

DEPARTEMENT Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes  
 UNITE Littorale des Laboratoires Environnement-Ressources  
 LABORATOIRE : LER-MPL  
 12, rue des Résistants B.P.86 – 56470 LA TRINITE/MER

Joseph Mazurié, Jean-François Bouget, Aimé Langlade, Serge Claude

Mai 2011 - R.INT. /LER-MPL/ 2011-16

« Endurcissement » du naissain  
 d’huîtres creuses, *Crassostrea gigas* ,  
 par le niveau d’exondation ou la  
 densité d’élevage

Récapitulatif d’essais conduits entre 2004 et  
 2007 en rivière d’Auray (56), pour réduire les  
 mortalités estivales



## Fiche documentaire

<b>Numéro d'identification du rapport :</b> <b>Diffusion :</b> libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/> <b>Validé par :</b> E. Bédier, responsable de projet Adresse électronique : ebedier@ifremer.fr	<b>date de publication :</b> juillet 2011 <b>nombre de pages :</b> 26 <b>bibliographie :</b> oui <b>illustration(s) :</b> oui <b>langue du rapport :</b> Français
<b>Titre de l'article :</b> Endurcissement du naissain d'huîtres creuses, <i>Crassostrea gigas</i> par le niveau d'exondation ou la densité d'élevage : récapitulatif d'essais conduits entre 2004 et 2007 en rivière d'Auray (56), pour réduire les mortalités estivales	
Contrat n°                      Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Auteur(s) principal(aux) :</b> Joseph. Mazurié, Jean-François Bouget, Aimé Langlade, Serge Claude	Ifremer/ODE/UL-LER-MPL La Trinité-sur-mer
<b>Cadre de la recherche :</b> Etude appliquée dans le cadre des mortalités estivales de l'huître creuse 1995-2007	
<b>Destinataire :</b> Comité Régional de la Conchyliculture de Bretagne Sud, Comité National de la Conchyliculture, Affaires Maritimes, Laboratoires Ifremer.	
<b>Résumé :</b> Ce rapport récapitule les essais menés entre 2004 et 2007 pour tenter de réduire les mortalités estivales de naissain de <i>Crassostrea gigas</i> , par les pratiques zootechniques et notamment celle qualifiée d'endurcissement. Il s'agit de prégrossir les huîtres dans des conditions de forte exondation (exondation par coefficient de marée de 30-40), avant de les remettre sur parc normal d'élevage au début ou en cours d'été. Plusieurs années de suite, sur le même site en amont de la rivière d'Auray (Bretagne Sud, France), des améliorations de survie très significatives ont été ainsi obtenues. Les meilleurs résultats correspondent à un endurcissement de durée limitée (3-4 mois, entre mars et juin-juillet), pour lequel le ralentissement de croissance semble pouvoir être compensé une fois les huîtres ramenées au niveau bas d'élevage. Une tentative d'obtenir le même gain en bridant la croissance par une augmentation de densité intra-poche s'est révélée moins concluante. Ces essais méritent d'être testés ailleurs et dans les conditions de mortalités plus violentes observées depuis 2008.	
<b>Abstract :</b> This report summarizes a list of husbandry experiments conducted between 2004 and 2007 so as to reduce the summer mortalities of the oyster <i>Crassostrea gigas</i> by farming practices. The Japanese technique so-called "hardening", based on nursing the young oysters (less than 1 year-old) in intertidal areas with high air exposure, is tested and adapted. Significant improvements of survival rates (e.g. 60% survival instead of 40% survival rate) have been obtained by transferring the spat only a few month (between march and june-july) on "high" inter-tidal farming plots (up to 40% of mean air exposure time). In such conditions, growth is transiently reduced, but a compensatory growth seems to happen when oysters are transferred back on low concessions. Another means of reducing growth, by increasing the density of oysters per bag, was not successful in terms of survival. The physiological effect induced by "hardening" oysters remain to be cleared and the technique tested in other sites before large scale application. Its benefit needs also to be tested in the new context of epidemic disease striking oyster cultures in France, since 2008.	
<b>Mots-clés :</b> Huître, <i>Crassostrea gigas</i> , mortalité, endurcissement, exondation, densité <b>Words keys :</b> Oyster, <i>Crassostrea gigas</i> , mortality, hardening, air exposure, density	

## ***Remerciements***

*Mr Le Meitour, concessionnaire en rivière d'Auray, a mis à disposition une partie de sa concession, pour que ces essais puissent être menés à bien : qu'il en soit ici remercié !*

## ***Sommaire***

<b>Remerciements .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Protocoles d'essais 2004-2007 .....</b>	<b>5</b>
2.1. Site expérimental .....	5
2.2. Schéma d'élevage .....	6
2.3. facteurs testés et protocole.....	6
Niveaux d'exondation .....	7
Les densités.....	8
<b>3. Résultats de l'endurcissement par le niveau d'exondation .....</b>	<b>10</b>
3.1. Synthèse de la série d'essais .....	10
3.2. Niveau optimum d'exondation .....	14
3.3. Période optimale d'exondation .....	15
3.4. facteur explicatif du bénéfice lié à l'exondation .....	16
Isolement des conditions défavorables .....	16
Amélioration de la condition physiologique .....	16
3.5. Le rattrapage de croissance .....	17
<b>4. Résultats de l'endurcissement par augmentation de densité .....</b>	<b>18</b>
<b>5. Discussion-conclusion .....</b>	<b>20</b>
5.1. Le rattrapage de croissance .....	20
5.2. Interprétation des effets observés de l'endurcissement .....	20
5.3. Stratégies alternatives .....	21
<b>6. Bibliographie .....</b>	<b>22</b>
<b>ANNEXE 1 : Applications récentes .....</b>	<b>24</b>
<b>ANNEXE 2 : Ostréiculture au Japon .....</b>	<b>24</b>
Introduction .....	24
L'élevage en baie d'Hiroshima.....	25
Captage et élevage dans le secteur de Miyagi.....	25



# 1. Introduction

Les mortalités d'huîtres sont devenues préoccupantes dans les élevages français, depuis les années 1990. Le programme Morest (2002-2006) s'est attaché à mieux comprendre le phénomène et à rechercher des solutions, notamment par une adaptation des pratiques d'élevage (Samain et al. 2007). Le bilan des essais qualifiés « d'endurcissement », réalisés au laboratoire Ifremer LER-MPL de La Trinité-sur-mer, entre 2003 et 2007 est présenté ici.

Dès les années 1970, Spencer et al. (1978) ont montré l'excellente tolérance de l'huître creuse *Crassostrea gigas* à l'exondation : cette espèce supporte sans mortalité des durées d'exondation quotidiennes d'au moins 30% du temps.

Il existe une pratique ancienne de l'ostréiculture japonaise consistant à transférer le naissain en zone intertidale, afin d'améliorer les performances de croissance et survie ultérieures dans les élevages en suspension (Ogasawara, 1962, Terashima, 1978, Katayama, 1979). La possibilité d'endurcir (« hardening ») les huîtres par l'élevage en surélévation la première année, a également été démontrée aux USA (Jones, 1978). Plus récemment, en Nouvelle-Zélande, Handley S.J. (1997) a testé deux méthodes d'endurcissement, l'une par mise en site intertidal et l'autre par réduction trophique, qui aboutissent à une amélioration des performances la seconde année, en élevage suspendu.

En France, à la suite des fortes mortalités de l'été 1995, une enquête réalisée par l'Ifremer auprès des ostréiculteurs de Normandie, a mis en évidence une nette diminution des mortalités sur les parcs les plus hauts (exondants par très petits coefficients de marée) : essentiellement par coefficient inférieur à 50 : Figure 1

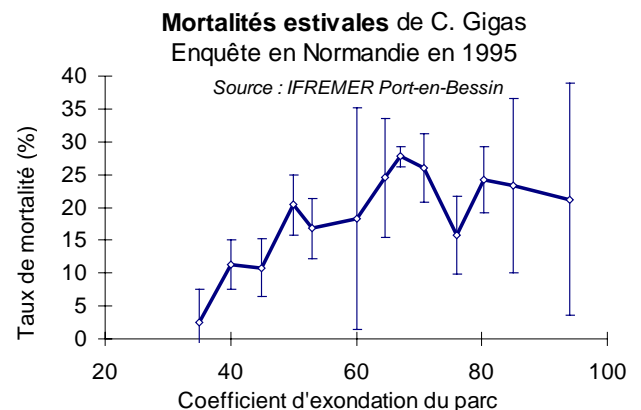


Figure 1 : mortalité recensée en fonction du niveau du parc

Ces acquis ont justifié la mise en oeuvre d'essais entre 2003 et 2007, sur un site expérimental du Morbihan, en rivièrre d'Auray (lieu dit Fort-Espagnol), basés sur 2 méthodes susceptibles de réduire l'accès à la nourriture : l'exondation d'une part, la densité d'élevage d'autre part.

## 2. Protocoles d'essais 2004-2007

### 2.1. Site expérimental

Ces essais ont été menés au site de Fort Espagnol, en amont de la rivière d'Auray (Concession de M. Le Meitour) : Figure 2. Ce site ostréicole présente un double avantage :

- c'est un site très sensible aux mortalités, qui favorise donc l'étude et la mise en évidence de facteurs préventifs
- la pente de l'estran est forte, ce qui permet de disposer de stations à exondations très différentes (du bas d'estran exondant par coefficient de marée 60-80 où se situent les élevages, jusqu'au haut d'estran exondant par coefficient de marée de 30), sur une courte distance (30 mètres environ).

Par contre, le bas d'estran a tendance à être plus envasé, ce qui peut être considéré comme un facteur à effet confondu avec le facteur exondation étudié.

