

Les  
**publications**  
de la Direction de l'innovation  
et des technologies

# Rapport de recherche-développement

**N° 189**

Boudinage estival en lagune  
aux Îles-de-la-Madeleine

François Bourque  
Bruno Myrand

## **Boudinage estival en lagune aux Îles-de-la-Madeleine**

Rapport de recherche-  
développement n° 189

François Bourque  
Bruno Myrand

**Réalisation**

Julie Rousseau, responsable du bureau d'édition

**Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec**  
**Bureau d'édition - DIT**  
**96, montée de Sandy Beach, bureau 2.05**  
**Gaspé (Québec) G4X 2V6**  
**publications.dit@mapaq.gouv.qc.ca**

Pour une version gratuite (fichier pdf) de ce document, visitez notre site Internet à l'adresse suivante :  
<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Peche/md/Publications/> ou écrire à l'adresse de courriel ci-dessus.

ISBN (version imprimée) : 978-2-550-58622-7  
ISBN (version PDF) : 978-2-550-58623-4

Dépôt légal – Bibliothèque et archives nationales du Québec, 2010

## Boudinage estival en lagune aux Îles-de-la-Madeleine

*François Bourque<sup>1</sup>, Bruno Myrand<sup>1</sup>*

1 Centre maricole des Îles-de-la-Madeleine, 125 chemin du Parc, Cap-aux-Meules, Québec, G4T 1B3. Actuellement, Merinov.

---

**On doit citer ce document comme suit :** BOURQUE, François, Bruno MYRAND. 2010. *Boudinage estival en lagune aux Îles-de-la-Madeleine*. Les Publications de la Direction de l'innovation et des technologies. Rapport de R-D n° 189. 15 pages.

### Résumé

Des essais de boudinage estival ont eu lieu en 2005 et 2006 dans la lagune du Havre aux Maisons aux Îles-de-la-Madeleine. En juin 2005, l'utilisation de stocks de remplacement à celui généralement utilisé par les mytiliculteurs madeleinois, soit le naissain du bassin du Havre Aubert, a permis d'obtenir des rendements allant jusqu'à 8 kg/m de moules commerciales. Une croissance d'environ 40 mm sur une période de 1 an a été observée sur les stocks de la baie de Plaisance et de la lagune du Havre aux Maisons. L'utilisation de très petits naissains (< 10 mm) n'a pas permis d'obtenir de bons rendements 1 an après le boudinage. Pourtant considérées résistantes à la mortalité estivale, de jeunes moules d'un an provenant du bassin du Havre Aubert ont subi une mortalité non négligeable. Dans le second volet, des moules d'un même stock (Havre-aux-Maisons) ont été boudinées entre juin et août 2006 afin d'évaluer l'effet de la période de boudinage. Les quatre essais de boudinage ont offert des rendements comparables de moins de 4 kg/m de moules commerciales à l'été 2007. Des diminutions de densité de 57 % à 78 % sur une période de 1 an expliquent les rendements modestes obtenus. Les moules boudinées à la mi-juillet ont sécrété 50 % plus de byssus à court terme que celles boudinées en juin et en août. La force d'attachement des moules a été évaluée deux et cinq semaines après chacune des périodes de boudinage. Malgré la variabilité dans le temps, la force d'attachement semble avoir été toujours suffisante et ne peut être mise en cause pour expliquer les pertes observées.

### Abstract

Summer socking trials took place in 2005 and 2006 in the Havre aux Maisons lagoon on the Magdalen Islands. In June 2005, the use of other spat stocks instead of the Havre Aubert stock generally used by Magdalen Islands mussel producers resulted in commercial mussel yields of up to 8 kg/m. Growth of about 40 mm over a period of one year was observed in the stocks taken from the Baie de Plaisance and Havre aux Maisons lagoons. The use of very tiny spat (< 10 mm) did not produce good yields one year after socking. Although considered resistant to summer mortality, the young one-year-old mussels from the Havre Aubert basin suffered significant mortality. In the second component of the study, mussels from a single stock (Havre-aux-Maisons) were socked between June and August 2006 to evaluate the effect of socking time. The four socking trials produced comparable yields of less than 4 kg/m of commercial mussels in summer 2007. The modest yields obtained can be explained by falling densities over a period of one year in all groups (from 57 to 78% lower). The mussels socked in mid-July secreted 50 percent more byssal threads in the short term than those socked in June and August. Mussel attachment strength was evaluated two and five weeks after each socking time. Although it varied over time, attachment strength appears to have always been sufficient and cannot be a factor in the losses observed.

Mots clés : boudinage estival, moule, force d'attachement, rendement commercial

Key Words : summer socking, mussels, attachment strength, commercial yield



## Table des matières

1. Introduction.....	1
2. Volet 1. Analyse comparative des stocks boudinés en période estivale .....	1
2.1 Objectif du projet.....	1
2.2 Méthodologie .....	2
2.3 Résultats.....	3
2.4 Discussion .....	5
3. Volet 2. Périodes de boudinage estival et force d'attachement des moules .....	7
3.1 Objectif du projet.....	7
3.2 Méthodologie .....	7
3.3 Résultats.....	13
3.4 Discussion .....	12
4. Discussion générale sur les deux volets et recommandations.....	13
Références .....	13
Annexe 1 .....	14
Annexe 2 .....	15

### Liste des figures

Figure 1. Taille comparative des moules suite au boudinage estival de 2005 et lors de la récolte en 2006 .....	3
Figure 2. Évolution des densités des trois stocks comparés.....	4
Figure 3. Évolution de la température dans la lagune du Havre aux Maisons de mai à octobre 2005 .....	6
Figure 4. Taille comparative des moules suite aux quatre périodes de boudinage à l'été 2006 puis lors de la récolte le 10 juillet 2007 .....	8
Figure 5. Évolution de la densité moyenne de moules sur les boudins .....	10
Figure 6. Rendement commercial moyen en fonction des dates de boudinage .....	11
Figure 7. Nombre de filaments de byssus produits en trois jours et indice de condition des moules en fonction de la période de boudinage estival .....	11
Figure 8. Force requise en Newton pour détacher les moules des boudins deux et cinq semaines après chacune des quatre périodes de boudinage .....	12
Figure 9. Évolution de la température dans la lagune du Havre aux Maisons de mai à novembre 2006 .....	12

### Liste des tableaux

Tableau 1. Date et température lors des périodes de boudinage estival avec le naissain des trois stocks .....	2
Tableau 2. Taille, poids de la coquille et de la chair sèche, et indice de condition des trois stocks boudinés en juin 2005 .....	5
Tableau 3. Estimation du rendement commercial des trois stocks boudinés en 2005 .....	5
Tableau 4. Date et température lors des quatre périodes de boudinage estival.....	7
Tableau 5. Proportion de moules mortes retrouvées sur les boudins lors des échantillonnages réalisés en 2006 et proportion des moules mortes récemment.....	10
Tableau 6. Indices de condition des moules prélevées sur les boudins .....	11

## Liste des photos

Photo 1.	Boudinage en continu du stock de Baie de Plaisance le 30 juin 2005.....	2
Photo 2.	Levée d'une filière pour échantillonnage le 19 juillet 2005 .....	2
Photo 3.	Échantillonnage d'une section de boudin le 3 mai 2006 .....	3
Photo 4.	Mortalité observée sur un boudin le 13 septembre 2005 .....	4
Photo 5.	Évaluation de la capacité de rattachement des jeunes moules à court terme au moment du boudinage .....	7
Photo 6.	Évaluation de la force d'attachement à moyen terme .....	8
Photo 7.	Évaluation de la force d'attachement à moyen terme .....	8
Photo 8.	Échantillonnage du 10 juillet 2010 de moules boudinées le 26 juin 2010 .....	9
Photo 9.	Échantillonnage du 10 juillet 2010 de moules boudinées le 5 juin 2010 .....	9

# Boudinage estival en lagune aux Îles-de-la-Madeleine

## 1. Introduction

Le cycle de production habituel aux Îles-de-la-Madeleine requiert une période de mise en boudin très intense à l'automne. En effet, les deux entreprises en activité au moment de la réalisation du projet boudinaient essentiellement du naissain du bassin du Havre Aubert pendant la période d'octobre à décembre. Chacune des entreprises mettait alors en production plus de 100 filières pour une production visée d'environ 200 tonnes. Cette stratégie s'imposait puisque le naissain de moules du bassin possède des caractéristiques avantageuses de croissance et de résistance au stress (Myrand et Gaudreault, 1995; Tremblay *et al.*, 1998; Myrand *et al.* 2002). Le naissain des grandes lagunes (Havre aux Maisons et Grande Entrée) a, quant à lui, été utilisé de façon sporadique au cours des dernières années, généralement pour compenser un manque de naissain au bassin du Havre Aubert. Antérieurement, les moules de ces lagunes avaient démontré une faible résistance au stress, et donc, à la mortalité estivale (Myrand *et al.*, 2000; 2002), ce qui les rendait moins attrayantes pour la production commerciale. Les deux entreprises mytilicoles se questionnaient sur le rendement possible.

Dans le cadre d'un projet d'évaluation du potentiel d'élevage en mer aux Îles-de-la-Madeleine, il a été observé que la collecte de naissain était abondante et que la ponte était plus tardive qu'en lagune. Ceci fait en sorte que le naissain est de plus petite taille à l'automne, ce qui peut rendre l'opération de boudinage moins intéressante. Toutefois, ces jeunes moules peuvent atteindre une taille idéale pour un boudinage printanier et estival. Ce boudinage tardif aurait l'avantage commercial de pouvoir s'insérer dans le calendrier d'opérations des entreprises mytilicoles. Il constituerait également une sécurité intéressante permettant de corriger d'éventuels problèmes de boudinage survenus durant l'automne précédent.

