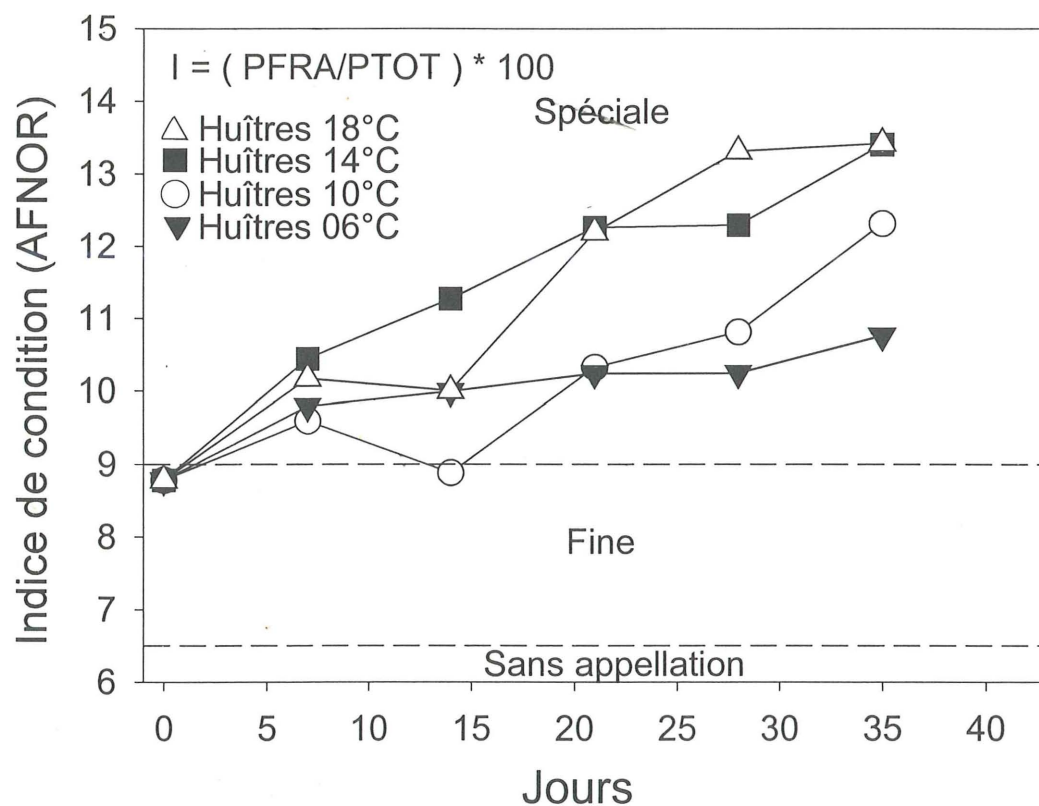


INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR L'AFFINAGE CONTROLÉ DE L'HUITRE CREUSE *CRASSOSTREA GIGAS*.

Jean-Pierre BAUD, Christelle MORNET, Hubert PALVADEAU et Joël HAURE.



FICHE DOCUMENTAIRE

| | | | | | | | | |
|--|--|---|--------------------|---|-------------------------------|-----------------------|--|--|
| <p>Numéro d'identification du rapport : DRV/RA/ST/98/11</p> <p>Diffusion : libre <input checked="checked" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/></p> <p>Validé par : DRV/RA</p> <p>Version du document :</p> | | <p>date de publication</p> <p>nombre de pages 26</p> <p>bibliographie (Oui)</p> <p>illustration(s) (Oui)</p> <p>langue du rapport Français</p> | | | | | | |
| <p>Titre et sous-titre du rapport : Influence de la température sur l'affinage contrôlé de l'huître creuse <i>Crassostrea gigas</i>.</p> <p>Titre traduit : Influence of temperature on fattening procedure of <i>Crassostrea gigas</i>.</p> | | | | | | | | |
| <p>Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom Jean-Pierre BAUD, Christelle MORNET, Hubert PALVADEAU et Joël HAURE.</p> | <p>Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER/ DRV/ RA/ LCPL BOUIN.</p> | | | | | | | |
| <p>Collaborateur(s) : nom, prénom</p> | <p>Organisme / Direction / Service, laboratoire</p> | | | | | | | |
| <p>Travaux universitaires :</p> <table> <tr> <td>diplôme :</td> <td>discipline :</td> </tr> <tr> <td>établissement de soutenance :</td> <td>année de soutenance :</td> </tr> </table> | | | diplôme : | discipline : | établissement de soutenance : | année de soutenance : | | |
| diplôme : | discipline : | | | | | | | |
| établissement de soutenance : | année de soutenance : | | | | | | | |
| <p>Titre du contrat de recherche : Influence des conditions environnementales et initiales de la qualité des huîtres creuse sur le résultat final d'un affinage contrôlé. Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse: Région des Pays de la Loire (SMIDAP) 1 Boulevard de la Loire 44067 NANTES Cedex 02 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</p> <p align="center">Responsable scientifique :Jean-Pierre BAUD</p> | | <p>n° de contrat IFREMER Numéro: 97 05268</p> | | | | | | |
| <p>Cadre de la recherche :</p> <table> <tr> <td>Programme :</td> <td>Convention : Annuelle, IFREMER/Région des Pays de la Loire.</td> </tr> <tr> <td>Projet :</td> <td>Autres (préciser) :</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)</td> </tr> </table> | | | Programme : | Convention : Annuelle, IFREMER/Région des Pays de la Loire. | Projet : | Autres (préciser) : | Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire) | |
| Programme : | Convention : Annuelle, IFREMER/Région des Pays de la Loire. | | | | | | | |
| Projet : | Autres (préciser) : | | | | | | | |
| Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire) | | | | | | | | |

Résumé : L'objectif principal de cette étude est de quantifier l'influence de la température de l'eau d'élevage sur la qualité finale de l'affinage contrôlé de l'huître creuse, *Crassostrea gigas*. L'expérience, d'une durée de 35 jours est donc basée sur la maîtrise de la température et de l'apport en nourriture phytoplanctonique. Les paramètres physico-chimiques sont contrôlés quotidiennement dans quatre bacs à températures différentes (6, 10, 14 et 18°C). Le gain en chair est mesuré à l'aide d'indices de condition calculés à partir des poids totaux, secs et frais mesurés toutes les semaines.

L'analyse des résultats montre un meilleur affinage à 14 °C : A cette température le poids sec de chair est multiplié par 2,7 ; l'indice AFNOR atteint 13,4 ; les sucres totaux progressent d'un facteur 8 et le glycogène d'un facteur proche de 14.

A 6 et 10°C le gain pondéral de chair est sensiblement moins élevé. A 18°C les huîtres prennent plus de poids en coquille qu'en chair.

En conclusion, 14°C semble être une température optimale pour l'affinage intensif des huîtres. L'utilisation indirecte d'une eau salée souterraine (à 13,5°C tout au long de l'année) sous réserve de coûts financiers supportables peut être une solution technique pour les professionnels afin d'obtenir par échange thermique, une température d'affinage adéquate.

Mots clés : *Crassostrea gigas*, affinage, eau salée souterraine, glycogène, température

Abstract : In this study, the influence of temperature on meat quality of *Crassostrea gigas* was tested with fattening procedure.

An experiment was carried out during 35 days at different temperatures (6, 10, 14, 18°C) with food supply in *Skeletonema costatum* produced in subterranean salt-water.

Bests results were obtained using the temperature of 14°C with an increase in dry weight of 2.7-fold. Condition index reached 13.4, while carbohydrate and glycogen contents were multiplied respectively per 8 and 14.

At 6 and 10°C meat growth was low. At 18°C, growth increase was better in shell weight.

In conclusion, fattening conditions were optimized at 14°C. Indirect use of subterranean salt-water (13.5°C) should be a cheaper technical solution to control temperature by heat exchange.

Keywords : *Crassostrea gigas*, fattening procedure, subterranean salt-water, glycogen, temperature.

Commentaire :

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| I - INTRODUCTION | 1 |
| II - MATÉRIEL ET MÉTHODES | 2 |
| 2-1. MATÉRIEL D'ÉTUDE | 2 |
| 2-2. MÉTHODE ET SUIVI DES PARAMÈTRES | 3 |
| III - RÉSULTATS | 6 |
| 3-1. ÉVOLUTION DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES | 6 |
| 3-2. SUIVI DE LA CROISSANCE | 10 |
| 3-3. ÉVOLUTION DES PARAMÈTRES BIOCHIMIQUES | 13 |
| 3-4. ÉVOLUTION DE LA GAMÉTOGÈNESE | 14 |
| IV - DISCUSSION | 20 |
| V - CONCLUSION | 22 |
| BIBLIOGRAPHIE | 23 |

REMERCIEMENTS

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

Les auteurs tiennent à remercier :

Max Nourry et Christian Penisson pour l'aide technique apportée dans la conception et le suivi de cette expérimentation.

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

I INTRODUCTION

La production nationale annuelle de l'huître creuse *Crassostrea gigas* est de 140 000 tonnes par an. La France occupe actuellement la première place européenne au niveau de l'ostréiculture. Elle offre une gamme de produits variés :

- des produits génériques sans dénomination particulière,
- des huîtres affinées selon les techniques traditionnelles (Moreau, 1970).

Ces dernières jouissent d'une plus value économique d'autant plus importante qu'elles bénéficient de l'appellation "spéciale" ou "fine" définie par la norme AFNOR V-45-056 (1985).

L'état d'engraissement des huîtres est très variable suivant le secteur de production (Littaye-Mariette *et al.*, 1994 ; Goyard *et al.*, 1995). Il dépend des conditions climatiques, de la richesse du site en sels nutritifs et d'autres facteurs d'exploitation comme les densités élevées d'élevage dans les zones conchylicoles (Héral, 1991).

La baie de Bourgneuf, située dans les pays de la Loire, représente un site de première importance avec 12 à 15 000 tonnes de production annuelle d'huîtres. Elle demeure également une zone intéressante au niveau régional et national pour la conchyliculture avec l'existence de vastes étendues de marais, de polders et d'estrans (Baud et Haure, 1987).

Cependant, malgré une bonne qualité sanitaire de ces eaux, ce secteur produit des huîtres creuses de niveau d'engraissement variable sur le plan spatio-temporel (Barillé-Goyer *et al.*, 1997).