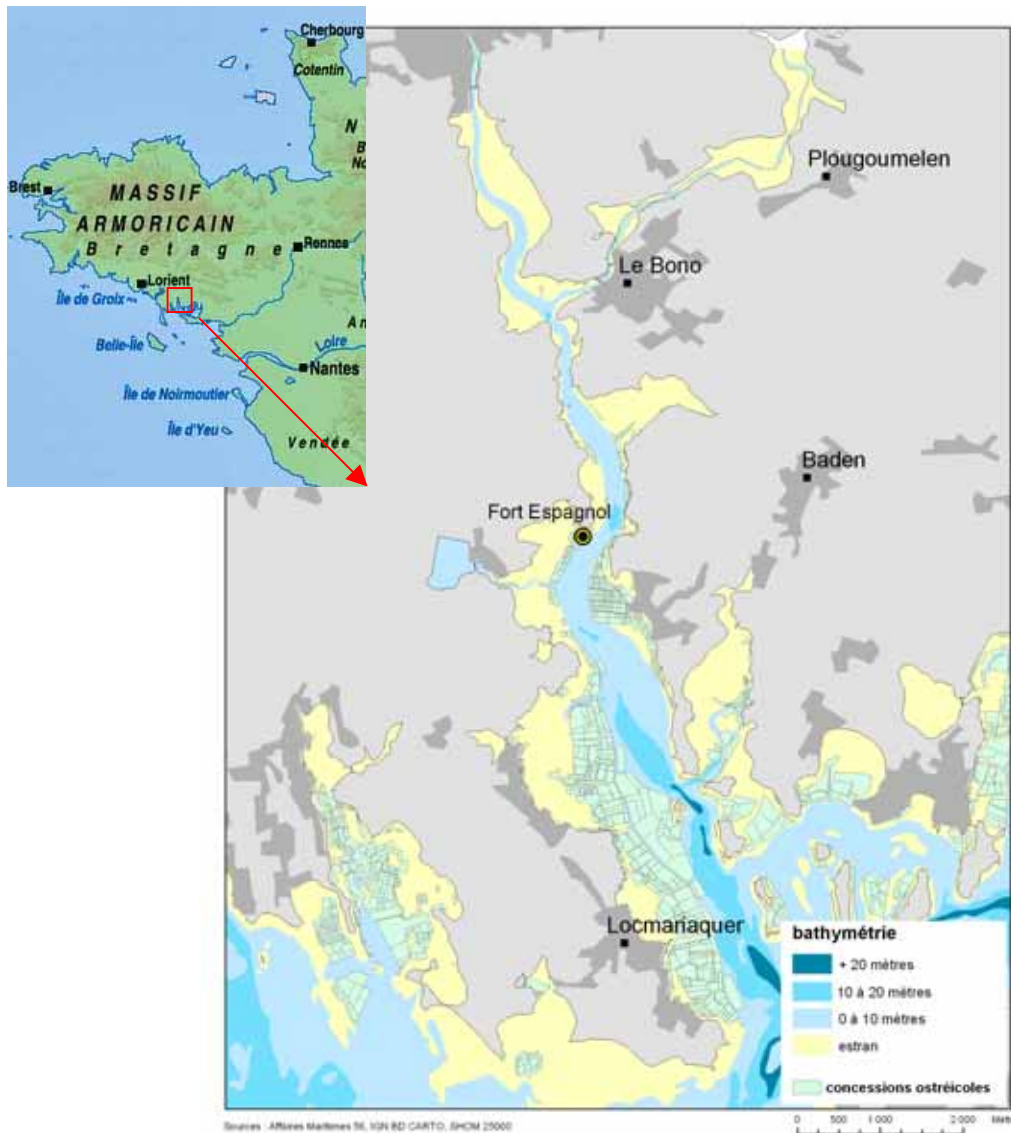


Figure 2 : site expérimental de Fort Espagnol, en amont de la rivière d'Auray (56, Bretagne Sud)

## 2.2. Schéma d'élevage

Dans le cycle d'élevage classique, le naissain de captage naturel est mis en place sur les parcs de demi-élevage au cours du printemps, pour y demeurer au moins une année, à une densité d'élevage débutant à 1000 naissains par poche environ, et à un niveau correspondant à une exondation par coefficient de marée de 70-80. L'endurcissement testé s'applique en début de demi-élevage : Figure 3

Après une tentative infructueuse d'endurcissement hivernal (2002), les essais se sont orientés vers un endurcissement printanier sur parc plus exondant (2003, 2004) dont la durée a été optimisée de 2005 à 2007. En 2004 et 2005, un autre facteur susceptible de réduire l'accès à la nourriture, avec moins de contraintes techniques a été testé : la sur-densité, soit par augmentation du nombre d'huître par poche (2004), soit par superposition et resserrement des poches (2005). Le protocole de ces essais et les principaux résultats sont présentés, puis discutés ci-après.

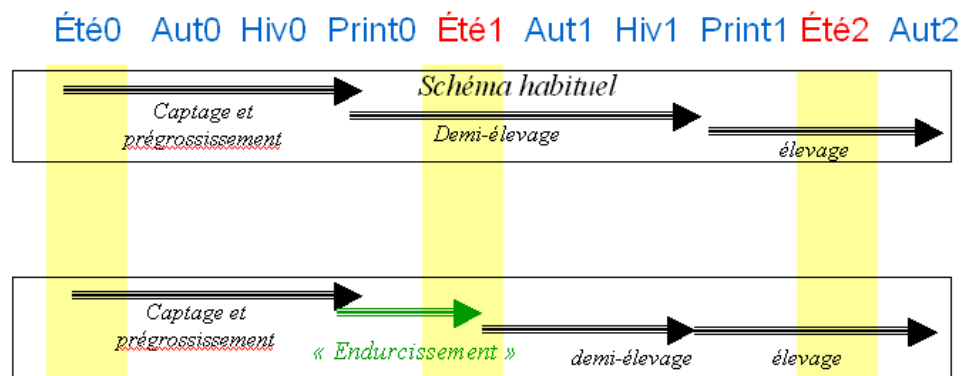


Figure 3 : schéma d'élevage habituel ou avec « endurcissement »

## 2.3. facteurs testés et protocole

Les essais ont porté principalement sur 2 facteurs, susceptibles l'un comme l'autre de réduire la disponibilité de nourriture et de brider la croissance (l'un des modes d'action supposés) : les protocoles sont présentés dans le Tableau 1.

- le niveau et donc le temps d'**exondation** du parc : le naissain à « endurcir » est disposé durant quelques mois, plus haut sur parc (ou parc de stockage), à un niveau correspondant à une exondation par petit coefficient de marée (30-40) ; ces lots « endurcis » sont ensuite redescendus aux niveaux habituels d'élevage, au début de l'été, pour y poursuivre leur croissance. Ils sont comparés à des lots demeurés depuis le début au niveau courant d'élevage.
- la **densité** d'élevage intra-poche : les huîtres à « endurcir » sont maintenues au printemps à forte densité d'élevage, puis remises aux densités courantes en cours d'été. Les fortes densités peuvent être réalisées par l'augmentation du nombre d'individus par poche (essai 2004-05), ou par entassement de poches, les unes au dessus des autres (essai 2007-08). L'augmentation de densité présente l'avantage de pouvoir être mise en oeuvre sur le parc habituel (pas de transfert vers un parc plus exondant).

	Niveaux d'exondation (selon coef. marée)	Autre facteur (densité notamment)	Nombre de (demi-) poches par traitement	Durée d'endurcissement	Observation
<b>Essai 2003-04</b>	30, 40, 50, 60, 70, 80 (témoin)	Densité normale (230 par demi-poche)	2 à 4	2/5 au 29/08 (4 mois)	Montée vers les niveaux hauts étalée entre le 02/5 et le 2 juin
<b>Essai 2004-05</b>	30, 40 70 (témoin)	Densité 3200, 1600, 800, 400 (témoin)	1 à 2	16/4 au 30/08 (4.5 mois)	Les niveaux 30 et 40 sont regroupés dans les graphes pour plus de signification
<b>Essai 2005-06</b>	Haut (30-40), Bas (70)	Redescente au niveau bas à 4 dates : mai, juin, juillet, août	3	07 mars au :23 mai, 20 juin, 20 juillet, 23 aout, selon les lots	La densité d'huîtres est de 200 à 300 par demi-poche
<b>Essai 2007-08</b>	Haut (30-40), Bas (70)	Bas avec surdensité obtenue par superposition de demi-poches à 300 huîtres	3	05 avril au 18 juillet	Voir plus loin photo entassement de poches

Tableau 1 : protocole des différents essais

### Niveaux d'exondation

Les niveaux d'exondation ont été appréciés sur le terrain en référence aux niveaux de marée basse aux différents coefficients de marée (Table et Figures ci-dessous). Quelques estimations ont été faites par enregistrements de hauteur d'eau, notamment aux niveaux 30, 40 et 70, pour préciser les durées d'exondation (rapportées ci-dessous en % du temps). Une tentative de mesure de (différences de) hauteur a été également effectuée.

seuil d'exondation *	hauteurs poches **	temps exondé (%)
30	2.72 m	36%
40	2.31m	26%
70	1.46 m	13%

\* coefficient de marée minimum pour exondation pieds de table

\*\* hauteur par rapport au zéro hydrographique

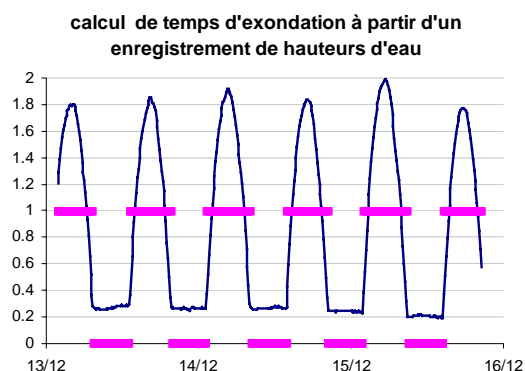


Figure 4 : principe d'estimation des durées respectives d'immersion / émergence, par enregistrement de hauteur d'eau (zéro variable selon pression atmosphérique)

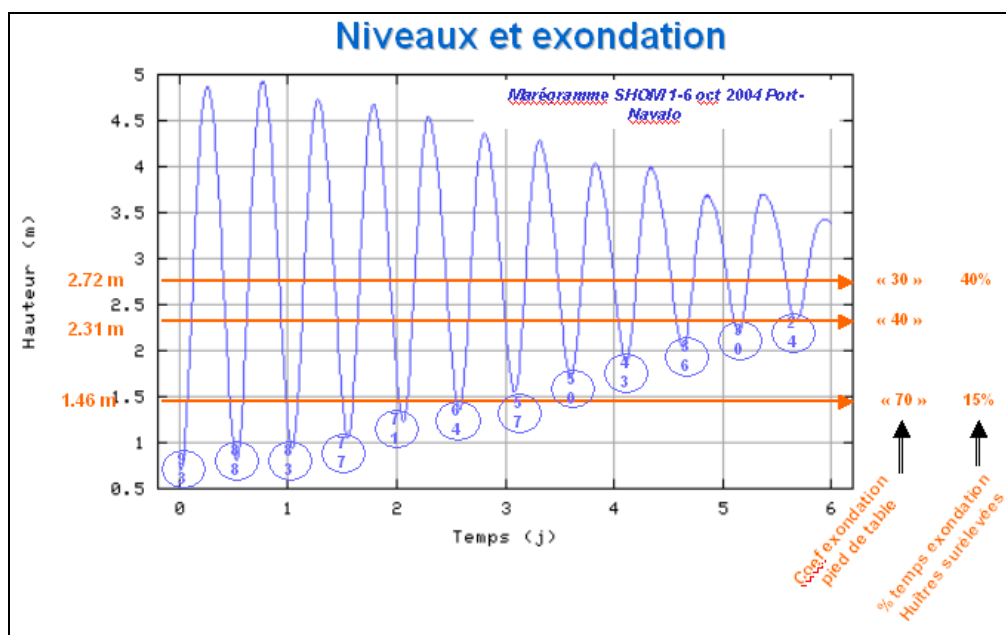


Figure 5 : estimation des hauteurs d'eau et temps d'exondation les plus utilisés dans ces essais.

