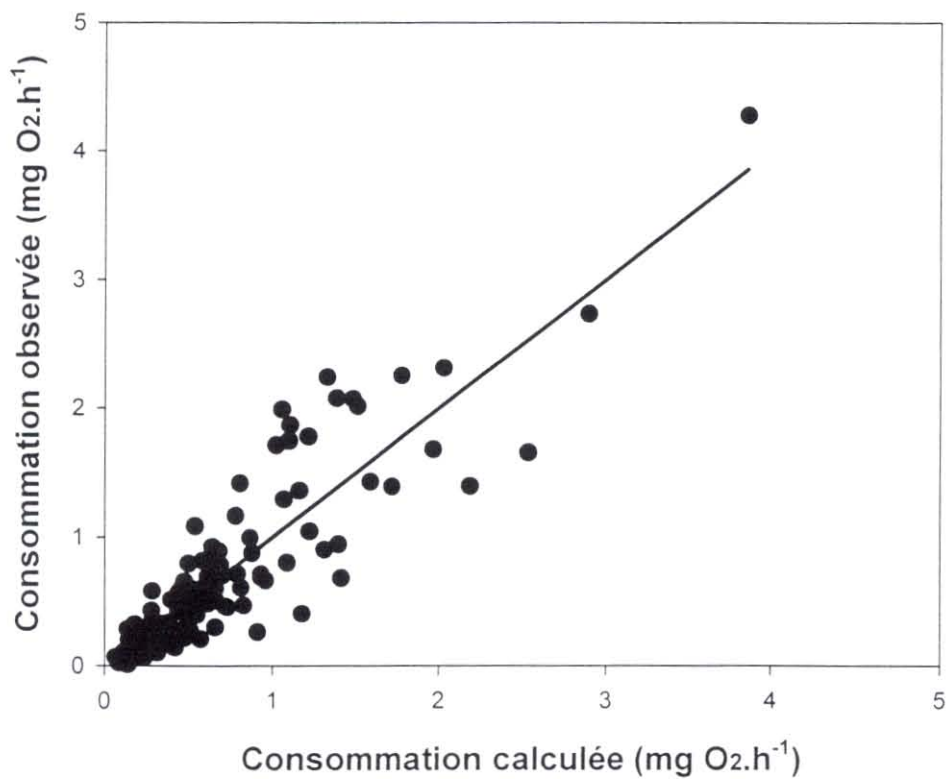


Fig.4. Droite de régression entre la consommation d'oxygène calculée (ccal) et la consommation d'oxygène observée (cobs):
 $cobs = 1.01 * ccal - 0.014$