Pour tenter d'améliorer la constance de la qualité, une technique d'affinage contrôlé a été mise au point (Baud *et al.*, 1995). Ce procédé est basé sur l'apport continu de la diatomée *Skeletonema costatum* produite à faible coût grâce à la présence dans le marais Breton, d'eaux salées souterraines riches en sels nutritifs (Moreau, 1996). Cette technique a donc pu être transférée à quelques entreprises artisanales (Campion, 1996).

Après quelques années de pratique professionnelle, il s'est avéré que les qualités d'engraissement obtenues étaient variables et peu satisfaisantes (Letard-Brault, 1995)

Une hypothèse a été avancée pour expliquer ce fait :

- La variabilité de la température d'affinage au cours d'une période d'affinage et en fonction des années est importante et influence sensiblement les résultats d'engraissement de l'huître creuse *Crassostrea gigas*.

Pour quantifier l'influence de ce paramètre et pour définir la température optimale d'affinage avec un apport continu de nourriture, une étude avec différents bacs expérimentaux thermorégulés a été menée pendant 35 jours.

Des mesures physico-chimiques des différentes qualités d'eau, des mesures biométriques et des analyses biochimiques de la chair ont permis de suivre l'évolution de la croissance et de l'engraissement des huîtres affinées aux températures testées.

L'influence des températures sur le résultat final est discutée et une température optimale a été retenue pour améliorer la constance et la qualité de l'affinage contrôlée de l'huître creuse.

II. MATERIEL ET METHODES

2-1. MATERIEL D'ETUDE

Une expérience précédente d'affinage contrôlé (Baud et al., 1995) a montré qu'en 30 jours l'engraissement de l'huître creuse était significative. Cette étude a donc été réalisée durant 35 jours du 5 février au 12 mars 1997 sur des huîtres creuses adultes *Crassostrea gigas* provenant de la partie Nord de la baie de Bourgneuf, dénommée la Northe. Elles ont été calibrées pour que le lot soit homogène (Poids moyen = $64,16 \pm 1,96$ g, n = 30).

L'apport de nourriture constitué par la diatomée *Skeletonema costatum* a été produit en grande quantité dans des bassins alimentés en eau salée souterraine. Le cycle de production de cette microalgue sur cette eau riche en sels nutritifs est de quatre jours avec un ensemencement successif d'un bassin à l'autre pour atteindre un optimum en concentration cellulaire (Baud, 1991).

L'eau de mer qui alimente les bacs d'affinage (Figure 1) provient du canal d'alimentation principal commun au polder, et est dérivée dans des claires de décantation par l'intermédiaire d'un canal secondaire. L'eau distribuée est ainsi partiellement épurée de ses matières en suspension (MES).

L'eau de mer décantée est ensuite réchauffée ou refroidie par passage à travers des échangeurs au titane couplés à une chaudière ou à un groupe froid, afin d'atteindre les températures théoriques de consignes, (6, 10, 14 et 18°C), puis renvoyée vers des bacs d'affinage d'une capacité individuelle de 450 L.

Les huîtres sont disposées dans des clayettes identifiées et numérotées à raison de 50 huîtres par demi-clayette. Trois clayettes par bac sont empilées dans l'alignement de l'alimentation (Figure 2). Toutes les semaines, lors des prélèvements, elles sont inversées verticalement et horizontalement. Pour chaque bac, les flux d'eau de mer et de phytoplancton sont distribués au même endroit et sont réglés afin d'obtenir des conditions optimales d'affinage ($2 \cdot 10^9$ cellules de phytoplancton/j/individu et 3L/h/individu d'eau de mer).

Une rampe d'air placée au fond des bacs permet d'assurer à la fois, l'apport d'oxygène et une bonne homogénéisation du milieu et de la nourriture.

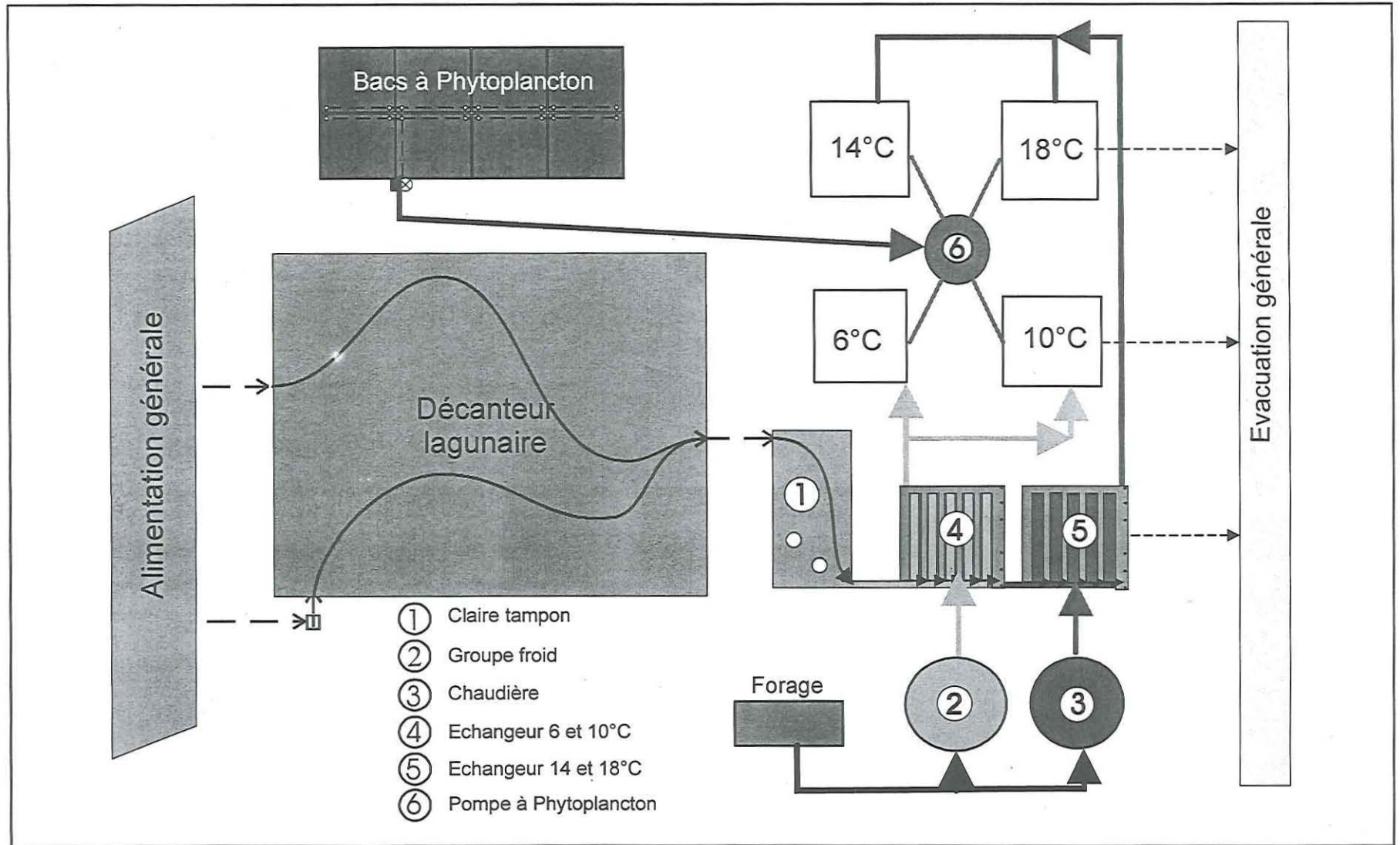


Figure1 : Vue aérienne du système d'alimentation en eau de mer et en phytoplancton.

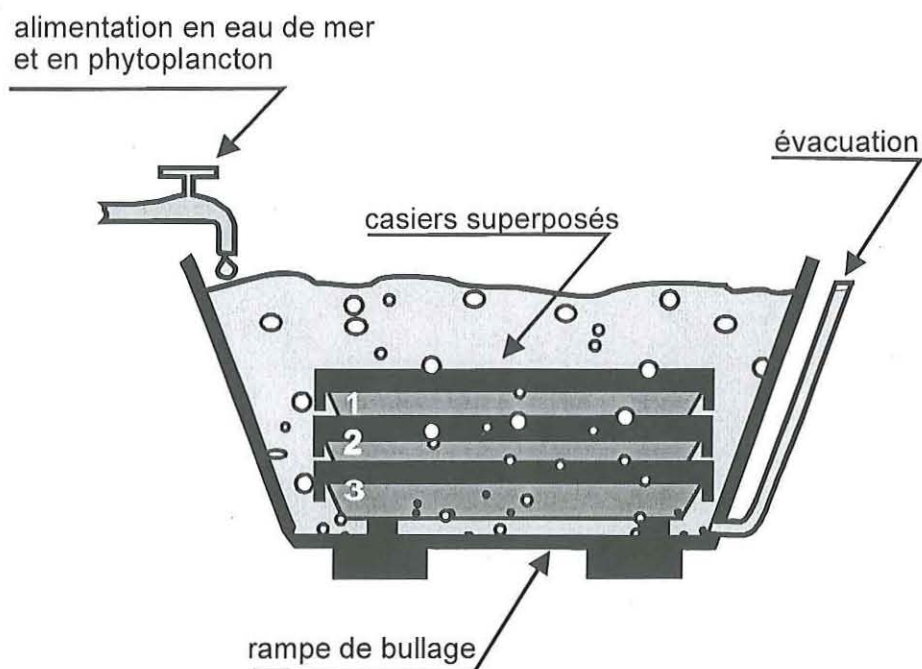


Figure 2 : Coupe d'un bac d'affinage contrôlé de l'huître creuse *Crassostrea gigas*.

2-2. METHODE ET SUIVI DES PARAMETRES

2-2-1. Paramètres hydrobiologiques

Les paramètres suivants sont relevés quotidiennement et mesurés au même point afin d'éviter les fluctuations pouvant exister dans les bacs.

La température

Les variations journalières sont mesurées à l'aide de thermomètres mini-maxi avec une précision au 1/10ème (°C).

La salinité

La salinité est mesurée avec un conductimètre KENT LFI96 WTW au 1/10ème en ‰. Cette mesure est effectuée sur un seul bac représentatif du dispositif expérimental dans son ensemble car il a été démontré qu'il n'existait pas de différence significative entre bacs d'affinage.

