



SODIM

Société de développement de l'industrie maricole inc.

Traitement des collecteurs de moules à la saumure pour contrer la prédation par les étoiles de mer

Rapport final

Dossier n° 710.64

Rapport commandité par la SODIM

2008

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

Rapport de recherche-développement

N° 160

**Traitement des collecteurs de moules
à la saumure pour contrer la
prédation par les étoiles de mer**

François Bourque
Bruno Myrand

**Traitement des collecteurs
à la saumure pour contrer
la prédation par les étoiles
de mer**

Rapport de recherche-
développement n° 160

François Bourque
Bruno Myrand

Réalisation

Marc Veillet, responsable du bureau d'édition
Julie Rousseau, agente de secrétariat

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) : 978-2-550-51695-8
ISBN (version PDF) : 978-2-550-51696-5

Dépôt légal – Bibliothèque et archives nationales du Québec, 2008

Traitement des collecteurs de moules à la saumure pour contrer la prédation par les étoiles de mer

François Bourque¹, Bruno Myrand¹

1. CeMIM, Cap-aux-Meules

On doit citer ce document comme suit : Bourque, F., B. Myrand. 2007. Traitement des collecteurs de moules à la saumure pour contrer la prédation par les étoiles de mer. MAPAQ, DIT. Rapport de R-D n° 160. 20 pages.

Résumé

La prédation des jeunes moules (*Mytilus edulis*) fixées sur les collecteurs par les étoiles de mer (*Asterias* sp.) a entraîné des pertes importantes de naissain aux mytiliculteurs madelinots à la fin des années 1990. Des travaux réalisés en laboratoire et au bassin du Havre Aubert entre 2000 et 2005 ont eu pour but de définir et d'évaluer des stratégies pour diminuer ces pertes. Certains constats ont pu être faits. D'abord, un suivi larvaire régulier permet de statuer sur la présence et le stade de développement des larves d'étoiles de mer dans la colonne d'eau. Une évaluation directe de l'abondance et de la taille de jeunes étoiles sur les collecteurs demeure cependant essentielle à toute opération de contrôle. Les étoiles de mer se fixent sur les collecteurs environ un mois après l'arrivée des premières moules. On ne peut donc pas envisager de retarder la mise à l'eau comme stratégie d'évitement. La densité d'étoiles de mer est très variable d'année en année allant de quelques spécimens à plusieurs centaines d'individus/m. Il y a une forte variabilité spatiale à l'intérieur de la zone de captage. La durée idéale de traitement (=contrôle) par immersion dans la saumure se situe généralement autour de 30 secondes. Un traitement trop long (60-120 secondes) peut induire une mortalité significative des jeunes moules. La mortalité des moules est plus importante quand la température de l'eau dans le bassin de saumurage est élevée (> 25 °C). Un producteur peut étaler son opération de saumurage sur une période de quelques semaines, mais il est recommandé de commencer les opérations avant que les étoiles n'atteignent un diamètre de 15 mm. En 2005, il aurait coûté environ 4 000 \$ à chaque entreprise mytilicole des Îles-de-la-Madeleine pour saumurer l'ensemble de ses filières de captage. L'opération aurait toutefois permis d'obtenir de 12 à 16 tonnes supplémentaires de naissain pour chacune d'elle. La production additionnelle de moules, résultant du saumurage des filières, aurait pu générer des revenus nets de 11 000 \$ à 33 000 \$ selon la marge de profit des entreprises.

Abstract

Predation of mussel (*Mytilus edulis*) spat by seastars (*Asterias* sp.) at the collection site in Amherst Basin resulted in heavy losses for mussel growers from the Îles-de-la-Madeleine during the late '90s. Field and laboratory experiments were conducted between 2000 and 2005 to define and evaluate control strategies against seastars in order to lower mussel losses on collectors. Several findings were recorded. First, a regular larval survey is helpful for a better knowledge about the abundance and the developmental stage of the seastar larvae. Nevertheless, direct observations (abundance and size) of young seastars on the mussel collectors are necessary for the planning of an efficient control operation. Young seastars attach themselves to collectors about one month after the beginning of the mussel spat collection. As a result, there are no means to avoid their presence among mussel spat by delaying collectors deployment. Seastar densities are highly variable from year to year, e.g. from few to several hundred individuals per meter. Spatial abundance of seastars is highly variable within the mussel spat collection site. The ideal duration for collector immersion in a brine solution to control (= kill) seastars is about 30 sec. A longer immersion length (e.g., 60-120 sec.) may lead to significant mussel mortalities. Indeed, mussel mortality is higher when immersion in brine occurs at a temperature > 25 °C. A mussel grower could treat his collectors over a period of several weeks. However, care should be taken to start the control operation when the seastars size (=diameter) is no longer than 15 mm. In 2005, each mussel grower in Îles-de-la-Madeleine should have to invest about 4 000\$ to treat all his collectors. This operation would have provided 12 to 16 additional tons of mussel spat and, thus, additional revenues of 11 000\$ to 33 000\$ to each grower according to his profit margin.

Mots-clés

Moule, naissain, saumurage, prédation, étoile de mer

Key Words

Mussel, spat, brining, predation, seastar

Table des matières

Résumé.....	iii
1. Introduction.....	1
2. Problématique.....	1
3. Utilisation de la saumure.....	1
4. Essais expérimentaux.....	2
4.1. Suivi du captage de moules et d'étoiles de mer.....	2
4.1.1. Croissance des étoiles par rapport aux moules.....	3
4.2. Outils prédictifs pour la présence des étoiles sur les collecteurs.....	3
4.3. Détermination de la période de traitement.....	5
4.3.1. Essai préliminaire en 2000.....	5
4.3.2. Essais en 2001, 2002 et 2003.....	6
4.4. Durée du traitement.....	8
4.4.1. Effet de la température sur l'efficacité du traitement.....	9
5. Essais à l'échelle pilote.....	11
5.1. Suivi de la fixation des moules et des étoiles.....	11
5.2. Traitement des collecteurs contre les étoiles.....	12
5.2.1. Saumurage avec Grande-Entrée Aquaculture inc.....	12
5.2.2. Saumurage avec Moules de culture des Îles inc.....	13
5.3. Récolte du naissain.....	13
5.4. Évaluation du rendement commercial.....	13
5.4.1. Évaluation avec Grande-Entrée Aquaculture inc.....	13
5.4.2. Évaluation avec Moules de culture des Îles inc.....	14
5.5. Coûts/bénéfices.....	15
5.5.1. Bénéfices du saumurage.....	15
5.5.2. Coûts du saumurage.....	15
5.5.3. Production potentielle additionnelle.....	15
5.5.4. Profit.....	17
5.6. Amélioration technologique au système de traitement.....	17
6. Discussion.....	17
6.1. Efficacité de la saumure.....	17
6.2. Suivi régulier (monitoring).....	17
6.3. Efficacité du traitement et variabilité dans les résultats.....	17
6.4. Saumurage à l'échelle commerciale.....	18
7. Synthèse.....	19
8. Recommandations.....	19
9. Remerciements.....	19
10. Références.....	20

Liste des figures

Figure 1. Le bassin du Havre Aubert aux Îles-de-la-Madeleine et localisation du site de collecte et des suivis de captage ...	3
Figure 2. Évolution du captage de moules et d'étoiles de mer au bassin du Havre Aubert de 2000 à 2003.....	4
Figure 3. Évolution de la fréquence de taille des moules et des étoiles de mer sur les collecteurs au bassin du Havre Aubert en 2001.....	5
Figure 4. Évolution du rendement gonadique des étoiles de mer au bassin du Havre Aubert en 2001.....	6

Figure 5.	Suivi des larves d'étoiles de mer au Bassin en 2000.....	6
Figure 6.	Effet du traitement à la saumure appliqué le 14 août 2000 sur le nombre de moules obtenu le 2 octobre 2000	6
Figure 7.	Effet des traitements à la saumure sur le nombre de moules obtenus le 9 octobre 2001	7
Figure 8.	Effet des traitements à la saumure sur le nombre d'étoiles de mer obtenus le 9 octobre 2001	7
Figure 9.	Effet des traitements à la saumure sur le nombre de moules obtenus le 7 octobre 2002.	7
Figure 10.	Effet des traitements à la saumure sur le nombre d'étoiles de mer obtenus le 7 octobre 2002	7
Figure 11.	Effet des traitements à la saumure sur le nombre de moules et d'étoiles de mer obtenu le 14 octobre 2003.....	8
Figure 12.	Fréquence de taille relative du naissain obtenu le 14 octobre 2003 en fonction du traitement des collecteurs	8
Figure 13.	Survie des étoiles en fonction de la durée du traitement à la saumure en 2001	8
Figure 14.	Effet de la durée du traitement à la saumure sur la mortalité des moules en 2001	9
Figure 15.	Effet de la durée du saumurage sur le taux de mortalité des étoiles	9
Figure 16.	Impact de la durée du traitement à la saumure sur la mortalité des moules.....	9
Figure 17.	Effet de la température de l'eau sur l'efficacité de diverses durées de saumurage sur la mortalité des étoiles de 3 à 5 mm de diamètre le 8 août 2003.....	10
Figure 18.	Effet de la température de l'eau sur l'efficacité de diverses durées de saumurage sur la mortalité des étoiles de 10 à 15 mm de diamètre le 15 août 2003	10
Figure 19.	Effet de la température de l'eau sur la mortalité des moules (3 à 9 mm) soumises à diverses périodes de saumurage le 8 août 2003	10
Figure 20.	Effet de la température de l'eau sur la mortalité des moules (9 à 15 mm) soumises à diverses périodes de saumurage le 15 août 2003	11
Figure 21.	Évolution du captage de moules et d'étoiles de mer au site de Grande-Entrée Aquaculture inc. inc. en 2005	11
Figure 22.	Évolution du captage de moules et d'étoiles de mer au site de Moules de culture des Îles inc. en 2005.....	11
Figure 23.	Évolution du diamètre des étoiles de mer sur les collecteurs en 2005	12
Figure 24.	Rendement par demi-filière de GEA en fonction du traitement.....	14
Figure 25.	Distribution relative des grosses moules en fonction de la date de récolte et du type de traitement au site de Grande-Entrée Aquaculture inc.	14
Figure 26.	Distribution relative des moules moyennes en fonction de la date de récolte et du type de traitement au site de Grande-Entrée Aquaculture inc.	14
Figure 27.	Rendement par demi-filière de MCI en fonction du traitement.....	15
Figure 28.	Distribution relative des grosses moules en fonction du type de traitement au site de Moules de culture des Îles inc.	15
Figure 29.	Distribution relative des moules moyennes en fonction du type de traitement au site de Moules de culture des Îles inc.	15

Liste des photos

Photo 1.	Essais de saumurage en laboratoire.....	2
Photo 2.	Saumurage expérimental au Bassin	2
Photo 3.	Saumurage commercial par MCI	2
Photo 4.	Saumurage commercial par GEA.....	2
Photo 5.	Larve d'étoile de mer.....	3
Photo 6.	Étoile individuelle traitée	10
Photo 7.	Préparation d'un groupe de moules	10
Photo 8.	Collecteur récolté le 31 octobre montrant des traces de prédation par les étoiles de mer	13

Liste des tableaux

Tableau 1.	Caractérisation des moules et des étoiles sur les collecteurs (sur 15 cm) au temps T0 lors du saumurage du 16 août par Grande-Entrée Aquaculture inc.	12
Tableau 2.	Caractérisation des moules et des étoiles sur les collecteurs (sur 15 cm) au temps T0 lors du saumurage du 23 août par Moules de culture des Îles inc.	13
Tableau 3.	Évaluation des coûts et des bénéfices du saumurage en fonction de différents scénarios.....	16

Traitement des collecteurs de moules à la saumure pour contrer la prédation par les étoiles de mer

1. Introduction

Le bassin du Havre Aubert est le principal site de captage pour les mytiliculteurs des Îles-de-la-Madeleine. Depuis quelques années, on y note une présence importante d'étoiles de mer. Or, ces dernières sont des prédateurs importants des jeunes moules sur les collecteurs et leur présence, lorsqu'elle est abondante, entraîne des problèmes d'approvisionnement en naissain.

La prédation des jeunes moules sur les collecteurs par les étoiles de mer est devenue préoccupante au cours des dernières années. En 1999, les producteurs ont dû assumer des pertes importantes de naissain, ce qui suscita ces travaux dès la saison suivante. Cette situation, connue également à l'Île-du-Prince-Édouard, avait fait l'objet d'essais de contrôle (MacKinnon *et al.*, 1994). Les résultats y sont apparus assez variables en fonction des sites et du type de traitement appliqué aux collecteurs de moules affectés par la présence d'étoiles.

Afin de mieux comprendre ce phénomène aux Îles-de-la-Madeleine, la Station technologique maricole (STMIM), aujourd'hui devenu le Centre maricole des Îles-de-la-Madeleine (CeMIM), a entrepris en 2000 des travaux de caractérisation de la prédation et des essais de contrôle par le saumurage. Ces travaux de recherche ont permis de bien connaître la dynamique de fixation des moules et des étoiles de mer et de cibler les périodes et la durée optimales de traitement. Cette étape fait l'objet de la première partie de ce document.

Le bénéfice qu'on retire d'une opération de saumurage menée à l'échelle expérimentale ne pouvait toutefois s'appliquer intégralement à une opération menée à l'échelle commerciale compte tenu de la mécanisation des opérations : saumurage à grande échelle, utilisation d'une dégrappeuse pour le tri, etc. Dans cette optique, la Société de développement de l'industrie maricole du Québec (SODIM) s'est alors jointe à la Station technologique maricole des Îles pour valider les résultats obtenus sur une base commerciale.

C'est ainsi qu'en 2005, une évaluation de l'opération de saumurage a été réalisée à l'échelle pilote avec les deux entreprises mytilicoles des Îles-de-la-Madeleine. Le principal objectif de ce projet était de démontrer la rentabilité de l'opération de saumurage des collecteurs affectés par la présence d'étoiles de mer.

Dans leur ensemble, les travaux qui suivent visaient à assurer un approvisionnement suffisant sur une base régulière en naissain pour les mytiliculteurs madelinots.

2. Problématique

Tout comme les moules, les étoiles de mer communes (*Asterias* sp.) passent par une période larvaire pélagique pendant leur cycle de vie. Après la fécondation externe des œufs, les larves vivent donc dans la colonne d'eau jusqu'à leur dernière métamorphose. C'est à ce moment qu'elles prennent leur forme caractéristique et qu'elles peuvent se fixer sur les collecteurs tout comme les moules. Carnivores, les petites étoiles profitent de cette abondance du naissain de moules. Des observations faites à l'Île-du-Prince-Édouard (Î.-P.-É) (MacKinnon *et al.*,

1994) indiquent que les étoiles vivant sur le fond atteignent approximativement 40 mm à 1 an et 65 mm à 2 ans. Or, des étoiles de taille supérieure à 40 mm qui n'étaient âgées que de deux mois ont été retrouvées sur les collecteurs de moules placés au Bassin! Une croissance similaire a également été observée sur les collecteurs à l'Île-du-Prince-Édouard (MacKinnon *et al.*, 1994). Ces étoiles de mer ont donc un potentiel de prédation qui, en fonction des densités et d'autres facteurs encore mal connus, peuvent entraîner la perte quasi totale de naissain pour les mytiliculteurs.

Le Bassin est un plan d'eau peu profond (max. 4 m) de sorte qu'aucune stratégie ne permettrait d'éviter la fixation des étoiles sur les collecteurs à la métamorphose. De fait, même en eau plus profonde au large des Îles-de-la-Madeleine, le calage des lignes à des profondeurs de 15, 20, voire 25 mètres, ne permet pas à coup sûr d'éviter qu'elles soient victimes d'une vague de fixation d'étoiles de mer (Nadeau, 2002).