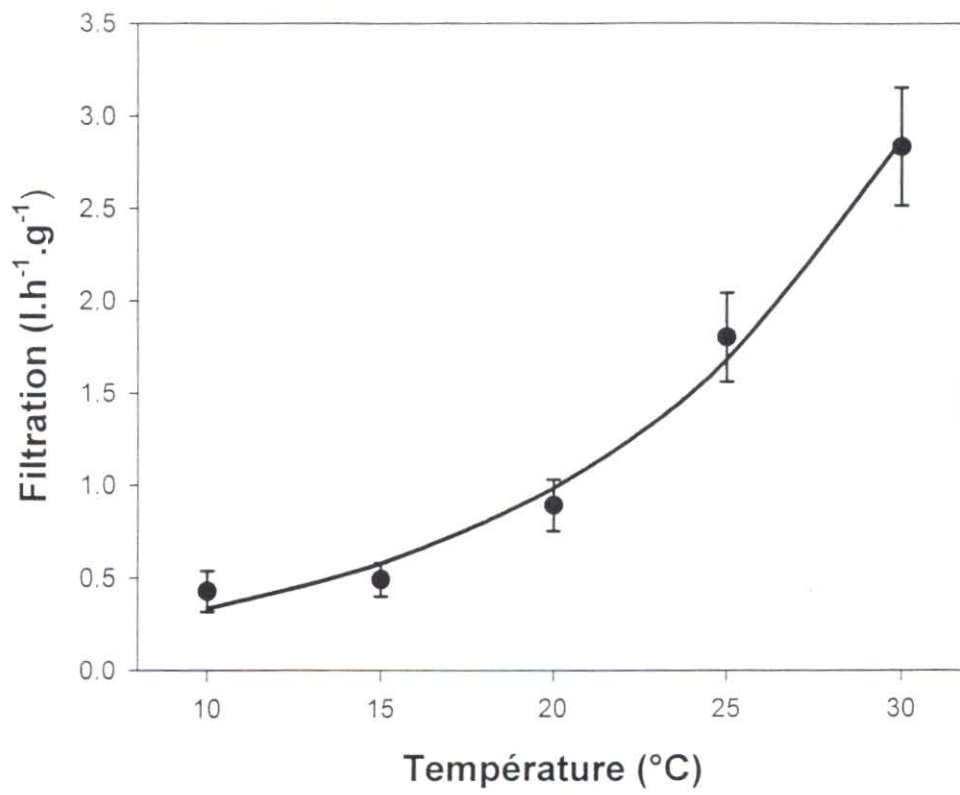


Fig.5. Filtration d'un animal standardisé à 1g de poids sec en fonction de la température.
Barre verticale: intervalle de confiance à 95%.

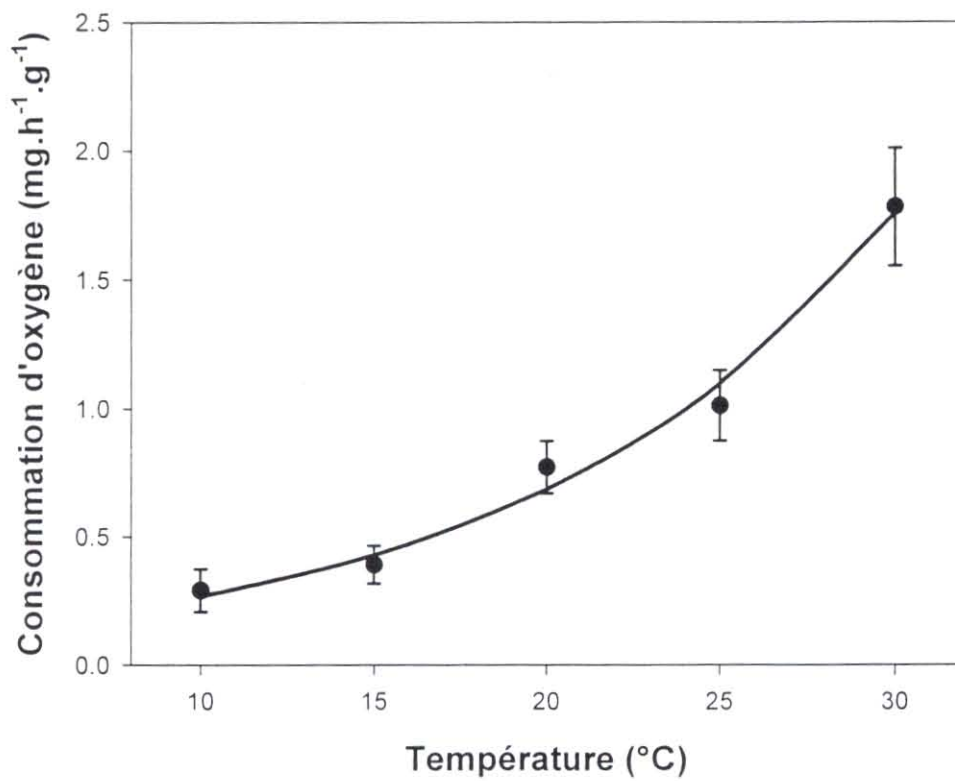


Fig.6. Consommation d'oxygène d'un animal standardisé à 1g de poids sec en fonction de la température.
Barre verticale: intervalle de confiance à 95%.