Cependant, la manipulation de jeunes moules en période estivale soulevait certaines interrogations, car de fortes mortalités ont été observées pendant cette période au cours des années 90 (Myrand et Gaudreault, 1995). Ces mortalités importantes étaient liées au stress causé par une ponte massive combinée à des températures élevées, c'est-à-dire  $> 20^{\circ}\text{C}$  (Myrand *et al.*, 2000). Cette expérience avait toutefois été menée sur des moules de deux ans et les résultats observés ne pouvaient s'appliquer directement à notre expérience qui, elle, s'intéressait à la production obtenue avec de jeunes moules d'un an manipulées en période estivale.

Outre la mortalité, un affaiblissement de la capacité de rattachement des jeunes moules boudinées en période estivale a été suggéré comme cause possible de rendements plus faibles. En effet, les jeunes moules doivent être séparées et triées avec une dégrappeuse-trieuse pour faciliter leur mise en boudins. Une fois boudinées, elles doivent sécréter de nouveaux filaments de byssus pour s'attacher solidement au substrat d'élevage sinon, elles risquent de tomber plus facilement sur le fond. Il y aurait des conséquences sur la production si les conditions rencontrées par les jeunes moules faisaient en sorte qu'elles sécrètent moins de filaments. La capacité de rattachement des moules a donc été évaluée à la suite de l'opération de boudinage estival.

Carrington (2002) a démontré une relation inverse entre le cycle de reproduction et la force d'attachement des moules sauvages. De plus, Lachance *et al.* (2008) ont démontré que la force d'attachement des moules de deux ans placées en élevage dans la lagune de Havre aux Maisons devenait minimale au moment de la ponte estivale (fin juin en 2005) et demeurait faible pendant tout l'été. Il est aussi possible qu'en situation de stress, la moule puisse investir moins d'énergie pour la sécrétion de filaments, car elle doit canaliser son énergie en priorité pour combattre son stress. La manipulation des jeunes moules pour l'opération de boudinage en période estivale, lorsque la température de l'eau est élevée, est peut-être suffisamment stressante pour entraîner ce type de conséquence. Outre le nombre de filaments de byssus, la force d'attachement est également influencée par les propriétés matérielles de ces derniers, lesquelles varient dans la saison (Moeser et Carrington, 2006). La force d'attachement à court et moyen termes suite à diverses périodes de boudinage a ainsi été évaluée dans le cadre de ce projet.

À l'été 2003, des essais de boudinage ont eu lieu dans la région de la Baie des Chaleurs en Gaspésie (Tamigneaux et Leblanc, 2006). Une baisse de rendements nets à la récolte a été observée pour des boudins fabriqués après la mi-juillet avec du naissain de 24-36 mm. Toutefois, les rendements nets à la récolte étaient toujours très satisfaisants pour le naissain de 12-24 mm, avec  $> 4,5$  kg/m de moules commerciales en 2005. Les auteurs suggéraient d'éviter de boudiner avec du gros naissain au-delà de la mi-juillet.

Le présent rapport se divise en deux volets. Le premier est en relation avec l'utilisation du naissain de la baie de Plaisance (BP). La performance de différents stocks, incluant le naissain de BP, en élevage dans le même milieu (lagune du Havre aux Maisons) a été comparée à la demande de l'industrie mytilicole des Îles et de la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM). Dans un deuxième volet, le même stock (naissain de la lagune du Havre aux Maisons) a été boudiné à diverses périodes pendant l'été et mis en élevage dans la lagune du Havre aux Maisons pour évaluer les rendements obtenus.

## 2. Volet 1. Analyse comparative des stocks boudinés en période estivale

### 2.1 Objectif du projet

L'objectif principal de ce volet était d'évaluer le potentiel d'utilisation du naissain de la baie de Plaisance pour sa mise en élevage dans les grandes lagunes à des fins de remplacement ou de complémentarité avec le naissain utilisé actuellement et provenant essentiellement du bassin de Havre Aubert.

Afin de répondre à certaines questions de l'industrie, une comparaison de performance entre le naissain du large (baie de Plaisance), celui de la lagune du Havre aux Maisons et celui du bassin du Havre Aubert a été ajoutée.

## 2.2 Méthodologie

Le projet a débuté par la mise en boudin des trois stocks de naissain dans la lagune du Havre aux Maisons en juin 2005. Les stocks évalués étaient ceux de la baie de Plaisance (BP), du bassin du Havre Aubert (BHA) et de la lagune du Havre aux Maisons (HAM). Le naissain BP et HAM a été récupéré sur place directement à partir de collecteurs qui avaient été installés l'été précédent et qui avaient été hivernés sous glace. Le naissain BHA a eu une histoire différente. Il provenait de collecteurs immergés au bassin du Havre Aubert à l'été 2004 puis transférés dans la lagune du Havre aux Maisons pour l'hiver. Le captage avait été tardif et très peu abondant cet été là au Bassin, d'où le transfert direct de collecteurs de BHA vers HAM. Le naissain peu abondant et de petite taille retrouvé sur les collecteurs n'était pas réellement représentatif d'un captage habituel à BHA.

Ce projet se voulait essentiellement un suivi en entreprise puisqu'il y a eu peu de réplifications et que les trois stocks, n'ayant pas été boudinés en même temps (tableau 1), n'ont pas été soumis à des conditions expérimentales identiques. La technique de boudinage utilisée fut celle du boudinage en continu (photo 1).



Photo 1. Boudinage en continu du stock de Baie de Plaisance le 30 juin 2005

Les paramètres de boudinage ont été ceux utilisés par le mytiliculteur lors de ses opérations habituelles. La mise en boudin du naissain HAM a d'ailleurs été faite par le mytiliculteur lui-même, ce qui explique qu'elle ait été plus hâtive que les deux autres. Le boudinage du naissain BHA et BP a été effectué en fonction de la disponibilité du mytiliculteur.

Tableau 1. Date et température lors des périodes de boudinage estival avec le naissain des trois stocks

Stock	Date de mise en boudin	Température (°C) lors du boudinage
Havre aux Maisons (HAM)	5 juin 2005	10
Havre Aubert (BHA)	22 juin 2005	13
Baie de Plaisance (BP)	30 juin 2005	13

Le naissain n'a pas été trié en fonction de sa taille avant la mise en boudin. Aucune mesure de la taille du naissain n'a été prise au moment des périodes de boudinage (5, 22 et 30 juin 2005).

Pour chacun des trois stocks, deux filières avec chacune 250 mètres de boudins ont été mises en production et identifiées. À chaque échantillonnage, trois sections d'un mètre de boudin ont été prélevées aléatoirement sur chacune des filières pour un total de six échantillons par stock (photos 2 et 3).



Photo 2. Levée d'une filière pour échantillonnage le 19 juillet 2005



Photo 3. Échantillonnage d'une section de boudin le 3 mai 2006

Un premier échantillonnage a été réalisé le 19 juillet, un second le 13 septembre puis un troisième le 28 novembre 2005. Les filières ont été calées pour l'hiver puis ont été échantillonnées à nouveau le 3 mai et le 5 juillet 2006 pour les rendements finaux.

Les moules de chaque échantillon ont été dénombrées puis un sous-échantillon a été prélevé pour la mesure de la taille. L'indice de condition (masse sèche des tissus x 100/masse sèche des tissus + masse de la coquille) a été évalué lors des trois derniers échantillonnages, c'est-à-dire lorsqu'une portion importante des moules avait atteint la taille commerciale de 50 mm.

## 2.3 Résultats

### Croissance

La structure de taille des moules des trois stocks était assez différente lors de l'échantillonnage du 19 juillet 2005, qui était le premier réalisé après les boudinages de juin (figure 1).

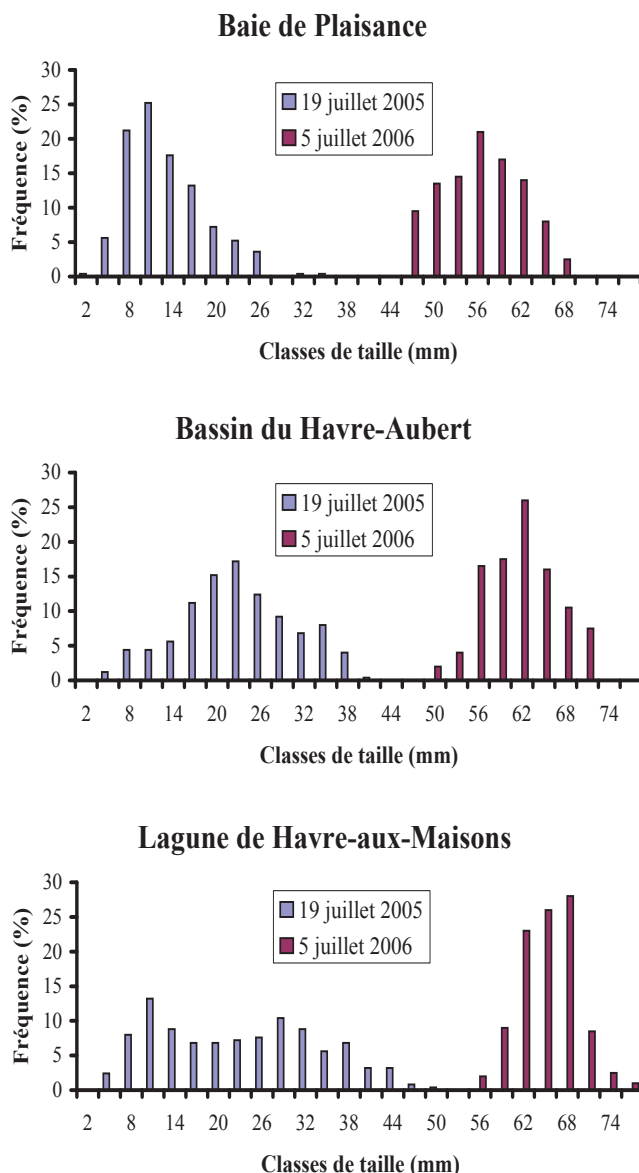


Figure 1. Taille comparative des moules suite au boudinage estival de 2005 et lors de la récolte en 2006

Le naissain de la baie de Plaisance, avec un mode principal à 11 mm et une moyenne de  $13,4 \pm 5,6$  (é.t.) mm était d'une taille de beaucoup inférieure aux deux autres stocks. Le mode de taille des moules du BHA se situait à 23 mm, tout comme la moyenne ( $23,2 \pm 7,7$  mm); la cohorte présentait une distribution statistique presque normale. La distribution des tailles de moules de HAM était quant à elle très dispersée, avec la présence de quelques cohortes identifiables par des modes distincts à 11, 29 et 38 mm. La taille moyenne se situait à  $23,3 \pm 11$  mm. Les distributions de fréquence de taille des moules échantillonnées en septembre et novembre 2005 ainsi qu'en mai 2006 sont présentées à l'annexe 1.