Le contrôle des étoiles adultes présentes sur le fond du bassin a été envisagé pour tenter de diminuer le potentiel reproducteur de la population locale. La population d'étoiles fut sommairement estimée à 700 000 individus. Des essais de contrôle ont été réalisés à l'aide d'un faubert qui est constitué d'une rangée de « vadrouilles » traînées sur le fond derrière une embarcation (Bourque et Myrand, 2003). Malgré l'efficacité de la méthode, l'examen de divers scénarios de vitesse de déplacement et de largeur du faubert, il a fallu conclure qu'il faudrait un minimum de 20 jours d'activités intensives pour espérer avoir un impact sur la population d'étoiles de mer.

Il n'y a donc pas de moyen fiable et efficace pour contrer la fixation des étoiles sur les collecteurs au bassin du Havre Aubert.

3. Utilisation de la saumure

La volonté d'éliminer ou de contrôler les étoiles de mer date de plusieurs années et diverses méthodes ont déjà été expérimentées : trempage dans de la chaux hydratée, du chlore, de l'eau douce, de l'eau chaude, de l'eau sursaturée en sel, etc. (Galtsoff et Loosanoff, 1939; Loosanoff, 1961; MacKinnon *et al.*, 1994)

Pour des raisons d'efficacité et de sécurité, nous avons opté pour l'immersion dans la saumure (solution sursaturée en sel). Ce choix fut aussi dicté par une préoccupation environnementale. En effet, l'emploi d'une solution sursaturée en sel dans un milieu marin comme le Bassin n'a aucune conséquence sur l'environnement.

Les moules ont comme réflexe de refermer leur coquille avec une grande étanchéité quand elles sont confrontées à des conditions inhospitalières. Ceci assure une certaine protection de ses tissus en cas d'immersion dans la saumure. De leur côté, les étoiles de mer ne profitent d'aucune protection externe de sorte qu'elles subissent un important choc osmotique lorsqu'elles sont placées dans la saumure. Ceci entraîne la destruction de leurs tissus et une mort rapide.

La recette de saumure utilisée pour les tests fut de 300 g de sel/l d'eau ou encore 30 kg pour 100 l d'eau (information

recueillie par Claude Forest, Direction régionale de la Gaspésie, MAPAQ, auprès de Richard Gallant, coordonnateur à l'aquaculture à l'Île-du-Prince-Édouard). Le but est d'ajouter suffisamment de sel dans l'eau pour que, même après avoir été vigoureusement brassée, il reste encore du sel non dissous au fond du récipient. L'eau devient blanchâtre lorsqu'elle est sursaturée en sel. Toujours selon cette source, la durée de trempage était fixée à 10 secondes.

Les traitements ont été effectués dans divers contenants en fonction de l'ampleur des essais : traitement d'étoiles individuelles en laboratoire, traitement expérimental en lagune ou encore traitement commercial avec les producteurs (photos 1 à 4).



Photo 1. Essais de saumurage en laboratoire



Photo 2. Saumurage expérimental au bassin du Havre Aubert



Photo 3. Saumurage commercial par Moules de culture des Îles inc.



Photo 4. Saumurage commercial par Grande-Entrée Aquaculture inc.

4. Essais expérimentaux

Diverses expériences ont été menées de 2000 à 2003 afin de préciser le mode d'application du traitement, plus particulièrement la période et la durée optimales du saumurage. Seuls les principaux résultats sont présentés ici. Certains détails méthodologiques ont été volontairement omis pour alléger le document. Ils peuvent être obtenus auprès des auteurs.

4.1. Suivi du captage de moules et d'étoiles de mer

Des suivis réguliers de captage ont été réalisés en 2000, en 2001, en 2002 et en 2003 pour évaluer la pertinence d'effectuer un contrôle des prédateurs et pour bien cibler la période de traitement des collecteurs.

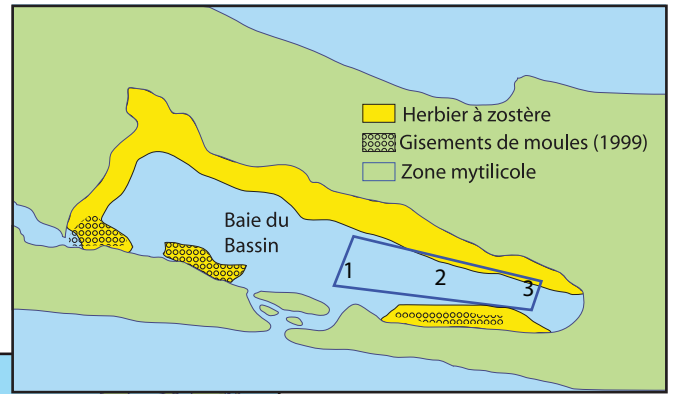
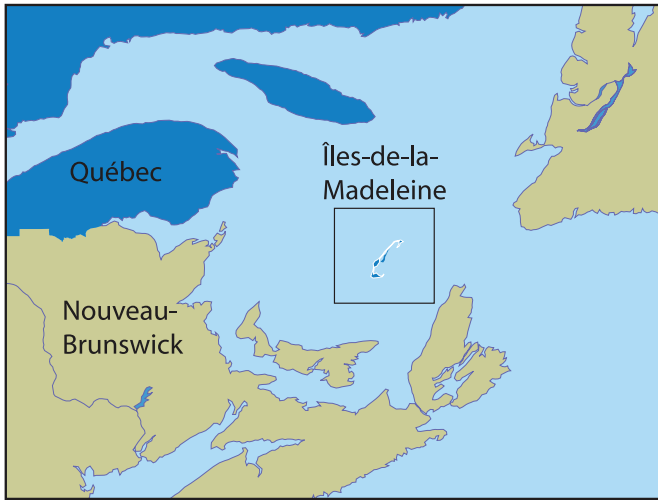
Chaque année, des collecteurs (filet maritime de 5 cm de largeur) ont été installés à la fin mai début juin à trois endroits afin d'assurer une bonne couverture spatiale de la zone mytilicole du bassin (figure 1).

Trois collecteurs par site ont ensuite été récupérés à chaque semaine au site du MAPAQ et aux deux semaines en alternance sur les filières des mytiliculteurs, sauf en 2003 où la fréquence d'échantillonnage était de deux semaines pour les trois sites. Le suivi a été réalisé jusqu'à la mi-septembre en 2000 et jusqu'en octobre en 2001, en 2002 et en 2003. Les collecteurs récoltés ont été ramenés au laboratoire où un échantillon de 5 à 15 cm a été prélevé au centre de chacun des collecteurs pour dénombrer les moules et les étoiles de mer captées.

Au cours de ces quatre années, les périodes de captage ont eu lieu au même moment au bassin du Havre Aubert. Les premières moules sont apparues autour de la mi-juin et ce, aux trois sites suivis (figure 2). Les densités moyennes maximales (pics de captage) observées ont été en général autour de 30 000 moules/mètre de collecteur bien qu'on ait observé 57 000 moules par mètre en 2000 au site de GEA et jusqu'à 90 000 moules par mètre dans le site MCI en 2003.

Ces collecteurs expérimentaux n'ont pas été traités contre les étoiles de mer en cours de saison si bien que ces dernières ont pu contribuer de façon plus ou moins importante à la diminution rapide du nombre de moules vers la fin de la saison. Mentionnons toutefois que, prédation ou non, il y a habituellement une diminution progressive du nombre de moules jusqu'à la période de récolte. À ce moment, il ne reste habituellement que quelques milliers (environ 3 000) de moules « boudinables », c'est-à-dire d'une taille supérieure à 15 mm, par mètre de collecteur. Il faut bien être conscient que le collecteur ne peut pas offrir un support d'attachement à des dizaines de milliers de jeunes moules qui croissent rapidement et occupent de plus en plus d'espace (volume) à mesure que la saison avance. Ceci se traduit par une élimination graduelle des individus en surplus (Fréchette et Lefavre, 1995).

Au cours des trois années, les premières étoiles se sont fixées approximativement un mois après les moules, soit à la mi-juillet (figure 2). Ceci implique qu'il n'est pas possible de retarder la mise à l'eau des collecteurs pour prévenir la fixation des étoiles. Dans les figures, les échelles correspondant au nombre d'étoiles sont volontairement ajustées selon les années et les sites pour permettre de bien voir les pics de fixation. L'abondance des étoiles de mer a grandement varié d'une année à l'autre et d'un site à l'autre. En effet, le pic de fixation a atteint environ 1 200 individus par mètre en 2000 au site de



MCI alors qu'il était à moins de 400 au site du MAPAQ la même année. En 2001, les quantités maximales d'étoiles observées étaient de l'ordre de 60 à 150 individus par mètre de collecteur dépendamment du site alors qu'en 2002, le maximum d'étoiles de mer aux trois sites suivis était d'à peine à peine dix individus par mètre de collecteur. Finalement, en 2003, le pic d'étoiles de mer sur les collecteurs était comparable à 2001 (légèrement supérieur) avec des quantités allant de 100 à 250 individus par mètre de collecteur (figure 2).

Figure 1. Le bassin du Havre Aubert, aux Îles-de-la-Madeleine et la localisation des sites de collecte et des suivis de captage. Site 1 : Grande-Entrée Aquaculture inc. (GEA); site 2 : MAPAQ; site 3 : Moules de culture des Îles inc. (MCI).

moule, soit de trois semaines à un mois (MacKinnon *et al.*, 1994). Un suivi de l'indice gonadique, indicateur de la ponte, a été réalisé en 2001 et a été couplé au moment de l'apparition des jeunes étoiles sur les collecteurs afin de valider cette information pour le bassin du Havre Aubert.

Le bassin du Havre Aubert est un plan d'eau semi-fermé où la population d'étoiles adultes est circonscrite et facile d'accès. Il y est donc facile de faire un suivi du rendement gonadique (poids relatif des gonades par rapport aux autres tissus) des géniteurs pour caractériser la ponte. En 2001, les étoiles au Bassin ont pondu assez massivement

vers la fin de juin (figure 4). La période larvaire a donc duré environ trois semaines, comme à l'Île-du-Prince-Édouard, compte tenu du moment de l'apparition des jeunes étoiles sur les collecteurs au Bassin (figure 2).

Un suivi de l'évolution larvaire permettrait également de suivre les stades de développement des larves dans la colonne d'eau (Aucoin *et al.*, 2002). Le suivi larvaire ne doit pas être utilisé comme indicateur certain de l'intensité de la fixation sur les collecteurs car les larves, en flottaison passive dans l'eau, peuvent être entraînées sur de longues distances par les courants et, dans le cas présent, être entraînées à l'extérieur du plan d'eau.



Photo 5. Larve d'étoile de mer

Un suivi larvaire peut s'avérer utile puisqu'il informe de la présence ou de l'absence de larves d'étoiles dans la colonne d'eau. En 2000, de l'eau a été pompée à six stations dans la zone mytilicole à

4.1.1. Croissance des étoiles par rapport aux moules

Le principal élément justifiant un suivi serré de l'évolution de la présence des étoiles de mer est leur croissance très rapide. En plus de leur abondance, la taille des moules et des étoiles a été évaluée régulièrement. Pour évaluer la taille (diamètre) d'une étoile, l'un de ses cinq bras est mesuré jusqu'au centre puis cette valeur est multipliée par deux.

À titre d'exemple, la figure 3 montre l'évolution de la fréquence de taille des moules et des étoiles de mer à l'été 2001. On remarque que plusieurs étoiles ont atteint une taille supérieure à 15 mm à peine un mois après la fixation.

4.2. Outils prédictifs pour la présence des étoiles sur les collecteurs

L'étoile femelle lâche ses œufs dans la colonne d'eau où ils sont fécondés par le sperme des étoiles mâles pour donner naissance à des larves.

La durée de la période larvaire de l'étoile de mer commune à l'Île-du-Prince-Édouard serait équivalente à celle de la

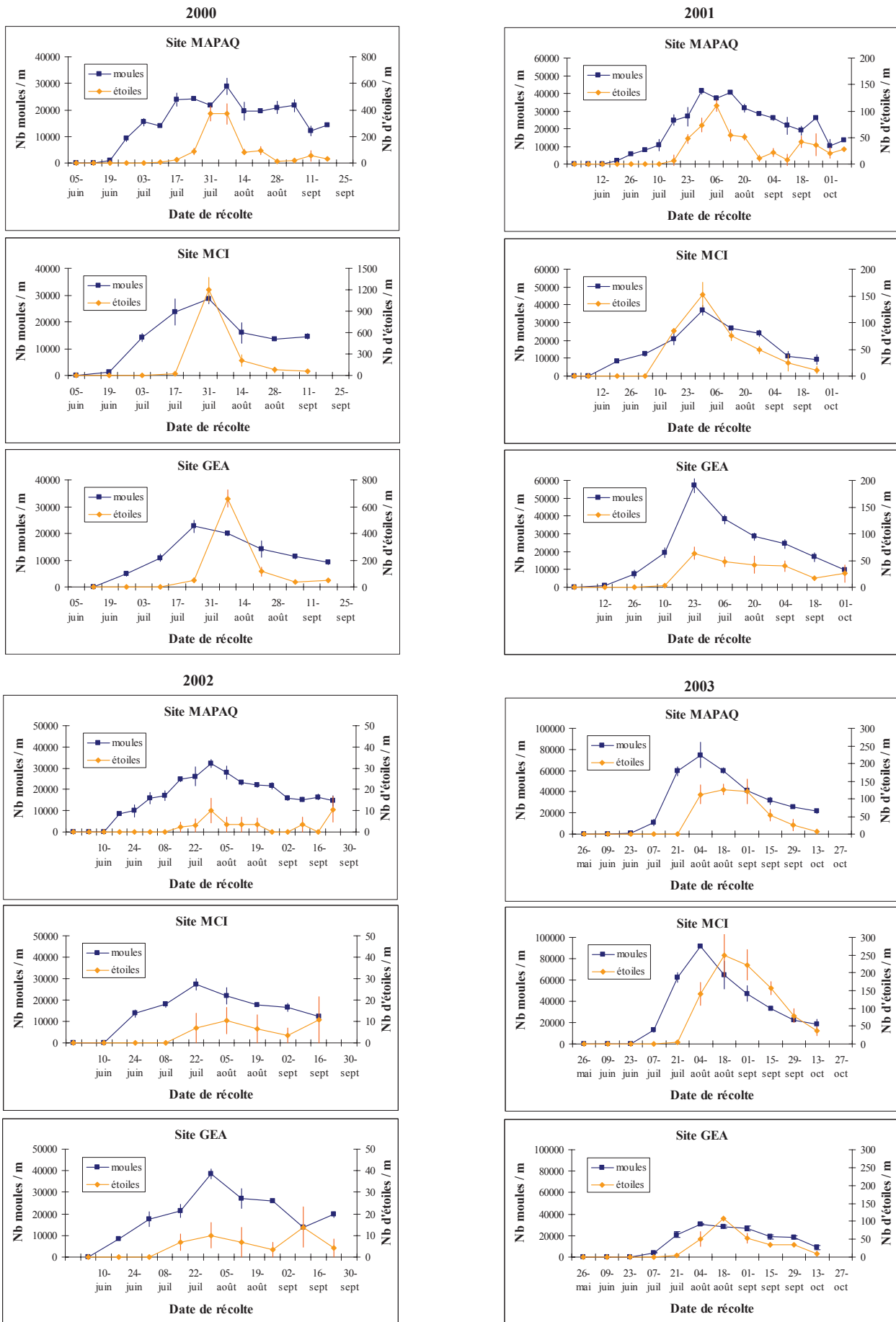


Figure 2. Évolution du captage de moules et d'étoiles de mer (moy. \pm ϵ .t.m.) au bassin du Havre Aubert de 2000 à 2003.