4 - DISCUSSION

Les coefficients d'allométrie de l'huître plate pour la consommation d'oxygène et la filtration (respectivement 0,71 et 0,62) sont inférieurs à 1, comme l'ont observés Newell *et al.*, (1977), Rodhouse, (1978) et Riva et Massé (1983). La majorité des bivalves, présentent des caractéristiques identiques tels que *Crassostrea virginica* (Dame, 1972), *Mytilus edulis* (Bayne *et al.*, 1973; Winter, 1978; Widdows, 1978), *Cerastoderma edule* (Newell, 1977), *Ruditapes philippinarum* (Gouletquer *et al.*, 1989), *Crassostrea gigas* (Fiala-Medioni *et al.*, 1985; Bougrier *et al.*, 1995). Ces résultats signifient comme l'expliquent Winter (1976) et Bayne and Newell (1983) que le métabolisme des individus devient proportionnellement plus lent au fur et à mesure que leur poids augmente. Par conséquent, il est nécessaire de tenir compte des coefficients d'allométrie pour pouvoir comparer des individus de tailles différentes selon la formule de Bayne and Newell, 1983:

$$Y_s = \left(\frac{W_s}{W_e} \right)^b \times Y_e$$

Y_s est le taux de l'activité physiologique d'un animal standard, W_s est le poids sec de l'animal standard (1g dans cette étude), W_e est le poids sec de l'animal expérimental, Y_e est le taux de l'activité biologique de l'animal expérimental, et b est l'exposant du poids sec, ou coefficient d'allométrie de la fonction physiologique mesurée.

Différentes valeurs de b sont proposées dans la littérature pour *Ostrea edulis*, et résumées dans le tableau 3 (Newell *et al.*, 1977 ; Rodhouse, 1978; Buxton *et al.*, 1981). Les résultats de cette étude se situent entre ceux observés par les auteurs précédemment cités. Cependant, il existe une grande variabilité des coefficients d'allométrie selon les travaux réalisés. Ceci peut trouver sa justification dans le choix de l'échelle de poids des animaux étudiés ainsi que le signalent Winter (1973) et Widdows (1978) après avoir comparé l'activité physiologique des bivalves de différentes tailles.

Tableau 3 : Valeurs des coefficients d'allométrie (b) en fonction du poids sec (W) selon l'équation $y = aW^b$, où y est la fonction physiologique étudiée pour *Ostrea edulis*.

Auteurs	b (Filtration)	b (Conso O ₂)	Poids sec moyen (g)
Newell <i>et al.</i> (1977)	0,9400	0,658	0,28500
Rodhouse (1978)	0,4770	0,914	1,29000
Buxton <i>et al.</i> (1981)	0,9144	1,090	0,00508
Cette étude	0,6200	0,740	0,87000

Ainsi, Newell *et al.* (1977) et Buxton *et al.* (1981) trouvent des exposants $>0,9$ pour la filtration, sur une population de juvéniles où la rapidité de croissance est importante.

A l'inverse, Rodhouse (1978), sur des individus adultes, détermine un coefficient de 0,477 calculé sur six animaux et à une seule température (20°C).

Pour la consommation d'oxygène, Rodhouse (1978) et Buxton *et al.* (1981) déterminent un

coefficient d'allométrie de la consommation d'oxygène proche de 1 qui indique que le poids sec des individus sélectionnés peu d'influence sur la respiration, dans la gamme de taille étudiée par ces auteurs.

Excepté pour Newell *et al.* (1977), le coefficient d'allométrie de l'huître plate de la consommation d'oxygène est supérieur à celui de la filtration. Ces résultats ont été observés pour *Crassostrea gigas* (Fiala-Medioni *et al.*, 1985; Bougrier *et al.*, 1995), pour *Mytilus californianus* (Bayne *et al.*, 1976), pour *Ruditapes philippinarum* (Gouletquer *et al.*, 1989), pour *Mytilus edulis* (Vahl, 1973), et pour *Modiolus demissus* (Kuenzler, 1961).

La consommation d'oxygène et la filtration augmentent avec l'élévation de la température, comme l'ont noté Walne (1972), Newell *et al.* (1977), Rodhouse (1978), Buxton *et al.* (1981) et Hutchinson et Hawkins (1992), pour *Ostrea edulis*.