Les distributions de fréquence de taille des trois stocks étaient devenues assez symétriques lors du dernier échantillonnage, réalisé environ 1 an après le boudinage (5 juillet 2006), avec des moyennes se rapprochant des modes principaux (figure 1). La taille moyenne était alors de 55,6 mm pour les moules de BP, de 61,0 mm pour celles du BHA et de 64,6 mm pour celles

de HAM. Quatre-vingt-quatre pour cent des moules de BP avaient alors atteint la taille commerciale de 50 mm comparativement à 99,5% et 100% des moules du BHA et de HAM.

À partir des tailles moyennes obtenues les 19 juillet 2005 et 5 juillet 2006, on peut évaluer la croissance moyenne annuelle des trois stocks. Les moules de BP auraient eu une croissance annuelle de 43,9 mm, celles de HAM de 42,9 mm, comparativement à 39,3 mm pour celles du BHA.

## Densité

Les densités initiales mesurées quelques semaines après le boudinage, le 19 juillet 2005 sur les boudins fabriqués avec le naissain de BP étaient très différentes des deux autres stocks (figure 2).

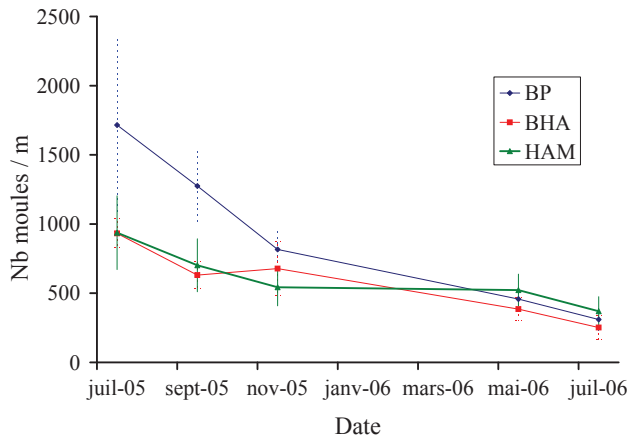


Figure 2. Évolution des densités (moy. ± é.t.) des trois stocks comparés

La petite taille du naissain de BP (moyenne = 13,4 mm) a induit une forte densité au boudinage avec 1 716 moules/m en moyenne comparativement à 933 et 938 moules/m, respectivement pour les boudins fabriqués avec le naissain du BHA (moyenne = 23,2 mm) et de HAM (moyenne = 23,3 mm). Cette différence s'est rapidement atténuée puisque dès novembre 2005, on ne comptait plus que 816 moules/m en moyenne sur les boudins fabriqués avec le naissain BP comparativement à 678 et 543 moules/m pour ceux fabriqués avec du naissain de BHA et de HAM.

Une mortalité relativement importante a été notée lors de l'échantillonnage du 13 septembre (photo 4) et les trois stocks n'ont pas été épargnés. La proportion de moules mortes retrouvées sur les boudins était très semblable d'un stock à l'autre avec des valeurs moyennes variant entre 7 % (BHA) et 9 % (HAM). Fait à noter, environ 30 % des moules mortes des stocks BHA (33 %) et BP (28 %) l'étaient depuis peu, car elles contenaient encore de la chair. En comparaison, seulement 3 % des coquilles de moules HAM contenaient encore de la chair.



Photo 4. Mortalité observée sur un boudin le 13 septembre 2005

Le 28 novembre 2005, il n'y avait plus de moules mortes qui contenaient de la chair accrochée aux coquilles. Ceci suggère que la mortalité avait eu lieu depuis un certain temps. Toutefois, il y avait encore présence de coquilles vides maintenues sur le boudin par les byssus des moules vivantes voisines. Aucune mortalité n'a été décelée en mai 2006, ce qui peut expliquer le maintien d'une bonne densité lors de cet échantillonnage. Les densités moyennes étaient alors de 385 moules/m pour les moules du BHA, 458 moules/m pour celles de BP et 522 moules/m pour celles de HAM (figure 2).

Un certain nombre de moules sont mortes peu de temps avant le dernier échantillonnage du 5 juillet 2006 puisque de la chair était encore attachée à certaines coquilles. Ceci explique probablement, en partie, la diminution d'environ 30 % au niveau de la densité de moules pour les trois stocks entre mai et juillet 2006. Les densités finales obtenues en juillet étaient de 252 moules/m pour les boudins de moules de BHA, de 310 moules/m pour ceux de BP, et de 370 pour ceux de HAM. (figure 2).

## Indice de condition

L'indice de condition des trois stocks a augmenté entre novembre 2005 et mai 2006 (tableau 2), résultat de l'accumulation de réserves et du développement des gonades. Les valeurs obtenues pour les trois stocks ont d'ailleurs été très semblables en mai (23,0-25,6 %) et juillet (13,0-15,3 %) 2006. La ponte semble avoir été massive entre mai et juillet. L'indice de condition a alors chuté brusquement, soit de l'ordre de 40 % pour les trois stocks.

Tableau 2. Taille, poids de la coquille et de la chair sèche, et indice de condition des trois stocks boudinés en juin 2005; moyenne  $\pm$  é.t.

Stock	Date	Coquille		Chair sèche (g)	Indice (%)
		Longueur (mm)	Poids (g)		
Baie de Paissance	28 nov. 2005	43,6 ( $\pm$ 2,2)	2,3 ( $\pm$ 0,4)	0,7 ( $\pm$ 0,1)	22,8 ( $\pm$ 3,7)
	3 mai 2006	46,0 ( $\pm$ 4,5)	2,9 ( $\pm$ 0,7)	0,9 ( $\pm$ 0,3)	24,4 ( $\pm$ 3,8)
	5 juillet 2006	58,4 ( $\pm$ 5,5)	6,0 ( $\pm$ 1,6)	1,0 ( $\pm$ 0,3)	14,9 ( $\pm$ 1,5)
Havre aux Maisons	28 nov. 2005	46,3 ( $\pm$ 2,9)	3,3 ( $\pm$ 0,7)	0,7 ( $\pm$ 0,2)	17,3 ( $\pm$ 3,3)
	3 mai 2006	58,0 ( $\pm$ 4,8)	5,8 ( $\pm$ 1,5)	1,7 ( $\pm$ 0,4)	23,0 ( $\pm$ 2,4)
	5 juillet 2006	64,3 ( $\pm$ 4,1)	9,0 ( $\pm$ 1,8)	1,3 ( $\pm$ 0,2)	13,0 ( $\pm$ 1,3)
Bassin du Havre Aubert	28 nov. 2005	47,4 ( $\pm$ 2,8)	3,0 ( $\pm$ 0,6)	0,8 ( $\pm$ 0,2)	21,0 ( $\pm$ 3,1)
	3 mai 2006	56,8 ( $\pm$ 4,3)	4,8 ( $\pm$ 0,9)	1,7 ( $\pm$ 0,4)	25,6 ( $\pm$ 3,1)
	5 juillet 2006	62,0 ( $\pm$ 5,2)	6,6 ( $\pm$ 1,5)	1,2 ( $\pm$ 0,2)	15,3 ( $\pm$ 1,5)

## Rendement commercial

Le poids frais des moules n'a pas été mesuré en mai et juillet 2006, l'attention étant surtout portée sur l'évolution des densités (mortalité) et de la croissance. Le rendement commercial a toutefois été estimé lors des échantillonnages de mai et juillet 2006 à partir du pourcentage et de la taille moyenne des moules commerciales sur les boudins lors de ces récoltes. Pour y parvenir, une relation taille-poids frais a été établie à partir de 28 échantillons ( $\geq$  40 moules par échantillon) récoltés en 2007 et 2008 dans les lagunes des Îles :

$$Y = 0,947 X - 37,411 \quad (r^2 = 0,82; N = 28)$$

où X représente la taille moyenne des individus commerciaux de l'échantillon et Y, leur poids frais moyen. Cette estimation ne tient pas en compte de l'évolution saisonnière du rendement en chair et des pertes de liquide intervalvaire qu'auraient pu subir certains échantillons lors des pesées.

Selon ces estimations, le stock de BP n'aurait fourni en mai qu'un rendement commercial de 2,62 kg/m (tableau 3), principalement parce qu'à peine 36,5 % des moules étaient de taille commerciale ( $\geq$  50 mm). Avec l'augmentation de la taille des moules, la proportion de moules commerciales a grimpé à 84 % en juillet et le rendement commercial estimé a atteint 4,34 kg/m.

Le stock de HAM aurait eu un rendement commercial appréciable dès le mois de mai avec 8,21 kg/m de boudin (tableau 3) grâce à une densité de moules légèrement plus élevée sur les boudins (figure 2) et à l'atteinte d'une taille moyenne des moules commerciales supérieure aux autres stocks (tableau 2). Le rendement commercial a légèrement augmenté en juillet avec 8,81 kg/m.

Le stock du BHA aurait fourni des valeurs intermédiaires entre les stocks de BP et de HAM avec 4,45 kg/m en mai et 5,11 kg/m en juillet. Encore là, le rendement commercial a augmenté avec le temps (tableau 3).

Rappelons que la quasi-totalité des moules ( $\geq$  99,5 %) des stocks HAM et BHA avait atteint la taille commerciale en juillet, soit à peine un an après leur mise boudin. En comparaison, seulement 84 % des moules BP faisaient partie de cette catégorie.