La turbidité

Cette mesure indirecte de la charge particulaire dans la colonne d'eau est quantifiée en NTU (Unité Néphélométrique de Turbidité), avec un turbidimètre HACH. Le prélèvement est réalisé sur un seul bac au niveau de la 2ème clayette.

L'oxygène

Le taux d'oxygène dissous est quantifié à l'aide d'un oxymètre ISY S8 en % au 1/10ème. L'activité des huîtres et la saturation en oxygène étant fonction de la température et de la salinité, les mesures sont effectuées sur chaque bac.

Débit en eau de mer enrichie

La capacité de filtration de l'huître est voisine de 3 à 4L/h/g de poids sec, (Bougrier *et al.*, 1995). L'alimentation en eau de mer est ajustée quotidiennement à 3L/h/individu. Après chaque prélèvement hebdomadaire un recalibrage des débits est effectué par rapport à la quantité d'huîtres restantes.

Ration alimentaire

Des prélèvements et comptages sur cellule hématimétrique de Mallassez permettent d'estimer la concentration cellulaire quotidienne du phytoplancton (nombre de cellules/ml). Les débits sont réglés pour obtenir des rations alimentaires théoriques de 2.10^9 cell/j/individu.

2.2.2. Paramètres biométriques

Les bacs d'affinage sont vidés et nettoyés chaque semaine, les huîtres sont débarrassées de la vase, par un nettoyage rapide à l'eau douce.

Un échantillon de 30 huîtres est prélevé de manière aléatoire (10 par clayette) dans chacun des bacs et mises dans un bassin dégorgeoir pendant 24h pour éliminer l'excès de phytoplancton. Les clayettes sont ensuite remises en place selon le schéma de rotation préalablement défini.

La croissance totale des huîtres est obtenue par pesées sur une balance Mettler au 1/100^{ème} de gramme. Les principaux descripteurs sont:

- poids total individuel
- poids individuel de coquille
- poids individuel frais de chair (égouttée sur du papier absorbant)
- poids individuel sec de chair (après congélation (24h) et lyophilisation (48h)).

A partir de ces données divers indices de condition sont calculés :

Indice AFNOR ou indice professionnel, défini par la norme française NF V-45-056 de septembre 1985 :

$$I = \frac{\text{Poids frais}}{\text{Poids total}} \times 100$$

Cet indice permet de classer les huîtres en plusieurs catégories :

- $6,5 < I_{AF} < 9$: huître "fine"
- $I_{AF} \geq 9$: huître "spéciale"

Les indices de condition de Walne et Mann (1975) et de Lawrence et Scott (1982) sont des indicateurs de qualité et de remplissage communément employés.

Indice de Walne et Mann : I_1

$$I_1 = \frac{\text{poids sec de chair}}{\text{poids coquille}} \times 1000$$

Indice de Lawrence et Scott : I_2

$$I_2 = \frac{\text{poids sec de chair}}{\text{poids total} - \text{poids coquille}} \times 1000$$

2.2.3. Biochimie

Sur chaque lot de 30 huîtres prélevées par bac, 10 individus ont été analysés. A partir d'une prise connue de chair sèche et broyée, protéines, lipides et glucides sont dosés selon les méthodes suivantes :

- Les protéines sont analysées selon la méthode de Lowry *et al.*, (1951) après extraction à la soude 1N pendant une nuit.
- Les lipides sont extraits et purifiés selon la méthode de Bligh et Dyer (1959) au chloroforme et au méthanol puis dosés selon la méthode de Marsh et Weinstein (1966).
- Les glucides sont extraits à l'acide trichloracétique avant d'être analysés selon la méthode de Dubois *et al.*, (1956).

La valeur énergétique de la chair est estimée à partir des résultats précédents et suivant le coefficient de conversion de Brody (1945):

$$E \text{ (J/g)} = 23,63 \times \text{protéines (mg/g)} + 17,16 \times \text{glucides (mg/g)} + 34,42 \times \text{lipides (mg/g)}$$

2.2.4. Gamétogénèse

Un suivi de la gamétogénèse est réalisé toutes les semaines sur 30 individus par bac selon l'échelle microscopique suivante :

- Néant : absence de trace de gamètes,
- G : présence de traces de gamètes,
- G+ : gamètes fluentes sous une pression manuelle de la gonade.

III. RÉSULTATS

3-1. EVOLUTION DES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES

3.1.1. Température

Les températures moyennes, calculées à partir des maxima et minima, relevés quotidiennement, sont stables et ne connaissent que de faibles variations (Fig. 3a).

Pour 6°C, la température moyenne est de $6,86 \pm 0,51^\circ\text{C}$, $n = 36$, avec une amplitude journalière maximale de 1,3°C. Pour 10°C, elle est de $9,92 \pm 0,26^\circ\text{C}$ pour une même amplitude. Les bacs à 14 et 18°C enregistrent des variations journalières moyennes plus faibles, soit 0,94 et 0,75, et donc des températures moyennes plus régulières : $14,43 \pm 0,16$ et $17,68 \pm 0,10^\circ\text{C}$ (Tab. 1).

Tableau 1 : Températures moyennes enregistrées pour les différents bacs d'affinage.

| Bac | Température moyenne minimale (°C) | Température moyenne maximale (°C) | Température moyenne (°C) |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 6°C | $6,21 \pm 0,40$ | $7,51 \pm 0,71$ | $6,86 \pm 0,51$ |
| 10°C | $9,28 \pm 0,30$ | $10,58 \pm 0,39$ | $9,92 \pm 0,26$ |
| 14°C | $13,96 \pm 0,11$ | $14,90 \pm 0,28$ | $14,43 \pm 0,6$ |
| 18°C | $17,31 \pm 0,08$ | $18,06 \pm 0,15$ | $17,68 \pm 0,10$ |

3.1.2. Salinité

Au cours de la période d'étude la salinité reste relativement constante avec toutefois trois chutes d'environ 2‰ dues à de fortes pluies lors de la deuxième et quatrième semaine (Fig. 3b). Les salinités minimales et maximales enregistrées sont de 29,20g/l et 33,30g/l avec une moyenne de $31,50 \pm 0,45\%$ ($n = 36$).

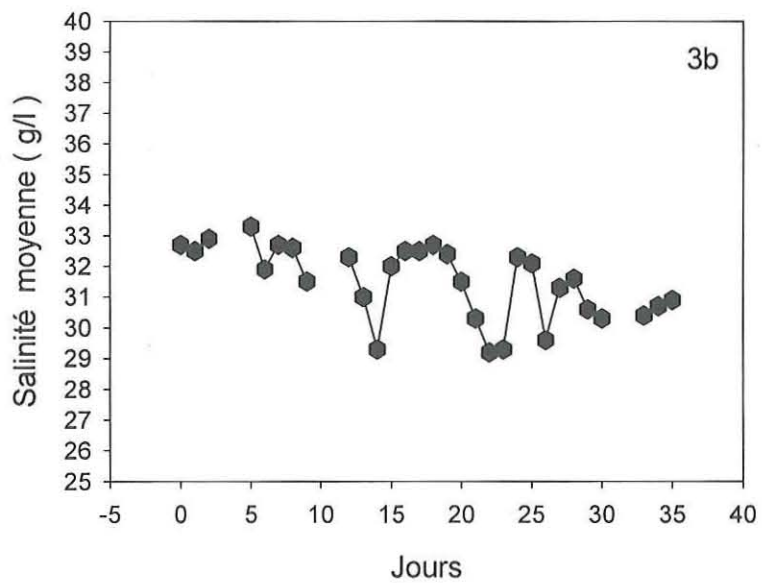
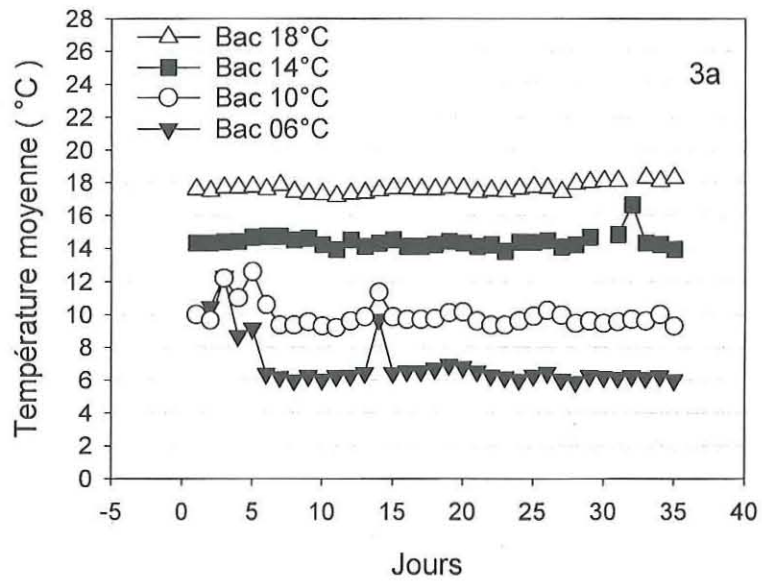


Figure 3: Evolution de la température et de la salinité dans les bacs au cours de l'étude.