Newell *et al.*, (1977) enregistrent pour des températures de 10°C à 25°C, des consommations d'oxygène respectives de 0,04mg d'O₂.h⁻¹ à 0,28mg d'O₂.h⁻¹ pour des animaux de 285mg de poids sec moyen. Buxton *et al.*, (1981), chez des individus plus petits (5,08mg de poids sec moyen) notent, pour des températures identiques, des prises d'oxygène de 0,01mg d'O₂.h⁻¹ à 0,03mg d'O₂.h⁻¹.

Cependant, pour des individus adultes, les résultats obtenus sont plus proches de cette étude. Ainsi, Rodhouse (1978) définit une consommation de 1,4 à 3,8mg d'O₂.h⁻¹ pour des huîtres de 1,29g de poids sec moyen, et Hutchinson et Hawkins (1992) estiment une consommation entre 0,4 et 2,8mg.h⁻¹ (20g de poids total moyen) de 15°C à 28°C.

Pour *Ostrea edulis*, la littérature propose différents taux de filtration qui peuvent être influencés par la température, mais aussi par la taille des particules phytoplanctoniques et/ou par la charge particulaire en matière organique (MOP). La taille modale de *Skeletonema costatum* est définie selon un équivalent sphérique de 10-12µm de diamètre (Multisizer) et Mølhenberg et Riisgård (1978) trouvent, pour *Ostrea edulis* une rétention de 100% à partir de 4µm. D'autre part, Hutchinson et Hawkins (1992) observent chez l'huître plate, une diminution de la filtration au fur et à mesure que la concentration en particules organiques augmente. Ainsi, de 1 à 7mg.l⁻¹ de MOP le taux de filtration chuterait de 70%. Wilson (1983), définit un maximum de la filtration de *Ostrea edulis* à 18,2 cellules.µl⁻¹ et diminue au-delà de cette concentration. Hutchinson et Hawkins (1992) obtiennent 4,5 l.h⁻¹.g⁻¹ (25 cellules.µl⁻¹ d'un mélange d'*Isochrysis galbana*, de *Tetraselmis suecica* et de *Phaeodactylum tricornutum*) à 20°C; Walne (1972) détermine à 20°C pour une concentration de 100 cellules.µl⁻¹ d'*Isochrysis galbana*, une filtration de 1,2 l.h⁻¹ par individu de 30mm de longueur. En accord avec cette étude, Rodhouse (1978) trouve à 20°C, un taux de filtration de 1,2 l.h⁻¹.g⁻¹, et Mathers (1974) enregistre une filtration de 0,2 à 0,7 l.h⁻¹.g⁻¹ pour des animaux de 7 à 9cm de longueur, à 12°-13°C. Les résultats obtenus dans cette étude mettent en évidence une filtration maximale à 30°C en désaccord avec Buxton *et al.*, (1981) qui estiment l'optimum de filtration entre 15° et 20°C, ainsi que Walne (1972) et Newell *et al.*, (1977) qui le situent à une température proche de 20°C. Cependant, Rodhouse (1978) obtient le maximum de filtration à la température la plus élevée de l'expérimentation (25°C).

En aquaculture extensive et plus particulièrement en élevage intensif, où il est plus aisé de maîtriser les paramètres (apport de nourriture, oxygénation, etc...), il est nécessaire, par soucis de rentabilité, de pouvoir optimiser le milieu d'élevage afin d'obtenir le meilleur rendement de croissance. Il est donc important, comme l'ont fait Bougrier *et al.*, (1995) d'estimer l'énergie (J.l⁻¹) nécessaire pour assurer la survie d'une huître plate standard de 1 g de poids sec dans les conditions d'élevage précitées (fig.7). Selon Buxton *et al.*, (1981), l'énergie absorbée est, quel que soit la température, proche de 80% de l'énergie ingérée pour *Ostrea edulis*.