Tableau 3. Estimation du rendement commercial (nombre moules commerciales par m x poids moyen d'une moule commerciale) des trois stocks boudinés en 2005.

Stock	Date	Densité totale (Nb/m)	Moules commerciales (%)	Poids moyen (g/ind)	Rendement (kg/m)
Baie de Paissance	3 mai 2006	458	36,5	15,7	2,62
	5 juillet 2006	310	84	16,7	4,34
Havre aux Maisons	3 mai 2006	522	76	20,7	8,21
	5 juillet 2006	370	100	23,8	8,81
Bassin du Havre Aubert	3 mai 2006	385	60,5	19,1	4,45
	5 juillet 2006	252	99,5	20,4	5,11

## 2.4 Discussion

On peut obtenir d'excellents rendements commerciaux en procédant à une mise en boudin en début d'été (juin). La croissance des trois stocks a évolué de façon similaire entre leur mise en boudin de juin 2005 et leur récolte de mai et juillet 2006, et ce, malgré l'absence de tri initial du naissain en fonction de sa taille. En fait, leur croissance annuelle fut de l'ordre de 40 mm. La quasi-totalité ( $\geq$  99,5 %) des moules de HAM et du BHA était de taille commerciale le 5 juillet 2006, soit environ un an après leur mise en boudin, avec une taille moyenne de 64,6 et 61,0 mm, respectivement.

Le tri du naissain lors de la mise en boudin est une stratégie très importante à adopter si on utilise des moules de petite taille ou de taille très hétérogène. Un mytiliculteur qui vise une récolte commerciale un an après le boudinage, ne devrait pas boudiner des moules plus petites que 10 mm s'il veut que l'ensemble de la cohorte atteigne la taille commerciale à peu près au même moment. Or, une bonne proportion du naissain BP mesurait moins de 10 mm au moment de sa mise en boudin. Ceci s'est traduit par une proportion moindre de moules ayant atteint la taille commerciale lors des échantillonnages de mai

et juillet 2006 comparativement aux deux autres stocks. La conséquence directe fut l'obtention de faibles rendements avec les boudins BP. Il faut donc envisager un tri pour éliminer les plus petites moules ou encore prévoir une plus longue période de grossissement pour obtenir un rendement intéressant (> 5 kg/m).

La présence abondante de petites moules parmi le naissain a aussi pour conséquence directe d'augmenter la densité de boudinage qui est ajustée en fonction du diamètre du boudin. Par conséquent, il y aura une plus grande densité de naissain dans un même volume si la proportion de petits individus est plus importante. On le constate aisément avec la densité sur les boudins BP mesurée le 19 juillet 2005 qui était presque le double de celle des autres stocks (1 716 vs 933-938 moules/m). Les fortes densités au boudinage ont compensé pour les pertes par mortalité de la première année. Ainsi, les densités observées en mai 2006, pratiquement un an après le boudinage, étaient encore de 385 à 522 moules/m pour les trois stocks et amplement suffisantes pour fournir de bons rendements commerciaux, principalement pour les stocks HAM et BHA dont les moules avaient atteint une taille plus importante.

Ces bons résultats ont été obtenus malgré le fait que l'on utilise une bonne proportion de moules > 24 mm, moules pour lesquelles de très mauvais rendements avait été obtenus à partir de la mi-juillet lors des essais de boudinage estival en Gaspésie (Tamigneaux et Leblanc, 2006). La période plus hâtive des essais réalisés aux Îles, au début juin, est peut-être responsable en partie des bons rendements obtenus.

Les rendements en chair ont été très semblables pour les trois stocks et reflètent donc l'effet du milieu de croissance (lagune du Havre aux Maisons). Ils indiquent qu'une ponte importante a eu lieu avant le 5 juillet 2006. Ceci est cohérent avec les résultats de Lachance *et al.* (2008) obtenus dans la même lagune la même année indiquant une ponte massive entre le 27 juin et le 4 juillet.

La mortalité observée lors de l'échantillonnage du 13 septembre 2005 (7-9 %) laisse perplexe, car elle touche de jeunes moules captées environ un an plus tôt. Le fait d'avoir retrouvé de la chair encore attachée à certaines coquilles suggère qu'au moins une certaine proportion de ces moules étaient mortes très peu de temps avant l'échantillonnage, c'est-à-dire en fin d'été. Ceci rappelle les épisodes de mortalité massive observés au début des années 90 sur les moules d'un an captées dans les grandes lagunes et mise en élevage sur place. Par exemple, des mortalités cumulées de 47 % ont été notées entre la fin juillet et la fin septembre 1990 sur les boudins d'un an remplis avec des moules provenant de la lagune de Grande Entrée, dont des pertes d'environ 16 % entre la fin août et la fin septembre (Bergeron et Myrand, 1991). Myrand et Gaudreault (1995) avaient aussi observé des mortalités importantes entre le 20 juillet et le 24 septembre 1990 chez les moules d'un an provenant des grandes lagunes (Grande Entrée et Havre aux Maisons) et placées en cage. La mortalité avait toutefois été marginale pour les jeunes moules provenant de BP et du BHA placées dans les mêmes conditions. Ces derniers résultats sont différents de ceux observés dans la présente étude où une mortalité non négligeable a été notée chez tous les stocks de moules d'un an, incluant les moules de BP et du BHA. Ces deux stocks ont été aussi les plus touchés par la mortalité « automnale » avec près de 30 % des coquilles contenant

encore de la chair comparativement à seulement 3 % chez les moules du HAM. En fait, c'est la première fois qu'on note une certaine mortalité sur les boudins d'un an remplis avec des moules du BHA.

Les travaux antérieurs sur la mortalité estivale des moules de deux ans aux Îles ont identifié deux causes potentielles reliées entre elles : une ponte massive associée à une période de température stressante > 20 °C (Myrand *et al.*, 2000). La mortalité observée dans la présente étude semble différer de ce patron. D'une part, elle se produit chez des moules d'un an qui investissent moins dans la reproduction que les moules de deux ans. Deuxièmement, elle touche les moules BHA, réputées résistantes au stress et à la mortalité estivale (Myrand et Gaudreault, 1995; Myrand *et al.*, 20002). Et finalement, elle apparaît en fin d'été, plusieurs semaines après la ponte massive de fin juin-début juillet et au moment où la température de l'eau diminue après avoir atteint une valeur maximale de 21 °C le 3 septembre. (figure 3).

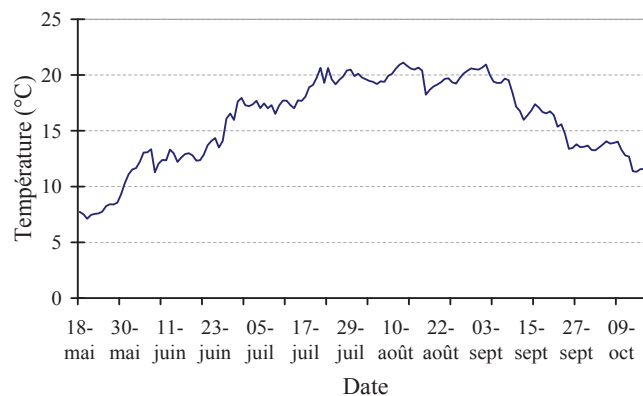


Figure 3. Évolution de la température dans la lagune du Havre aux Maisons de mai à octobre 2005

On est loin de la conjonction ponte massive x température > 20 °C. Au début des années 90, les moules expérimentales étaient boudinées ou mis en cage à l'automne suivant leur captage. Ici, les jeunes moules ont été boudinées en juin. Le boudinage estival aurait-il eu un rôle à jouer dans ces mortalités? Si on considère que le stock qui a offert les meilleurs rendements est celui qui a été boudiné (manipulé) le plus tôt en saison, on peut soutenir cette hypothèse. Quoi qu'il en soit, il y aurait lieu de se pencher sur ce phénomène qui risque de nuire à la rentabilité d'une entreprise éventuellement confrontée avec de telles pertes.

### 3. Volet 2. Périodes de boudinage estival et force d'attachement des moules

#### 3.1 Objectif du projet

L'objectif principal de ce volet était de vérifier s'il était possible d'obtenir un rendement commercial intéressant à partir d'un boudinage tardif, c'est-à-dire en juin, voire juillet et même août.

#### 3.2 Méthodologie

Pour évaluer la performance du boudinage estival, l'opération de mise en boudin a été répétée à quatre périodes, séparées de trois semaines chacune, entre le début juin et le début août 2006 (tableau 4).

Tableau 4. Date et température lors des quatre périodes de boudinage estival

Date de mise en boudin	Température (°C) lors du boudinage
5 juin 2006	10
26 juin 2006	18
17 juillet 2006	22
7 août 2006	21

Dès la fin mai 2006, le producteur a préparé deux filières en lagune (nettoyées, flottées) pour y suspendre les boudins en continu. Des tuyaux de plastique ont été installés pour recouvrir la partie inférieure des jambes des filières afin de limiter l'accès des crabes communs aux jeunes moules en les empêchant de monter le long de ces jambes.

Pour chaque essai, le naissain a été récolté le matin par le mytiliculteur, ramené à l'usine, dégrappé puis boudiné en après-midi. Un minimum de 100 m de boudin a été fabriqué pour chacune des quatre périodes. Pour éviter de trop fortes densités au boudinage, comme avec le naissain de BP en 2005 (voir volet 1), le naissain a été trié pour exclure les moules < 10 mm. Une densité maximale de 800 moules/m était visée. Seul le naissain provenant de HAM a été utilisé pour ces essais.