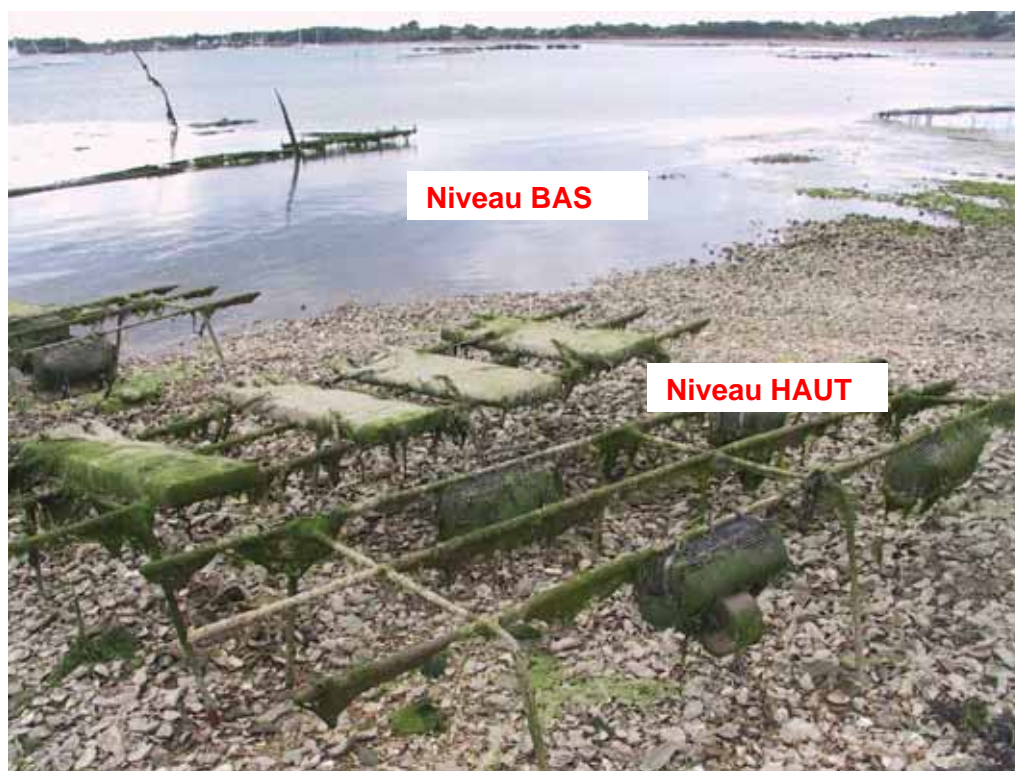


Figure 6 : photo du site et des niveaux

### Les densités

Trois manières de manipuler les densités ont été testées :

- huîtres collées une à une sur la face inférieure de la poche, à une distance variable, ce qui évite les déplacements et regroupements d'huîtres au fond d'une poche (Figure 7).
- huîtres libres au sein des poches, à des densités variables (la disposition ordinaire)
- poches superposées serrées les unes contre les autres (élastique), ce qui peut faciliter leur espacement progressif ultérieur (Figure 8)



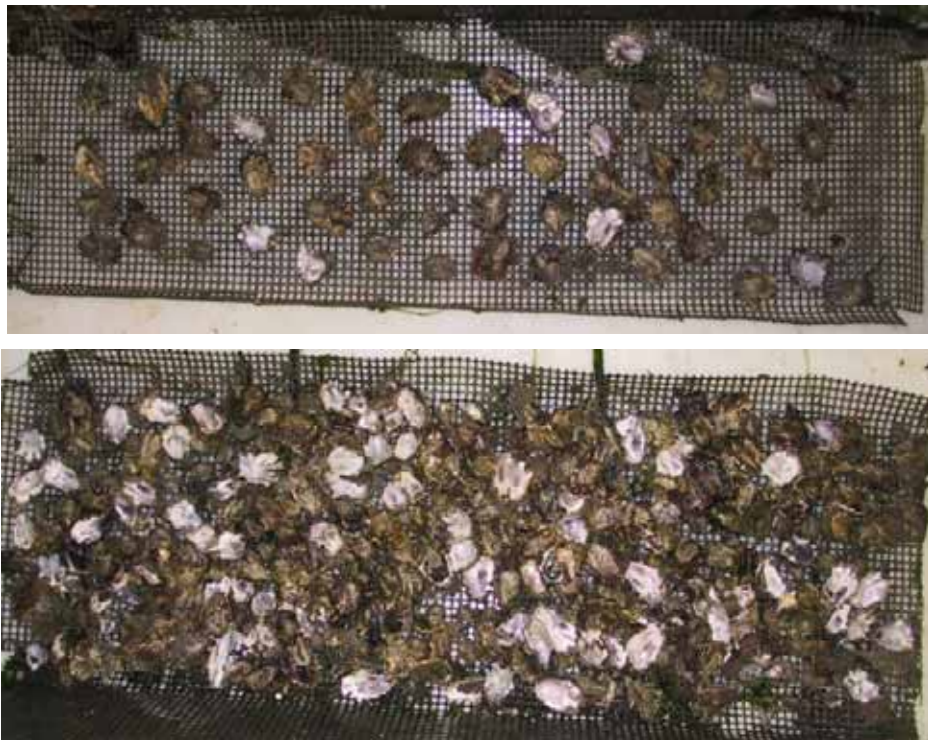


Figure 7 : photos illustrant 2 densités obtenues par collage d'huîtres différemment espacées



Figure 8 : photo illustrant une surdensité par superposition étroite de (demi-) poches

### 3. Résultats de l'endurcissement par le niveau d'exondation

#### 3.1. Synthèse de la série d'essais

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats de survie et croissance obtenus lors des différents essais, en cours d'été d'une part, en fin d'élevage à une taille proche de la taille marchande d'autre part.

Le **gain de survie estival** obtenu par exondation (à densité normale), va de **34% à 70%** (chiffres bleus du tableau), si on ne retient que les 3 séries où la mortalité du témoin a été d'au moins 50%.

Ce gain de survie estival se « paye » par un ralentissement de croissance important, mais relativement transitoire. En effet, la croissance reprend une fois les huîtres « endurcies » remises dans les conditions normales d'élevage (voir plus loin). Afin de juger globalement la variation induite de survie x croissance, on peut comparer le poids total au terme de l'élevage : au cours des 4 séries et sans exception, le **gain de poids total** sur les lots endurcis est compris **entre 31% et 60%** (chiffres oranges du tableau) : le meilleur bilan correspond à la série 2005-2006 avec la durée d'exondation la plus courte.

ESSAI 2003-2004	29/08/2003			24/02/2005		
	après endurcissement (fin août)			récolte finale		
	Survie (%)	Poids moy. (g)	Poids total (g)	Survie (%)	Poids moy. (g)	Poids total (g)
lots témoin	39.3	12.5	492.4	38.0	70.3	2672.9
lots endurcis	66.7	6.3	422.2	59.9	60.1	3598.2
ratio endurci / témoin	<b>1.70</b>	0.51	0.86	1.58	0.85	<b>1.35</b>
Test de différence	**	***	NS	*	NS	NS
(Anova)	P=0.002	P=0.0002	P=0.4	P=0.04	P=0.08	P=0.06

ESSAI 2004-2005	30/08/2004			20/10/2005		
	après endurcissement (fin août)			récolte finale		
	Survie (%)	Poids moy. (g)	Poids total (g)	Survie (%)	Poids moy. (g)	Poids total (g)
lots témoin	45%	16.9	768.3	41%	74.8	3103.7
lots endurcis	61%	10.8	655.8	61%	68.9	4177.0
ratio endurci / témoin	<b>1.34</b>	0.64	0.85	1.46	0.92	<b>1.35</b>

ESSAI 2005-2006	23/09/2005			23/01/2007		
	Fin d'été (fin sept)			récolte finale		
	Survie (%)	Poids moy. (g)	Poids total (g)	Survie (%)	Poids moy. (g)	Poids total (g)
lots témoin	50%	22.5	1127.3	48%	61.1	2937.9
lots endurcis (3 mois)	81%	14.8	1197.3	71%	66.4	4690.9
ratio endurci / témoin	<b>1.61</b>	0.66	1.06	1.47	1.09	<b>1.60</b>

ESSAI 2007-2008	18/07/2007			11/02/2009		
	été			récolte finale		
	Survie (%)	Poids moy. (g)	Poids total (g)	Survie (%)	Poids moy. (g)	Poids total (g)
lots témoin	82%	7.0	574.4	42%	78.5	3292.0
lots endurcis (3,5 mois)	97%	3.7	358.5	60%	72.3	4304.4
ratio endurci / témoin	<b>1.19</b>	0.52	0.62	1.42	0.92	<b>1.31</b>