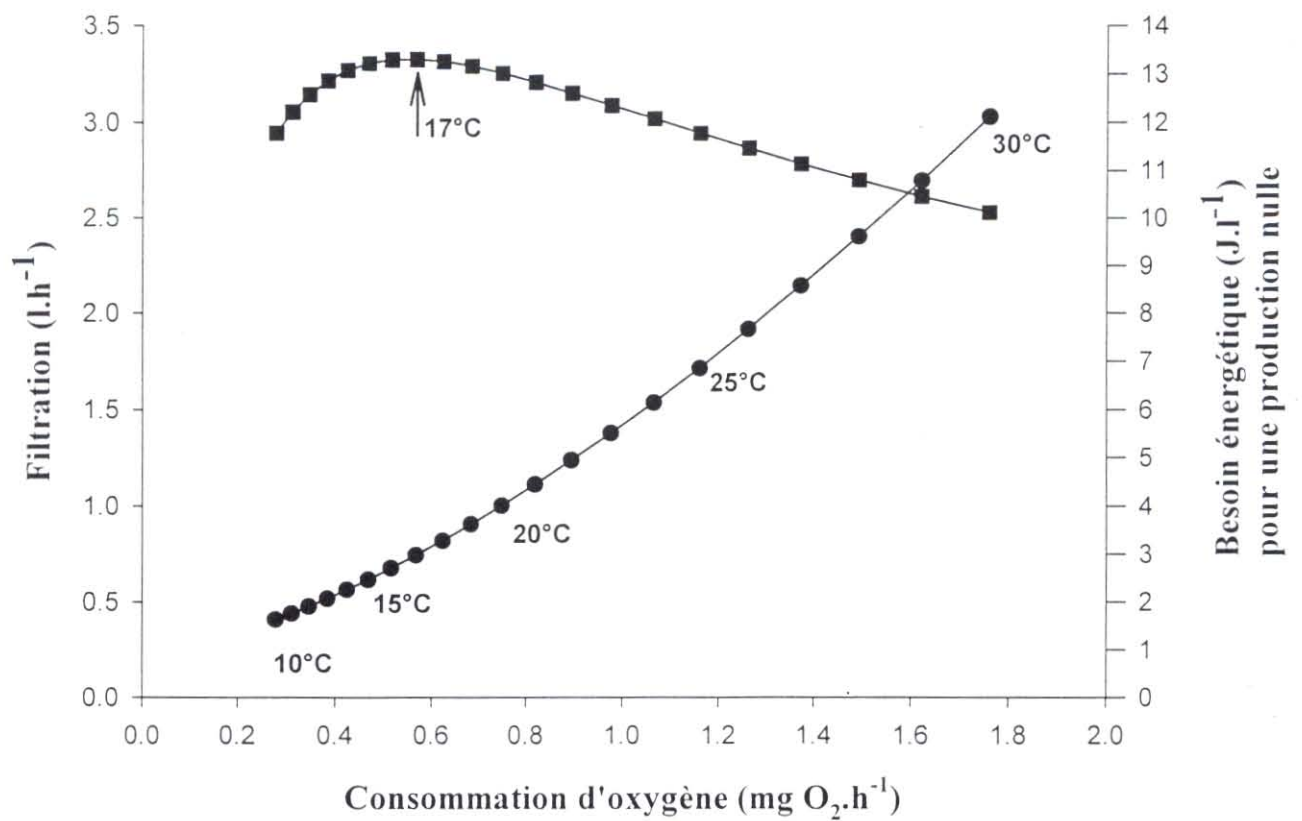


Fig.7. Relation entre le rapport consommation d'O₂/filtration (●) et la concentration d'énergie nécessaire (cons O₂/Ingestion=0,8; voir texte) pour une production nulle d'un animal de 1g de poids sec (■).

Ceci est le cas d'autres bivalves filtreurs (Thompson et Bayne, 1974; Winter, 1978). Ainsi, dans le cas d'une production nulle (survie), le gain d'énergie (absorption=0,8*ingestion) est égal à la perte d'énergie (consommation d'oxygène). En terme énergétique, le rapport consommation d'oxygène/ingestion est alors égal à 0,8. D'après les résultats obtenus lors de cette étude (fig. 7), les besoins énergétiques d'une huître plate de 1g de poids sec serait de 12 à 13 J.l⁻¹ de 10° à 17°C et ne représenterait plus que 10 J.l⁻¹ à 30°C, en absence de production de pseudofèces. Ceci se traduit par le rapport filtration/consommation d'oxygène, où l'on observe une accélération de la filtration à partir de 17°C, par rapport à la consommation d'oxygène.