Des inspections en plongée sous-marine ont été réalisées deux et cinq semaines après la mise à l'eau des boudins pour évaluer leur état ainsi que le niveau de dégradation du filet biodégradable. Des échantillonnages ont été réalisés trois et six semaines après chaque boudinage pour évaluer la densité, la croissance et la survie. Chaque fois, trois portions de boudin de 1 m de longueur ont été prélevées pour les mesures. Tous les boudins fabriqués lors des quatre périodes ont été échantillonnés à nouveau les 9 octobre 2006, 29 mai et 10 juillet 2007 pour quantifier la production commerciale. L'indice de condition des moules (masse sèche des tissus x 100/masse sèche des tissus + coquille) a été évalué à chacune de ces occasions. L'indice de condition a aussi été mesuré lors des échantillonnages d'octobre 2006 ainsi que mai et juillet 2007, avec 30 moules par période de boudinage.

À chacune des quatre périodes de boudinage, 40 jeunes moules ont été prélevées à la sortie de la dégrappeuse pour évaluer leur capacité de rattachement. Leur byssus a été coupé au niveau de la coquille à l'aide de ciseaux puis les jeunes moules ont été ensuite placées individuellement dans

des contenants sphériques perforés permettant la circulation de l'eau selon une approche développée par M<sup>me</sup> Andrée-Anne Lachance (comm. pers.). Les moules dans leurs contenants sphériques ont été immergées dans un bassin de la salle des bassins du Centre maricole des Iles-de-la-Madeleine située en bordure de la lagune du Havre aux Maisons. La quantité de byssus produite par chaque moule a été quantifiée trois jours plus tard (photo 5).



Photo 5. Évaluation de la capacité de rattachement des jeunes moules (nombre de filaments de byssus sécrétés) à court terme (trois jours) au moment du boudinage

La force d'attachement des jeunes moules a également été évaluée deux et cinq semaines après le boudinage selon une méthode inspirée de Lachance *et al.* (2008). Des boudins, préparés spécialement à cet effet lors de l'opération de boudinage, ont été récupérés en plongée sous-marine lors de l'évaluation visuelle de ces derniers. La force d'attachement de 36 moules (12 moules par boudin x 3 boudins) a été mesurée individuellement avec un dynamomètre (AFG 250 N ± 0,5 N Quantrol; Dillon) couplé au logiciel QGraph Control (Dillon) enregistrant la force maximale nécessaire pour détacher la moule de la structure du boudin (photos 6 et 7). Des moules ont aussi été conservées pour la détermination ultérieure de leur indice de condition.



Photo 6. Évaluation de la force d'attachement à moyen terme (2 et 5 semaines)



Photo 7. Évaluation de la force d'attachement à moyen terme (2 et 5 semaines)

### 3.3 Résultats

#### Croissance

Le naissain utilisé pour les quatre essais de boudinage du 5 juin, 26 juin, 17 juillet et 7 août 2006 était de bonne taille. Ainsi, la taille moyenne des moules lors du premier échantillonnage réalisé trois semaines après chaque boudinage était de 26,4 mm, 32,7 mm, 30,4 mm et 30,6 mm, respectivement. La gamme de taille du naissain utilisé était également très étendue avec, dans certains cas, des individus approchant les 50 mm (figure 4).

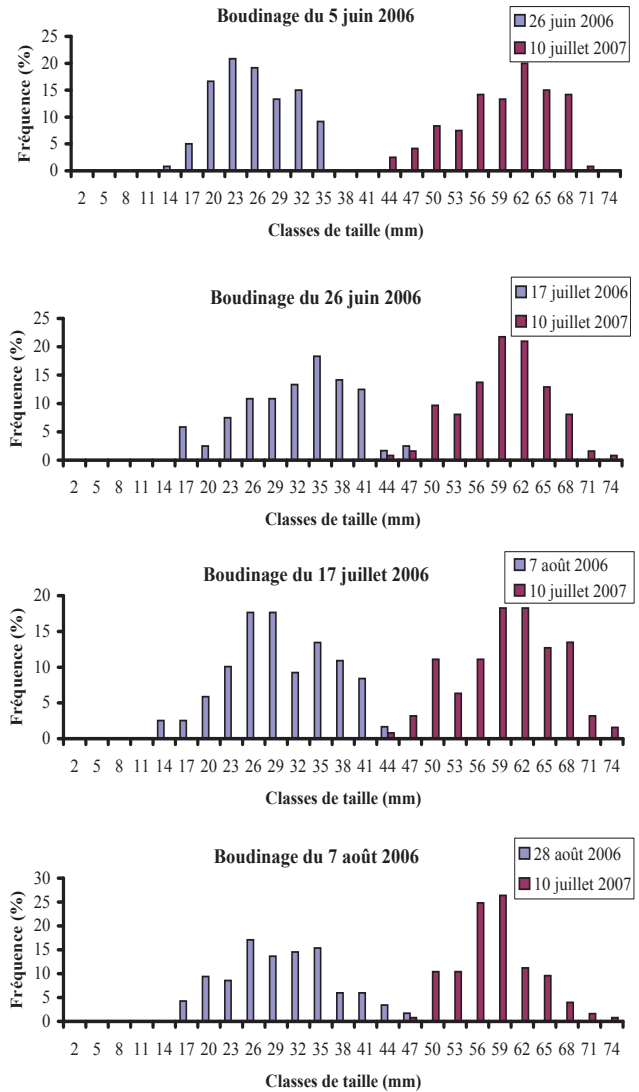


Figure 4. Taille comparative des moules suite aux quatre périodes de boudinage à l'été 2006 puis lors de la récolte le 10 juillet 2007

Les structures de taille de l'échantillonnage du 9 octobre 2006 et du 29 mai 2007 se retrouvent à l'annexe 2. Peu importe la période de boudinage, et malgré un délai de neuf semaines entre la première et la dernière période (5 juin vs 7 août 2006), la taille moyenne des moules a atteint 59-60 mm le 10 juillet 2007, environ un an après leur mise en boudin. Les modes

principaux se situaient à 59 ou 62 mm pour les boudins des quatre périodes (figure 4).

À partir des tailles moyennes du naissain évaluées trois semaines après chacune des quatre périodes de boudinage, et la taille des moules lors de la récolte finale du 10 juillet 2007, on peut évaluer la croissance moyenne annuelle. Cette croissance a été de l'ordre de 32 mm pour les périodes de boudinage # 1, 3 et 4 comparativement à 28 mm pour la période # 2 (26 juin 2006).

### Densité

Les observations visuelles en plongée réalisées suite au boudinage, ainsi que les échantillonnages de section de boudin pour les mesures de forces d'attachement, ont indiqué que le filet biodégradable retenant les moules près du câble de polypropylène était encore peu dégradé deux semaines après la mise à l'eau des boudins et ce, peu importe la période de boudinage (photo 8). La dégradation du filet s'accélérait par la suite pour pratiquement disparaître dans l'ensemble des cas lors des observations réalisées cinq semaines après la mise à l'eau des boudins (photo 9).



Photo 8. Échantillonnage du 10 juillet 2010 de moules boudinées le 26 juin 2010



Photo 9. Échantillonnage du 10 juillet 2010 de moules boudinées le 5 juin 2010

La densité initiale de boudinage n'a pas été quantifiée. Les premières informations concernant la densité des boudins proviennent des échantillonnages réalisés trois semaines plus tard. La densité était alors assez variable d'une période de boudinage à l'autre avec  $819 \pm 48$ ,  $539 \pm 92$ ,  $633 \pm 103$  et  $408 \pm 8$  moules/m, respectivement (figure 5). La densité plus importante sur les boudins remplis le 5 juin s'explique en partie par la taille moyenne plus petite de ces moules comparativement aux autres périodes de boudinage : 26,4 vs 30,6-32,7 mm (figure 4). Par contre, la faible densité sur les boudins remplis le 7 août ne semble pas causée par une taille plus grande des jeunes moules, mais probablement par un plus petit diamètre des boudins.

Un faible taux de mortalité a été observé sur les boudins dès le premier échantillonnage du 26 juin, c'est-à-dire trois semaines après la mise en boudin du 5 juin (tableau 5). Ce faible taux s'est maintenu jusqu'au 28 août avec une valeur maximale de 6,6 %. La mortalité a ensuite augmenté radicalement avec 19 % de moules mortes sur les boudins fabriqués le 7 août et échantillonnés six semaines plus tard, soit le 18 septembre. Une mortalité de l'ordre de 30-40 % a été observée sur tous les boudins le 9 octobre et ce, peu importe leur période de boudinage. Notons que certaines moules mortes peuvent être tombées des boudins et que l'estimation de la mortalité est probablement sous-évaluée.

Il semble qu'il y ait eu un épisode de mortalité, peu important, un peu avant le 17 juillet compte tenu de la proportion de coquilles retrouvées avec de la chair encore attachée (tableau 5). Un autre épisode de mortalité a probablement eu lieu autour de la mi-septembre puisque 8,7 % des moules mortes

(19 % des moules retrouvées sur les boudins étaient mortes) contenaient encore de la chair lors de l'échantillonnage du 18 septembre. La mortalité semble ensuite s'être poursuivie au cours des semaines subséquentes compte tenu de l'augmentation notable du niveau de mortalité mesuré sur tous les boudins le 9 octobre. À ce moment, il y avait toutefois peu de moules mortes récemment. Tout ceci suggère une mortalité automnale non négligeable, probablement concentrée en septembre.

Tableau 5. Proportion (%) de moules mortes (moyenne  $\pm$  e.t.m.) retrouvées sur les boudins lors des échantillonnages réalisés en 2006 (trois et six semaines après chaque période de boudinage et le 9 octobre pour tous) et proportion (%) des moules mortes récemment, c'est-à-dire avec encore de la chair attachée à la coquille, parmi le nombre total de moules mortes (en caractères gras).