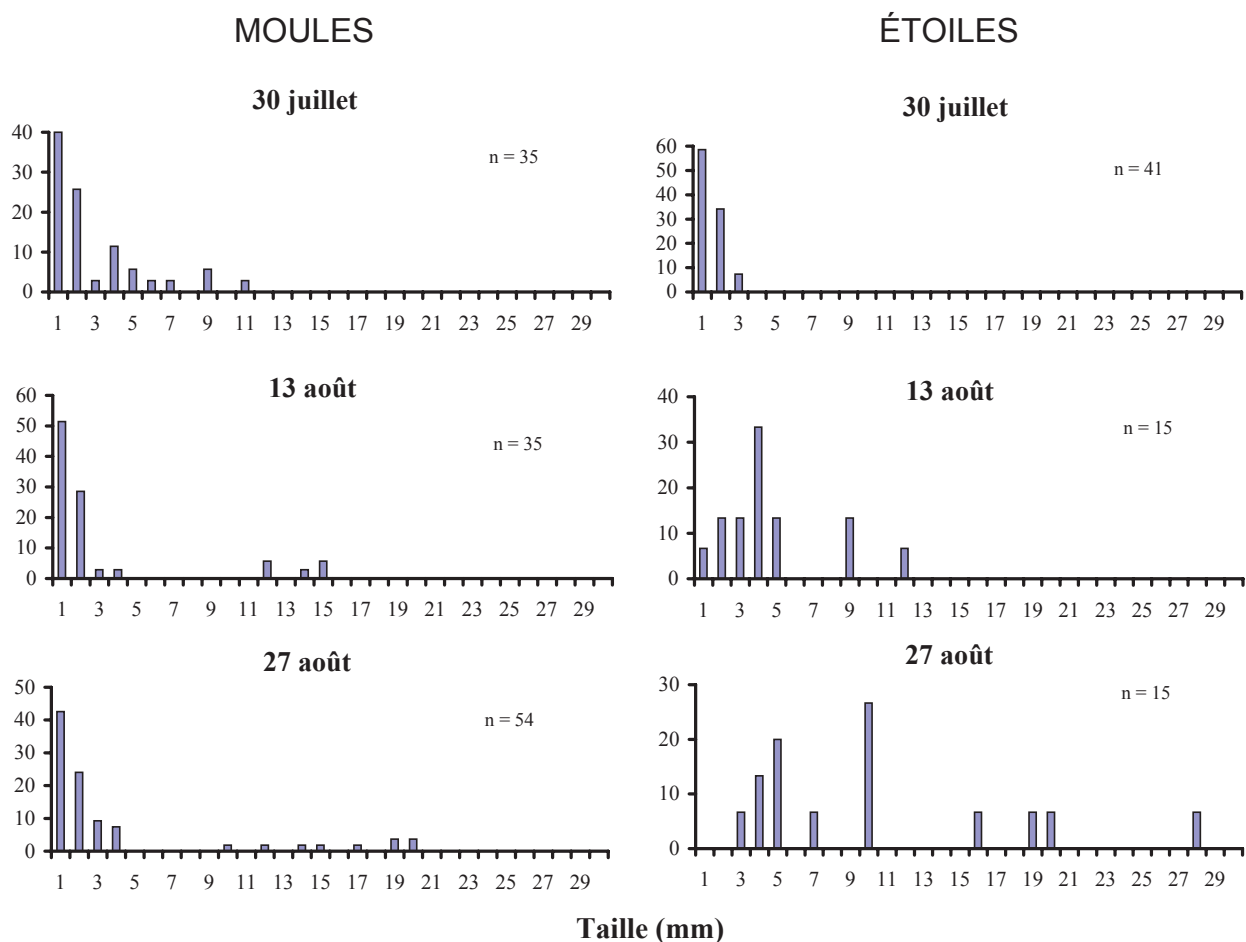


Figure 3. Évolution de la fréquence de taille des moules (longueur) et des étoiles de mer (diamètre=rayon × 2) sur les collecteurs au bassin du Havre Aubert en 2001. Les dates de relevés correspondent aux périodes de saumuration expérimentales.

raison de 150 litres par station. Des larves d'étoiles ont été présentes de la mi-juin au début août et un pic d'abondance fut observé à la fin juin avec 2,5 larves par litre d'eau (figure 5).

Un tel patron de l'évolution larvaire est « idéal » lorsque l'on entrevoit un traitement à la saumure puisque la présence d'étoiles dans la colonne d'eau est très concentrée dans le temps. Ainsi, il n'y aurait eu aucun risque que des étoiles se fixent sur les collecteurs de moules en 2000 suite à un traitement à la mi-août puisqu'il n'y avait plus de larves qui auraient pu se fixer après cette période.

Bien qu'intéressantes, les observations sur l'évolution larvaire ne peuvent toutefois suppléer l'observation directe sur les collecteurs. En effet, l'évaluation de la densité des étoiles fixées demeure essentielle à toute opération de contrôle.

4.3. Détermination de la période de traitement

4.3.1. Essai préliminaire en 2000

Le 14 août 2000, alors que les collecteurs au Bassin étaient particulièrement affectés par les étoiles de mer, des collecteurs (n = 14) ont été immergés pendant 10 secondes, comme suggéré alors par des collègues de l'Île-du-Prince-Édouard, puis ont été remis en suspension sur la ligne de collecte. Un nombre équivalent de collecteurs ne reçut aucun traitement pour servir de contrôle. Deux mois plus tard, l'effet de ce

traitement a été évalué en prélevant et en procédant à son analyse un échantillon de 30 cm localisé au centre de chaque collecteur.

L'impact positif du traitement à la saumure fut sans équivoque puisque les collecteurs traités ont fourni un rendement significativement supérieur (test de T pour variances homogènes : $t_{26} = 3,47$; $P = 0,002$) aux collecteurs non traités (figure 6). Les collecteurs traités ont fourni en moyenne environ 2 900 moules de taille supérieure à 5 mm par mètre de collecteur le 2 octobre comparativement à environ 1 300 moules de taille supérieure à 5 mm par mètre de collecteur non traité.

Lors de l'application du traitement, les étoiles n'avaient pas encore atteint 15 mm. McKinnon *et al.*, (1994) suggèrent d'ailleurs de traiter les collecteurs avant que les étoiles n'atteignent 15 mm.

Des quelques 400 étoiles par mètre de collecteur observées pendant les semaines précédant le traitement, il n'en restait en octobre que quatre par mètre sur les témoins non traités et une seule sur les collecteurs qui avaient été traités deux mois plus tôt. Il est donc clair que le nombre d'étoiles sur les collecteurs diminue naturellement à mesure que la saison avance et ce, même sans traitement à la saumure. Par contre, le traitement semble avoir eu un effet important à court terme sur l'abondance des étoiles, ce qui aurait limité les pertes.

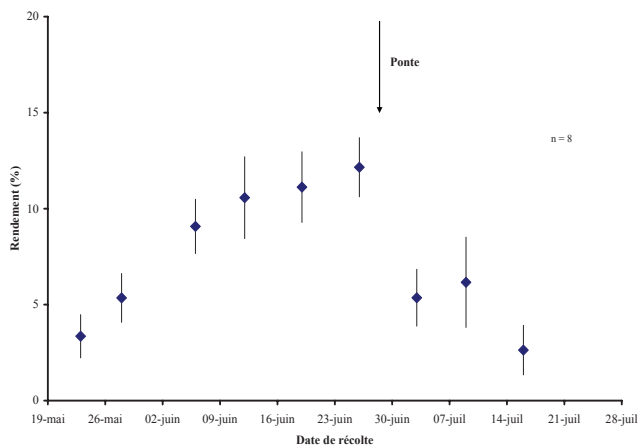


Figure 4. Évolution du rendement gonadique des étoiles de mer (\pm é.t.m.) au bassin du Havre Aubert en 2001

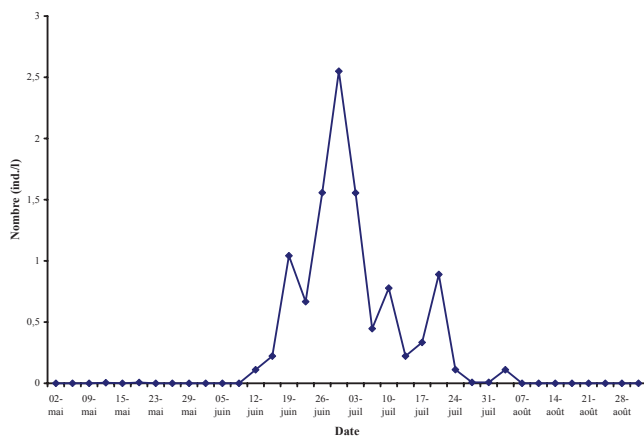


Figure 5. Suivi des larves d'étoiles de mer au bassin en 2000.

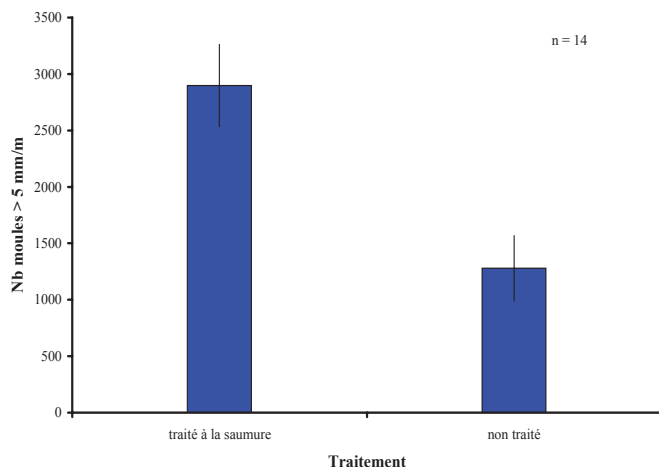


Figure 6. Effet du traitement à la saumure appliqué le 14 août 2000 sur le nombre de moules (\pm é.t.m.) obtenu le 2 octobre 2000.

4.3.2. Essais en 2001, 2002 et 2003

Les deux entreprises mytilicoles des Îles-de-la-Madeleine exploitent une cinquantaine de lignes de captage chacune. Le saumurage de l'ensemble nécessite plusieurs jours de travail. Afin de conseiller adéquatement les mytiliculteurs pour la gestion de leurs opérations, il fallait déterminer la fenêtre potentielle de traitement. Des questions se posaient : peut-on traiter les collecteurs dès que les étoiles sont visibles à l'œil nu? Jusqu'à où peut-on attendre dans la saison pour effectuer le traitement de façon efficace?

Des essais de saumurage ont donc eu lieu en 2001, en 2002 et en 2003 pour déterminer les périodes potentielles de traitement. Chaque année, 100 collecteurs standards ont été suspendus à une ligne de collecte en début de saison : 1^{er} juin, 31 mai et 9 juin pour les années concernées, respectivement.

Trois périodes d'application (hâtive, conservatrice et tardive) ont été ciblées à partir des observations obtenues lors du suivi annuel de collecte (voir section 4.1). L'application hâtive avait lieu dès que les étoiles de mer étaient visibles à l'œil nu, c'est-à-dire environ deux semaines après les premières fixations, ce qui a correspondu au 30 juillet 2001, au 12 août 2002 et au 4 août 2003. L'application conservatrice se déroulait environ deux semaines plus tard, c'est-à-dire avant que les étoiles n'atteignent la taille de 15 mm. L'application tardive avait lieu après un délai supplémentaire d'environ deux semaines quand il n'y avait probablement plus de larves d'étoiles de mer dans l'eau, donc plus de possibilité ultérieure de fixation. Toutefois, dans ce dernier cas, il faut assumer certaines pertes de moules dues à la prédation. Le traitement tardif a eu lieu le 28 août 2001, le 9 septembre 2002 et le 3 septembre 2003. Chaque période d'application a été évaluée avec 25 collecteurs. La durée du saumurage fut de 10 secondes en 2001 et de 30 secondes en 2002 et en 2003. En parallèle, 25 collecteurs n'ont subi aucun traitement et ont servi de contrôle.

En 2001, il y a eu peu de différences entre les divers traitements. En effet, il n'y a eu aucune différence significative en ce qui concerne de la quantité de moules retrouvées sur les différents groupes de collecteurs (ANOVA : $F_{(3,96)} = 1,25$; $P = 0,30$), et ce, malgré une différence significative pour le nombre d'étoiles ($\chi^2 = 40,21$; $ddl = 3$; $P < 0,001$) lors de la récolte le 9 octobre (figures 7 et 8). Chacune des périodes de traitement a donc été comparée aux collecteurs non traités à l'aide de tests *Kruskal-Wallis* suivis d'une correction *Bonferroni* séquentielle. Toutes les périodes de traitement ont résulté en une quantité significativement inférieure d'étoiles de mer plus grandes ou égales à 10 mm sur les collecteurs (tous les $\chi^2 \geq 5,4$; $ddl = 1$; $P \leq 0,02$), mais celle-ci n'est pas reflétée dans le nombre de moules présentes sur les collecteurs (figures 7 et 8).

Des examens approfondis ont montré qu'un saumurage de 10 secondes n'était pas suffisant pour tuer les étoiles à coup sûr (voir section suivante). Ceci peut expliquer les fortes densités d'étoiles de mer sur les collecteurs qui avaient été traités tardivement alors qu'en théorie on devrait s'attendre à ce que les étoiles y soient les moins nombreuses compte tenu de l'application (élimination des étoiles) plus récente du traitement.

La comparaison des trois périodes de saumurage a été répétée en 2002, mais cette fois, avec une durée d'immersion de 30 secondes. Or, très peu d'étoiles se sont fixées au collecteur de moules cette année-là (réf. section 4.1) si bien qu'aucun effet du traitement ne put être noté. Les résultats sont présentés

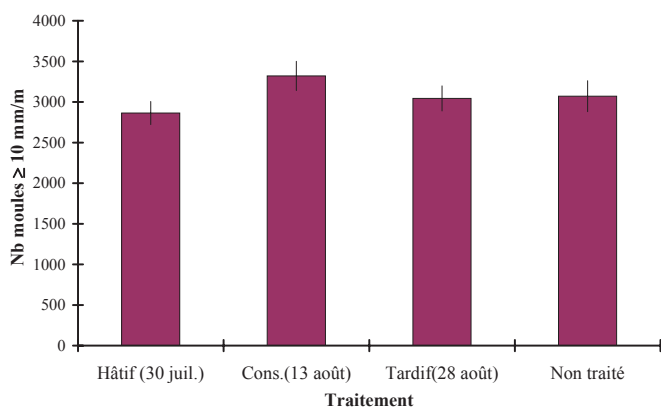


Figure 7. Effet des traitements à la saumure sur le nombre de moules (\pm é.t.m.) obtenu le 9 octobre 2001

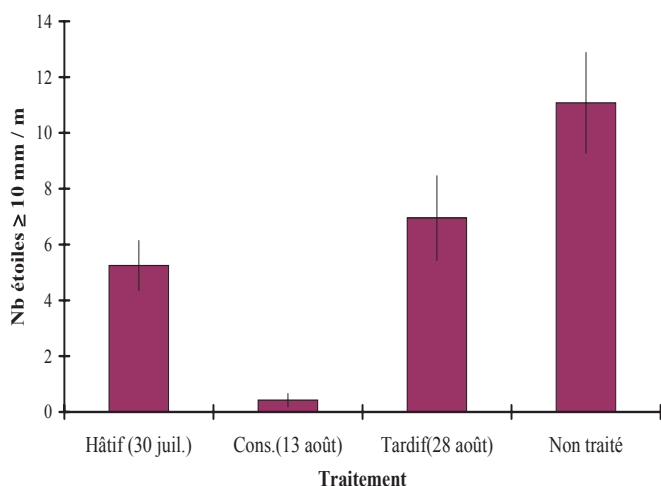


Figure 8. Effet des traitements à la saumure sur le nombre d'étoiles de mer (\pm é.t.m.) obtenu le 9 octobre 2001

aux figures 9 et 10. Notons que même le groupe non traité (témoin) ne montrait en moyenne qu'une étoile par mètre de collecteur lors de la récolte le 7 octobre. Ainsi, bien qu'aucun traitement ne fut appliqué par les entreprises mytilicoles, la saison 2002 offrit une très bonne collecte de naissain.