Ces résultats sont en accord avec Newell *et al.*, (1977) qui trouvent que l'énergie nécessaire ($\mu\text{g C}\cdot\text{ml}^{-1}$) à la survie de l'huître plate est supérieure à 15°C par rapport à 20° et 25°C mais, contrairement à cette étude, que 25°C est plus coûteux en énergie que 20°C. D'après Buxton *et al.*, (1981), le meilleur potentiel de production chez *Ostrea edulis* se situerait entre 15° et 20°C. Pour Hutchinson et Hawkins (1992), l'optimum de production est atteint entre 15° et 25°C.

Selon ces auteurs, les hautes températures ($\geq 20^\circ\text{C}$) seraient préjudiciables à la bonne performance d' *Ostrea edulis*. Cependant, Sunderlin *et al.*, (1976) ont réalisé des travaux sur la croissance d' *Ostrea edulis* en eau chaude (22° à 29°C). Des huîtres plates de 3mm ont atteint une longueur de 100mm (64,1g) après 12 à 16 mois d'élevage. La température dans les bassins d'élevage larvaire pouvait atteindre 29°-30°C. Il faut deux ans et demi, en France (bassin d'Arcachon) pour obtenir des huîtres plates de 60mm (40g) avec des variations annuelles de 4° à 25°C (Robert *et al.*, 1991). En Israël, deux années d'élevage suffisent pour obtenir la taille marchande des huîtres plates (Shpigel, 1989) et les températures de l'eau varient de 14° à 28°C au cours de l'année. Cet auteur pense qu'il est peu probable d'obtenir une sélection d'individus adaptés aux températures chaudes en trois générations seulement, et préfère poser l'hypothèse d'une adaptation de l'espèce, aux conditions locales.

Toutefois, on peut supposer que des acclimatations de 30 jours (Buxton *et al.*, 1981) voire de 70 jours (Newell *et al.*, 1977) ne suffisent pas à obtenir de bons rendements de croissance à de hautes températures ($>20^\circ\text{C}$).

Les huîtres utilisées dans cette étude proviennent de géniteurs maturés à 20°-25°C. Ces températures ont été adoptées pour l'élevage larvaire et le prégrossissement en micro-nurserie ($<1\text{mm}$, Naciri-Graven, com.pers.). Ce sont des conditions d'écloserie très proches de celles décrites par Sunderlin *et al.* (1976) et Shpigel (1989). La plupart des écloseries d'huîtres plates maintiennent l'eau à une température située entre 18° et 20°C qui représente, selon Loosanoff et Davis (1963) l'optimum pour la fixation des larves d' *Ostrea edulis*.

Les caractéristiques d'élevage pré et post-larvaire sont, dans ce cas, communes aux études qui présentent de bonnes aptitudes de croissances de l'huître plate aux températures supérieures à 20°C.