Échantillonnage	Dates de boudinage			
	5 juin	26 juin	17 juillet	7 août
26 juin	1,6 $\pm$ 0,4	-	-	-
17 juillet	<b>0</b>	4,4 $\pm$ 0,9	-	-
7 août	2,5 $\pm$ 0,6	<b>22,1</b>	6,7 $\pm$ 0,9	-
28 août	-	7,7 $\pm$ 1,0	<b>4,0</b>	-
18 septembre	-	-	5,0 $\pm$ 0,2	6,6 $\pm$ 1,4
9 octobre	33,7 $\pm$ 6,1	39,1 $\pm$ 0,9	29,8 $\pm$ 2,4	<b>0,5</b>
	<b>0,8</b>	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>0</b>
				19,0 $\pm$ 1,3
				<b>8,7</b>
				29,7 $\pm$ 0,4
				<b>0,1</b>

Compte tenu de son ampleur limitée, la mortalité observée lors des échantillonnages effectués entre juin et août 2006 a eu peu d'incidence sur la densité des moules vivantes retrouvées lors de ces premiers échantillonnages (figure 5). Ainsi, les densités se sont maintenues aux niveaux visés lors des deux échantillonnages suivant chaque période de boudinage (trois et six semaines; les deux premiers points de chaque graphique). On note même une augmentation due à la variation expérimentale dans certains cas.

La mortalité importante notée lors de l'échantillonnage du 9 octobre (tableau 5) s'est reflétée sur la diminution importante de la densité de moules vivantes notée à ce moment (figure 5). Les diminutions furent de l'ordre de 50 %, 42 %, 47 % et 14 % pour les périodes de boudinage # 1 à 4, respectivement. La densité minimale était alors de 367  $\pm$  115 moules/m (boudinage # 1 le 5 juin) tandis que la valeur maximale était de 463  $\pm$  128 moules/m (boudinage # 3 le 17 juillet). La diminution de la densité s'est poursuivie au fil du temps et on ne comptait qu'environ 200 moules/m le 29 mai 2007 pour l'ensemble des boudins (187-230 moules/m selon la période de boudinage). La présence de coquilles vides (non quantifiée) a été notée lors du dernier échantillonnage du 10 juillet 2007, contribuant à faire diminuer davantage les densités à environ 175 moules/m (143-182 moules/m selon la période de boudinage). En considérant la différence entre les densités initiales (trois semaines après le boudinage) et finales (10 juillet 2007), on constate une diminution de l'ordre de 78 %, 73 %, 72 % et 57 % au cours de la période expérimentale d'environ un an pour les périodes de boudinage # 1 à 4, respectivement.

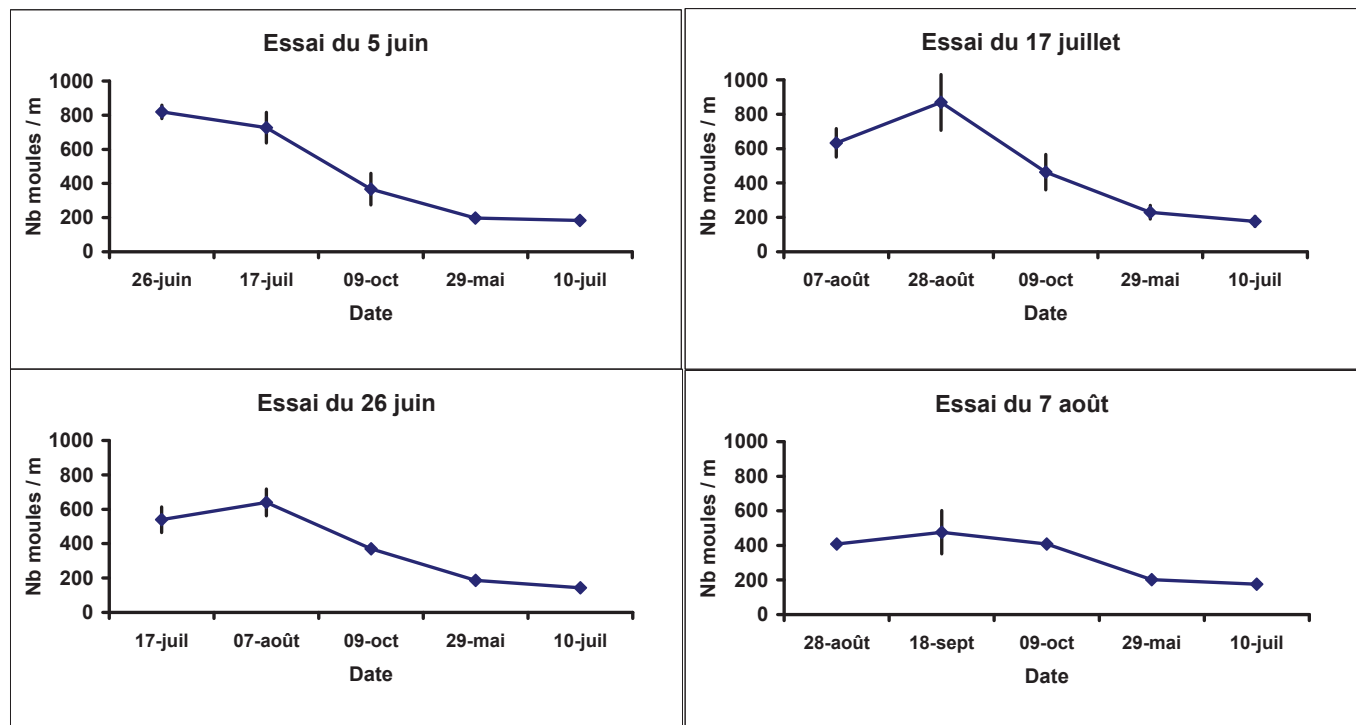


Figure 5. Évolution de la densité moyenne ( $\pm$  é.t.m.) de moules sur les boudins.

## Rendement commercial

Les rendements commerciaux obtenus ont été relativement faibles (figure 6).

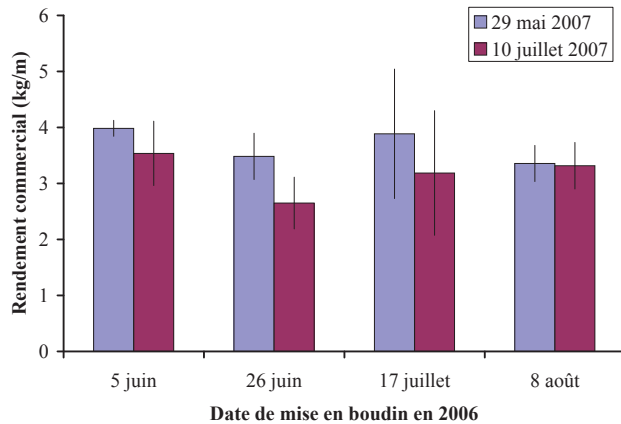


Figure 6. Rendement commercial moyen ( $\pm$  é.t.) en fonction des dates de boudinage

Lors de l'échantillonnage du 29 mai 2007, le rendement commercial fut très comparable d'une période de boudinage à l'autre avec 3,36-3,98 kg de moules commerciales/m. Nous n'avons pas fait de comparaison statistique étant donné le peu de réplifications. Le 10 juillet, le rendement avait diminué légèrement pour la plupart des périodes de boudinage et variait de 2,65 à 3,54 kg de moules commerciales/m (figure 6). Cette diminution de rendement est vraisemblablement attribuable à la diminution de densité comparativement au mois de mai et à la ponte des moules.

## Capacité de rattachement

Le nombre de filaments sécrétés en trois jours par une moule a varié de 4 à 64. Il y a eu une différence significative ( $F_{(3,153)} = 9,58$ ;  $p < 0,0001$ ) entre les périodes de boudinage au niveau du nombre total moyen de filaments produits (attachés + largués). Un test *post hoc* de Tukey a révélé que la sécrétion de filaments fut significativement plus importante chez les moules boudinées le 17 juillet (38,6 filaments) que pour les autres périodes (24,3-25,9 filaments) (figure 7). En moyenne, les moules ont donc sécrété 8,1-12,9 filaments par jour.

## Indice de condition

L'indice de condition a été déterminé sur les moules utilisées pour quantifier leur capacité de sécrétion de filaments de byssus. Il y avait une différence significative ( $F_{(3,153)} = 76,54$ ;  $p < 0,0001$ ) au niveau de l'indice de condition mesuré en lien avec les quatre périodes de boudinage. Un test *post hoc* de Tukey a révélé que l'indice était significativement plus élevé chez les moules boudinées le 5 juin que chez les autres lots (figure 7). L'indice de condition a par la suite chuté quelque temps avant le 26 juin, ce qui suggère une ponte. L'indice de condition est demeuré bas et stable par la suite.

L'indice de condition des moules prélevées sur les boudins les 10 octobre 2006, 29 mai et 10 juillet 2007 a également été déterminé. Essentiellement, les valeurs étaient très

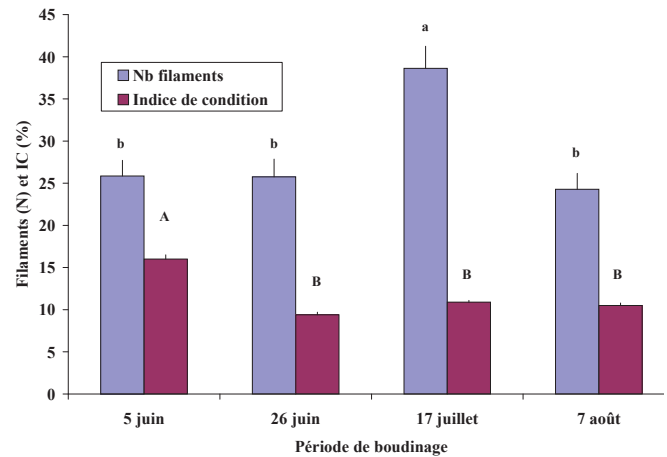


Figure 7. Nombre de filaments de byssus ( $\pm$  é.t.m.) produits en trois jours et indice de condition des moules ( $\pm$  é.t.m.) en fonction de la période de boudinage estivale. Les bâtonnets d'une couleur donnée suivis par des lettres différentes sont significativement différents.

comparables en termes de production commerciale pour une date donnée. En octobre 2006, les valeurs individuelles ont varié entre 7,9 et 30,3 %. Il y avait une différence significative ( $F_{(3,116)} = 6,58$ ;  $p = 0,0004$ ) entre les quatre périodes de boudinage (tableau 6). Un test *post hoc* de Tukey a indiqué que ce sont les moules qui ont été boudinées les 5 et 26 juin qui avaient l'indice de condition moyen le plus élevé le 10 octobre. En mai 2007, les valeurs individuelles ont varié entre 16,9 et 32,4 %. Il y avait une différence significative ( $F_{(3,116)} = 10,68$ ;  $p = 0,0004$ ) entre les quatre périodes de boudinage (tableau 6). Un test *post hoc* de Tukey a indiqué que ce sont les moules qui ont été boudinées les 5 et 26 juin qui avaient l'indice de condition moyen le plus élevé le 29 mai 2007. En juillet 2007, les valeurs individuelles ont varié entre 7,9 et 24,9 %. Il y avait une différence significative ( $F_{(3,116)} = 5,23$ ;  $p = 0,002$ ) entre les quatre périodes de boudinage (tableau 6). Un test *post hoc* de Tukey a indiqué que ce sont les moules qui ont été boudinées les 5 et 26 juin et du 17 juillet qui avaient l'indice de condition moyen le plus élevé le 10 juillet 2007. En fait, l'indice de condition était assez semblable pour tous les lots en juillet et nettement plus faible qu'en mai, ce qui suggère qu'une ponte a eu lieu entre ces deux dates.