En 2003, il a été possible d'évaluer le traitement à la saumure étant donné l'abondance des étoiles de mer qui fut de 100 à 250 ind./mètre de collecteur observés lors du pic de fixation (figure 2). Des collecteurs ont donc été saumurés pendant 30 secondes puis ont été replacés sur la ligne de collecte. Un premier groupe de collecteurs ($n = 20$) a été traité au début du mois d'août lorsque les étoiles sont devenues visibles à l'œil nu (période hâtive). Un deuxième groupe de collecteurs ($n = 20$) a été saumuré à la mi-août alors que les étoiles n'avaient pas atteint 15 mm (le pic de fixation est généralement dépassé à ce moment). Finalement, un dernier groupe ($n = 20$) a été traité plus tardivement au début de septembre. En théorie, il n'y avait plus de larves dans l'eau à ce moment, mais certaines étoiles sur les collecteurs avaient plus de 30 mm et les dégâts étaient apparents.

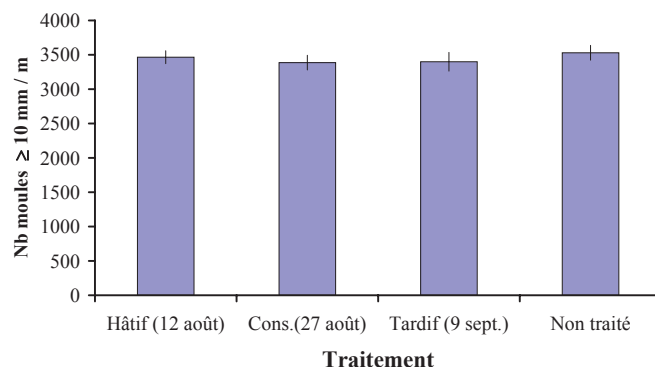


Figure 9. Effet des traitements à la saumure sur le nombre de moules (\pm é.t.m.) obtenu le 7 octobre 2002.

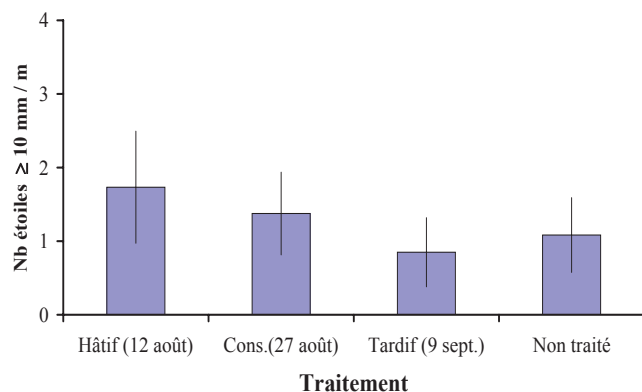


Figure 10. Effet des traitements à la saumure sur le nombre d'étoiles de mer (\pm é.t.m.) obtenu le 7 octobre 2002.

On observe un effet significatif des différents traitements sur le nombre de moules retrouvées sur les collecteurs ($F_{(3,70)} = 5,17$; $P = 0,003$). Les collecteurs soumis au traitement hâtif ont procuré une quantité de moules de 10 mm ou plus grandes significativement supérieure aux collecteurs non traités, mais comparable aux collecteurs soumis au traitement tardif (figure 11). En fait, les collecteurs soumis aux traitements conservateur et tardif n'ont pas fourni plus de moules que les collecteurs non traités. La quantité d'étoiles de mer a, elle aussi, été significativement différente entre les traitements ($\chi^2 = 25,7$; $ddl = 3$; $P < 0,0001$). Des tests de *Kruskal-Wallis* ont permis de comparer deux à deux chaque période de saumuration avec les collecteurs non traités. Seuls les collecteurs ayant subi un traitement conservateur avaient une quantité d'étoiles significativement inférieure aux collecteurs non traités ($\chi^2 = 21,0$; $ddl = 1$; $P < 0,0001$) (figure 11). Encore une fois, il y avait un nombre élevé d'étoiles de mer sur les collecteurs traités tardivement, ce qui suggère que la durée limitée du traitement (10 s) appliqué en 2001 ne pouvait être tenue pour seule responsable des résultats mitigés obtenus cette année-là.

Les résultats du saumuration de 2003, obtenus à partir du nombre de moules plus grandes ou égales à 10 mm étaient surprenants étant donné que les collecteurs traités paraissaient mieux garnis en moules que les collecteurs du groupe témoin au moment de leur récolte. À noter que le nombre de moules boudinables (de taille supérieure à 15 mm) était toutefois très supérieur sur les collecteurs ayant subi un des trois traitements. Ainsi, seulement 50 % des moules sur les collecteurs non traités mesuraient plus de 15 mm alors qu'elles

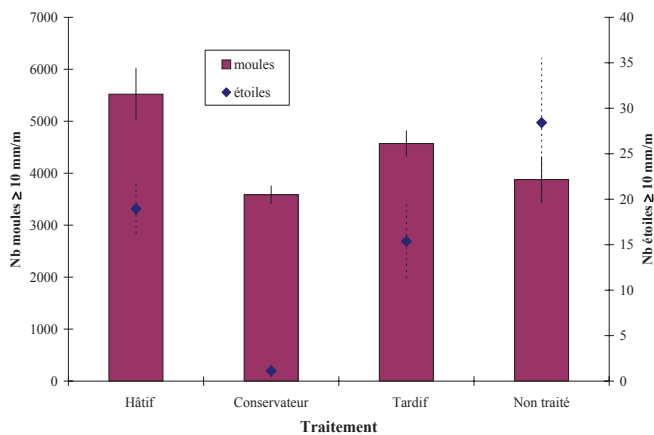


Figure 11. Effet des traitements à la saumure sur le nombre de moule et d'étoiles de mer (\pm é.t.m.) obtenu le 14 octobre 2003.

représentaient 67 %, 73 % et 63 % des moules sur les collecteurs traités sur une base hâtive, conservatrice et tardive, respectivement (figure 12). Les bienfaits du saumurage sont davantage mis en relief si on ne considère que les moules de taille supérieure à 20 mm. Le rendement au boudinage (rapport du nombre de mètres de boudin fabriqué par mètre de collecteur) a été évalué avec ces moules plus grandes que 20 mm en assumant une densité de boudinage de 660 moules/m. Le traitement hâtif a fourni un rendement de 4,2 \times comparativement à 2,8 \times pour le traitement conservateur et 2,9 \times pour le traitement tardif. En comparaison, les collecteurs non traités n'ont fourni qu'un rendement de 1,6 \times .

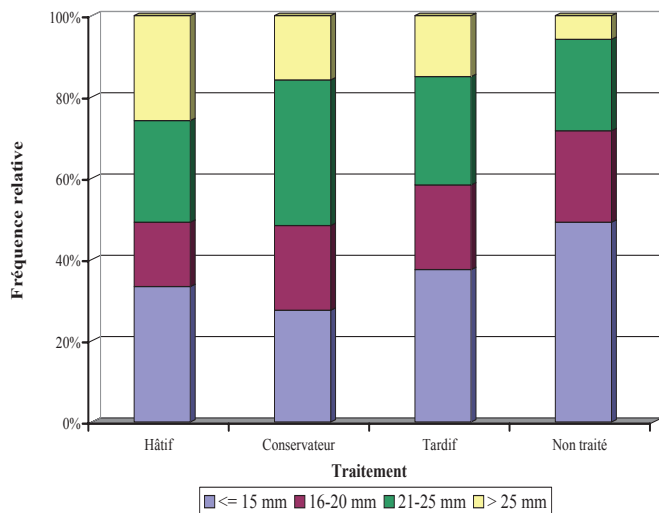


Figure 12. Fréquence de taille relative du naissain obtenu le 14 octobre 2003 en fonction du traitement des collecteurs.

Ces résultats permettent d'envisager une assez longue période pendant laquelle le saumurage peut procurer des bénéfices non négligeables pour la collecte. Ainsi, les producteurs auraient pu procéder au saumurage pendant tout le mois d'août en 2003 et obtenir des rendements de captage (en naissain boudinable) plus élevés qu'avec des collecteurs non traités.

4.4. Durée du traitement

Il faut réussir à éliminer le plus d'étoiles possible sans trop affecter les moules présentes sur les collecteurs, peu importe le traitement utilisé. Il ne sert à rien d'éliminer les étoiles si le naissain est affecté de façon substantielle.

Comme mentionné précédemment, les résultats obtenus en 2000 semblaient démontrer qu'un saumurage de 10 secondes, comme suggéré dans les Maritimes, n'était pas suffisant pour tuer les étoiles. À la fin du mois d'août 2001, différentes durées de saumurage (10 s, 30 s, 120 s) ont été comparées à un groupe témoin non traité. Les collecteurs ainsi traités (quatre collecteurs par groupe) ont été examinés une semaine plus tard (figure 13). Les différents traitements ont été comparés à l'aide d'un test non paramétrique de *Wilcoxon* en raison de leurs variances non homogènes. Il en ressort une différence significative entre les groupes de collecteurs ($\chi^2 = 13,07$; ddl = 3; $P = 0,005$). Des comparaisons multiples *Kruskall-Wallis* auxquelles ont été appliquées des corrections de *Bonferroni* séquentielles ont ensuite permis de comparer deux à deux chaque durée de traitement en fonction des témoins. Les immersions de 30 et 120 secondes ont toutes deux montré des différences significatives avec les témoins ($\chi^2 = 6,05$; ddl = 1; $P = 0,014$). Il s'avère qu'un traitement de 10 secondes a à peine permis de diminuer le nombre d'étoiles sur les collecteurs alors que les traitements de 30 et 120 secondes ont éliminé toutes les étoiles de mer. Bien qu'encore nombreuses (environ 20 ind./mètre), les étoiles présentes sur les collecteurs, qui avaient été saumurés pendant 10 secondes, étaient peu visibles. En effet, la quasi-totalité de ces étoiles a été retrouvée parmi les moules ce qui leur a permis de demeurer présentes sur les collecteurs.

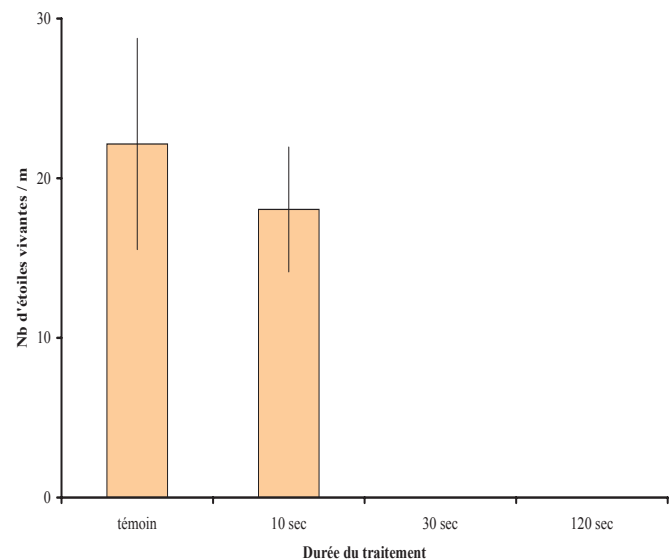


Figure 13. Survie des étoiles en fonction de la durée du traitement à la saumure en 2001 (observations faites une semaine après l'application des traitements).

On a observé une différence significative ($\chi^2 = 10,13$; ddl = 3; $P = 0,018$) entre les différents traitements sur la mortalité des moules (figure 14). Des comparaisons multiples *Kruskall-Wallis* auxquelles ont été appliquées des corrections de *Bonferroni* séquentielles ont ensuite permis de comparer deux à deux chaque durée de traitement en fonction des témoins. Seules

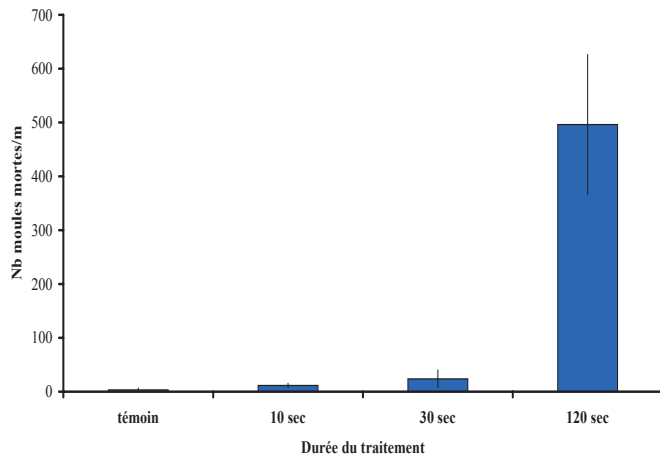


Figure 14. Effet de la durée du traitement à la saumure sur la mortalité des moules en 2001 (observations faites une semaine après l'application des traitements).

les moules soumises à une immersion de 120 secondes ont montré une mortalité significativement différentes des témoins ($\chi^2 = 5,60$; ddl = 1; $P = 0,018$). On a estimé à environ 500 moules/m la mortalité consécutive à ce traitement, ce qui représentait environ 10 % des moules de taille supérieure à 5 mm soit la cohorte susceptible d'atteindre une taille boudinable dans l'automne.

De nouvelles observations ont été faites en 2002 afin de mieux préciser la durée optimale du traitement. L'objectif initial était aussi de valider les données de 2001 en fonction de la taille des individus et de la période de traitement en répétant l'expérience lors de chacun des trois traitements menés au bassin du Havre Aubert (réf. section 4.3.2). Toutefois, la faible abondance des étoiles sur les collecteurs en 2002 (figure 2), associée à une force d'attachement très faible des moules, qui entraîna beaucoup de chutes (*fall-off*) lors de la manipulation des collecteurs, a forcé de revoir le protocole prévu pour plutôt procéder à une évaluation de la survie des étoiles et des moules sur une base individuelle en laboratoire.

Le 10 septembre, des étoiles de mer de deux classes de taille (inférieure à 15 mm et supérieure à 15 mm) furent traitées individuellement ($n = 3$) puis remises à l'eau pour être observées de nouveau trois jours plus tard. Un saumurage de 10 secondes élimina 67 % (2 sur 3) des étoiles des deux classes de taille tandis qu'aucune étoile ne résista à une durée de saumurage de 20 secondes et plus (figure 15).

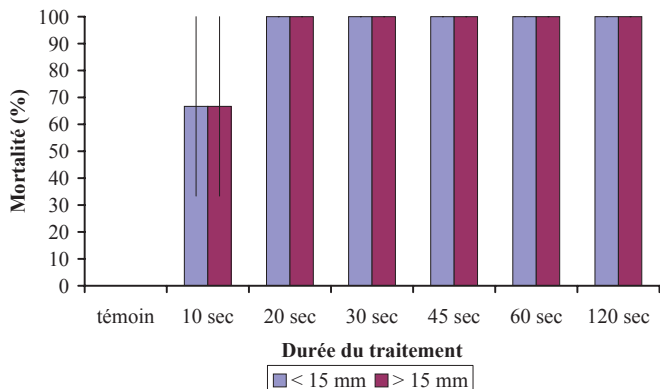


Figure 15. Effet de la durée du saumurage sur le taux de mortalité des étoiles.

Des groupes de 30 moules de deux classes de taille (12 à 18 mm et supérieure à 18 mm) ont aussi été soumis aux mêmes périodes de traitement que les étoiles (contrôle, 10, 20, 30, 45, 60 et 120 s) et l'expérience a été répétée à trois reprises. Il n'y a pas eu d'interaction significative entre la taille des moules et le traitement imposé (ANOVA : $F_{(6,28)} = 0,87$; $P = 0,53$). Il n'y a pas eu, non plus, d'effet de taille (ANOVA : $F_{(1,28)} = 3,76$; $P = 0,06$). En revanche, il y avait une différence significative entre les traitements (ANOVA : $F_{(6,28)} = 14,78$; $P < 0,0001$). Des comparaisons *a posteriori* entre chaque durée de saumurage et les témoins non saumurés (suivies d'une correction *Bonferroni* séquentielle) ont mis en évidence que la mortalité des moules soumises à des saumurages de 60 et de 120 secondes était significativement plus élevée (tous $P \leq 0,0001$) que pour les moules non traitées. Bien qu'on ait observé certaines mortalités de moules après des saumurages de 30 et de 45 secondes, elles n'étaient pas significativement plus élevées que pour les moules non traitées (figure 16).