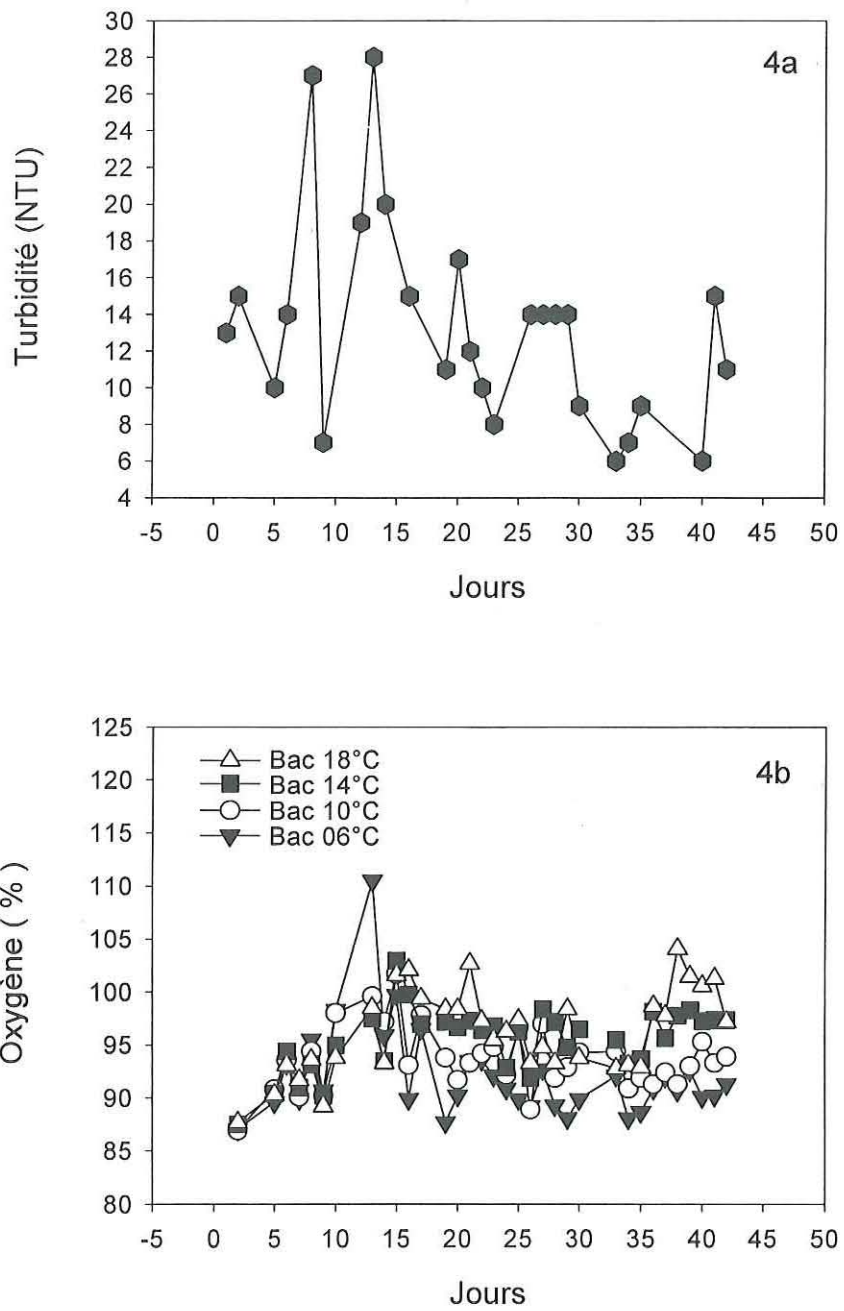


Figure 4: Evolution de la turbidité et du taux de saturation en oxygène dans les bacs d'affinage.

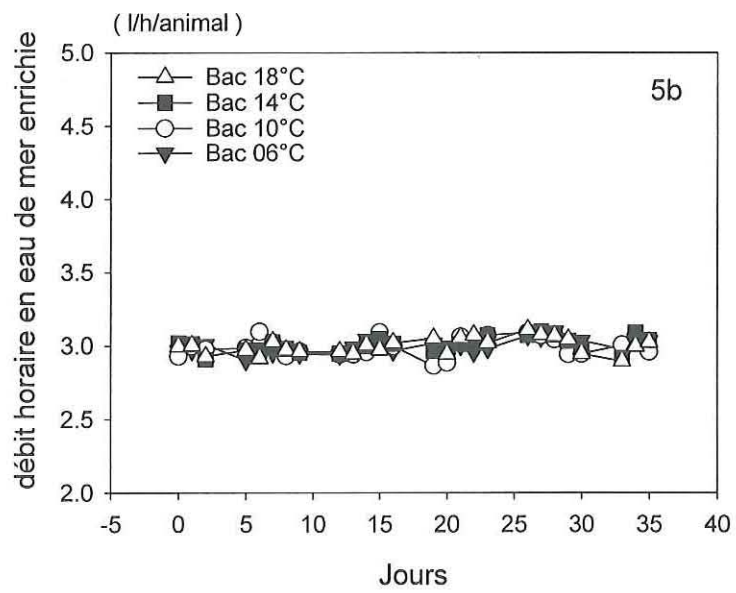
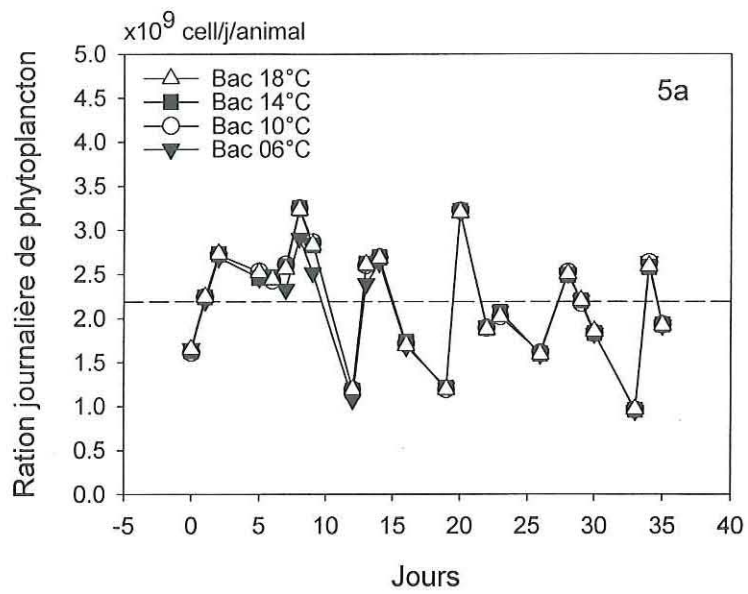


Figure5: Evolution de l'apport journalier en phytoplancton et des débits horaires en eau de mer enrichie au cours du temps.

3.1.3. Turbidité

La turbidité est très fluctuante sur l'ensemble de la période d'étude : elle augmente fortement jusqu'à 27 NTU autour du septième jour puis chute à 7 NTU avant de se stabiliser à une valeur proche de 10 NTU. La turbidité moyenne est de $13,61 \pm 2,46$ NTU sur l'ensemble de la période (Fig. 4a).

3.1.4. Oxygène

Le pourcentage de saturation en oxygène dissous est toujours resté supérieur à 80% dans tous les bacs, le minimum étant de 86,9% dans le bac 10°C (Fig. 4b). Les moyennes oscillent entre $93,32 \pm 1,94\%$ pour 6°C à $95,29 \pm 1,51\%$ pour 18°C avec leurs moyennes comprises dans cet intervalle pour les deux autres bacs.

3.1.5. Ration journalière en phytoplancton

Les concentrations en cellules de *Skeletonema costatum* ont variées d'un facteur 2,7 dans les bacs de production pendant toute la durée de l'expérience (Fig. 5a).

La concentration moyenne est de $1,11 \pm 0,16 \cdot 10^6$ cell/ml. Cependant, ces teneurs suivent la même évolution entraînant une différence non significative, ($P = 0,991$) entre les bacs. La ration journalière moyenne de microalgues est de $2,19 \pm 0,27 \cdot 10^9$ cell/j/animal pour 10,14 et 18°C et de $2,13 \pm 0,25 \cdot 10^9$ cell/j/animal pour 6°C. Il est remarquable de noter que ces résultats sont proches des conditions initiales théoriques fixées à $2,00 \cdot 10^9$ cell/j/animal.

3.1.6. Débit en eau de mer

Les débits en eau de mer sont réguliers, varient très peu (Fig. 5b) et ne sont pas significativement différents entre bacs ($P = 0,991$) : pour la température de 6°C, le débit horaire est de $2,89 \pm 0,09$ L/h/huître, pour les bacs 10 et 18°C, le débit moyen est de $2,93 \pm 0,07$ L/h/animal et pour le bac à 14°C, égal à $2,92 \pm 0,09$ L/h/animal. Ces valeurs sont cohérentes avec les débits théoriques initiaux de 3,00 L/h/animal.

3-2 SUIVI DE LA CROISSANCE

L'évolution du poids moyen total des huîtres, (Fig. 6a) permet de distinguer un groupe de basses températures, (6 et 10°C) et celui des températures plus élevées, (14 et 18°C). Pour le premier groupe, la prise de poids est peu importante (1,6% pour 6°C et 2,6% pour 10°C) et aucune différence significative n'est notée entre les deux bacs ($P = 0,05$). Pour le second groupe, après une croissance faible les premiers jours, une évolution sensible de la croissance est notée à partir du 21ème jour avec un gain de poids final de 6,6% pour 14°C et 11,4% pour 18°C. La différence entre bacs de haute température est significative, ($P = 0,02$) ainsi qu'entre les bacs de basses températures ($P = 0,01$).

Il y a donc une hiérarchisation de la croissance en fonction de la température.

L'évolution du poids total, du poids de coquille et de la chair est rapportée dans le tableau 2. Le poids de coquille (Fig. 6b) suit la même évolution que le poids total avec cette même hiérarchie en fonction de la température. Ce poids représente environ 65% du poids total de l'huître.