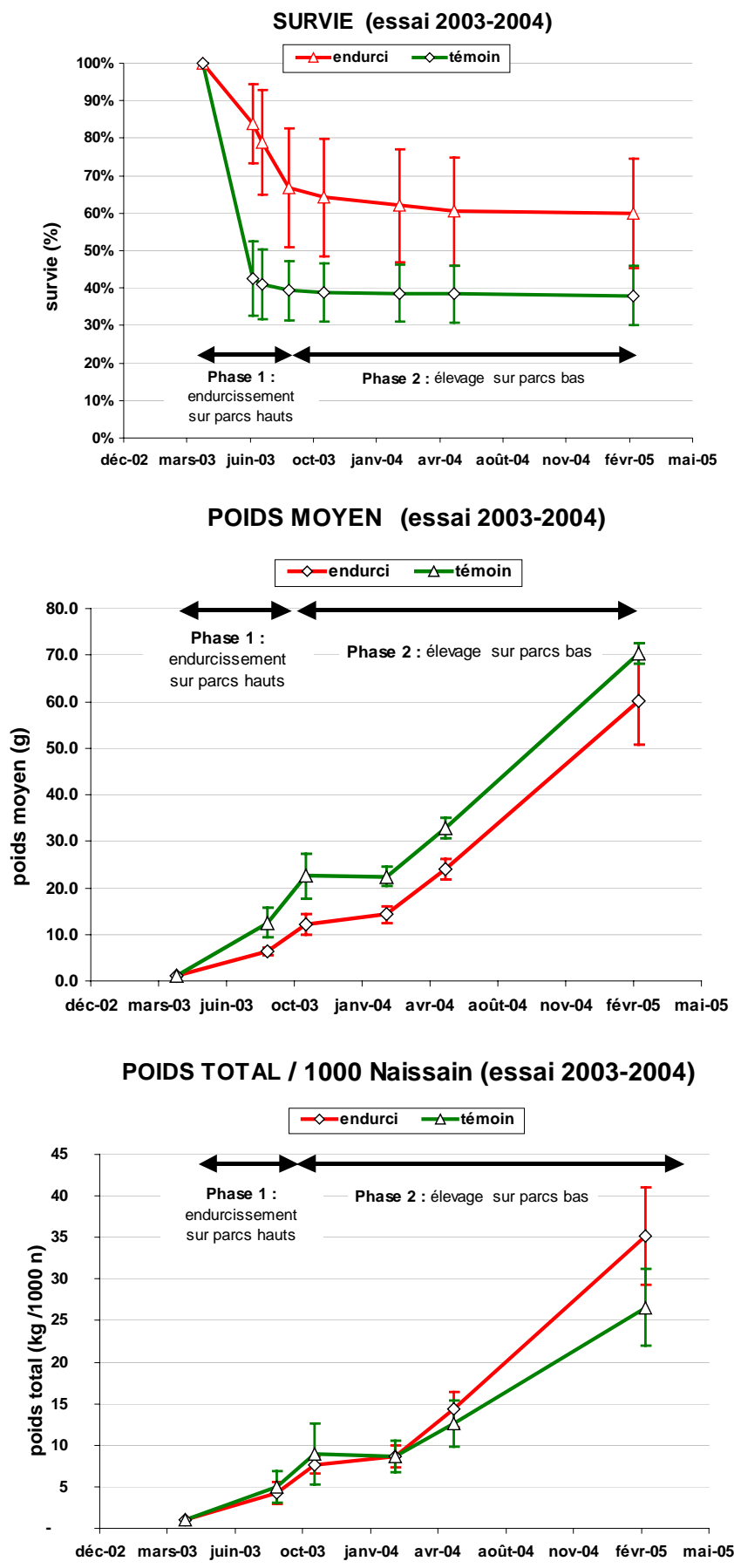


Figure 9 : survie, poids moyen et poids total des lots endurcis et témoins (moyennes et intervalles de confiance obtenus en regroupant 4 poches aux coefficients 30-40 pour les lots endurcis et 50 à 80 pour les lots témoins)

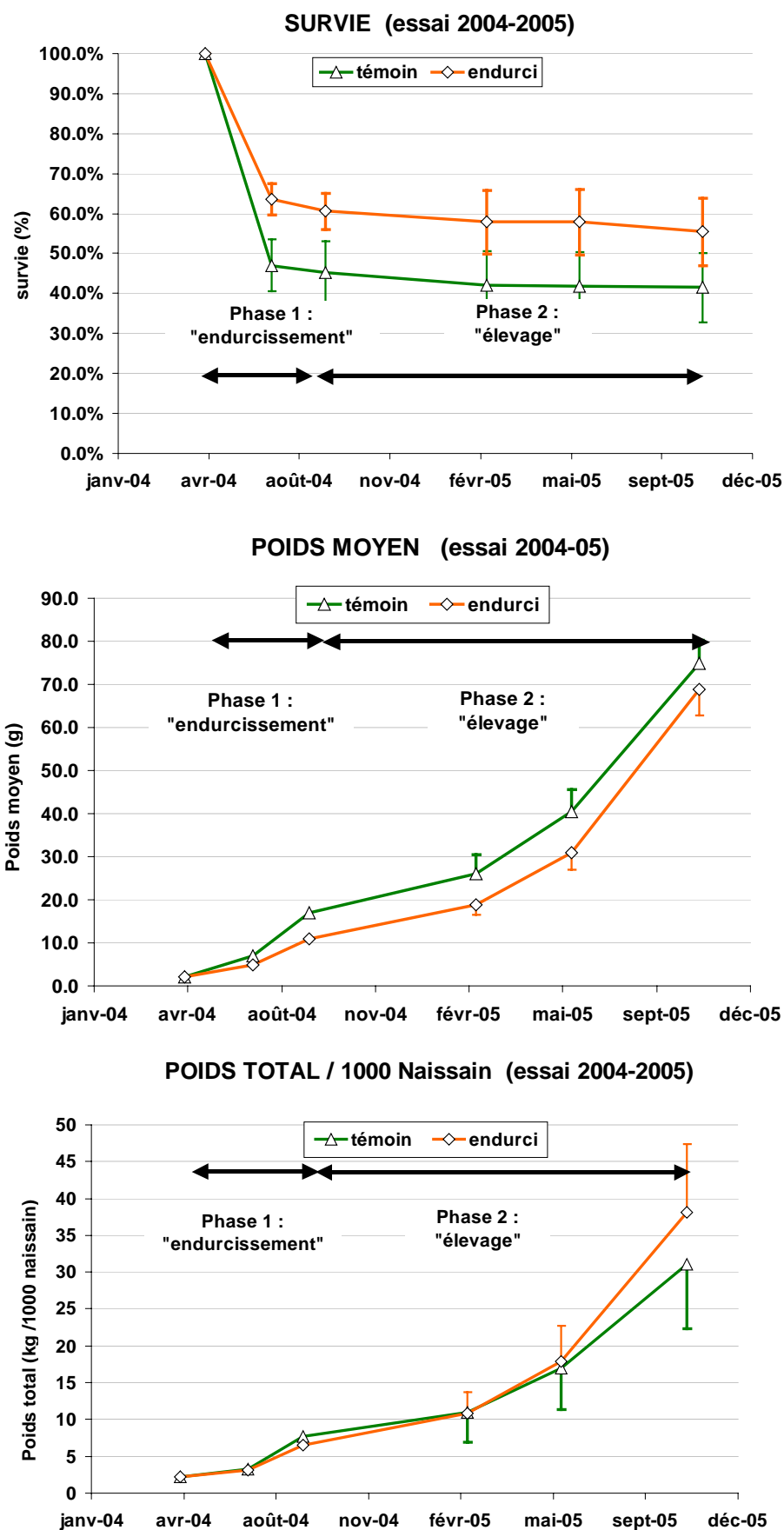


Figure 10 : survie, poids moyen et poids total des lots endurcis et témoins (moyennes comparant 2 poches aux coefficients 30-40 pour les lots endurcis et 1 poche à coefficient 70 pour le lot témoin ; écart-types calculés selon la distribution Binomiale)

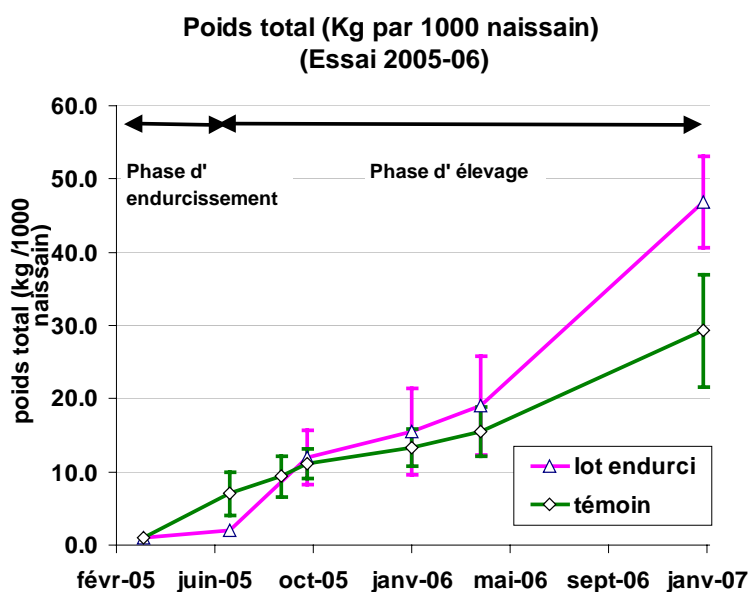
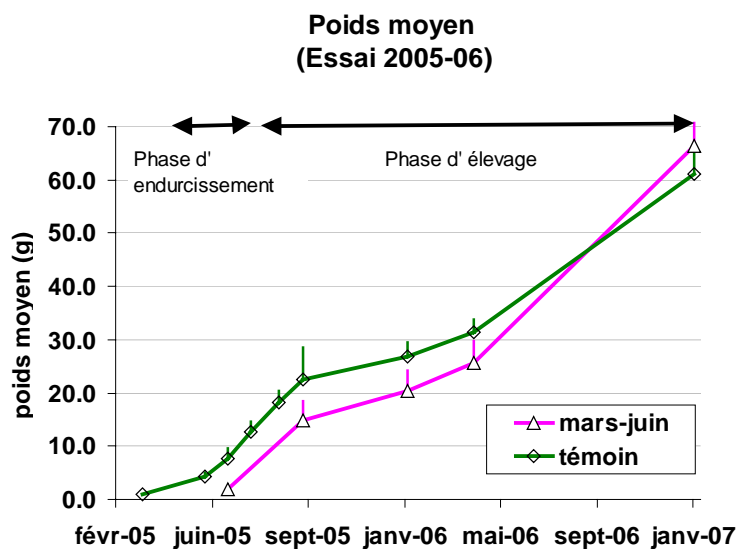
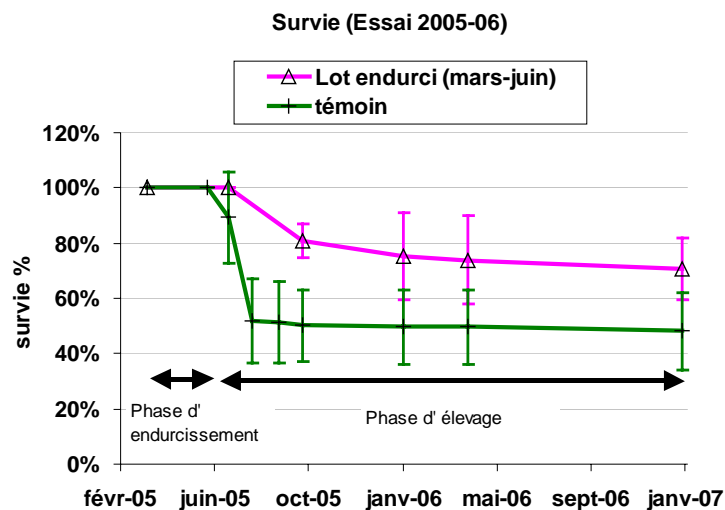


Figure 11 : survie, poids moyen et poids total des lots endurcis et témoins (moyennes et intervalles de confiance basés sur 3 poches par traitement)

### 3.2. Niveau optimum d'exondation

Les tableaux et graphiques du paragraphe 3.1 regroupaient les lots en 2 niveaux (endurci= haut, contre témoin=bas). L'expérience 2003-2004 a permis d'analyser plus précisément l'influence du niveau d'exondation (exprimée en coefficient de marée) : Figure 12. Il semble que le bénéfice de l'exondation ne soit manifeste que pour les niveaux très hauts (30-40). On peut noter que la même tendance ressortait de l'enquête réalisée lors des mortalités de 1995, en Normandie.