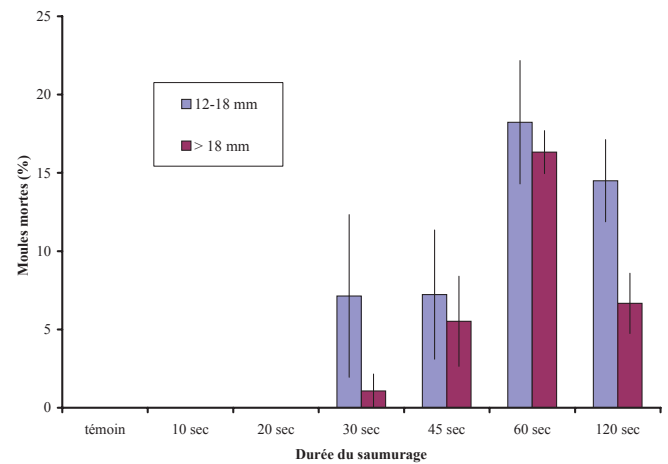


Figure 16. Impact de la durée du traitement à la saumure sur la mortalité des moules (moy. \pm é.t.m.)

4.4.1. Effet de la température sur l'efficacité du traitement

Certaines observations laissaient supposer que la température avait un impact sur l'efficacité du traitement à la saumure. C'est pourquoi des étoiles des tailles correspondant à celles qu'on observe habituellement lors des deux premières périodes potentielles de traitement (réf. traitement hâtif, conservateur) ont été soumises à un saumurage d'une durée plus ou moins prolongée (entre 10 et 60 secondes) et à deux températures : une température considérée comme typique lors de la période de traitement (18 à 20 °C) et une température approchant les valeurs maximales observées au bassin (25 °C). En général, la température moyenne journalière se situe entre 20 et 22 °C de la mi-juillet à la fin du mois d'août (données non publiées). La température journalière maximale (pic ponctuel) mesurée au bassin le 3 août 2004 fut de 22,8 °C et de 22,7 °C le 23 juillet 2005. Par une journée ensoleillée, on peut supposer que la température de l'eau dans le bac à saumurage puisse atteindre les 25 °C, d'où le choix de cette température expérimentale élevée.



Photo 6. Étoile individuelle traitée.

Cinq étoiles ont servi de réplication pour chaque traitement (photo 6) et leur mortalité a été évaluée trois jours après les traitements. Un premier essai a comparé l'impact des traitements administrés à 20 et 25 °C avec de petites étoiles de 3 à 5 mm de diamètre. On a pu constater un effet de la température, mais uniquement pour un saumurage de 10 secondes (figure 17). En effet, aucune des cinq étoiles n'a survécu à un saumurage à 25 °C alors que trois individus sur cinq ont résisté à 20 °C. Les résultats ont été quelque peu différents lors du second essai réalisé la semaine suivante. Cette fois, les étoiles étaient de plus grande taille (10 à 15 mm de diamètre) en raison de leur croissance entre les deux périodes expérimentales et les températures comparées étaient de 18 et de 25 °C. Cette fois, toutes les étoiles (5 sur 5) saumurées pendant 10 secondes ont péri à 18 °C alors qu'une seule a survécu à 25 °C (figure 18). Toutes les étoiles en contact direct avec la saumure pendant 30 secondes et plus ont succombé peu importe la température à laquelle le saumurage a été appliqué.

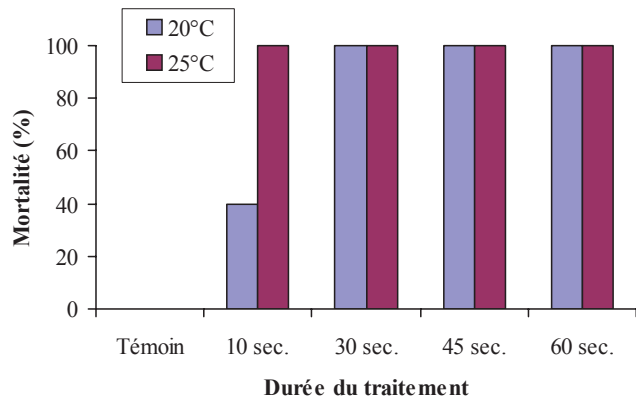


Figure 17. Effet de la température de l'eau sur l'efficacité de diverses durées de saumurage sur la mortalité des étoiles de 3 à 5 mm de diamètre le 8 août 2003.

En parallèle, cinq groupes de 15 moules ont été soumis aux mêmes traitements que les étoiles (photo 7) et une évaluation de leur survie a été réalisée trois jours plus tard. Les résultats ont différé considérablement entre les deux essais. Lors du premier, les petites moules (3 à 9 mm) ont très bien résisté au saumurage avec une mortalité globale maximale de 2,7 % et ce, peu importe la température d'application (figure 19). La semaine suivante, pour le second essai, les moules expérimentales avaient atteint une plus grande taille (9 à 15 mm) en



Photo 7. Préparation d'un groupe de moules

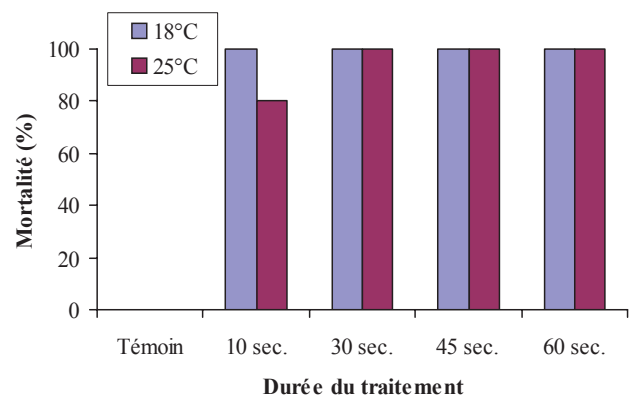


Figure 18. Effet de la température de l'eau sur l'efficacité de diverses durées de saumurage sur la mortalité des étoiles de 10 à 15 mm de diamètre le 15 août 2003.

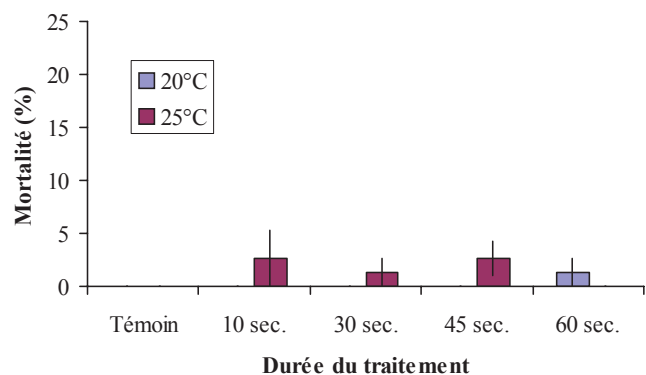


Figure 19. Effet de la température de l'eau sur la mortalité des moules (3 à 9 mm) soumises à diverses périodes de saumurage le 8 août 2003.

raison de leur croissance. Cette fois, elles ont subi des mortalités nettement plus élevées à la suite du saumurage. Les pertes maximales enregistrées à 18 °C ont été de 5,3 % suite à des saumurages de 30 à 60 secondes (figure 20). À 25 °C, la mortalité s'est avérée beaucoup plus importante et en augmentation avec la durée du saumurage passant de 4,2 % à 16 % pour des durées de saumurage variant de 10 à 60 secondes.

Fait intéressant à noter, un saumurage d'à peine 10 secondes à 25 °C a induit une mortalité comparable à un saumurage de 45 secondes à 18 °C. En fait, il n'y a pas eu d'interaction significative entre la température de saumurage et les traitements sur la mortalité des moules (ANOVA : $F_{(4,40)} = 0,73$; $P = 0,57$). Il y avait cependant une différence significative (ANOVA : $F_{(1,40)} = 9,06$; $P = 0,005$) entre les températures d'application avec une mortalité plus importante à 25 °C qu'à 18 °C. Il y avait aussi une différence significative (ANOVA : $F_{(4,40)} = 6,24$; $P = 0,0005$) entre les différentes durées d'application. Des comparaisons *a posteriori* (avec correction *Bonferroni* séquentielle) entre chaque durée de traitement et les contrôles ont mis en évidence que toutes les durées de saumurage plus longues que 10 secondes ont entraîné une mortalité plus importante de moules que pour les contrôles. (figure 20). Il semble donc qu'un saumurage de 30 secondes s'avère optimal, mais qu'il faut éviter de saumurer les collecteurs quand la température est élevée afin d'en minimiser l'impact sur les jeunes moules.

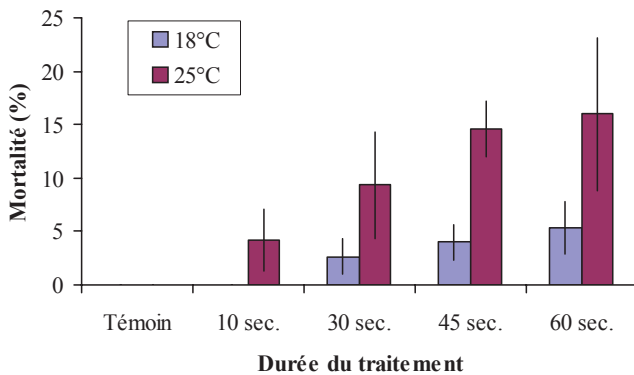


Figure 20. Effet de la température de l'eau sur la mortalité des moules (9 à 15 mm) soumises à diverses périodes de saumurage le 15 août 2003.

5. Essais à l'échelle pilote

Un essai de saumurage à l'échelle pilote devait initialement être mené en 2004. Un très mauvais captage dû à une présence excessive d'algues filamenteuses sur les collecteurs a obligé son report en 2005.

5.1. Le suivi de la fixation des moules et des étoiles

L'évaluation du captage a été réalisée sur les filières des mytiliculteurs de façon à couvrir leurs sites de captage au bassin du Havre Aubert. La procédure habituelle de suivi a été réalisée. Une série de collecteurs de filet maritime de 1,8 m de longueur fut installée en début de saison et, à partir du début de juin, trois collecteurs par site ont été récoltés et remplacés par trois nouveaux collecteurs sur une base hebdomadaire jusqu'à la troisième semaine du mois d'août, puis aux deux semaines par la suite.

Le patron de captage pour 2005 a suivi *grosso modo* le patron habituel aux sites des producteurs (figures 21 et 22). Les premières moules ont été aperçues vers la mi-juin et les premières étoiles, un mois plus tard, soit le 18 juillet.

On observa un pic d'abondance d'environ 52 000 moules/mètre de collecteur au site de Moules de culture des Îles inc. (MCI) et de 37 000 moules/mètre au site de Grande-Entrée Aquaculture inc. (GEA). Les étoiles ont atteint une abondance

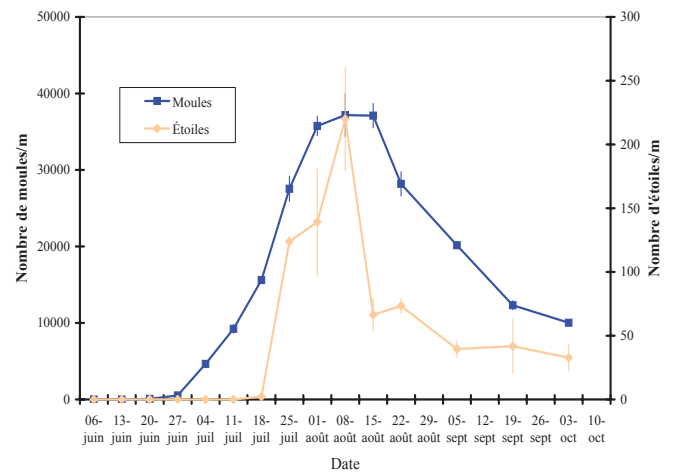


Figure 21. Évolution du captage de moules et d'étoiles de mer (moy. ± é.t.m.) au site de Grande-Entrée Aquaculture inc. en 2005.

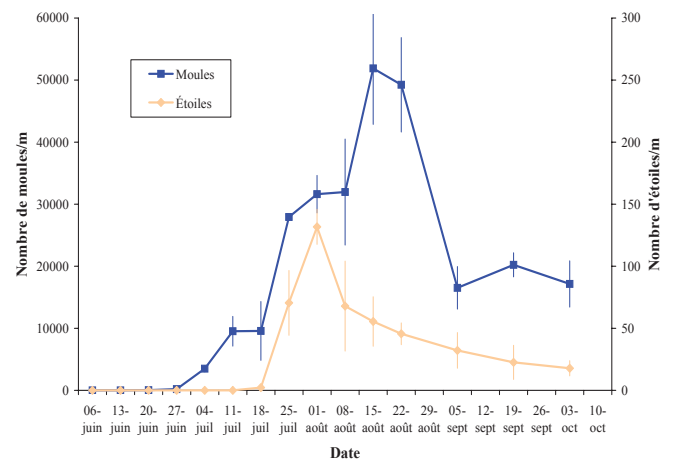


Figure 22. Évolution du captage de moules et d'étoiles de mer (moy. ± é.t.m.) au site de Moules de culture des Îles inc. en 2005.

maximale de 220 étoiles/mètre de collecteur au site GEA comparativement à 132 étoiles/mètre de collecteur au site MCI. L'évolution qui suit jusqu'au début d'octobre est naturelle, c'est-à-dire que ces collecteurs n'ont pas été saumurés. Les fortes densités de moules toujours présentes en octobre s'expliquent en bonne partie par des fixations tardives de moules (moules de 1 à 5 mm).

Afin d'avoir un portrait « moyen » de l'évolution hebdomadaire de la taille des étoiles au bassin, les individus provenant des différents sites de captage ont été regroupés.

La croissance des étoiles fut rapide en 2005 (figure 23). Le 6 septembre, soit moins de deux mois après les premières apparitions d'étoiles, le tiers des individus sur les collecteurs mesuraient déjà plus de 25 mm de diamètre.