Il est donc possible d'émettre l'hypothèse que les animaux qui ont fait l'objet de cette étude auraient acquis, dès leur naissance, comme ceux de Sunderlin *et al.* (1976) et Shpigel (1989), un "potentiel d'adaptation" aux températures élevées, qu'ils n'auraient pas eu s'ils étaient issus du milieu naturel de la côte Atlantique française.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme** (1987). Bilan énergétique chez les mollusques bivalves. Groupe de travail. La Tremblade, 1987. Vie mar., H.S 7 : 1-68.
- Barillé L., Héral M. et A.L. Barillé-Boyer.** (1997). Modélisation de l'écophysiologie de l'huître *Crassostrea gigas* dans un environnement estuarien. Aquat.Living. Resour , 10 : 31-48.
- Barillé L., Prou J., Héral M. and S. Bougrier** (1993). No influence of food quality, but ration-dependent retention efficiencies in the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. J. Exp. Mar. Bio. Ecol., 171 : 91-106.
- Baud J.P. and C. Bacher** (1990). Use of ground saline water for intensive rearing of *Ruditapes philippinarum* juveniles in a nursery system. Aquaculture, 88 : 157-178.
- Baud J.P., Gérard A and Y. Naciri-Graven** (1997). Comparative growth and mortality of *Bonamia ostreae*-resistant and wild flat oysters, *Ostrea edulis*, in an intensive system. 1 first year of experiment. vol 130, Mar. Biol n° 1, 71-79.
- Baud J.P., Haure J. et J. Garnier** (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. and R.C. Newell** (1983). Physiological energetics of marine molluscs. In : K.M. Wilburg and A.S.M. Saleuddin (Editors), The mollusca, 4; Academic Press London: 407-415.
- Bayne B.L., Bayne C.J., Carefoot T.C. and R.J. Thompson** (1976). The physiological ecology of *Mytilus californianus*. Conrad 1. Metabolism and energy balance. Oecologia (Berl.), 22 : 211-228.
- Bayne B.L., Thompson R.J. and J. Widdows** (1973). Some effects of temperature and food on the rate of oxygen consumption by *Mytilus edulis* L. In "Effects of temperature on ectothermic organisms" W. Wieser, ed , Springer-Verlag, Berlin : 181-193.
- Bougrier S., Geairon P., Deslous-Paoli J.M., Bacher C. et G. Jonquieres** (1995). Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). Aquaculture, 134 : 143-154.
- Buxton C.D., Newell R.C. and J.G. Field** (1981). Response-surface analysis of the combined effects of exposure and acclimation temperatures on filtration, oxygen consumption and scope for growth in the oyster *Ostrea edulis*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 6 : 73-82.
- Cochennec N., Hervio D., Panatier B., Boulo V., Mialhe E., Rogier H., Grizel H. and F. Paolucci** (1992). A direct monoclonal antibody sandwich immunoassay for detection of *Bonamia ostreae* (*Aschetospora*) in hemolymph samples of the flat oyster *Ostrea edulis* (Mollusca : Bivalvia); Dis. Aquact. Org., 12 : 129-134.
- Comps M., Tigé G. et H. Grizel** (1980). Etude ultrastructurale d'un protiste parasite de l'huître plate *Ostrea edulis*. C.R. Acad. Sci. Paris, 290/D : 383-385.
- Dame R.F.** (1972). The ecological energies of growth, respiration and assimilation in the intertidal American oyster *Crassostrea virginica*. Mar. Biol., 17 : 243-250.