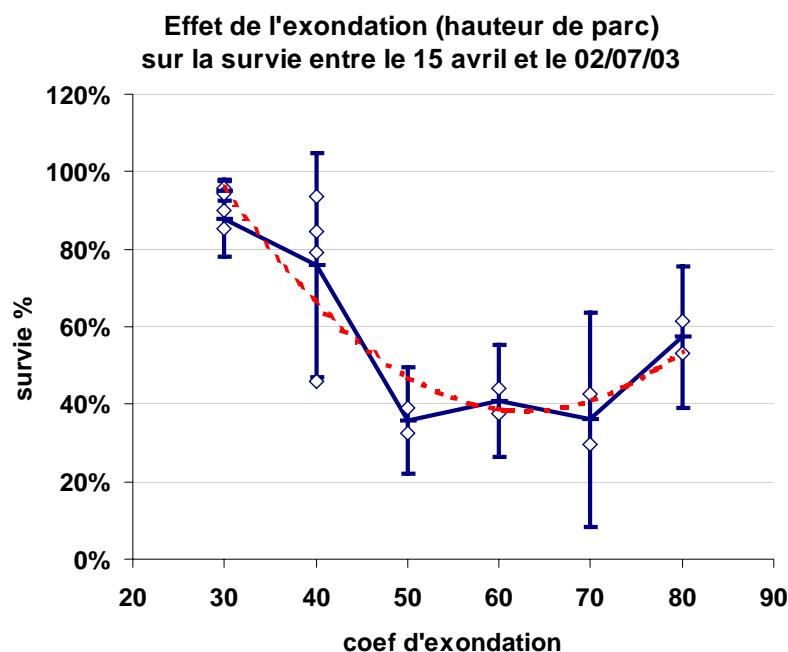


Figure 12: survie des lots de naissain, en début d'été, en fonction du niveau d'exondation (essai 2003-2004)

La figure ci-dessous illustre par ailleurs qu'une certaine mortalité peut continuer de se manifester, particulièrement sur les lots précédemment épargnés, mais pas au point de remettre en cause les différences observées (ceci justifie qu'un bilan soit fait une fois la taille marchande atteinte, comme dans le tableau récapitulatif du § 3.1)

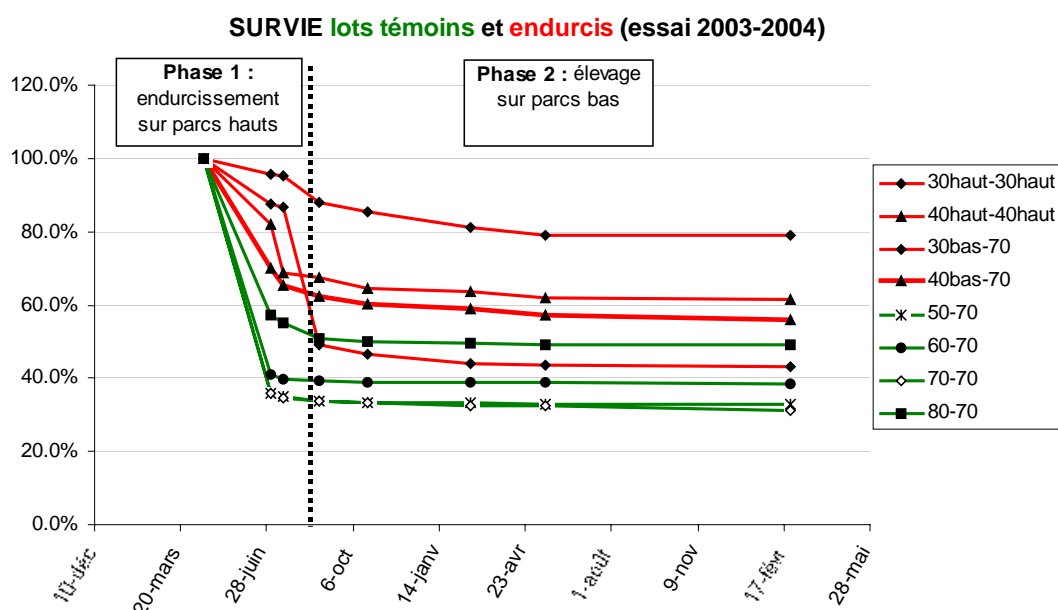


Figure 13: évolution de la survie des lots de naissain, en fonction du niveau d'exondation (essai 2003-2004)

### 3.3. Période optimale d'exondation

Si la série 2003-2004 a permis de préciser le niveau optimum d'exondation, la série 2005-2006 tente d'optimiser la durée et la période d'exondation. L'expérience a consisté à disposer une série de poches sur parc haut (coefficient d'exondation de 30-40), puis à les transférer sur parc bas par séries de 3, à des dates décalées : 23 mai, 20 juin, 20 juillet, 23 août. La survie obtenue est comparée à celle d'un lot de 3 poches témoin demeurées au niveau bas.

On observe que la survie est meilleure chez tous les lots endurcis que chez le lot témoin, mais à des degrés différents : Figure 14 et Figure 15. Le test de Fisher\* (sur données transformées pour les normaliser) affiche une différence significative ( $P < 0.003$ ), même à la date du 23/01/2007, en faveur d'un retour sur parc bas en juin et juillet.

Un endurcissement trop court (mars à mai) ou trop long (mars à août), fait à peine mieux que le témoin. **C'est un endurcissement de durée intermédiaire (mars à juin notamment) qui apporte le plus grand bénéfice en termes de survie.** Ce résultat favorable en terme de survie, avec un endurcissement de durée modérée ( 3.5 mois, entre le 7 mars et le 20 juin), apporte aussi des bénéfices en termes de croissance puisque le retard de croissance modéré durant le séjour sur le site exondant semble pouvoir être entièrement compensé par la suite (Figure 11).

Mais ce résultat éclaire aussi le mode d'action-même de l'endurcissement. Les poches témoin ont subi le principal des mortalités entre le 20 juin et le 20 juillet. On pourrait donc s'attendre à ce que les poches maintenues au niveau haut à cette période (jusqu'au 20 juillet au moins) survivraient mieux que les poches redescendues dès le 20 juin. Or, les 3 poches endurcies entre le 07 mars et le 20 juin, sans mortalité (la mortalité s'est à peine déclarée dans les bas à cette date) et redescendues dès le 20 juin subissent nettement moins de mortalité que les poches restées en bas, mais aussi moins que les poches redescendues le 20 juillet (en bleu) ou a fortiori le 23 août (en rouge). Il semble donc que (1) le bénéfice de l'endurcissement sur parc haut ne soit pas tant lié à l'isolement des conditions les plus défavorables du bas (agent infectieux par exemple), qu'à l'acquisition de traits physiologiques qui demeurent bénéficiaires même après transfert sur parcs bas en période de mortalité ; et que (2) à partir d'un moment, en été, les conditions hautes deviennent moins favorables que les conditions basses (affaiblissement par carence trophique ?). Ce type d'essai mériterait d'être réitéré pour validation.

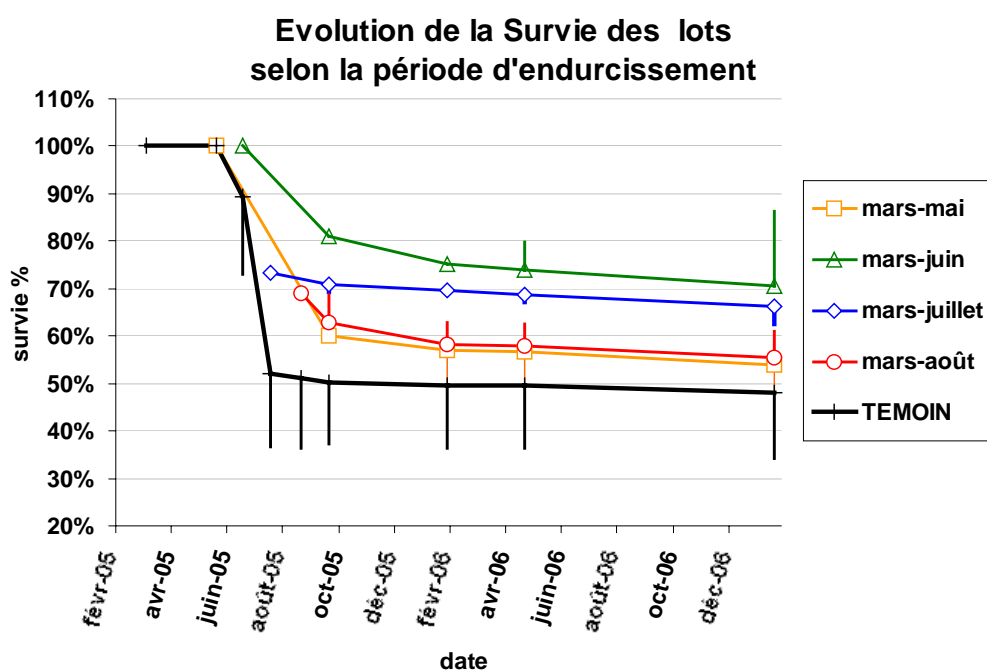


Figure 14 : évolution de la survie des lots depuis le 07 mars 2005 : chaque série est représentée à partir de son transfert du parc haut au parc bas, avec la survie observée à ce moment.