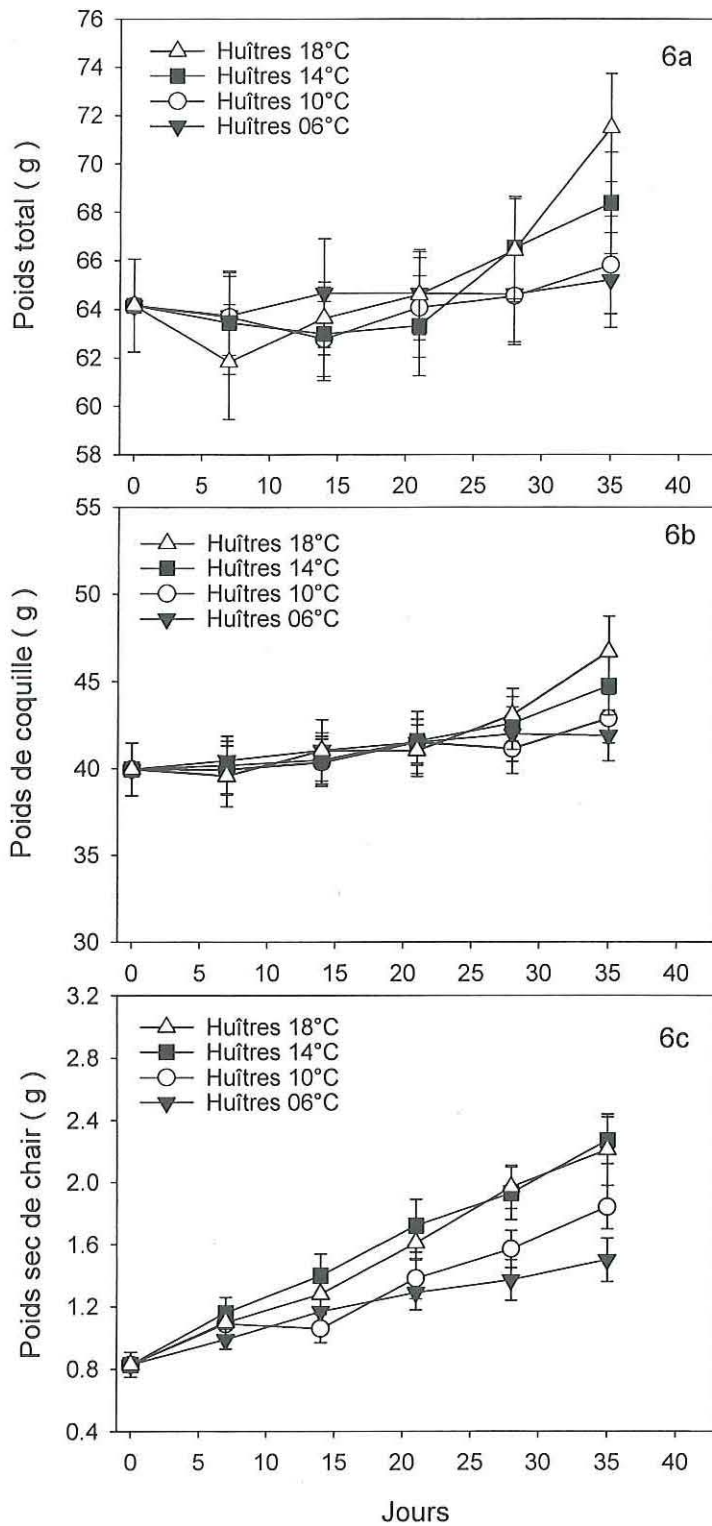


Figure 6: Evolution de la croissance moyenne des huîtres en poids total, poids de coquille et poids sec de chair

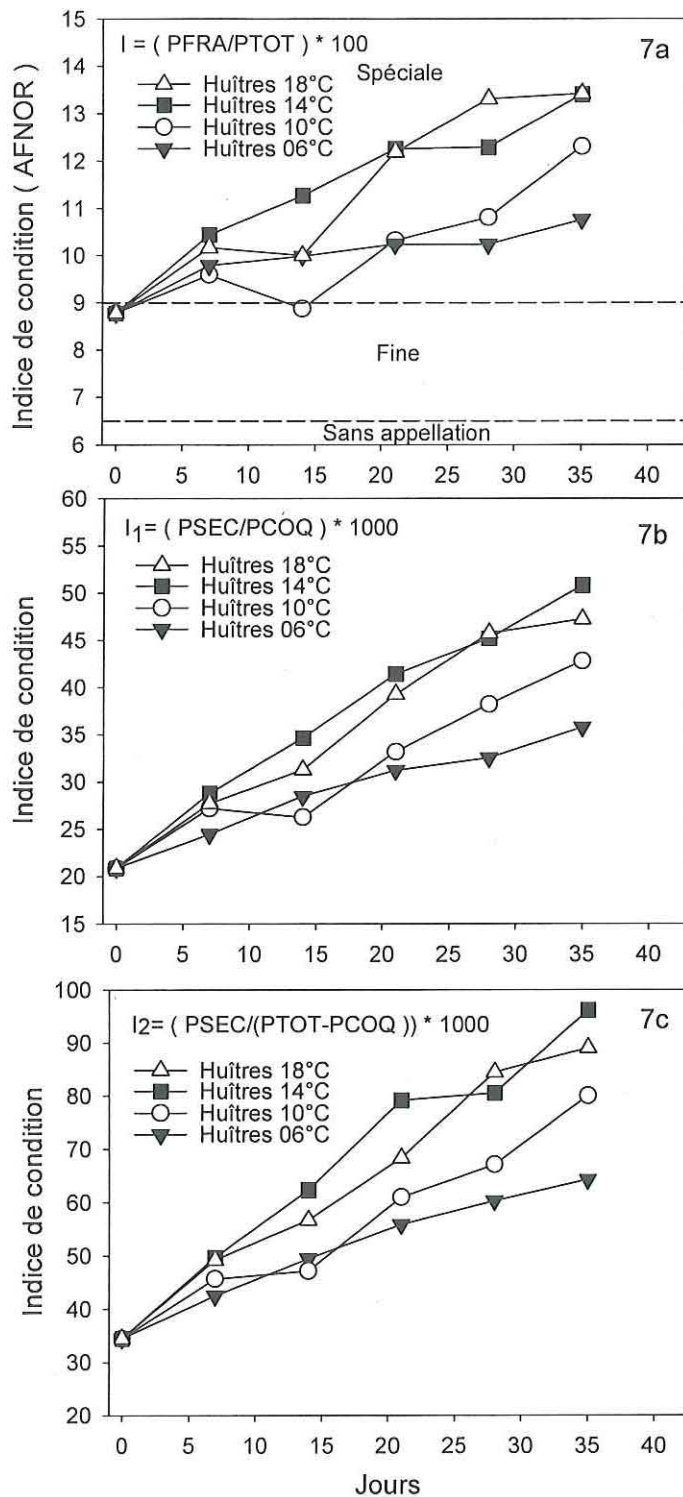


Figure 7: Evolution des indices de condition en fonction des différentes températures étudiées.

Le poids sec de chair (Fig. 6c) ne représente que 1,3% du poids total au début de l'étude et atteint plus de 3,0 % en fin d'expérience pour les températures plus élevées (3,3% pour 14°C et 3,1% pour 18°C). Ce poids a tendance à évoluer linéairement avec des pentes qui augmentent avec la température. Il n'existe pas de différence significative de croissance entre 14°C et 18°C. Quant aux bacs 6°C et 10°C, le poids double en 35 jours avec des poids secs respectifs de 2,27 et 2,21g pour un poids sec de 0,83 à l'origine.

Tableau 2 : Evolution des poids totaux, poids de coquille, poids sec des huîtres en fonction de la température en cours d'expérimentation.

| | DEBUT D'AFFINAGE | FIN D'AFFINAGE | | | |
|--------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | 6°C | 10°C | 14°C | 18°C |
| Poids total (g) | 64,16 ± 1,91 | 65,20 ±1,95 | 65,82 ± 2,01 | 68,38 ± 2,10 | 71,49 ± 2,24 |
| Poids coquille(g) | 39,95 ± 1,51 | 41,98 ± 1,46 | 42,87 ± 1,40 | 44,74 ± 1,65 | 46,70 ± 2,4 |
| Poids sec (g) | 0,83 ± 0,08 | 1,50 ±0 ,14 | 1,84 ± 0,14 | 2,27 ± 0,15 | 2,21 ± 0,23 |

L'indice AFNOR est utilisé par la profession ostréicole comme un indicateur de qualité des huîtres. L'étude a débuté avec des huîtres d'indice inférieur à 9 (8,78) donc de dénomination "fine". En fin d'expérience, La moyenne des huîtres ont des indices dépassant 9 (appellation "spéciale"). Cependant l'évolution est différente selon les températures (Fig. 7a).

A 6°C, elle est relativement faible, les huîtres n'ayant progressé que de 2 unités (10,76). A 10°C, l'évolution est plus sensible avec un indice final de 12,31. Les bacs maintenus à 14 et 18°C atteignent le même indice (13,40) soit une augmentation de 4,6 unités (Figs. 7b et 7c).

Les indices de Walne et Mann (I_1) et de Lawrence et Scott (I_2) utilisés par la communauté scientifique permettent d'apprécier le niveau d'engraissement et le degré de remplissage des huîtres. Ces deux indices suivent la même tendance que l'indice AFNOR avec toutefois une meilleure discrimination entre les températures en fin de période. Dans les deux cas, le groupe des températures élevées est significativement supérieur au groupe des températures basses. En fin de période d'affinage les huîtres affinées à 14°C possèdent un indice supérieur aux huîtres affinées à 18°C.

3-3 EVOLUTION DES PARAMETRES BIOCHIMIQUES

Contrairement à l'évolution des poids sec, l'analyse de la composition biochimique des huîtres (Figs 8 et 9) montre une évolution similaire des huîtres aux différentes températures d'affinage (Tab. 3).

La concentration lipidique initiale de $92,27 \pm 12,42$ mg/g est multiplié par un facteur 2,5 pendant la première semaine d'affinage puis redescend pour atteindre un niveau proche de l'état initial.

Les valeurs initiales élevées de protéines avec $344,88 \pm 12,72\text{mg/g}$ diminuent progressivement au cours de l'étude pour atteindre une concentration moyenne proche de 221mg/g en fin d'affinage.

Les concentrations en glucides sont quant à elles avec une valeur moyenne proche de 235mg/g , 6 fois plus élevées après une vingtaine de jours d'affinage. Après cette période ces concentrations stagnent pour toutes les températures, excepté pour le bac à 14°C dont le taux de sucres totaux continue à progresser de $41,25 \pm 17,50\text{mg/g}$ initialement à $324,0 \pm 17,76\text{mg/g}$ en fin d'étude soit une augmentation d'un facteur 8.

Le glycogène, élément nutritionnel recherché par les consommateurs d'huîtres affinées, évolue de manière identique aux sucres totaux (Fig. 10a). Il est multiplié en 35 jours par un facteur 14. Le meilleur résultat est enregistré à 14°C . Dans ce cas, le taux de glycogène augmente de $20,97 \pm 13,21\text{mg/g}$ à $292,90 \pm 23,61\text{mg/g}$. Les concentrations de glycogène sont significatives entre 14°C et les autres températures ainsi qu'entre le niveau 6 et 18°C ($P < 0,05$).

L'énergie de la chair (Fig. 10b) calculée à partir des composés biochimiques, croît fortement après 5 jours d'affinage, (+ 44% pour 6°C , + 54% pour 10 et 18°C et + 71% pour 14°C) puis diminue régulièrement au cours de la période d'étude. Les huîtres issues des quatre bacs expérimentaux suivent la même évolution.