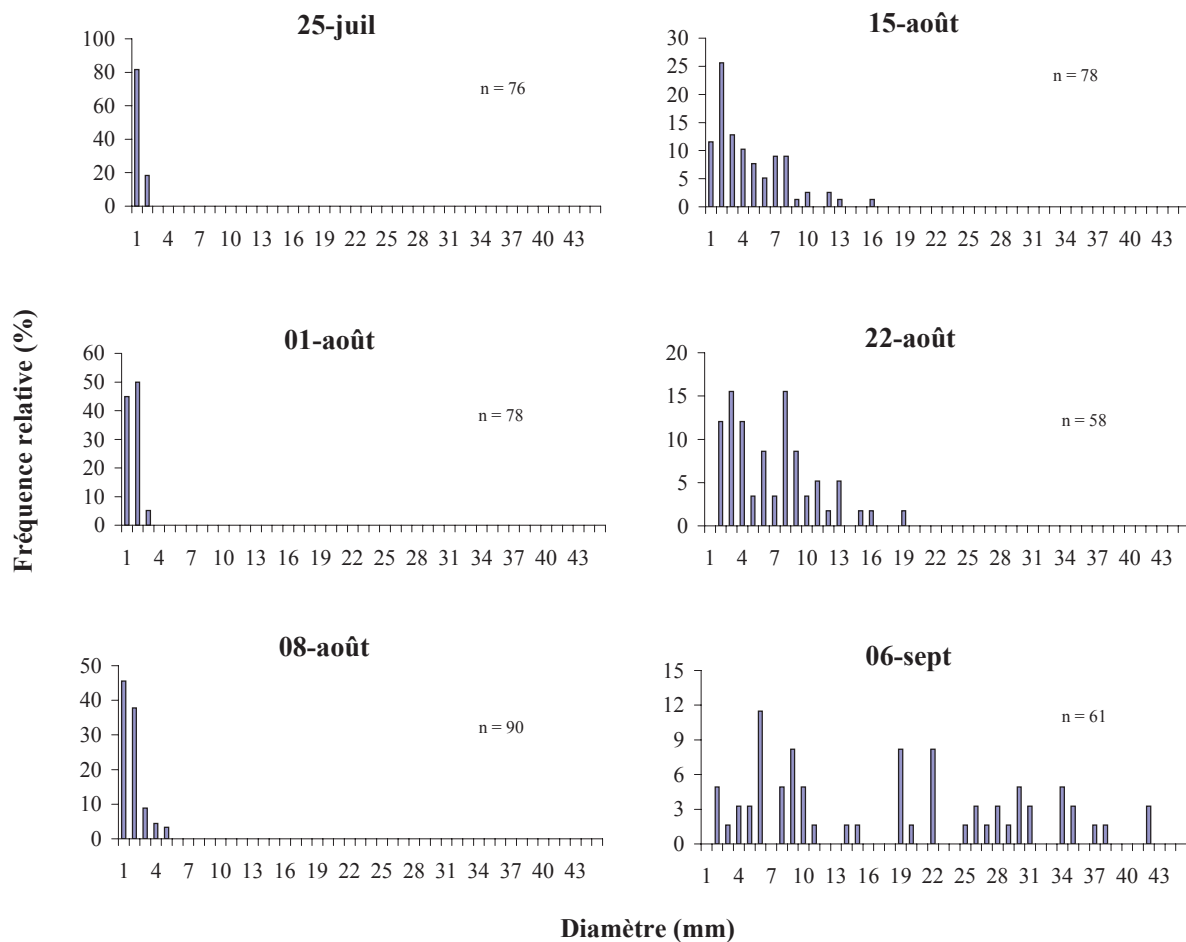


Figure 23. Évolution du diamètre (rayon \times 2) des étoiles de mer sur les collecteurs en 2005.

5.2. Traitement des collecteurs contre les étoiles

5.2.1 Saumurage avec Grande-Entrée Aquaculture inc.

La croissance des étoiles de mer commanda une action rapide de la part des mytiliculteurs pour entreprendre les opérations de saumurage. Une évaluation visuelle hebdomadaire a permis de cibler des lignes de collecteurs affectées par les étoiles de mer.

Un premier essai avec l'entreprise GEA a eu lieu le 16 août, soit quatre semaines après qu'on ait décelé (au binoculaire) les premières étoiles de mer sur les collecteurs (18 juillet). Lors du traitement, les étoiles étaient facilement détectables à l'œil nu depuis environ deux semaines. La très forte abondance d'étoiles à cette période laissait présager que le pic d'abondance avait été atteint et qu'il n'y avait aucune ou très peu de larve d'étoile dans la colonne d'eau. L'analyse d'un échantillon d'eau du bassin confirma l'absence de larves.

Le traitement fut appliqué à quatre filières de collecteurs. Les 100 m utiles de chaque filière de GEA supportent environ 350 m de collecteurs répartis sur toute sa longueur. La partie utile de la filière (*main line*) est également récoltée par les mariculteurs pour une longueur totale équivalente à 450 m de collecteurs par filière. Lors du traitement, la moitié des collecteurs (et de la filière) furent traités, soit près de 225 m linéaires. L'autre moitié, fut laissée intacte pour agir à titre de témoin et ainsi permettre d'effectuer des comparaisons paires. Lors du traitement, trois collecteurs par filière ont été récoltés et un

échantillon de 15 cm dans la portion centrale de chaque collecteur fut récupéré. Ces échantillons ont servi à caractériser la situation au temps T0. Mentionnons que les résultats qui suivent proviennent des collecteurs des producteurs qui utilisent différents types de cordage (*polyrope*, *fuzzyrope*, *polysteel*). En plus de causer une certaine variabilité potentielle, ces substrats sont généralement moins performants que le filet maritime avec lequel ont été obtenus les résultats des suivis de captage précédents.

On note une différence considérable entre la filière n° 4 et les autres, particulièrement en ce qui concerne l'abondance des petites moules (de taille inférieure à 4 mm) (tableau 1). En fait, les filières n° 1, 2, et 3 avaient fait l'objet d'une fixation récente, ce qui explique l'abondance de ces petites moules.

La période à laquelle Grande-Entrée Aquaculture inc. a procédé au saumurage peut être considérée comme conservatrice puisque les étoiles n'avaient pas encore 15 mm (tableau 1).

Tableau 1. Caractérisation des moules et des étoiles sur les collecteurs (sur 15 cm) au temps T0 lors du saumurage du 16 août par Grande-Entrée Aquaculture inc.

	Nb moules < 4 mm (moyenne \pm é. t. m.)	Nb moules \geq 4 mm (moyenne \pm é. t. m.)	Nb étoiles (moyenne \pm é. t. m.)	Taille des étoiles (diamètre)
Filière 1	2 949 (\pm 62)	110 (\pm 15)	1,7 (\pm 1,2)	1-10 mm
Filière 2	3 262 (\pm 292)	92 (\pm 27)	2,0 (\pm 0,6)	1-7 mm
Filière 3	3 900 (\pm 316)	101 (\pm 42)	3,0 (\pm 1,0)	1-9 mm
Filière 4	947 (\pm 221)	81 (\pm 26)	3,3 (\pm 2,0)	1-10 mm

5.2.2 Saumurage avec Moules de culture des Îles inc.

Un deuxième essai fut réalisé la semaine suivante (23 août) avec l'entreprise Moules de culture des Îles inc. Le traitement et l'évaluation au temps T0 furent réalisés selon la même procédure que celle suivie avec GEA. MCI suspend environ 225 m de collecteurs sur les 75 m de longueur utile de chaque filière. Ceci fournit 300 m linéaires de collecteur à récolter. La partie saumurée par filière représente donc 50 % soit 150 m. Un malentendu avec la compagnie fit qu'une des filières fut récoltée sans évaluation à la sortie.

Ici encore, on constate une bonne variabilité au niveau de l'abondance des moules et des étoiles (tableau 2). Quelques étoiles avaient dépassé le seuil des 15 mm soit la taille limite de la période conservatrice de saumurage.

Tableau 2 Caractérisation des moules et des étoiles sur les collecteurs (sur 15 cm) au temps T0 lors du saumurage du 23 août par Moules de culture des Îles inc.

	Nb moules < 4 mm (moyenne ± é. t. m.)	Nb moules ≥ 4 mm (moyenne ± é. t. m.)	Nb étoiles (moyenne ± é. t. m.)	Taille des étoiles (diamètre)
Filière 1	2 658 (± 877)	467 (± 143)	6,3 (± 3,5)	2-16 mm
Filière 2	1 790 (± 609)	337 (± 45)	2,7 (± 1,5)	2-17 mm
Filière 3	1 016 (± 209)	186 (± 31)	1,3 (± 0,7)	2-17 mm

5.3 Récolte du naissain

Les récoltes de naissain ont dû être étalées sur plusieurs jours en raison de la quantité importante de naissain par filière. Chez Grande-Entrée Aquaculture inc., les récoltes des filières n° 1 et 3 ont eu lieu le 31 octobre tandis que les filières n° 2 et 4 ont été récoltées le 16 novembre. Les filières n° 1 et 2 de Moules de culture des Îles inc. ont été récoltées le 14 novembre et la troisième le 21 novembre. Pour chaque demi-filière, trois sections de 30 cm ont été échantillonnées au hasard pour caractériser les moules et étoiles de mer.

Le succès de l'opération de saumurage pour éliminer les étoiles de mer est apparu clairement puisque aucune étoile ne fut décelée sur l'ensemble des sept demi-filières saumurées trois mois plus tôt. Les demi-filières témoins (non saumurées) montraient quant à elles des traces apparentes (sections dégarnies) dues à la prédation par les étoiles de mer (photo 8).

Les densités d'étoiles sur les demi-filières non saumurées étaient toutefois beaucoup inférieures à celles observées au temps T0 puisqu'on ne comptait plus qu'une étoile en moyenne par 30 cm de collecteur au site de GEA. Ces étoiles mesuraient environ 80 à 100 mm, les plus grosses mesurant 114 et 117 mm. Au site de MCI, le nombre d'étoiles sur les demi-filières non saumurées était encore moindre puisqu'elles n'étaient présentes que dans un seul des neuf échantillons (trois par demi-filière). Celles-ci avaient atteint 91 et 102 mm de diamètre.

Lors des récoltes, les paniers de naissain récoltés sur chaque demi-filière saumurée et non saumurée ont été identifiés indépendamment pour assurer un suivi adéquat jusqu'au dégrappage en usine.

5.4 Évaluation du rendement commercial

5.4.1. Évaluation avec Grande-Entrée Aquaculture inc.

Dès l'arrivée en usine, chaque panier a été pesé puis l'entreprise a procédé au dégrappage-triage de chaque demi-filière



Photo 8. Collecteur récolté le 31 octobre montrant des traces de prédation par les étoiles de mer (portion inférieure dégarnie).

individuellement (saumurée ou non saumurée). Un nettoyage complet des équipements de dégrappage a été réalisé entre chaque traitement (passage du naissain d'une demi-filière donnée) pour bien caractériser le rendement net de chaque groupe.

La figure 24 montre la quantité de naissain obtenue suite au dégrappage. Les quatre premières colonnes correspondent à la récolte du 31 octobre et les quatre dernières à la récolte du 16 novembre.

Aucune tendance n'a été observée sur la quantité de rejets en fonction du type de traitement. On retrouvait davantage d'étoiles de mer et de moules vides dans les rejets des demi-filières non saumurées. Toutefois, les amas de byssus et autres débris retrouvés dans les demi-filières saumurées ont entraîné un poids relatif équivalent pour les deux groupes (figure 24).

Le dégrappage en usine fournit deux catégories bien distinctes de naissain en fonction de leur taille : moules moyennes et grosses moules. Les moules moyennes sont celles qui sont triées en passant à travers le tambour tandis que les grosses moules sont celles qui, trop épaisses pour passer au travers les tiges du tambour, traversent toute la dégrappeuse-trieuse. Ces deux catégories constituent les moules boudinables pour le producteur.

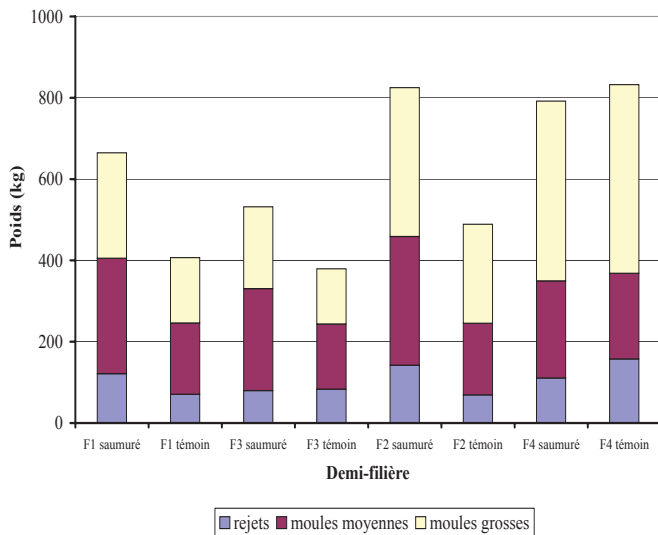


Figure 24. Rendement par demi-filière de GEA en fonction du traitement. (F1 saumuré signifie la demi-filière n° 1 dont les collecteurs ont été saumurés).

Dans trois cas sur quatre, le rendement en moules boudinables des demi-filières saumurées (moules grosses + moules moyennes) était de beaucoup supérieur aux demi-filières témoins (non saumurées). Le saumurage a ainsi procuré des gains en naissain de l'ordre de 62 %, 53 % et 63 % sur les filières n° 1, 3 et 2, respectivement. La demi-filière n° 4 saumurée n'a fourni quant à elle que 1 % de naissain boudinable de plus que le témoin (figure 24).

En terme absolu, c'est 207, 156, 263 et 6 kg supplémentaires de naissain boudinable qui ont été récoltés sur les demi-filières saumurées en comparaison avec le témoin associé (non saumurées).

La croissance importante du naissain pendant les deux premières semaines de novembre est bien reflétée dans l'abondance du gros naissain lors de la récolte des filières n° 2 et 4. La taille modale des grosses moules qui est passée de 29 à 32 mm en deux semaines confirme cette croissance (figure 25). En comparaison, la taille modale des moules moyennes est demeurée assez semblable (figure 26). La répartition des moules selon leur taille était très similaire, que les collecteurs aient été saumurés ou non et ce, pour les deux dates de récolte (figures 25 et 26).

5.4.2. Évaluation avec Moules de culture des Îles inc.

La courte période (une semaine) entre les récoltes des deux premières filières et de la troisième a fait en sorte qu'on les a intégrées dans la même analyse.

La même procédure que celle employée avec Grande-Entrée Aquaculture inc. a été utilisée. La figure 27 montre l'abondance du naissain suite au dégrappage. Les quatre premières colonnes correspondent à la première récolte et les deux dernières à la seconde.

Ici également, les moules moyennes triées lors du passage à travers le premier tambour de la dégrappeuse de l'entreprise ont été récupérées. Elles constituent les moules moyennes. Contrairement à Grande-Entrée Aquaculture inc., l'entreprise Moules de culture des Îles inc. possède un second tambour avec espacement plus grand qui permet le passage des grosses moules plus loin dans la chaîne.

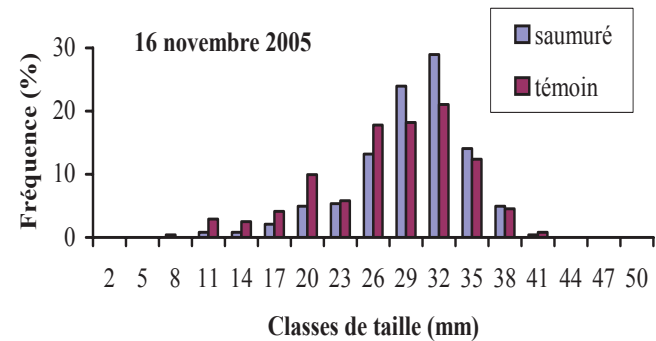
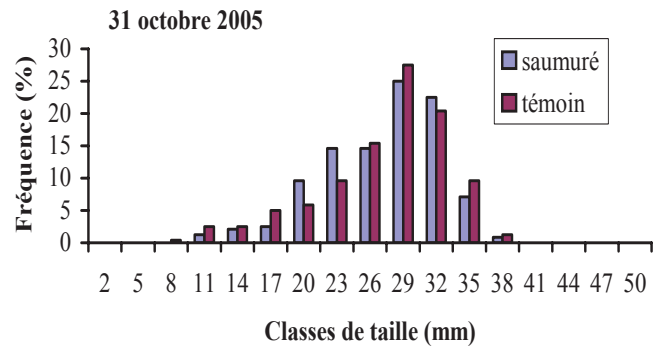


Figure 25. Distribution relative des grosses moules en fonction de la date de récolte et du type de traitement au site de Grande Entrée Aquaculture.