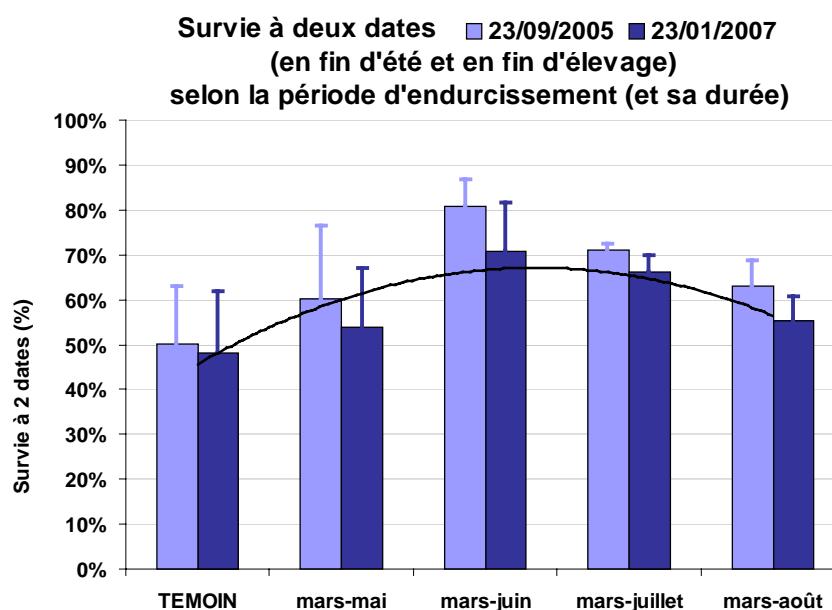


Figure 15 : récapitulatif des survies obtenues en fin d'été (23/09/2005) ou en fin d'élevage (23/01/2007), en fonction de la période où les lots ont été endurcis sur parc haut

### 3.4. facteur explicatif du bénéfice lié à l'exondation

Deux interprétations sont envisageables a priori :

#### Isolement des conditions défavorables

Selon cette interprétation, les huîtres échapperaient en partie, durant la phase d'endurcissement sur parc haut, aux conditions défavorables rencontrées sur parc bas. Récemment, P. Soletchnik (journées surmortalités des 1 & 2 décembre 2010 à Nantes) a ainsi émis l'hypothèse que le bénéfice principal de l'exondation pourrait consister dans une exposition réduite à l'herpès-virus OsHV-1. Si ce facteur intervenait seul, le bénéfice serait maximum pour un lot maintenu sur parc haut durant toute la période de mortalité dans les bas, ce qui n'est pas le cas.

#### Amélioration de la condition physiologique

Le fait que les lots ayant séjourné quelques mois au printemps sur parc haut survivent mieux une fois redescendus sur parc bas, même en période de mortalité, suggère que ces lots ont acquis des traits physiologiques durablement bénéfiques.

Un de ces traits physiologiques peut être le retard de maturation (Figure 16), sous l'effet de la privation trophique. Une telle réduction de l'effort de reproduction, durant la phase de réduction trophique a été observée (Gouletquer et al. 1987), et ses effets peuvent perdurer (une maturation initiée tardivement s'achève par l'atrésie des gamètes).

Une acclimatation à un manque de nourriture induisant une meilleure efficacité de pompage, filtration ou assimilation qui continuera d'être profitable une fois les huîtres remises en conditions trophiques normales est également envisageable : c'est même l'interprétation la plus cohérente avec l'ampleur et le caractère cumulatif de la croissance compensatrice mise en évidence par



Handley (1997) après bridage de la croissance (« stunting ») par réduction trophique. Cette hypothèse serait étayée dans Gillmor (1982).

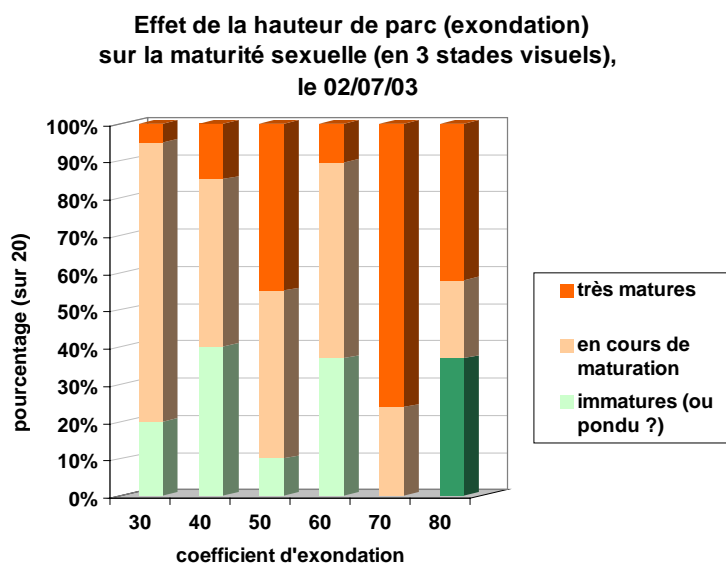


Figure 16 : stades sexuels estimés visuellement, sur des lots d'exondation différente

Ces stades de maturation mériteraient d'être étayés par un diagnostic en histologie.

### 3.5. Le rattrapage de croissance

Il apparaît que les lots à croissance initialement bridée, ont la capacité de rattraper leur retard, une fois remis en conditions favorables : Figure 17. Il semble toutefois que ce rattrapage se fasse d'autant mieux que le retard pris n'a pas été trop important. On note ainsi que le lot bridé jusqu'en août, ne parvient pas à compenser son retard durant la période d'étude.

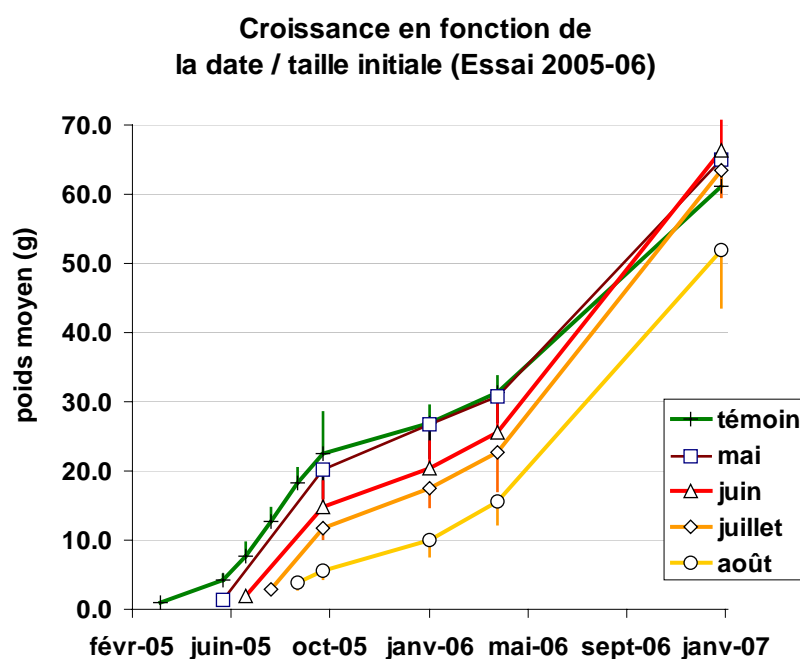


Figure 17 : courbes de croissance de lots bridés par exondation, après remise sur parc bas : phénomène de croissance compensatrice

## 4. Résultats de l'endurcissement par augmentation de densité

Si le bénéfice de l'endurcissement par exondation tenait pour une part importante au ralentissement de croissance, on pourrait escompter le même bénéfice par augmentation de la densité intra-poche (avec l'avantage de ne pas avoir à mobiliser des parcs d'élevage hauts spécifiques)

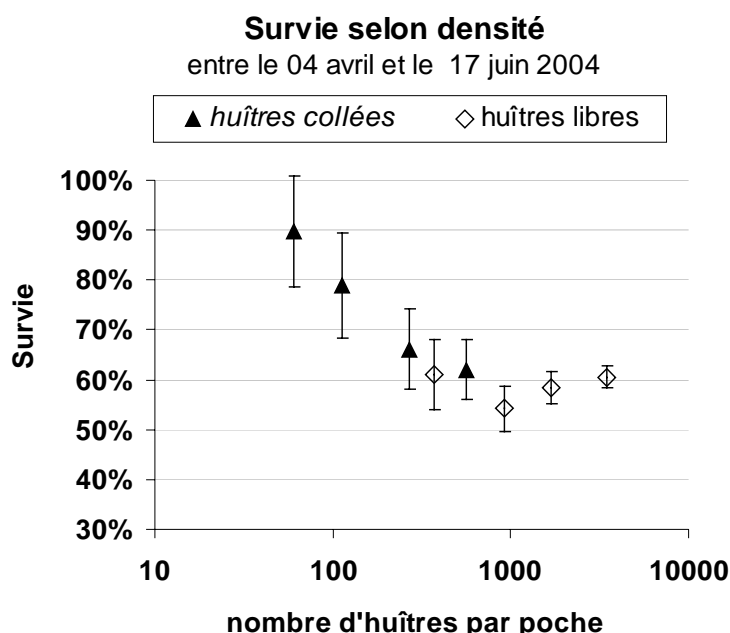
L'essai de 2004 a testé cette hypothèse, en faisant varier la densité au sein de demi-poches, de 2 manières :

- huitres collées à espacement variable sur la maille, pour réaliser la première gamme de faibles densités (entre 60 et 560 par équivalent-poche)
- huitres libres au sein des poches (400, 800, 1600 et 3200 en équivalent nombre par poche)

Le résultat de la Figure 18-a fait apparaître une réponse différente aux deux gammes de densité : l'augmentation de densité est d'abord préjudiciable jusqu'à 500 huitres par poche (survie chutant de 90 % à 60%) ; puis la tendance s'inverse, et une amélioration de survie se dessine jusqu'à la densité maximale testée de 3200 huitres par poche).

L'observation en parallèle de la croissance, représentée sur la figure 15-b, permet de fournir une interprétation :

- un effet négatif sur la survie de l'augmentation de densité est observé tant que la densité est assez faible et ne s'accompagne d'aucun ralentissement de croissance (triangles noirs des deux courbes) : l'explication la plus probable de cet effet est d'ordre épidémiologique (les agents infectieux se transmettent d'autant mieux que les huitres sont rapprochées).
- à partir du moment où la densité est assez forte pour induire un ralentissement de croissance, un bénéfice en terme de survie apparaît (losanges transparents des deux courbes).



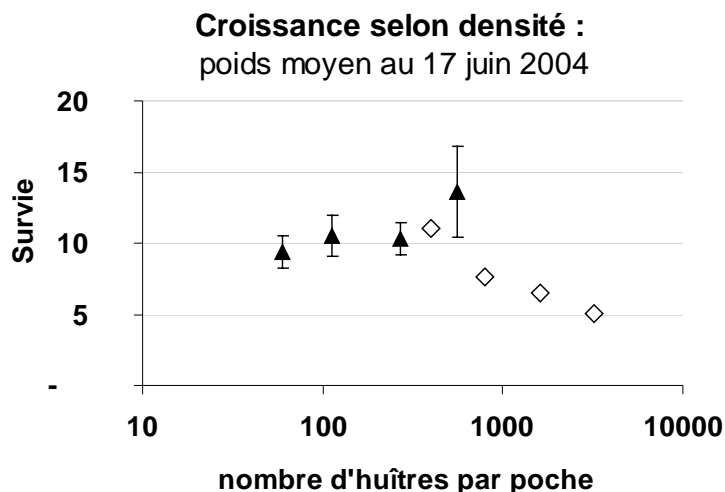


Figure 18 a et b: survie (a) et croissance (b) observées en fonction de la densité d'huîtres (collées aux plus faibles densités et libres aux plus fortes densités)

Un inconvénient de l'augmentation de densité est l'accroissement de la dispersion relative des tailles ou des poids, qu'elle provoque : ainsi a-t-on pu obtenir des coefficients de variation des poids moyens (ou écart type des poids individuels divisé par le poids moyen) allant de 25% aux densités les plus faibles à plus de 45% aux densités les plus fortes

En 2007, un autre procédé, susceptible de présenter des avantages en termes de manipulation des lots et gestion des densités, a été testé : la superposition de poches resserrées (Figure 19). Le résultat pour ce type de surdensité n'est pas concluant, la survie avoisinant 70 % entre le 05 avril et le 18 juillet 2007 et 60% au 19 juin 2008, sans différence significative entre les poches entassées et les poches témoin. Pourtant, le poids moyen était deux fois plus faible dans les poches entassées (3g contre 6g environ le 18 juillet).