Tableau 3 : Evolution des composés biochimiques de la chair des huîtres en fonction des températures entre le début et la fin de l'affinage.

| | DEBUT D'AFFINAGE | FIN D'AFFINAGE | | | |
|-----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 6°C | 10°C | 14°C | 18°C |
| Protéines (mg/g) | $344,88 \pm 12,72$ | $218,00 \pm 22,77$ | $212,48 \pm 8,82$ | $202,19 \pm 10,68$ | $250,68 \pm 32,78$ |
| Lipides (mg/g) | $92,27 \pm 12,42$ | $125,27 \pm 9,84$ | $124,40 \pm 6,32$ | $122,48 \pm 9,16$ | $123,14 \pm 19,27$ |
| Glucides (mg/g) | $41,25 \pm 17,50$ | $243,06 \pm 32,76$ | $237,29 \pm 24,99$ | $324,23 \pm 17,76$ | $229,90 \pm 61,00$ |
| Glycogène (mg/g) | $20,97 \pm 13,21$ | $237,90 \pm 31,65$ | $221,86 \pm 24,08$ | $292,90 \pm 23,61$ | $201,09 \pm 59,80$ |

3.4. ÉVOLUTION DE LA GAMÉTOGÈNESE

Durant les 21 premiers jours, aucune gamète n'est décelée aux différentes températures d'affinage, (Figs. 11 et 12). Au 28ème jour les premiers signes de maturation apparaissent pour 30% des huîtres échantillonnées à 14°C , alors que pour 18°C , 10% des individus montrent déjà une maturation avancée. Le phénomène s'amplifie en fin d'expérience. Ainsi au 35^{ème} jour, 60% des huîtres affinées à 18°C sont matures et 35% présentent des signes de maturation. En période de fin d'affinage à 14°C , moins de 5% des individus sont matures, 65% présentent des signes de maturation et environ 30% ne présentent aucune présence de gamète. Par contre, aucune évolution gamétique n'est observée à 6 et 10°C .

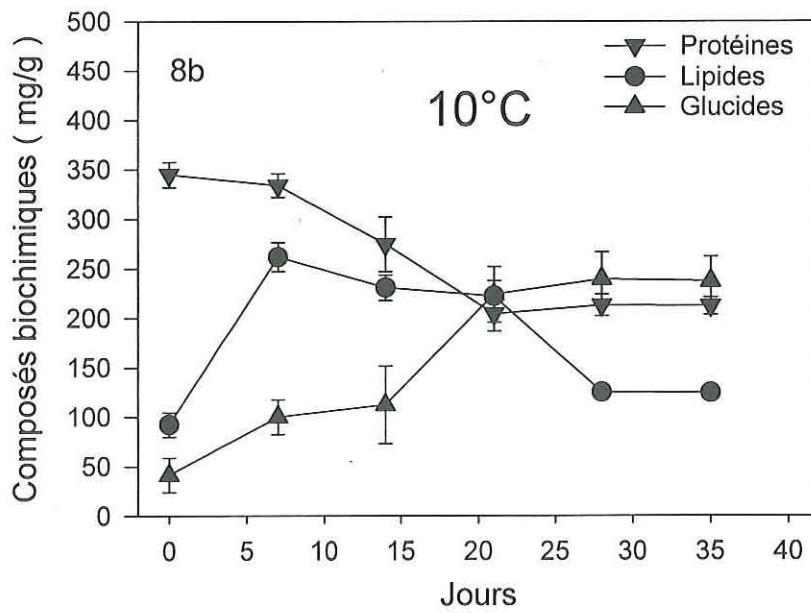
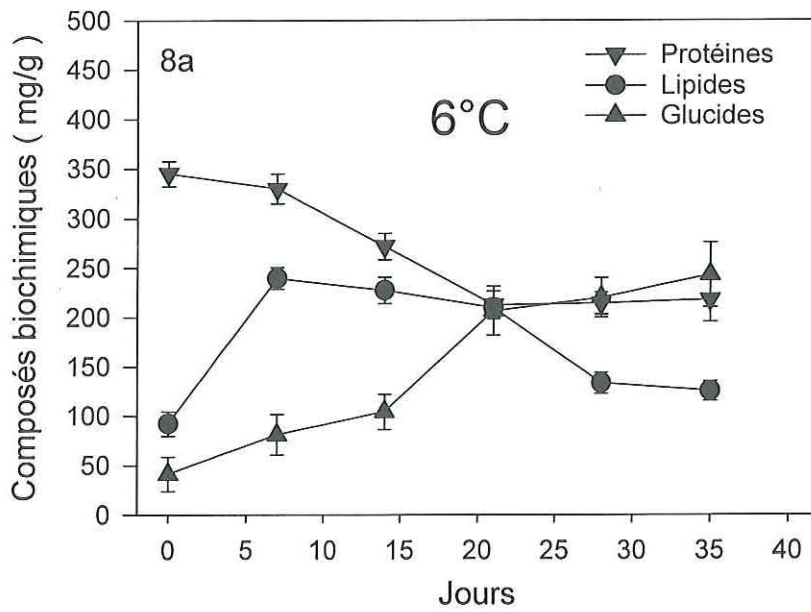


Figure 8: Evolution des composés biochimiques en fonction des températures.

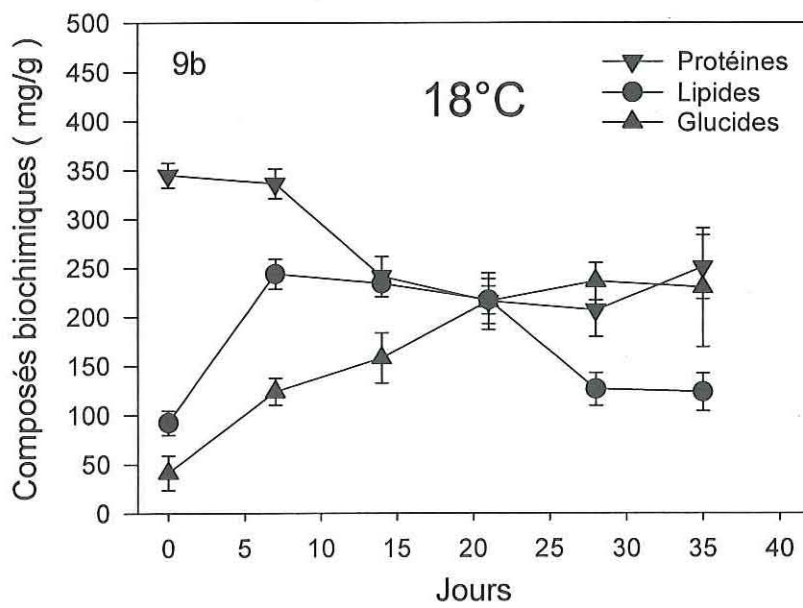
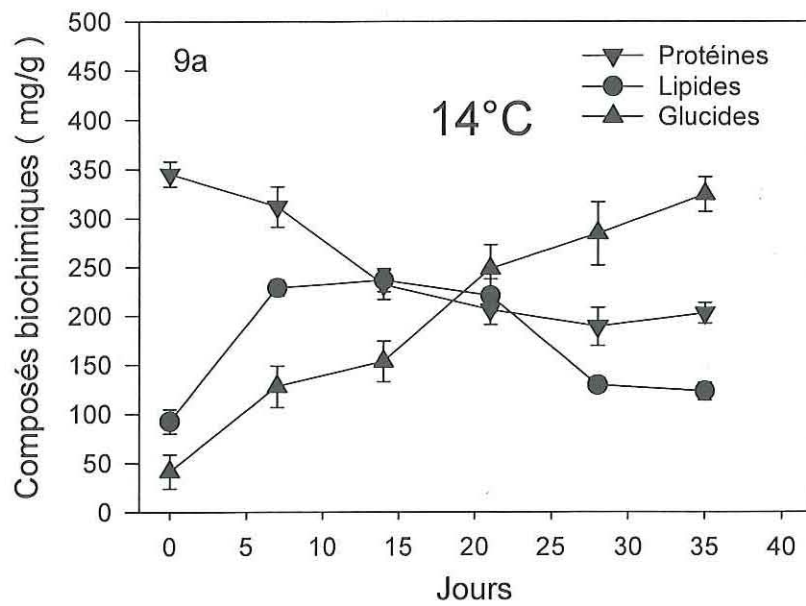


Figure 9: Evolution des composés biochimiques en fonction des températures.

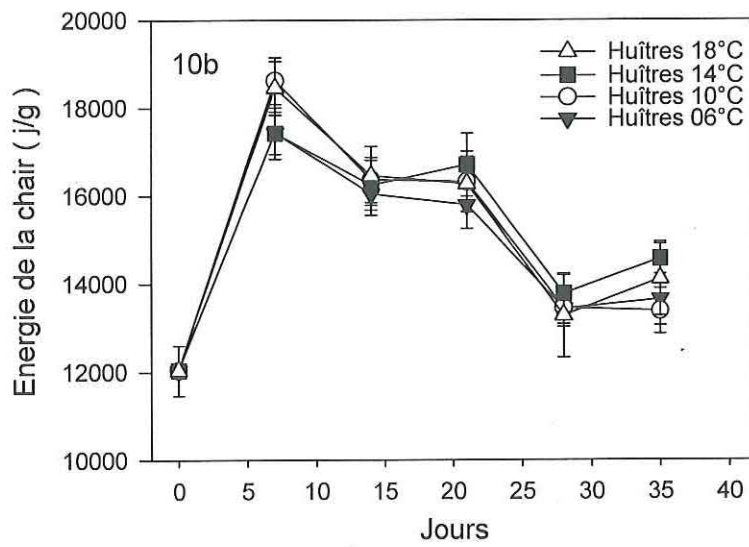
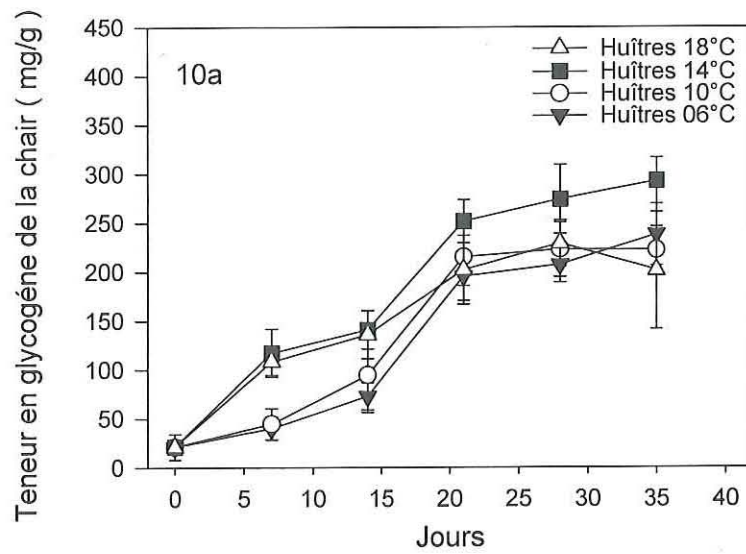


Figure 10: Evolution des taux de glycogène et de l'énergie de la chair au cours de l'étude.