Tableau 6. Indices de condition (moy.  $\pm$  e.t.m.) des moules prélevées sur les boudins. Les valeurs d'une ligne donnée (date d'échantillonnage) suivies par des lettres différentes sont significativement différentes.

Date	5 juin	26 juin	17 juillet	7 août
10 oct. 2006	19,0 $\pm$ 0,6a	21,6 $\pm$ 0,5ab	17,1 $\pm$ 0,9b	18,1 $\pm$ 1,0b
29 mai 2007	26,3 $\pm$ 0,5a	26,2 $\pm$ 0,6a	22,9 $\pm$ 0,7b	22,9 $\pm$ 0,6b
10 juillet 2007	16,0 $\pm$ 0,5a	15,8 $\pm$ 0,7a	14,5 $\pm$ 0,4ab	13,5 $\pm$ 0,5b

## Force d'attachement

La force d'attachement individuelle mesurée deux et cinq semaines après les boudinages fut très variable au cours de l'été avec des valeurs entre 0,30 et 19,05 Newtons (N). Le patron temporel a aussi été très variable d'une période de boudinage à l'autre (figure 8).

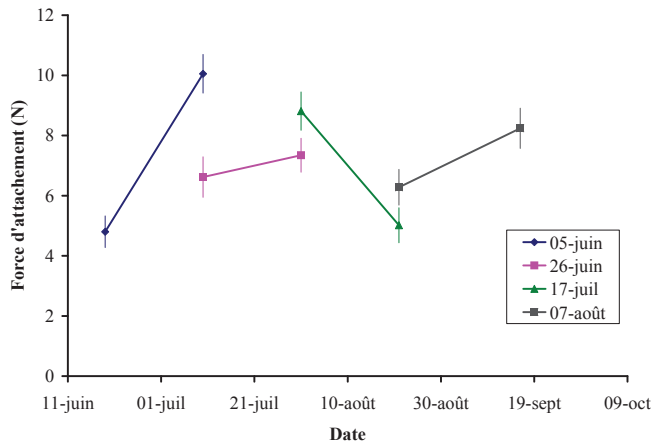


Figure 8. Force requise en Newton (moy. ± é.t.m.) pour détacher les moules des boudins deux et cinq semaines après chacune des quatre périodes de boudinage.

Il y a eu une différence significative en ce qui concerne la force d'attachement mesurée entre la deuxième et la cinquième semaine pour trois des quatre périodes de boudinage : 5 juin (test de t; DF = 70;  $p < 0,0001$ ), 17 juillet (test de t; DF = 70;  $p < 0,0001$ ), 8 août (test de t; DF = 70;  $p = 0,027$ ). Ainsi, la force d'attachement a doublé (+2,1 X) dans le temps pour les moules boudinées le 5 juin tandis qu'elle a diminué de presque moitié (-1,8 X) pour celles boudinées le 17 juillet. La force d'attachement des moules boudinées le 26 juin n'a pas significativement changé avec le temps (test de t; DF = 68;  $p = 0,42$ ). Dans trois cas sur quatre, la force d'attachement des jeunes moules a eu tendance à augmenter avec le temps, c'est-à-dire entre deux et cinq semaines après le boudinage (figure 8). Seules les moules boudinées le 17 juillet ont montré une plus faible force d'attachement cinq semaines après le boudinage (21 août) qu'après deux semaines (31 juillet).

## 3.4 Discussion

La période de boudinage n'a pas eu d'effet significatif sur la croissance des moules. Elles ont largement atteint la taille commerciale à la mi-juillet 2007, c'est-à-dire un an après la mise en boudin. Plus encore, la taille moyenne se situait autour de 60 mm pour tous les lots. Cette croissance est comparable à celle obtenue au début des années 90 pour des moules du même stock (lagune du Havre aux Maisons) et placées en cages (Myrand et Gaudreault, 1995).

Une mortalité importante a eu lieu à l'automne, probablement en septembre, chez les moules de toutes les périodes de boudinage. En octobre, on comptait 30-40 % de coquilles vides sur les boudins. Cette mortalité a touché de jeunes moules longtemps après leur reproduction qui a eu lieu quelque part en juin et à un moment où l'eau de la lagune se refroidit (figure 9).

Cela ne correspond pas au patron observé pour la mortalité des moules de deux ans (Myrand *et al.*, 2000).

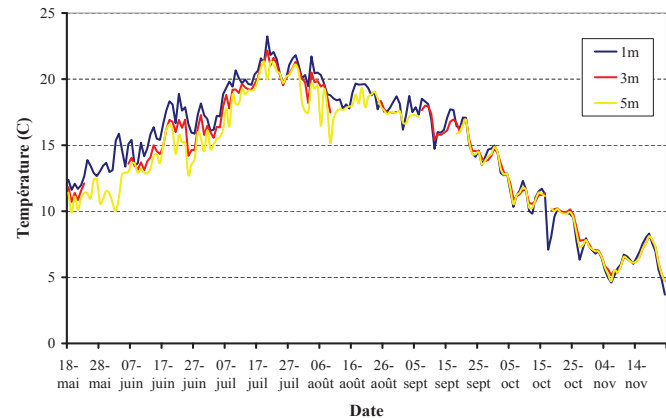


Figure 9. Évolution de la température dans la lagune du Havre aux Maisons de mai à novembre 2006

Le rendement commercial obtenu à l'été 2007 fut donc décevant avec des valeurs  $< 4$  kg/m. Il faut noter que la densité sur les boudins n'était que d'environ 200 moules/m en juillet. Il y a eu des pertes importantes lors du cycle d'élevage puisque nous avons observé une diminution de la densité de 57 à 78 % comparativement à la valeur initiale. Les faibles rendements observés avec du naissain dont une bonne portion était de taille  $> 24$  mm vont dans le sens de certaines des observations de Tamigneaux et Leblanc (2006) qui ont obtenu des rendements  $< 2,5$  kg/m, avec du naissain 24-36 mm, lorsque le boudinage était effectué après la mi-juillet. Cette période correspondait à une baisse de rendement en chair (ponte) ainsi qu'à une variation importante de la température.

Les moules boudinées le 17 juillet ont sécrété environ 50 % plus de filaments de byssus sur une période de trois jours que les autres lots (~ 38 vs 25). Pourtant, ces moules sont les seules à avoir montré une diminution de leur force d'attachement dans le temps avec des valeurs moindres cinq semaines, comparativement à deux après le boudinage. Il n'y a pas d'explication pour l'instant pour ce phénomène. La diminution de la force d'attachement des moules boudinées le 17 juillet ne s'est toutefois pas traduite par une augmentation des pertes (= chutes) puisque la densité est demeurée assez stable pendant cette période. La force d'attachement moyenne la plus faible qui a été mesurée, 4,80 N, indique qu'il a fallu appliquer un poids de 0,48 kg (1N = 10 kg) pour déloger ces moules. Cette force est probablement suffisante pour garder les jeunes moules bien fixées à leur substrat.

Les moules ont sécrété un nombre comparable de filaments (24,3-25,9) dans des conditions de température pourtant assez différentes : 13 °C le 5 juin, 14,6 °C le 26 juin et 18,6 °C le 8 août à 3 m de la surface. Toutefois, la plus grande quantité de byssus a été sécrétée le 17 juillet au moment où la température de l'eau dépassait les 20 °C. Fait intéressant, les moules d'un an ont sécrété en moyenne 8,1-12,9 filaments par jour, ce qui est très similaire aux valeurs obtenues précédemment (8,4-11,3) avec des moules de deux ans (A.-A. Lachance; données non publiées).

#### 4. Discussion générale sur les deux volets et recommandations

Les deux volets du projet démontrent clairement qu'un boudinage estival, peu importe le stock utilisé et la date de boudinage, peut fournir un rendement commercial intéressant dès l'été suivant. En fait, la très grande majorité des moules ont atteint la taille commerciale à ce moment. Il est toutefois important de procéder à un tri du naissain avant le boudinage afin de se débarrasser des individus < 10 mm. Ceci assure une plus grande homogénéité de la taille des individus de la cohorte au moment de la récolte, et donc un meilleur rendement commercial, car il y a moins de moules de taille précommerciale.

Un élément important qu'il faudra surveiller et comprendre davantage est la mortalité « automnale » des jeunes moules boudinées pendant l'été. Cette mortalité ne correspond pas au patron connu pour les moules de deux ans et peut entraîner des pertes importantes qui ont des répercussions sur la production commerciale obtenue l'été suivant. L'utilisation de très gros naissain, qui investit davantage dans la reproduction, peut être une source d'explication du phénomène. Ce dernier ne semble toutefois pas récurrent. Ainsi, le naissain de la lagune du Havre aux Maisons, malgré une taille et une densité au boudinage comparables en 2005 et 2006, a fourni des rendements très différents (du simple au double) les étés suivants la mise en boudin.