Figure 19 : photo illustrant un essai d'augmentation de densité par empilement de poches (poches à tubes)

## 5. Discussion-conclusion

### 5.1. Le rattrapage de croissance

Les lots à croissance initialement bridée ont une certaine capacité à rattraper leur retard, une fois remis en conditions favorables, d'autant mieux que le retard pris n'a pas été trop important. Ce phénomène de **croissance compensatrice** est connu chez plusieurs espèces (invertébrés et vertébrés) : la compensation pourrait s'effectuer par le biais de plusieurs mécanismes métaboliques et physiologiques : par exemple, les dépenses énergétiques, réduites pendant la phase de restriction, resteraient relativement basses lorsque les apports sont augmentés. Cependant, Evans et al. (2006) n'ont pas obtenu de croissance compensatrice (simplement des croissances parallèles), chez *Crassostrea gigas*, à la suite de restriction trophique au stade de la nurserie. Il est généralement admis que c'est un phénomène complexe dépendant de l'âge auquel la restriction alimentaire est appliquée ainsi que de sa durée et sa sévérité. Une observation récente tirée de la modélisation de croissance de *C. gigas* dans différents sites (Alunno-Bruscia et al., 2011) pourrait fournir une explication : dans les sites à faible niveau trophique, les huîtres affichent une meilleure capacité à capter leur nourriture. On peut concevoir que cette aptitude acquise demeure, une fois ces huîtres transférées en site plus riche.

### 5.2. Interprétation des effets observés de l'endurcissement

L'acclimatation ou l'apprentissage précoce restent des phénomènes complexes aux effets mal connus. L'augmentation de la résistance à des conditions extrêmes (physico-chimiques ou toxiques) par acclimatation préalable a pu être démontrée chez différentes espèces (exemple : acclimatation thermique chez *Gambusia affinis* par Al-Habbib et al, 1993), mais nous n'en avons pas trouvé d'exemple référencé chez *C. gigas*. Berger et al (1979) étudiant l'acclimatation à la dessalure chez les mollusques distinguent des mécanismes différents pour la tolérance (stress modérés) et la résistance (stress importants).

L'espèce *Crassostrea gigas* supporte bien l'exondation : Spencer et al (1978) montrent que la survie n'est pas affectée jusqu'à au moins 30% du temps en exondation. On peut alors concevoir une bonne tolérance et un bénéfice en période printanière (avantages dans le cas d'un endurcissement court), mais une moindre tolérance et un stress en période estivale (retournement du bénéfice pour exondation prolongée en été). Plusieurs interprétations ont pu être données du phénomène d'endurcissement et de ses effets bénéfiques sur la survie ultérieure.

Au Japon ou en Corée, il s'agit d'un endurcissement prolongé qui correspond à la première année de croissance sur estran, avant une ou deux années d'élevage en suspension. Nous n'avons pas trouvé d'explication claire du processus, mais on peut penser que la meilleure herméticité et la plus grande épaisseur de coquille au terme de cette année d'estran, permettent aux huîtres de mieux échapper à certaines conditions défavorables de l'élevage en suspension (incluant les prédateurs).

Dans ces essais d'endurcissement printanier, il se peut que ces mêmes avantages liés à une meilleure herméticité et isothermie jouent un rôle. La restriction alimentaire peut également influencer, directement (physiologie, immunité...) ou indirectement (gamétogenèse ralentie...). Les conditions d'exondation ou de surdensité, en limitant le temps d'immersion ou de renouvellement d'eau, peuvent aussi avoir réduit l'exposition et donc la contamination par les agents pathogènes (l'herpès-virus notamment) : hypothèse formulée fin 2010 par P. Soletchnik). Le ralentissement de croissance par lui-même pourrait limiter la multiplication virale.

Au total, ces essais ont été plus axés sur la validation de l'hypothèse d'amélioration de survie par exondation ou densité que sur la mise en évidence des mécanismes sous-jacents explicatifs. Ils confirment clairement, car de manière constante et répétitive sur plusieurs années (mais sur un site

unique) le bénéfice que peut procurer l'exondation. Par contre ils ne sont pas concluants quant à l'intérêt d'augmenter les densités intra-poches : en effet, même si un bénéfice se dessine aux fortes densités, le risque infectieux est alors potentiellement exacerbé.

### 5.3. Stratégies alternatives

Une stratégie pourrait consister à laisser les jeunes huîtres passer la première année dans les bassins de captage, dans des conditions de croissance bridée (huîtres en poche, à forte densité, sur parcs hauts) : le « petit 18 mois » ainsi obtenu, d'un poids moyen avoisinant 5 grammes au printemps (Figure 20), a été utilisé à la place du naissain par certains professionnels, avec des résultats déclarés favorables (à confirmer).



Figure 20 : taille comparable du naissain et du « petit 18 mois (age différent d'un an)

Cette stratégie de contrôle des mortalités s'inscrit dans un ensemble de pratiques culturelles potentiellement favorables, selon les sites : filières d'élevage en suspension, cadres en eau profonde... (Figure 21)

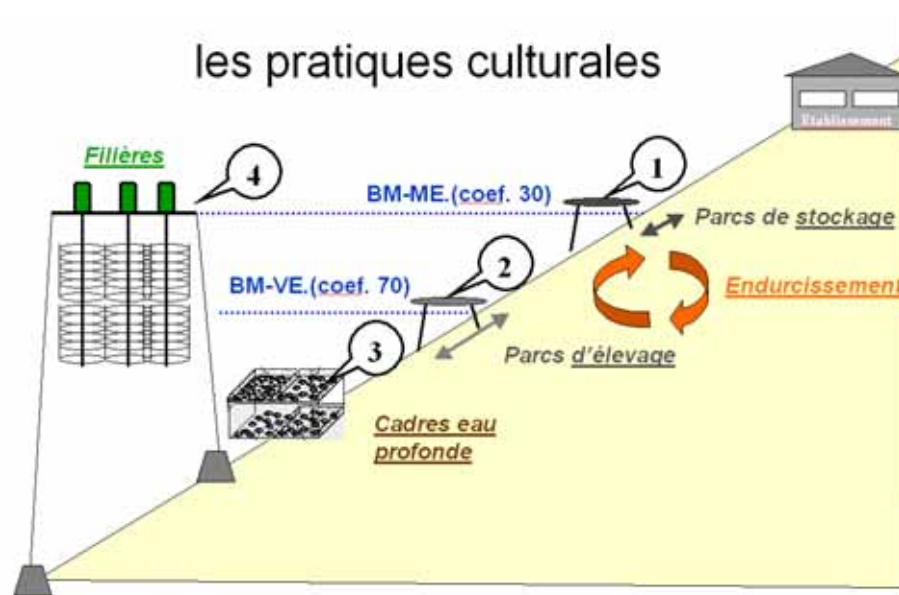


Figure 21 : Différentes méthodes d'élevage pour tenter de réduire les mortalités

## 6. Bibliographie

**Al-Habbib, O.A.M.;Yacoob, M.P.**, 1993. Effects of acclimatation and experience to changing heat and cold shock temperature on lethal temperature and thermal tolerance of *Gambusia affinis* (Baird and Girard) (Poeciliidae). *CYBIUM*, vol. 17, no. 4, pp. 265-272, 1993

**Alunno-Brucia, M., Bourlès.Y., Maurer, D., Robert, S., Mazurié, J., Gangnery, A., Gouletquer, P., and Pouvreau S.**, 2011 : « A single bio-energetics growth and reproduction model for the oyster *Crassostrea gigas*, in six Atlantic Ecosystems. *Journal of Sea Research*, Special Issue Aquadeb, 2011

**Berger, V.J., Kharazova, A.D.**, 1979 . Mecanisms of salinity adaptations in marine molluscs. *Hydrobiologia*. Pp. 115-126

**Cheney D., Elston R., MacDonald B., Kinnan K., Suhrbier A. (2001)**. Summer mortality of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* : influences of culture methods, site conditions and stock selection. *WAS Aquaculture 2001*. Book of abstracts.

**Child, A.R.;Laing, I.**, 1998. Comparative low temperature tolerance of small juvenile european, *Ostrea edulis* L., and Pacific oysters, *Crassostrea gigas* Thunberg. *Aquaculture Research*, vol. 29, no. 2, pp.103-113

**S. Evans , C. Langdon (2006)**. Effect of dietary restriction during juvenile development on adult performance of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) *Aquaculture* 259 (2006) 124–137

**Fleury P.G., Goyard E., Mazurié J., Claude S., Bouget J.F., Langlade A. & Le Coguc M.J.**, 1999. Le réseau REMORA de suivi des rendements d'élevage des huîtres creuses *Crassostrea gigas* ; analyse des premières tendances (1993-98) en Bretagne. *IFREMER /DRV /RA /RST /99-07*. 28p.

**Fruchard P.**, 1998. Contribution à l'étude de la mortalité estivale de l'huître creuse *Crassostrea gigas* en Baie de Marennes Oléron sur le banc ostréicole de Ronce-Perquis. Mémoire de maîtrise de l'Université de Rennes, 35p.

**Gillmor, R.B. (1982)** : Assessment of intertidal growth and capacity adaptations in suspension feeding bivalves. *Mar.Biol* 68 : 277-286

**Gouletquer P., Lombas I. , Prou J. (1987)**. Influence du temps d'immersion sur l'activité reproductric et sur la croissance de la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* et l'huître japonaise *Crassostrea gigas*. *Haliotis* 16 (1987) ; 453-462

**Gouletquer P., P. Soletchnik, O. Le Moine, D. Razet, P. Geairon, N. Faury, S. Taillade**, 1998. Summer mortality of the Pacific cupped oyster *Crassostrea gigas* in the Bay of Marennes Oléron (France). *Mariculture Committee CM/1998/CC:14*, 20p.