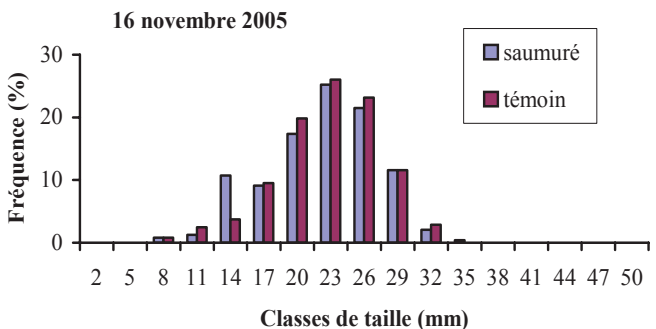
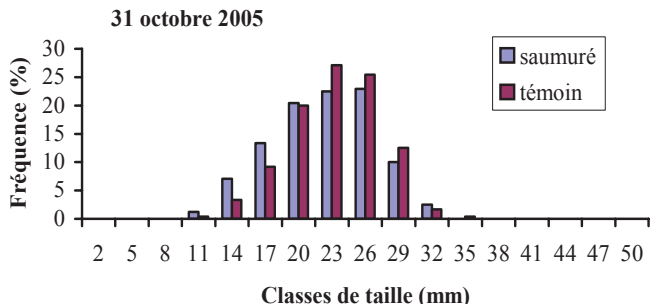


Figure 26. Distribution relative des moyennes moules en fonction de la date de récolte et du type de traitement au site de Grande-Entrée Aquaculture inc.

Peu importe la filière et le traitement, les rejets étaient de l'ordre de 50 kg/demi-filière et aucune tendance n'est décelable. Le patron était semblable pour les trois filières analysées avec des rendements supérieurs pour les portions saumurées. Les

bénéfices nets en poids de naissain boudinable ont été respectivement de 128, 96 et 100 kg par demi-filière représentant des rendements supérieurs de 31 %, 22 % et 22 %. Comme précédemment, la taille des moules était très semblable sur les portions saumurées et non saumurées (figures 28 et 29).

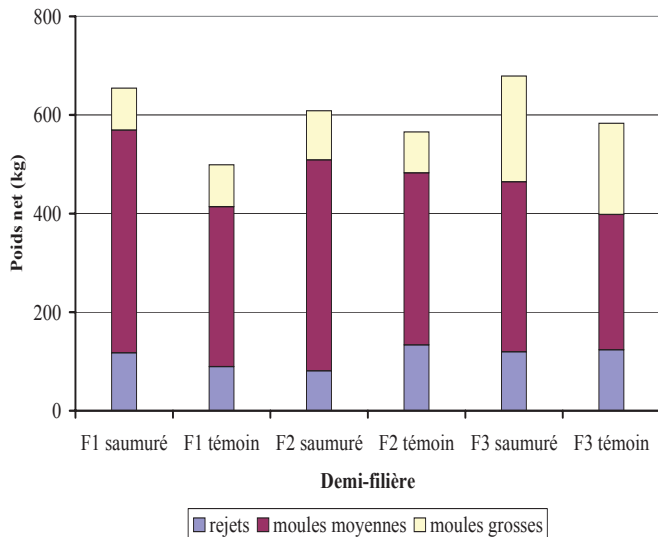


Figure 27. Rendement par demi-filière de MCI en fonction du type de traitement (F1 saumuré signifie la demi-filière n° 1 dont les collecteurs ont été saumurés).

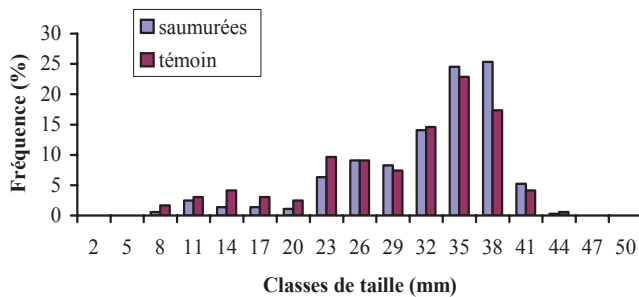


Figure 28. Distribution relative des grosses moules en fonction du type de traitement au site de Moules de culture des Îles inc.

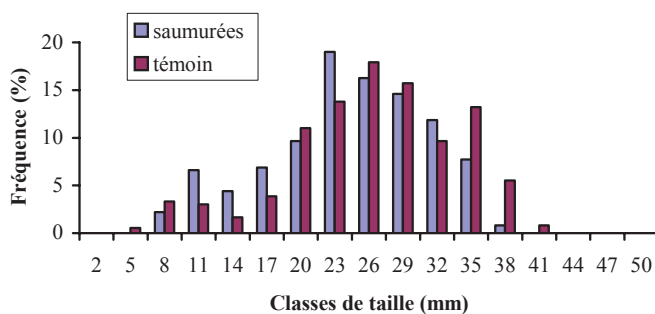


Figure 29. Distribution relative des moules moyennes en fonction du type de traitement au site de Moules de culture des Îles inc.

5.5. Coûts/bénéfices

Les différents paramètres de l'opération de saumurage ont été quantifiés pour évaluer la pertinence d'effectuer cette opération à l'échelle commerciale. Pour refléter l'accroissement de la taille du naissain dans le temps et les caractéristiques propres aux entreprises, trois situations différentes de profit net par kilo de naissain ont été examinées pour chaque scénario. L'ensemble des paramètres et des scénarios est résumé dans le tableau 3. Voici les prémisses qui ont servi à ces calculs.

5.5.1 Bénéfices du saumurage

Nous posons comme hypothèse que les bénéfices observés puissent être projetés sur l'ensemble des filières de captage.

La projection des bénéfices démontre que les mytilculteurs auraient obtenu entre 12 000 à 16 000 kg (12 à 16 tonnes) de naissain supplémentaire suite au saumurage de l'ensemble de leurs filières de captage. Le nombre de plats de naissain obtenus a été évalué pour utilisation ultérieure du modèle.

5.5.2 Coûts du saumurage

Les dépenses réelles et estimées des deux entreprises ont été prises en compte. La main-d'œuvre est une valeur moyenne pour les deux entreprises. Chaque entreprise est en mesure de se situer par rapport à cette valeur et d'ajuster au besoin les coûts reliés à sa propre main-d'œuvre. Il aurait ainsi coûté environ 4 000 \$ à chaque producteur pour saumurer l'ensemble de ses filières de captage.

5.5.3 Production potentielle additionnelle

Deux méthodes ont été utilisées pour évaluer la production commerciale additionnelle de moules après 12 à 18 mois de grossissement grâce au naissain supplémentaire récupéré après un saumurage des collecteurs.

Le nombre de filières additionnelles que chaque producteur aurait pu boudiner avec le naissain supplémentaire obtenu suite au saumurage a été évalué. En fonction de la taille du naissain, voire de la saison, les producteurs ont une idée assez précise du nombre de plats de naissain nécessaires pour boudiner une filière. Connaissant la longueur moyenne d'un boudin en continu et le rendement attendu par mètre de boudin, il devient possible d'évaluer approximativement la quantité de moules qui sera produite avec le naissain additionnel obtenu grâce au saumurage. Selon cette méthode, la quantité de moules commerciales produites serait de l'ordre de 80 t, 48 t, et 61 t selon le scénario envisagé. Puisque les deux premières valeurs concernent le même producteur pour deux périodes de récolte différente, on peut estimer une valeur moyenne d'environ 64 t pour son entreprise, soit une production additionnelle équivalente pour les deux entreprises (61 t comparativement à 64 t).

Une seconde méthode de calcul a été utilisée. Des échantillons d'un poids connu ont été prélevés dans les plats de naissain après l'opération de dégrappage et le nombre de jeunes moules par kilo a été quantifié pour chacun des trois scénarios de récolte. Sachant que les producteurs madelinots ont un objectif de boudinage de 650 moules/mètre, il a été possible d'évaluer le nombre de mètres supplémentaires de boudin qu'il aurait été possible de boudiner. La quantité de moules commerciales supplémentaires obtenues aurait

Tableau 3. Évaluation des coûts et des bénéfices du saumurage en fonction de différents scénarios

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
	Grande-Entrée Aquaculture inc. récolte hâtive	Grande-Entrée Aquaculture inc. récolte tardive	Moules de culture des Îles inc. récolte tardive
Bénéfices du saumurage			
Moules boudinables par demi-filière saumurée (kg)	498	682	541
Moules boudinables par demi-filière non saumurée (kg)	316,5	547,5	434
Différence par demi-filière (kg)	181,5	134,5	108
Nombre de filières	44	44	60
Projection pour l'ensemble des filières en kg	15 972	11 836	12 912
Projection en nombre de plats (1 plat = 45 kg de moule)	355	263	287
Coût du saumurage			
Main d'œuvre (\$ moyen/jour)	400	400	400
Nombre de jours pour saumer l'ensemble des filières	4	4	5
Coût total de main-d'œuvre	1 600	1 600	2 000
Nombre de sacs de sel (40 kg)	44	44	40
Coût du sel (nombre de sacs *15 \$)	660	660	600
Embarcation + essence + déplacement (0,45 \$/km)	920	920	885
Imprévus (conditions météo, autres)	400	400	400
Coût total pour l'ensemble des filières	4 028	4 028	4 330
Production potentielle additionnelle			
Méthode 1:			
Nombre moyen de plats de naissain/filière	11	13,5	7
Nombre de filières additionnelles	32	19	41
Quantité de boudin/filière (m)	450	450	250
Rendement attendu après 12-18 mois (kg/m)	5,5	5,5	6
Quantité de moules commerciales (en kg)	79 860	48 221	61 486
Méthode 2:			
Moyenne de moules boudinables par kg	692	632	501
Quantité totale de moules	11 052 624	7 480 352	6 468 912
Quantité de boudins (m) à une densité de 650 moules/m	17 004	11 508	9 952
Rendement attendu après 12-18 mois (kg/m)	5,5	5,5	6,0
Quantité de moules commerciales (en kg)	93 522	63 295	59 713
Profit			
Faible : 0,10 \$ de profit net/kg moules vendues	9 352	6 330	5 971
Dépenses	4 028	4 028	4 330
Profit	5 324	2 302	1 641
Moyen : 0,25 \$ de profit net/kg moules vendues	23 381	15 824	14 928
Dépenses	4 028	4 028	4 330
Profit	19 353	11 796	10 598
Élevé : 0,40 \$ de profit net/kg moules vendues	37 409	25 318	23 885
Dépenses	4 028	4 028	4 330
Profit	33 381	21 290	19 555
Vente de naissain : 25 \$/plat de naissain supplémentaire	8 873	6 576	7 173
Dépenses	4 028	4 028	4 330
Profit	4 845	2 548	2 843

été de l'ordre de 94 t, de 63 t, et de 60 t selon les scénarios (tableau 3). On peut supposer que la densité réelle de boudinage chez Grande-Entrée Aquaculture inc. a été supérieure à 650 moules au mètre ce qui pourrait expliquer les différences obtenues avec les deux méthodes de calcul.

5.5.4 Profit

Afin de déterminer le coût et les bénéfices de l'opération, différentes hypothèses de profit net ont été examinées : faible profit, profit moyen et profit élevé. Par exemple, à 1,30 \$/kg payé au producteur, le coût total de production (incluant le transport) pour atteindre 0,25 \$ de profit net par kilo ne doit pas excéder 1,05 \$/kg.

La base du calcul a été faite à partir de l'estimation de production commerciale additionnelle obtenue avec une densité de boudinage de 650 moules au mètre (méthode 2; tableau 3).

Un mytiliculteur aurait peu d'avantages à saumurer lorsque son profit net est faible (0,10 \$/kg), si ce n'est pour s'assurer d'une production minimale pour conserver ses marchés par exemple. Toutefois, la production commerciale obtenue avec le naissain supplémentaire rend l'opération très rentable lorsque le profit net est de l'ordre de 0,25 à 0,40 \$/kg avec des revenus supplémentaires de 10 000 à 33 000 \$ selon les scénarios (tableau 3). Un profit net de 0,25-0,40 \$/kg correspond à un scénario réaliste aux Îles-de-la-Madeleine.

Les gains potentiels provenant de la vente de naissain à un autre producteur ont aussi été évalués. Encore ici, à 25 \$/plat de naissain, il eut été rentable de procéder au saumurage des collecteurs en raison de revenus nets estimés de 2 500 \$ à 5 000 \$.

5.6. Amélioration technologique au système de traitement

Au cours de ces essais, les entreprises mytilicoles des Îles-de-la-Madeleine étaient très peu outillées pour procéder au saumurage sur une base commerciale (photos 3 et 4). En 2005, l'ingénieur maricole de la SODIM a été appelé à évaluer les adaptations pouvant faciliter le travail lors du saumurage avec les entreprises Moules de culture des Îles inc. et Grande-Entrée Aquaculture inc.

L'équipements, l'ergonomie lors des opérations et l'efficacité du système en fonction d'une durée de saumurage optimale à atteindre ont été ciblés comme les principaux éléments à améliorer. D'ailleurs, l'amélioration des systèmes de saumurage fut classée comme étant hautement prioritaire lors de la priorisation du plan d'action en R-D de la SODIM en 2006. Cette année-là, l'entreprise Moules de culture des Îles inc. s'est associée à la Corporation de soutien de développement technologique des PME (CSDT) pour mécaniser et aménager une barge afin de faciliter l'opération de saumurage et de récolte des collecteurs. Une première évaluation en août 2006 a confirmé l'efficacité du système.

L'entreprise Grande-Entrée Aquaculture inc. a également procédé à des modifications importantes de sa barge en 2007. Au moment d'écrire ces lignes, le système proposé par M. Éric Breton du CSDT n'avait pas encore été évalué.

6. Discussion

6.1. Efficacité de la saumure

Lors des présents travaux, la saumure a éliminé les étoiles de mer avec une efficacité de près de 100 % dans beaucoup de situations. Ces résultats diffèrent de l'étude de MacKinnon *et al.*, (1994) réalisée à l'Île-du-Prince-Édouard qui rapportait une efficacité quasi nulle d'une eau salée (*salt brine*). La quantité de sel mesurée lors de ces expériences étaient toutefois relativement faible, soit 17 g/L. En fait il s'agissait davantage d'une eau saumâtre que d'une véritable saumure. Les auteurs recommandaient d'ailleurs d'utiliser de la chaux dont l'efficacité avait été supérieure lors de leurs essais de contrôle. Des essais ultérieurs ont été réalisés avec une eau sursaturée en sel (saumure) et cette fois, les résultats se sont révélés plus convaincants (Gary Rogers, mytiliculteur, comm. pers.). La recette a alors été établie à 300 g/L. Cette concentration a été utilisée lors de des essais.

Les divers travaux réalisés entre 2000 et 2005, bien qu'offrant parfois des résultats variables, ont démontré la grande efficacité du saumurage qui a permis d'éliminer la très grande majorité des étoiles de mer présentes lors des traitements.

6.2. Suivi régulier (monitoring)

De 2000 à 2005, à l'exception de de 2004, les étoiles de mer se sont fixées sur les collecteurs environ un mois, plus ou moins quelques jours, après les moules. Ce délai entre la fixation des deux espèces est semblable ailleurs dans les Maritimes (MacKinnon *et al.*, 1994; Pryor *et al.*, 1999).

Un monitoring complet incluant l'évolution larvaire des étoiles de mer peut s'avérer complexe et coûteux. Toutefois, les données qu'on en retire peuvent être très utiles dans la prise de décision des opérations de saumurage. Si les larves d'étoiles de mer sont encore abondantes dans la colonne d'eau au moment visé pour le saumurage, il pourrait être souhaitable pour les mytiliculteurs de retarder le saumurage de quelques jours pour éviter une fixation ultérieure d'étoiles sur les collecteurs. Ainsi, le 11 août 2005, un examen rapide effectué avant le traitement à la saumure a permis de constater l'absence de larves d'étoiles de mer dans l'eau. Pas surprenant qu'en octobre de la même année, aucune étoile n'a été retrouvée sur les portions de filières saumurées ce qui confirme qu'il n'y a pas eu de fixation d'étoiles de mer ultérieure au traitement.