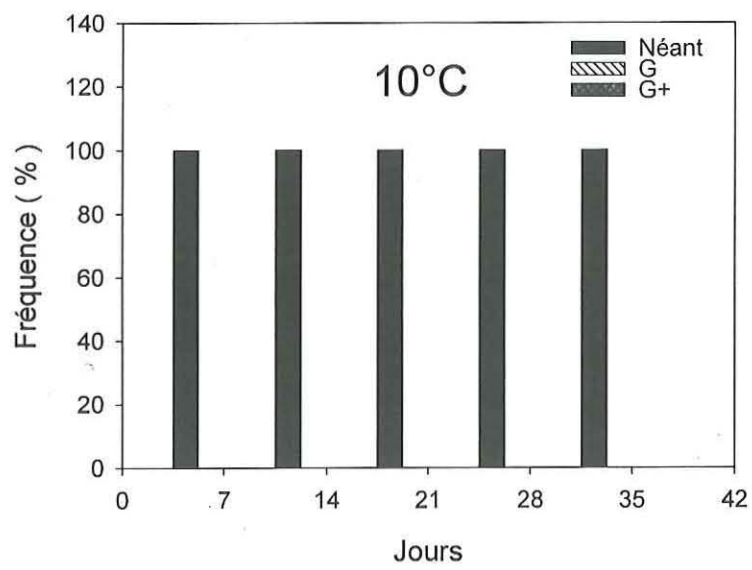
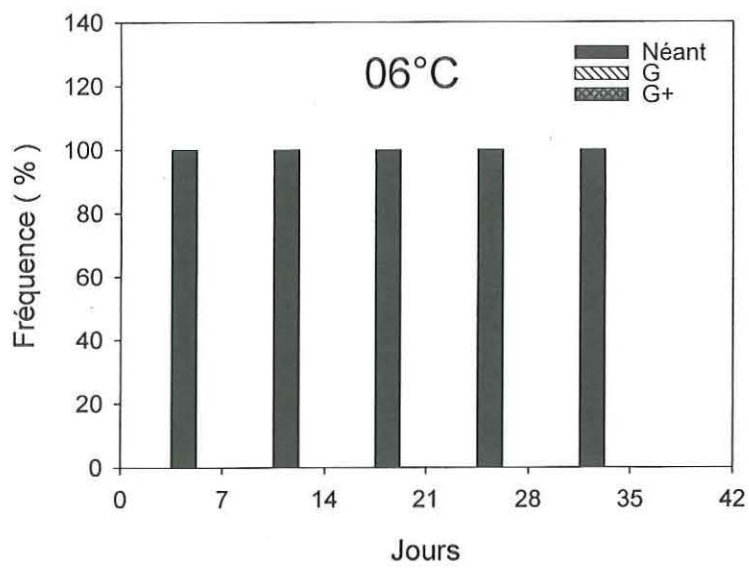


Figure 11: Evolution de la maturation en fonction de la température.

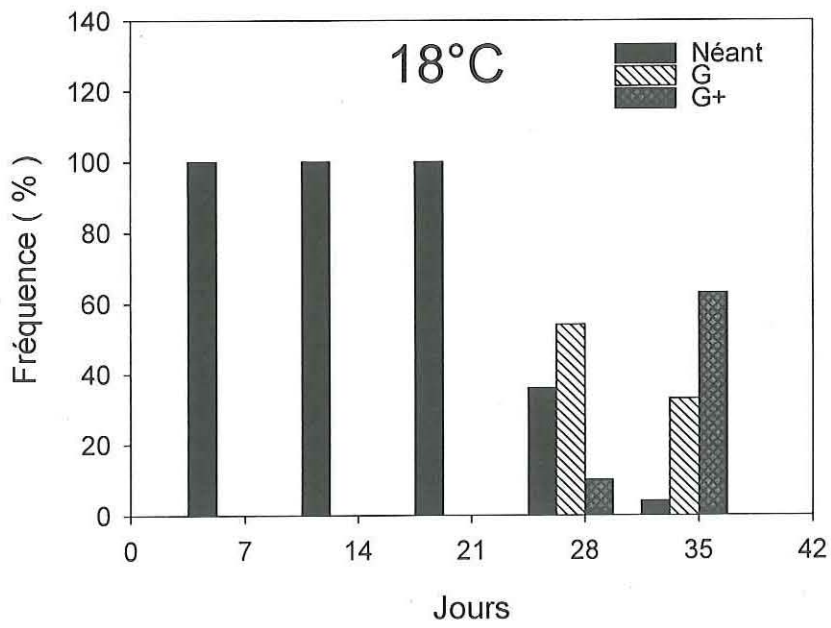
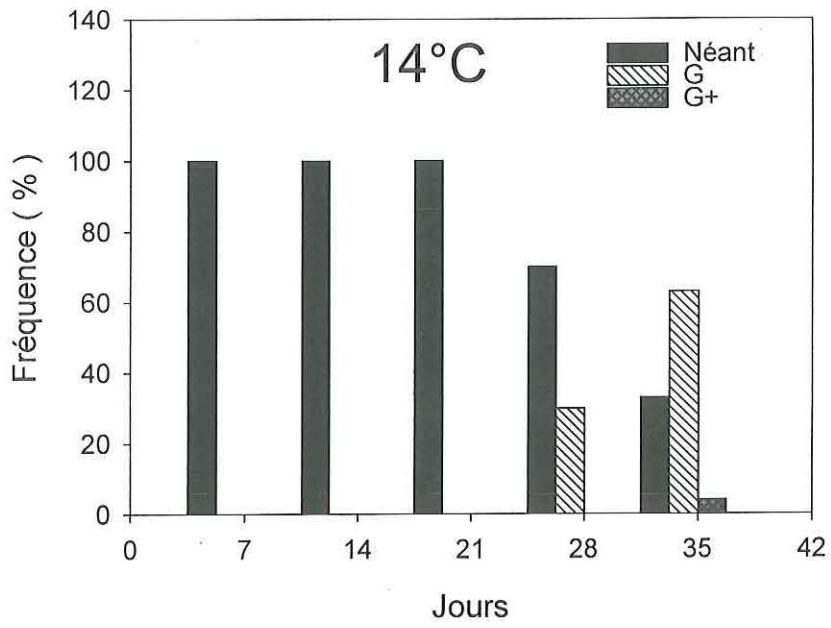


Figure 12: Evolution de la maturation en fonction de la température.

IV. DISCUSSION

La salinité et la turbidité sont dépendantes des conditions climatiques. Ainsi les pluies du mois de février ont entraîné des dessalures ponctuelles. Les tempêtes ont également remis en suspension les sédiments des fonds marins, ce qui a eu pour conséquence d'augmenter la quantité de particules en suspension. Les concentrations élevées de MES ont une action directe sur la filtration de l'huître. Une turbidité excessive peut colmater le filtre branchial et limiter ainsi la croissance de l'huître. Cependant, ces perturbations n'apparaissent qu'à partir de 100mg/L de seston total, (Soletchnik *et al.*, 1991). Or une telle quantité n'a jamais été atteinte au cours de la période d'étude.

Les concentrations en oxygène dissous ont été mesurées proche de la saturation. La concentration en cellules phytoplanctoniques n'est pas constante au cours de la période d'étude car le climat (température et ensoleillement) conditionne fortement la culture de *Skeletonema costatum*. Cependant la quantité de nourriture distribuée $2,2 \pm 0,27 \cdot 10^9$ cellules par huître et les variations observées correspondent aux limites préconisées par Matthiessen et Toner (1966) et par Tenore et Dunstan (1973) pour la croissance de *Crassostrea gigas* soit 2 à $4 \cdot 10^9$ cellules algales/jour.

Malgré ces quelques fluctuations, les conditions environnementales peuvent être jugées satisfaisantes pour l'affinage de *Crassostrea gigas* (Bernard, 1983, Baud *et al* 1995).

Cette étude a permis de démontrer l'influence majeure de la température sur la croissance et l'affinage de l'huître creuse. En effet, l'augmentation des différents descripteurs de l'huître (poids total, poids de coquilles et poids sec de chair) met clairement en évidence le rôle positif de la température pour la gamme étudiée. Il semblerait cependant que contrairement à 18°C, à la température d'affinage de 14°C les huîtres privilégieraient la croissance de la chair plutôt que celle de la coquille. Des résultats similaires sont observés pour la plupart des bivalves au début du printemps lorsque les températures sont peu élevées (10-11°C) (Walne, 1970, Ansell, 1974, Walne et Mann, 1975). Millican et Williams en 1985 ont montré également que le taux de croissance de la chair est plus important que celui de la coquille pour du naissain de palourde lorsque la température d'élevage est inférieure à 15°C et inversement pour des températures supérieures. Dans notre étude, ce seuil critique se situerait plutôt à 13 ou 14°C.

Cette même tendance est également mise en évidence par l'analyse des indices I_1 et I_2 : selon Walne et Mann (1975) un indice I_1 supérieur à 80 indique un excellent état physiologique, c'est le cas pour les huîtres maintenues à 14 et 18°C. Cependant le taux de remplissage et la qualité des huîtres sont plus élevés pour le bac à 14°C.