**Jones,C.R**, 1977. Comparison of survival, growth, and yield of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) from seed obtained from different sources. [Presented at: NSA Pacific Coast Section Annual Meeting; Tumwater, WA (USA); 1977].Summary only., *Proc. Natl. Shellfish. Assoc., Md.*, 68, 90-91, 1978

**Katayama,K.; Ikeda,Z.;Shinohara,M.**, 1979. The growth and survival of the seed oyster *Crassostrea gigas* with different hardening effects. *Bull. Fish. Exp. Stn. Okayama Prefect.*, 1978, 176-180, 1979

**Kopp J. & J.P. Joly**, 1996. Bilan des Mortalités estivales de naissains d'huîtres en Normandie, 1995. Rapport de laboratoire, 20p.

**Kuntz G.** (1997). Etude des facteurs physiques, chimiques et biologiques potentiellement responsables de mortalités estivales de juvéniles d'huîtres creuses, *Crassostrea gigas*, en rivière d'Auray de 1995 à 1997. Rapport de stage Ecole Nationale Vétérinaire Nantes, 26 p. - annexes.

**Lodato M.**, 1997. Mortalité estivale de l'huître creuse *Crassostrea gigas* sur les bancs ostréicoles de Perquis et Ronce (Bassin de Marennes-Oléron): étude des pratiques culturales et des caractéristiques biologiques et spatiales des élevages. Thèse Docteur Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, 127p.

**Mazurié J., G. Kuntz, S. Claude et T. Hirata** (1999). Prévention des mortalités estivales de naissain d'huîtres creuses. Expérimentations sur estran (rivière d'Auray, été 1998). RA/LCB/99-02. 17 p.

**Mazurié J., Fleury P.G., Bouget J.F., Claude S., Hirata, T. Langlade A., Martin A.G. & North B.**, 2000. Comparaison des performances d'élevage et de la vitalité de naissain d'huîtres creuses *Crassostrea gigas*, en 3 sites du Morbihan (rivière d'Auray et baie de Quiberon), de mai 1999 à mars 2000. IFREMER DRV /RA /RST /00-14. 47 p.

**Ropert M., Kopp J.**, 2000. Etude des mortalités ostréicoles de l'hiver 1998/1999 en Baie des Veys. RIDRV/RA/RST/2000.10. 53 p.

**Soletchnik P., O. Le Moine, N. Faury, D. Razet, P. Geairon, P. Gouletquer et G. Forest**, 1998. Mortalités printanières et estivales de l'huître creuse *C. gigas* dans le Bassin de Marennes Oléron: étude des élevages situés sur les bancs ostréicoles de Ronce Perquis. RIDRV-RA/RST/98.02/Ifremer La Tremblade, 55p.

**Samain, J.F., McCombie, H.** (Ed.), 2007. Mortalités estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas* : Défi Morest / Editeur Quae ; Ifremer. 379 p.

**Souchu P., E. Abadie, C. Vercelli, D. Buestel, J.C. Sauvagnargues**, 1998. La crise anoxique du Bassin de Thau de l'été 1997: bilan du phénomène et perspectives. R. Int. DEL/98.04/Sète, 32p.

**Spencer, B.E.; Key, D.; Millican, P.F.; Thomas, M.J.**, 1978. The effect of intertidal exposure on the growth and survival of hatchery-reared Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) kept in trays during their first on-growing season. *Aquaculture*, 13, 3, 191-203, 1978

**Terashima, S.; Katayama, K.; Shinohara, M.; Ikeda, Z.**, 1978. Hardening methods of the seed oyster, *Crassostrea gigas* for the culture of the oyster. 3. *Bull. Fish. Exp. Stn. Okayama Prefect.*, 150-156., 1978.

**Ventilla R.F.**, 1994. Recent Developments in the Japanese Oyster Culture Industry, In: J.H.S. Blaxter, Frederick S. Russell and Maurice Yonge, Editor(s), *Advances in Marine Biology*, Academic Press, 1984, Volume 21, Pages 1-57.

## ANNEXE 1 : Applications récentes

### Cap 2000 teste le « durcissement »

L'association Cap 2000 mène depuis le printemps des essais de pousse sur plusieurs sites morbihannais, expérience qui se situe en continuité des travaux conduits par Ifremer dans le programme Morest. Elle a associé plusieurs partenaires techniques, Agrocampus, Cochet Environnement et le bureau d'études Ameria, avec l'appui de Ifremer et des deux sections régionales bretonnes.

« Depuis les années 50, les Japonais subissaient de fortes mortalités sur leurs *gigas*, expliquent Sébastien Lemoine, secrétaire général, et Pierre-Yves Roussel, permanent. Ils effectuent leur captage en début d'été sur des chapelets de saint-jacques et les envoient sur les hauts de l'estran en septembre ou octobre. Les huîtres sont découvertes de 14 à 16 heures par 24 heures et subissent une mortalité de 20 à 30 %. Un an plus tard, elles sont mises en pousse plus bas sur l'estran. »

Cap 2000 a donc décidé de tester

des pratiques d'endurcissement sur plusieurs sites. « Il s'agit de placer le naissain dans un environnement où son métabolisme sera ralenti pendant la période de croissance et de reproduction, période à risque. »

Des poches garnies de naissain diploïde ou triploïde ont été implantées au printemps dans les hauts et les bas de 9 centres : Pénérif, Séné, Larmor-Baden, Baden, Locmariaquer, Saint-Philibert, Le Pô, Étel et Brest. « Sur 4 sites, la mortalité est nettement moins forte sur les hauts. Sur les autres, il faudra attendre car les mortalités se poursuivaient encore en juillet. » Sébastien Lemoine cite son cas personnel sur l'estran du Pô à Carnac. « Cette année, j'ai mis tout mon naissain sur les hauts, où il était

découvert 12 à 14 heures par jour. Le taux de mortalité était de 30 % au lieu de 70 à 80 % l'an dernier, ce qui me ramène au taux habituel, d'avant la crise. »

J.L.M.



Sébastien Lemoine, secrétaire général de Cap 2000, veut développer les pratiques d'endurcissement pour limiter les mortalités.

*Cultures marines, 01/09/2010*

## ANNEXE 2 : Ostréiculture au Japon

Pratiques culturelles dans l'ostréiculture japonaise, et en particulier l'endurcissement comme remède aux mortalités estivales.

Tiré de R.F. Ventilla, 1994, *Advances in marine biology*, vol 21

### Introduction

L'ostréiculture japonaise est pluri-centenaire. Elle porte principalement sur *Crassostrea gigas* (et *C. rivularis* dans l'île de Kyushu au sud). Traditionnellement, elle se pratiquait sur piquets ou à même le sol dur ou sableux : le ratissage des huîtres, en brisant les pousses, était déjà mentionné comme procédé de durcissement (hardening) de la coquille.

L'élevage en suspension a été mis au point en 1923, au laboratoire Kanagawa de l'université des pêches de Tokyo. Très vite, il s'est répandu dans toutes les régions du Japon, selon 3 modes de suspension : table (« rack ») ; radeau (« raft »), longues-lignes (« long lines »). La production actuelle avoisine 200 000 tonnes par an en poids entier avec coquille (34 000 tonnes de chair). Différentes variétés géographiques sont cultivées :



- l'huître d'Hokkaido, grande et à coquille épaisse, avec une chair à manteau blanc
- l'huître de Sendai or Miyagi, grande et aplatie, à manteau brun, et chair aqueuse
- l'huître d'Hiroshima, petite, large et très creuse, à pousse rapide, avec un manteau noir, la préférée au point de vue gustatif.

L'élevage est pratiqué depuis le nord d'Hokkaido, jusqu'au Sud des îles de Honshu et Kyushu, mais les 2 principaux centres sont la baie de Miyagi (principal centre de captage) et la baie d'Hiroshima (principal centre d'élevage). A noter que la température estivale atteint couramment 22-26°C dans ces sites, alors qu'elle dépasse rarement 20°C dans les bassins français de la côte Atlantique.

### ***L'élevage en baie d'Hiroshima***

La baie d'Hiroshima est une zone enclavée entre 2 îles, bien abritée, mais assez mal renouvelée, de 30 m de profondeur maximum. La température varie de 10°C en hiver à 28°C l'été en surface (25°C au fond). La salinité est minimale en été, après la saison des pluies de juin (chutes de salinité jusqu'à 20-25 g/l en surface). C'est une zone particulièrement polluée, et eutrophisée.

Les premières pontes ont lieu à partir de fin mai (fin juin indiqué dans autre §), à une température de 18-20°C, et se poursuivent jusqu'au maximum de température (28°C, en août). Bien que le captage puisse se faire directement en eau profonde, la technique de prégrossissement qui fournit le naissain le plus résistant utilise des cadres (ou portiques) (racks) disposés en secteur découvrant, au niveau des basses mers de morte-eau. Ces portiques sont formés de piquets de bambou et de traverses, sous lesquelles sont suspendues les collecteurs (chapelets de 120 coquilles St Jacques, sur 2 m de long). Le naissain une fois fixé va y rester en « durcissement » entre 1 et 9 mois, avant d'être élevé en suspension sous radeaux en eau profonde. Un radeau d'élevage type, a une armature en bambous et des flotteurs en polystyrène, occupe 200 m<sup>2</sup>. 3500 ha sont en culture

### ***Captage et élevage dans le secteur de Miyagi***

Dans le secteur côtier de Miyagi, la grande baie de Sendai est très largement ouverte à l'influence de l'océan Pacifique, avec une eau plus froide (25°C en été) et moins dessalée (31 g/l minimum). Cette large baie abrite elle-même différentes petites baies cotières plus enclavées comme la baie peu profonde de Matsushima (partiellement eutrophe), celle de Mangoku-ura (oligotrophe). ou celle, plus exposée, de Kobuchi (la plus fraîche). C'est dans la baie ouverte de Sendai, qui bénéficie de la confrontation de courants opposés que se produit le captage du naissain, tandis que le prégrossissement et l'élevage se font dans les baies adjacentes. Ces petites baies exondantes se sont spécialisées dans « l'endurcissement » (hardening) du naissain, pour le marché local ou pour l'exportation (rack culture).

Ce prégrossissement sur collecteurs peut être de courte durée (entre le captage de fin juillet-août et septembre) pour le marché local, ou de longue durée (jusqu'en mars) pour la fourniture à l'exportation de naissain le plus endurci. Un captage de 150-200 naissain par coquille, fournira 40-50 naissain après endurcissement. Ces chapelets de coquilles garnies de naissain seront ensuite suspendues sous les longues lignes, en baie de Sendai, en eau profonde. Une longue ligne type fait 90 m de long et supporte 1500 chapelets de 2 m de long, portant 70-80 coquilles St Jacques garnies de naissain.