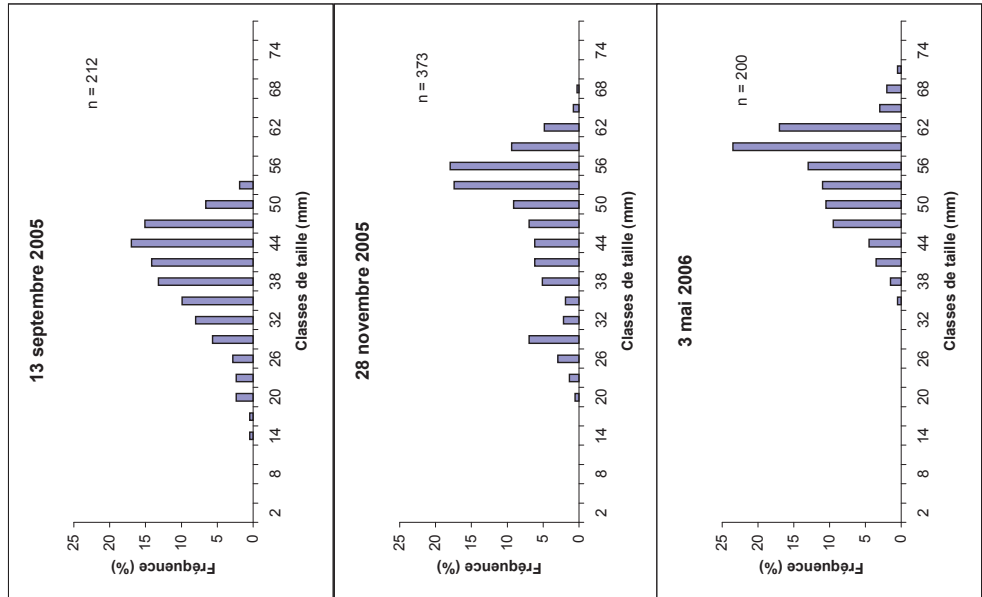
La densité sur les boudins diminue donc de façon très importante avec le temps, surtout lorsque la densité de boudinage est élevée. Ceci ne semble pas lié à la capacité de rattachement ni à la force d'attachement des jeunes moules. Les faibles densités retrouvées en fin de cycle en 2007 expliquent les faibles rendements obtenus. Quelles que soient les causes de ces diminutions importantes, diverses stratégies peuvent être adoptées. Puisque des diminutions de densité de l'ordre des deux tiers ont été observées, et qu'un rendement > 4,5 kg/m nécessite près de 300 moules commerciales/m, il faudrait viser une densité de boudinage de 900 moules/m pour s'assurer d'un bon rendement commercial. L'entreprise qui visera 900 moules/m au boudinage plutôt que 600 moules/m (cible actuelle) confectionnera toutefois 33 % moins de boudins avec la même quantité de naissain disponible. La notion de coût/bénéfice devient alors importante. Soit l'entreprise augmente sa densité au boudinage pour s'assurer d'un bon rendement à la filière, soit l'entreprise prend le risque de maintenir la densité habituelle. Le deuxième scénario sera bénéfique si la mortalité, voire les diminutions de densités sont faibles. En effet, l'entreprise comptera alors sur une plus grande quantité de filières (boudins) donc une plus grande production. Ce même scénario engendrera toutefois une hausse des coûts de production comparativement à un scénario basé sur une forte densité initiale, car il faudra récolter davantage de filières pour obtenir une même production si les diminutions de densités sont importantes.

#### Références

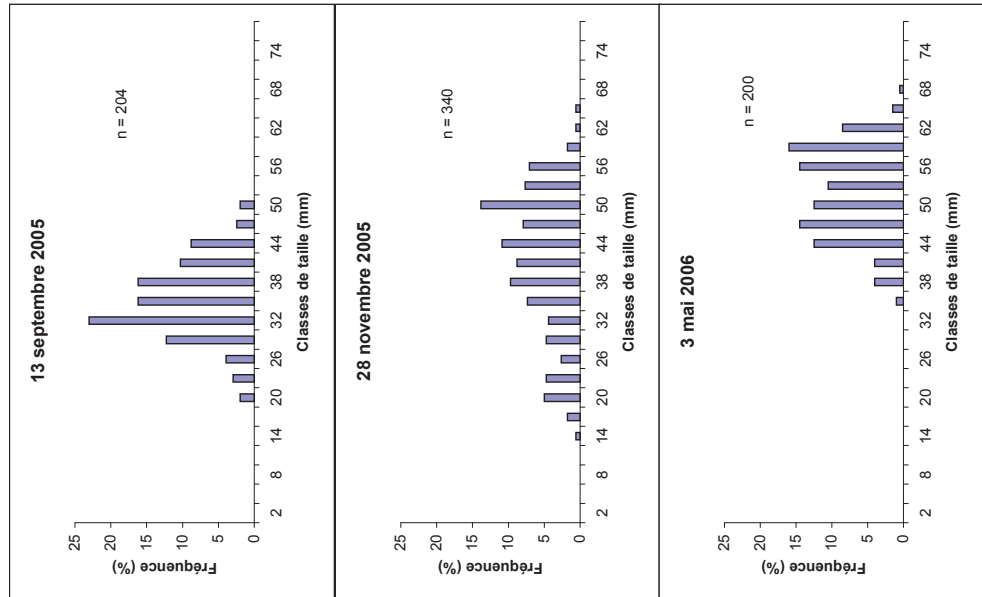
- Carrington, E. 2002. Seasonal variation in the attachment strength of blue mussels : causes and consequences. *Limnol. Oceanogr.* 47(6): 1723-1733.
- Lachance, A.-A., Myrand, B., Tremblay, R., Koutitonsky, V. et E. Carrington. 2008. Biotic and abiotic influences on the attachment strength of blue mussel (*Mytilus edulis*) from suspended culture, in the Magdalen Islands. *Aquat. Biol.*, 2: 119-129.
- Moeser, G.M. et E. Carrington. 2006. Seasonal variation in mussel byssal thread mechanics. *J. Exp. Biol.* 209 : 1996-2003.
- Myrand, B. et P. Bergeron. 1991. La mortalité massive aux Îles-de-la-Madeleine. *Bulletin de l'Association aquacole du Canada.* 91(2) : 10-16.
- Myrand, B. et J. Gaudreault. 1995. Summer mortality of blue mussels (*Mytilus edulis* LINNEAUS, 1758) in the Magdalen Islands (Southern Gulf of St. Lawrence, Canada). *J. Shellf. Res.* 14(2) : 395-404.
- Myrand, B., Guderley, H. et J.H. Himmelman. 2000. Reproduction and summer mortality of blue mussels *Mytilus edulis* in the Magdalen Islands, southern Gulf of St. Lawrence. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 197 : 193-207.
- Myrand, B., Tremblay, R. et J.-M. Sévigny. 2002. Selection against blue mussels (*Mytilus edulis* L.) homozygotes under various stressful conditions. *J. Hered.* 93 : 238-248.
- Tamigneaux, É. et M.-J. Leblanc. 2006. Programme d'amélioration des pratiques mytilicoles – phase 3. Rapport final présenté à la SODIM. 50 p.
- Tremblay, R., Myrand, B., Sévigny, J.-M., Blier, P. et H. Guderley. 1998. Bioenergetic and genetic parameters in relation to susceptibility of blue mussels, *Mytilus edulis* (L.) to summer mortality. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 221 : 27-58.

# Annexe 1. Évolution de la croissance des trois stocks boudinés en 2005 dans la lagune du Havre aux Maisons

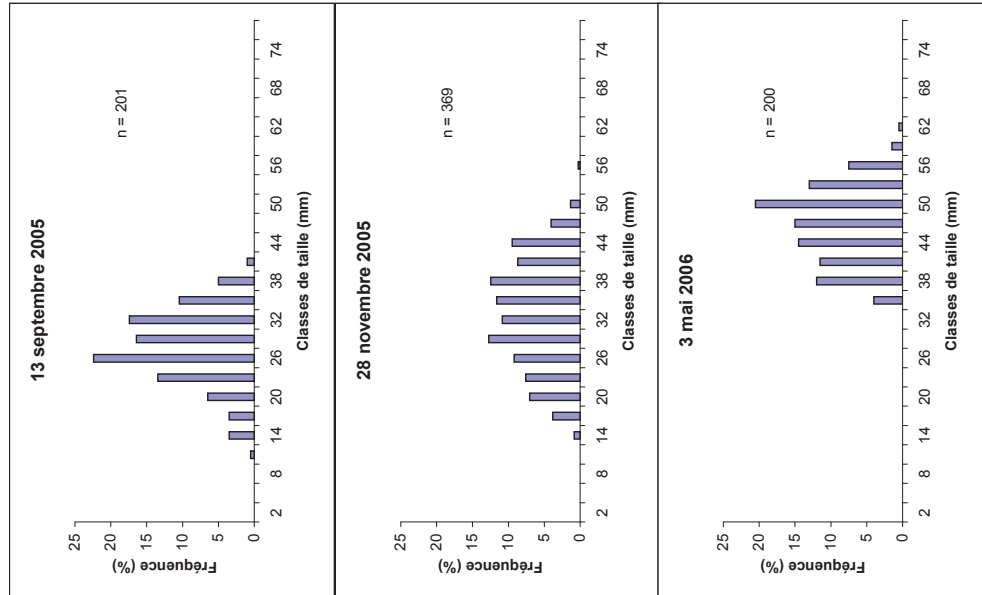
## LAGUNE DU HAVRE-AUX-MAISONS



## BASSIN DU HAVRE-AUBERT



## BAIE DE PLAISANCE



**Annexe 2. Taille comparative des moules des différentes périodes de boudinage estivale lors des échantillonnages du 9 octobre 2006 et du 29 mai 2007**