Les indices de condition de cette expérimentation en comparaison avec ceux d'études précédentes, montrent une meilleure évolution et des indices supérieurs en fin de période d'affinage. En effet, lors de la première étude d'affinage contrôlé en bassin (Baud *et al.*, 1995) l'augmentation de l'indice AFNOR était de 3,6 points mais n'avait atteint que 10,32 pour les indices I_1 et I_2 soit des niveaux d'indice obtenus dans cette expérience pour la température la plus basse (6°C). Au cours d'une deuxième étude sur un pilote professionnel de prégrossissement et d'affinage contrôlé de *Crassostrea gigas* (Campion, 1996), les indices AFNOR en fin d'affinage au cours des mois d'octobre et novembre ont été identiques à l'indice initial.

La maîtrise de la température et de l'apport en nourriture semble donc être une condition prépondérante pour la réussite d'un affinage contrôlé de l'huître creuse.

Hormis l'augmentation pondérale de la masse de chair, la composition biochimique de celle-ci est un facteur important à prendre en compte lors d'un affinage. Les concentrations

élevées de glucides, et plus précisément de glycogène sont recherchées du fait qu'elles donnent un aspect charnu et une saveur appréciée par le consommateur averti. Les sucres totaux représentent en fin d'affinage de 24 à 32% de la chair dont 90 à 98% sont représentés par le glycogène. Ces pourcentages élevés permettent de prétendre à l'appellation " spéciale ". Il est à noter que ces derniers sont sensiblement supérieurs aux conditions d'obtention du label rouge de Marennes Oléron fixées entre 20 et 40% de glycogène.

Il est probable que la période durant laquelle se déroule l'affinage ait une influence sur l'évolution des composés biochimiques. Traditionnellement l'affinage est effectué durant l'automne (de septembre à décembre). Cette étude, a été réalisée en hiver, de février à mars et les paramètres biochimiques ont évolué selon un schéma différent. Habituellement, en automne, les taux de protéines et de lipides restent stables alors que le taux de glucides augmentent sensiblement (Baud *et al.*, 1995).

Lors de cette expérience, le taux moyen de lipides qui était faible au départ ($82,27 \pm 9,36\text{mg/g}$) a triplé en huit jours. Il semble que les huîtres aient initié à ce stade, un début de gamétogenèse en stockant des lipides. Ce taux a diminué à partir du 22^{ème} jour parallèlement à une augmentation de la teneur en glucides, les huîtres se sont mises à engraisser, en stockant des substances de réserves.

Le début de la gamétogenèse est conditionné par la température. D'après Marteil, 1976 un cumul d'environ 300°C.j au-dessus d'une température de 10°C est nécessaire pour déclencher ce phénomène. Dans cette étude, après 5 semaines, les huîtres affinées à 14 et 18°C sont entrées en maturation alors que le cumul de température a atteint 224°C.j pour les huîtres affinées à 18°C .

Cependant, la formation des gamètes est généralement accompagnée par une augmentation des lipides, ce qui n'a pas été observée en fin d'expérience. A ce stade de début de gamétogenèse, l'énergie disponible semble être encore utilisée pour la formation de réserves (sucres libres et glycogène).

Cette technique d'affinage à une température contrôlée présente des avantages non négligeables par rapport à l'affinage en milieu naturel. Elle permet tout d'abord d'éliminer les variations saisonnières et donc de permettre un affinage toute l'année hormis durant la période estivale où les huîtres sont en période de reproduction.

La qualité des huîtres ainsi obtenue est nettement plus régulière du fait de l'apport contrôlé de phytoplancton et de la maîtrise des paramètres physico-chimiques.

Des analyses sensorielles comparées, (Baud *et al.*, 1995, Cardinal *et al.*, 1995, Michel *et al.*, 1998) pourraient être réalisées sur les huîtres affinées aux diverses températures. Elles permettraient par rapport à un témoin non affiné d'identifier des différences en matière d'arôme et de goût pour chaque lot d'huître et de ce fait, d'obtenir des résultats en vue d'une approche consommateur.

V. CONCLUSION

En contrôlant simultanément, la nourriture et la température, l'affinage de l'huître creuse *Crassostrea gigas* peut être sensiblement améliorée. La température de 14°C semble être optimale pour l'affinage en période hivernale et printanière alors qu'à 10°C la cinétique d'engraissement est plus lente et à 18°C la teneur en lipides dénature sensiblement la qualité du produit.

Cette température de 14°C peut être obtenue ou approchée à faible coût grâce à des échanges caloriques par l'intermédiaire d'un échangeur au titane entre l'eau salée souterraine (13,5°C) présente en quantité importante dans les marais des pays de la Loire et l'eau de mer des polders ou marais côtiers.

L'utilisation de phytoplancton produit avec l'eau de forage permet de fournir une nourriture de qualité, adaptée aux besoins de l'huître creuse sans augmenter fortement les coûts de production.

Techniquement, cette filière semble prometteuse. Il faudra cependant veiller à étudier en terme économique la pertinence de ce procédé en fonction d'une plus value estimée par les professionnels entre 3 et 4 francs du kilogramme d'huître de taille marchande à la production.

Ce procédé nécessite en effet des moyens techniques dont la mise en place est coûteuse : bassins de production de microalgues, pompe de forage, échangeur, etc.

Enfin, des analyses sensorielles et d'innocuité sur le plan sanitaire seraient nécessaires pour qualifier le produit par rapport au consommateur.

BIBLIOGRAPHIE

Ansell A.D. (1974). Seasonal changes in biochemical composition of the bivalve *Astarte montagui* in the Clyde sea area. *Marine Biology*, 29 : 235-243.

Barille-Goyer A.L., J. Haure et J.P. Baud (1997). L'ostréiculture en baie de Bourgneuf. Relation entre la croissance des huîtres *Crassostrea gigas* et le milieu naturel: Synthèse de 1986 à 1995. Rapport IFREMER DRV/RA/RST/97-16, 173pp

Baud J.P. et J. Haure (1987). Estimation des stocks d'huîtres creuses en élevage dans la baie de Bourgneuf en 1986. IFREMER DRV-88.020-RA/Bouin, 34pp.

Baud J.P. (1991). Utilisation des eaux salées souterraines en baie de Bourgneuf pour le pré-grossissement intensif de mollusques filtreurs en nourricerie. Mémoire de Diplôme de Recherche Universitaire, Nantes, 65pp.

Baud J.P., E. Brisset et M. Cardinal (1995). Affinage contrôlé en bassin de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. IFREMER/RIDRV 95-17 RA/Bouin, 35pp.

Bernard F.R. (1983). Physiology and the mariculture of some Northeastern Pacific bivalve molluscs. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science 63.

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

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

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

Campion E. (1996). Etude technique et économique d'un pilote polyvalent d'élevage intensif de l'huître creuse (*Crassostrea gigas*) Rapport de stage IFREMER/Bouin, 66pp.

Cardinal M., M.J. Cornet and J.P. Baud (1995). Use of sensory profile for evaluation on organoleptic properties of oysters : Methodology and example with a new fattening technique using underground saltwater. Poster et résumé 391-392 E.A.S. Trondheim 9-12 août 1995.

Dubois F., X.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebecs and F. Smith (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28 (3) : 310-356.

Goyard E. et Laboratoires IFREMER de Port en Bessin, La Trinité sur mer, Bouin, La Tremblade, Arcachon, Palavas (1995). Morphologie et chambrage de *Crassostrea gigas* dans les principaux bassins de production français en 1994. International Workshop

on shell disease in marine invertebrates. Environment - host - pathogen interactions. Brest, 29-31 mars 1995. Poster.

Héral M. (1991). Approche de la capacité trophique d'un écosystème conchylicole : synthèse bibliographique. CEC Mar. Sci. Symp, 192 : 48-62.

Lawrence D.R. and G.I Scott (1982). The determinal and use of condition index of oysters. Estuaries, 5 (1) : 23-27.

Letard-Brault A.M. (1995). Essai d'affinage contrôlé d'huître creuse avec apport de phytoplancton cultivé sur eau souterraine salée. Rapport SMIDAP, 19pp.

Littaye-Mariette A. and IFREMER Laboratoires of Port en Bessin, La Trinité sur mer, Bouin, La Tremblade, Arcachon (1994). Monitoring the growth of *Crassostrea gigas* "REMORA" network - 1993. Poster CIEM Dublin. CM. 1994/F: 15.

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

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

Marteil L. (1976). "La conchyliculture Française". Biologie de l'huître et de la moule. Institut Scientifique et Technique des Pêches maritimes, 2^{ème} partie, 124-331.

Matthiessen G.C. and R.C. Toner (1966). Possible methods of improving the shellfish industry of Marthas Vineyard Duke's Country, Massachusetts. The Marine foundation Inc, 1-138.

Michel F., F. Piveteau, J.P. Baud et M. Demaimay (1998). Etude de l'influence de la microalgue *Skeletonema costatum* sur les compositions biométriques, biochimiques, sur la composition en composés volatils et les caractéristiques organoleptiques de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Rapport de convention ENITIAA-IFREMER/SMIDAP, 77pp.

Millican P.F. and D.R. Williams (1985). The seasonal variations in the levels of meat content, lipid and carbohydrate in *Mercenaria mercenaria* L. and *Tapes semidecussata* R. grown in fertilised and unfertilised water. ICES C.M. 195 /K : 51, 9pp.

Moreau J., (1970). Contribution aux recherches écologiques sur les claires à huîtres du bassin de Marennes Oléron. Rev. Trav. Inst Pêches Marit., 34, 380-462.

Moreau C. (1996). Des eaux souterraines salées en baie de Bourgneuf pour la production de microalgues en aquaculture : l'azote ammoniacal, le fer et le manganèse dissous, causes de la variabilité de la fertilité potentielle pour trois diatomées-tests. Thèse de doctorat. Spécialité : Biologie marine. Université de Nantes. 274pp.

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

Tenore K.R. and W.M. Dunstan (1973). Comparaison of rates of feeding and biodeposition of the American oyster *Crassostrea virginica*, Gmelin, fed with different species of phytoplankton. J. Exp. mar. Biol. Ecol., 12 : 19-26.

Walne P.R. (1970). Studies of the food value of nineteen genera of algae to juvenile bivalves of the genera *Ostrea*, *Crassostrea*, *Mercenaria* and *Mytilus*. Fishery invest., Lond. Ser. 2, 26 (5): 62pp.

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