La croissance rapide des étoiles incite à prévoir un examen hebdomadaire des collecteurs pendant la période critique (mi-juillet à la mi-août). L'analyse de collecteurs au binoculaire permet de déceler la présence des étoiles deux semaines plus tôt que les observations à l'œil nu, ce qui permet d'anticiper plus rapidement les problèmes à venir. Après avoir constaté l'arrivée d'étoiles sur les collecteurs, l'entreprise mytilicole ne dispose que d'environ deux semaines pour se préparer aux opérations de saumurage.

6.3. Efficacité du traitement et variabilité dans les résultats

Il est risqué de traiter très tôt les collecteurs puisqu'on augmente le risque de subir une autre fixation d'étoiles. Les collecteurs expérimentaux saumurés le 30 juillet 2001 et le 4 août 2003 ont d'ailleurs été colonisés par la suite par d'autres étoiles comme en font foi les observations au moment de la récolte

en octobre. Il est toutefois encourageant de constater qu'en 2003, le traitement hâtif (application dès que les étoiles étaient visibles à l'œil nu sur les collecteurs) a donné de très bons rendements en moules de taille supérieure 15 mm malgré la présence d'un nombre important d'étoiles à la récolte. Il semble que l'élimination de la majorité des étoiles, principalement les premières étoiles à se fixer (donc en théorie les plus grosses à l'automne), a eu des effets bénéfiques sur le succès de collecte.

Les traitements effectués en période dite conservatrice, soit autour de la mi-août en 2000, 2001, 2003 et 2005 ont toujours offert de très bons résultats en éliminant presque complètement les étoiles sur les collecteurs comme en font foi les observations lors des récoltes. Le rendement en poids de naissain obtenu suite à un saumurage « conservateur » (avant que les étoiles n'atteignent 15 mm) ont toujours permis d'obtenir suffisamment de naissain pour un rendement au boudinage de 3 pour 1, c'est-à-dire environ trois mètres de boudin avec un mètre de collecteur, et ce, tant lors des essais expérimentaux que lors des essais commerciaux.

Malgré les résultats intéressants obtenus avec des saumurages tardifs, (fin de août au début de septembre), il fut surprenant de retrouver des étoiles en quantité non négligeable sur les collecteurs lors de la récolte automnale en 2001 et en 2003 (par ex. environ 15 étoiles plus grandes que 10 mm par mètre de collecteur en 2003) et ce, malgré un saumurage de 30 secondes! Ceci est d'autant plus surprenant, que cette durée de traitement à la saumure éliminait les étoiles de toutes les tailles en laboratoire. Un examen plus approfondi de collecteurs lors des suivis réguliers de captage nous a permis de constater qu'en septembre, certaines étoiles étaient « cachées » sous les moules. Il est possible que ces étoiles n'aient pas été en contact direct avec la saumure lors du traitement, ce qui leur aurait assuré une protection supérieure contre le traitement de 30 secondes. C'est l'hypothèse la plus plausible puisqu'une fixation d'étoiles de mer après les traitements tardifs se serait aussi traduite par la présence d'étoiles de mer sur les collecteurs traités plus tôt, ce qui ne fut pas le cas.

La température de l'eau et le temps de saumurage interagissent sur la mortalité des moules et des étoiles de mer. Smith (1940) a déjà démontré qu'une température de 25 °C est stressante pour des étoiles (*Asterias vulgaris*) puisque des individus de 60 à 90 mm n'ont pas survécu à un séjour de trois jours dans de l'eau à cette température. Cette température de l'eau n'a pas été atteinte au bassin au cours des dernières années, bien qu'on s'en approche avec des *maxima* de 22 °C. On peut toutefois penser que les étoiles pourraient être soumises à cette température stressante, sinon létale, de 25 °C lors des opérations de saumurage en août quand le bassin de trempage à la saumure est réchauffé par l'action du soleil. De plus, l'atteinte de températures avoisinant les 22 °C au Bassin pendant la période de fixation des étoiles pourrait les inciter à se détacher des collecteurs pour rechercher des endroits plus frais, en zones plus profondes. Ceci pourrait contribuer à expliquer les baisses naturelles rapides du nombre d'étoiles observées sur les collecteurs au bassin du Havre Aubert.

L'effet significatif de la température sur la mortalité des moules n'est certes pas à négliger. Des mortalités de 15 % chez les moules de 9 à 15 mm consécutives à un saumurage à 25 °C à la mi-août, incitent à considérer la température comme élément

à considérer lors d'opérations commerciales. Ainsi, afin d'éviter des pertes de moules par la simple manipulation des lignes, peut-être conviendrait-il de retarder un peu le saumurage lors des étés particulièrement chauds.

6.4. Saumurage à l'échelle commerciale

L'évolution naturelle, c'est-à-dire sans intervention humaine, des étoiles de mer sur les collecteurs est difficilement prévisible comme en font foi les faibles densités observées sur les collecteurs non saumurés en 2005.

Les gains obtenus ne sont toutefois pas négligeables. Ainsi, malgré des rendements jugés surprenants sur les demi-filières non saumurées, les bénéfices en naissain supplémentaire dépassent largement les coûts de l'opération pour la plupart des scénarios proposés. En effet, la proposition de « faible profit » visait principalement à trouver le point critique (0) du coût/bénéfice. Les producteurs madelinots ont une marge de profit net qui se situe quelque part entre 0,25 et 0,40 \$/kg (mytiliculteurs, comm. pers.). Rappelons qu'au moment d'écrire ces lignes, il en coûtait autour de 0,20 \$/kg net de moules commerciales uniquement pour le transport du produit à l'Île-de-Prince-Édouard. Cet élément a bien sûr été pris en considération.

On a obtenu, en moyenne, pour les sept filières suivies dans le cadre de la présente étude (50 % saumuré, 50 % témoin), un rendement en poids de naissain 36 % plus élevé pour les portions saumurées comparativement aux portions associées non saumurées. Ce bénéfice peut sembler faible en comparaison avec certains résultats expérimentaux obtenus antérieurement, mais les bénéfices demeurent non négligeables. Néanmoins, il faut souligner que le saumurage de 2005 a éliminé l'ensemble des étoiles de mer sur les collecteurs. Or, le naissain de moules, en l'absence de prédateurs, est moins stressé et se détache donc plus facilement des collecteurs. (Dolmer, 1998; Reimer et Tedengren, 1997). Les pertes par dégrappage lors de la récolte de ces collecteurs traités peuvent alors devenir plus importantes que sur les collecteurs non traités dont les moules, stressées par la présence d'étoiles de mer, sont plus fortement attachées. Il y a eu effectivement des pertes non négligeables, bien que non quantifiées, de naissain lors des récoltes commerciales en 2005. Ces pertes ont eu lieu principalement lorsque la filière a été soumise à un « choc bref ». Les bénéfices auraient donc été encore supérieurs à ceux mesurés, n'eût été de ces pertes. Les améliorations technologiques au système de récolte devront tenir compte de ce facteur de dégrappage en proposant un système qui permet d'éviter le plus possible ces chocs.

L'évaluation de la production additionnelle a pris en considération un rendement commercial moyen prévu basé sur les productions antérieures obtenues par les mytiliculteurs. La qualité du naissain saumuré peut contribuer à améliorer ces rendements commerciaux ne serait-ce parce que les étoiles de mer en sont absentes. En effet, l'utilisation de naissain non saumuré pour le boudinage a pour conséquence de produire des boudins qui contiennent non seulement des moules, mais également une certaine quantité de leurs prédateurs, les étoiles de mer. De plus, le dégrappage du naissain avant le boudinage peut même entraîner une prolifération d'étoiles de mer puisqu'une section d'étoile de mer (coupée en plusieurs parties) peut se régénérer. Ainsi, il suffit d'un seul bras et du cinquième du disque central pour régénérer le reste du disque et quatre nouveaux bras et ainsi fournir une nouvelle étoile

de mer tout à fait normale (Barnes, 1991). On peut facilement imaginer l'impact sur la production que peuvent causer ces étoiles de mer introduites à travers les moules dans les boudins nouvellement faits.

Un scénario envisagé pour compenser les pertes dues aux étoiles de mer, est l'utilisation de filières de captage supplémentaires. On pourrait obtenir, par exemple, la même quantité de naissain avec 70 filières non traitées plutôt qu'avec 45 filières saumurées. La rentabilité d'une telle approche n'a pas été évaluée, mais il serait surprenant, du moins au bassin du Havre Aubert, que les coûts reliés à l'installation, l'entretien et la récolte de filières supplémentaires soient moindres que le saumurage des filières existantes.

7. Synthèse

Aucune stratégie connue ne permet d'éviter le captage des étoiles de mer au bassin du Havre Aubert puisqu'elles arrivent environ un mois après les jeunes moules sur les collecteurs. L'industrie doit donc apprendre à vivre avec cette problématique.

Les premières étoiles de mer se fixent sur les collecteurs entre la deuxième et la troisième semaine de juillet au bassin du Havre Aubert. Elles sont ainsi visibles à l'œil nu vers la fin juillet juste avant le pic de fixation.

Des observations au binoculaire permettent de voir les étoiles de mer une à deux semaines avant qu'elles ne soient facilement visibles à l'œil nu. L'examen des collecteurs au binoculaire procure donc une plus grande marge de manœuvre pour planifier une éventuelle opération de saumurage.

Les densités d'étoiles sont très variables d'année en année. De plus, une forte variabilité peut être observée à l'intérieur de la zone de captage.

On ne peut statuer sur une quantité minimale d'étoiles de mer justifiant un traitement par saumurage. Ainsi, la présence d'une dizaine d'étoiles par mètre de collecteur au début du mois d'août 2002 (pic) ne causa pas de problème. Une infestation plus forte, comme en 2000, en 2003 et en 2005, justifie certainement un traitement à la saumure.

Une immersion de 10 secondes dans la saumure ne suffit pas à tuer les étoiles. La durée idéale de traitement se situe autour de 30 secondes. Ceci correspond à la période « normale » de défilement d'une filière dans le bain de saumure. Toutefois, lors des traitements tardifs, les étoiles ont atteint une taille supérieure (plus de 15 mm) et plusieurs résistent à un saumurage de 30 secondes. Dans cette situation, il serait peut-être souhaitable d'étendre un peu la durée d'immersion.

La relation entre la force d'attachement du naissain et la température est mal connue, mais il arrive que le naissain soit faiblement attaché en période de saumurage ou encore lors des récoltes, ce qui accroît les pertes.

En 2005, il aurait coûté environ 4 000 \$ à chaque entreprise mytilicole des Îles-de-la-Madeleine pour saumurer l'ensemble de ses filières. L'opération aurait toutefois permis d'obtenir de 12 à 16 tonnes supplémentaires de naissain.

La production additionnelle de naissain résultant du saumurage des filières aurait pu facilement générer des revenus nets de plusieurs milliers de dollars (de 11 000 \$ à 33 000 \$ selon la marge de profit des entreprises).

8. Recommandations

- Effectuer si possible un suivi standard de captage afin de pouvoir référer aux années antérieures. Les données contenues dans ce rapport peuvent servir de référence pour le bassin du Havre Aubert.
- Commencer les observations de collecteurs dès la deuxième semaine de juillet si on peut compter sur des analyses en laboratoire (binoculaire).
- Commencer au cours de la dernière semaine du mois de juillet les observations des collecteurs à l'œil nu.
- Évaluer la présence d'étoiles de mer sur plusieurs filières réparties dans l'ensemble du site.
- Commencer le traitement par saumurage avant que les étoiles n'atteignent 15 mm (généralement vers la mi-août). L'analyse d'un échantillon d'eau peut permettre de confirmer s'il y a encore des larves dans la colonne d'eau, et donc, informer d'une possibilité de nouvelles fixations après le traitement.
- S'assurer que la solution de saumure soit sursaturée en sel (300 mg/L) en brassant vigoureusement et régulièrement le contenu du bac d'immersion.
- Immerger les collecteurs pendant 30 secondes dans la saumure. Si le traitement a lieu lorsque les étoiles sont plus grandes que 15 mm (par exemple en septembre), saumurer pendant 10 secondes additionnelles.
- Éviter de saumurer lors des journées très chaudes, c'est-à-dire journées ensoleillées avec température de l'eau supérieure à 20°C.
- Adapter les systèmes de récolte pour minimiser les coups brusques lors de la manutention des filières afin de réduire les pertes de naissain par dégrappage. Des améliorations au procédé sont souhaitées par l'industrie afin de rendre ce travail plus sécuritaire et plus efficace.

Bien que certaines tendances observées puissent être appliquées ailleurs, il ne faut pas perdre de vue que chaque plan d'eau et chaque stock de moules présente des particularités qui leur sont propres et que la prudence est de mise dans toute opération de contrôle.

9. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Jules Arseneau, François Gallien, Jacques Richard et Yvon Chevarie pour les efforts soutenus pour la préparation et l'installation des dispositifs expérimentaux, ainsi que pour les suivis réguliers. Merci à Francine Aucoin pour le suivi larvaire et l'analyse des collecteurs à laquelle s'ajoutent également Carole Cyr, Michelle Langford, Mélanie Boudreau, Marie-Hélène Leblanc et Marie-Andrée Leblanc. Nous tenons à remercier les entreprises Moules de culture des Îles inc. et Grande-Entrée Aquaculture inc. pour leur bonne collaboration et contribution à diverses étapes du projet. Finalement, merci à la Société de développement de l'industrie maricole du Québec pour son appui financier qui a permis la réalisation d'une partie importante de ce projet.

10. Références

- Aucoin, F., Doiron, S. et M. Nadeau. 2002. Guide d'échantillonnage et d'identification des larves d'espèces à intérêt maricole. Agriculture, Pêcheries et Alimentation du Québec. Publ. G005. CD-Rom.
- Barnes, R.D. 1991. Invertebrate zoology, 5th ed. Saunders college publishing. 893 p.
- Bourque, F. et B. Myrand. 2003. Contrôler les prédateurs de moules dans les lagunes. Oui, mais à quel prix? Direction de l'innovation et des technologies. Agriculture, Pêcheries et Alimentation du Québec. Rapport d'activités 2001-2002.
- Dolmer, P. 1998. The interactions between bed structure of *Mytilus edulis* L. and the predator *Asterias rubens* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., No 228: pp. 137-150.
- Fréchette, M. and D. Lefavre. 1995. On self-thinning in animals. Oikos. 73 (3): pp. 425-428.
- Galtsoff, P.S. and V.L. Loosanoff. 1939. Natural History and method of controlling the starfish (*Asterias Forbesi*, Desor). From Bulletin of the bureau of Fisheries, U.S. department of the interior, bull. No 31.: pp. 75-132.
- Loosanoff, V.L. 1961. Biology and methods of controlling the starfish, *Asterias forbesi* (Desor). US fish and wildlife service. Fisheries Leaflet n°. 520: 11 p.
- Mackinnon, C.M., Gallant, R. and B. Gillis. 1994. Some observations on starfish predation on mussel spat collectors 1992-1993. P.E.I. Department of Agriculture Fisheries and Forestry. Tech. Rep. N° 208.
- Nadeau, M. 2002. Contrôle difficile de la fixation des étoiles de mer (*Asterias vulgaris*) sur les collecteurs de pétoncles. Direction de l'innovation et des technologies. Agriculture, Pêcheries et Alimentation du Québec. Rapport d'activités 2001-2002.
- Pryor, M., Parsons, G.J. and C. Couturier. 1999. Temporal distribution on larval and post-set blue mussel (*Mytilus edulis* and *M. trossulus*) and starfish (*Asterias vulgaris*) at mussel culture sites in Newfoundland. Bull. Aqua. Ass. Can. pp. 40-42.
- Reimer, O. et M. Tedengren. 1997. Predator-induced changes in byssal attachment, aggregation and migration in the blue mussel, *Mytilus edulis*. Mar. Fresh. Behav. Physiol. N° 30: pp. 251-266.
- Smith, G.F.M. 1940. Factors limiting distribution and size in the starfish. J. Fish. Res. Bd. Can. 5 (1). pp. 84-103.