- Fiala-Médioni A., Copello M. et J.C. Colomines** (1985). Relations trophiques entre l'huître *Crassostrea gigas* et son milieu ; influence de la concentration et de la taille des particules. In : Bases biologiques de l'Aquaculture Actes de Colloques, IFREMER: 64-75.
- Gouletquer P., Héral M., Deslous-Paoli J.M., Prou J., Garnier J., Razet D. et W Boromthanasarat** (1989). Ecophysiologie et bilan énergétique de la palourde japonaise d'élevage *Ruditapes philippinarum*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 132 : 85-108.
- Grizel H et G. Tigé** (1982). Evolution of the haemocyte disease caused by *Bonamia ostreae*. 3 int. Colloq. on invertebrate pathology, Brighton (U.K), 6-10 sept. 1982 L : 258-260.
- Hervio D., Bachère E., Boulo V., Cochenec N., Vuillemin V., Le Coguc Y., Cailletaux G., Mazurié G. and E. Mialhe** (1995). Establishment of an experimental infection protocol for the flat oyster, *Ostrea edulis*, with the intrahemocytic protozoan parasite, *Bonamia ostreae*, application in the selection of parasite-resistant oysters. Aquaculture Amsterdam, 132 : 183-194.
- Hildreth D.I. and D.J. Crisp** (1976). A corrected formula for calculation of filtration rate of bivalve molluscs in an experimental flowing system. Journal of the Marine Biological Association of the UK., 56 : 111-120.
- Hutchison S. and L.E. Hawkins** (1992). Quantification of the physiological responses of the European flat oyster *Ostrea edulis* L. to temperature and salinity. J. Moll. Stud., 58 : 215-226.
- Kuenzler E.J.** (1961). Phosphorus budget of a mussel population Limnol. Oceanogr., 6 : 400-415.
- Loosanoff V.L. and H.C. Davis** (1963). Rearing of bivalve mollusks. In : Advances in marine biology, F.S. Russell (ed.), Academic Press. London, 1 : 1-136.
- Martin A.G., Gérard A., Cochenec N. and A. Langlade** (1993). Selecting flat oysters, *Ostrea edulis*, for survival against the *Bonamia ostreae* : assessment of the resistance of first selected generation. Bordeaux Aquaculture 92 E.A.S, 18 : 545-554.
- Mathers N.F.** (1974). Some comparative aspects of filter-feeding in *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea angulata* (iam) (Mollusca : Bivalvia). Proceedings of the Malacological Society of London, 41 : 89-98.
- Mialhe E., Bachère E., Chayot D. and H. Grizel** (1988). Isolation and purification of the protozoan *Bonamia ostreae*, a parasite affecting the flat oyster *Ostrea edulis* L. Aquaculture 71 : 293-299.
- Møhlenberg F. and H.U. Riisgård** (1978). Efficiency of particle retention in 13 species of suspension feeding bivalves. Ophelia, 17 : 239-246.
- Naciri-Graven Y., Martin A.G., Baud J.P., Renault T. and A. Gérard** (1997). Selecting flat oyster *Ostrea edulis* for survival against the parasite *Bonamia ostreae*, J Exp Mar Biol Ecol (In press).
- Newell R.C., Johnson L.G and L.H. Kofoed** (1977). Adjustment of the components of energy balance in response to temperature change in *Ostrea edulis*. Oecologia, 30 : 97-110.
- Newell R.I.E.** (1977). The eco-physiology of *Cardium edule* (Linne). Ph. D. thesis, University of London, London, England 150p.
- Raillard O., Deslous-Paoli J.M., Héral M. et D. Razet** (1993). Modélisation du comportement nutritionnel et de la croissance de l'huître japonaise *Crassostrea gigas*. Oceanologica Acta, 16/1 : 73-82.

Riva A. et H. Massé (1983). Relations trophiques entre l'huître *Crassostrea gigas* et son milieu ; influence de la concentration et de la taille des particules. In : Bases biologiques de l'Aquaculture Actes de Colloques, d'IFREMER: 63-74.

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

Rodhouse P.G. (1978). Energy transformation by the oyster *Ostrea edulis* in a temperate estuary. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 34 : 1-22.

Rogier H., Hervio D., Boulo V., Clavies C., Harvaud E., Bachère E., Mialhe E., Grizel H., Pau B. and F. Paolucci (1991). Monoclonal antibodies against *Bonamia ostreae* (Protozoa : *Aschetospora*), an intrahaemocytic parasite of flat oyster *Ostrea edulis* (Mollusca : Bivalvia) *Dis. Aquat. Org.*, 11 : 135-142.

Shpigel M. (1989). Gametogenesis of the European flat oyster (*Ostrea edulis*) and Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in farm water in Israel. *Aquaculture*, 80 : 343-349.

Soletchnik P., Razet D., Geairon P., Faury N. et P. Gouletquer (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.

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*, 65 : 43-48.

Thompson R.J. and B.L. Bayne (1974). Some relationships between growth, metabolism and food in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 27 : 317-326.

Vahl O. (1973). Pumping and oxygen consumption rates of *Mytilus edulis* L. of different sizes. *Ophelia*, 12 : 45-52.

Walne P.R. (1972). The influence of current speed, body size and water temperatures on the filtration rate of five species of bivalves. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, 52 : 345-374.

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.

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

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.

Winter E. J. (1978). A review on the knowledge of suspension feeding in lamellibranchiate bivalves with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture*, 1 : 1-13.