



**SODIM**

Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Développement d'une méthode d'entreposage  
en vivier pendant la période de ponte des  
moules élevées en milieu semi-ouvert par le  
refroidissement de l'eau de mer*

*Rapport final*

---

*Dossier n° 710.207*

*Rapport commandité par la SODIM*

*Mars 2012*



153, boulevard Renard Est  
Rivière-au-Renard, Qc G4X 5K9

Tél : 418-269-3386  
Fax : 418-269-7235

**Développement d'une méthode d'entreposage en vivier pendant la période de  
ponte des moules élevées en milieu semi-ouvert par le refroidissement de l'eau de  
mer**

**Avec la contribution du  
Programme d'innovation en aquaculture et d'accès aux marchés (PIAAM)**

**Par**

**Françoise Tétreault\*  
Stéphane Morissette  
et  
Ann Provençal\***

**29 mars 2012**

---

\* Menu-Mer Ltée

## TABLE DES MATIÈRES

---

### RÉSUMÉ

- 1.0 INTRODUCTION
  - 1.1 Objectifs du projet
- 2.0 MÉTHODOLOGIE
  - 2.1 Description du système de viviers
  - 2.2 Description du système de refroidissement d'eau de mer
    - 2.2.1 Système de récupération du froid
  - 2.3 Évaluation de l'efficacité et des coûts liés au fonctionnement du système de refroidissement – Protocole 1
  - 2.4 Maintien des moules en viviers – Protocole 2
    - 2.4.1 Suivi des conditions d'entreposage en vivier
    - 2.4.2 Rendement en chair et présence de ponte
    - 2.4.3 Évaluation de la mortalité dans les bassins d'entreposage en vivier
    - 2.4.4 Évaluation de la durée de conservation
    - 2.4.5 Rendement à la transformation
- 3.0 RÉSULTATS
  - 3.1.1 Évaluation de l'efficacité du système de refroidissement
  - 3.1.2 Évaluation des coûts liés au fonctionnement du système de refroidissement
  - 3.1.3 Conditions d'entreposage en vivier
  - 3.1.4 Rendement en chair et présence de ponte
  - 3.1.5 Évaluation de la mortalité dans les bassins d'entreposage en vivier
  - 3.1.6 Évaluation de la durée de conservation
  - 3.1.7 Rendement à la transformation
- 4.0 DISCUSSIONS
- 5.0 RECOMMANDATIONS
- 6.0 OUVRAGES CONSULTÉS

7.0 REMERCIEMENTS

8.0 FIGURES

ANNEXE 1 PROCÉDURE DE NETTOYAGE : ÉCHANGEUR DE CHALEUR

## Résumé

---

Les exigences du marché de la moule fraîche au Québec imposent aux usines de conditionnement un calendrier de production de mollusques réparti sur toute l'année. Un approvisionnement stable durant toute l'année devient donc un enjeu important pour la commercialisation des moules. La période estivale, où la mise en vivier traditionnel est impossible et/ou la manipulation des moules est plus difficile en raison de conditions physiologiques des moules (ponte), est la plus critique. La moule bleue élevée en milieu semi-ouvert (Gaspésie) et en profondeur (10 m), comporte des caractéristiques différentes des moules provenant des provinces maritimes. En effet, on note une ponte partielle chez la moule des milieux semi-ouverts qui s'étend du mois de juin au mois de septembre, ce qui rend leur manipulation plus difficile. Dans le but de sécuriser les approvisionnements pendant la période estivale, ce projet a pour objectif de développer un système de vivier adapté aux caractéristiques des moules élevées en milieu semi-ouvert et intégrant le refroidissement de l'eau de mer.

Le système développé dans ce projet est composé d'un réservoir tampon, d'une unité de réfrigération et d'un échangeur de chaleur, qui servent à refroidir l'eau de mer. L'eau froide de rejet des bassins est dirigée à nouveau dans un échangeur de chaleur qui récupère l'énergie avant le rejet de l'eau à la mer.

Le système conçu autour d'une unité de refroidissement de 20 HP a permis de maintenir un écart de 7°C par rapport à l'eau du milieu naturel pour un débit de 120 l/m et ce à un coût de 0,004 \$ à 0,008 \$ la livre brute de moules entreposées. L'échangeur de chaleur a démontré une bonne efficacité. Cependant, la présence de ponte de moules peut en limiter l'efficacité si une procédure de nettoyage n'est pas bien établie.

Afin de déterminer les conditions optimales d'entreposage humide des moules élevées en milieu semi-ouvert, des moules ont été maintenues en bassins dans des conditions différentes. Les paramètres expérimentés sont une charge de 300 lb et 600 lb de moules, à l'état brut, et la présence (et absence) d'air dans les bassins. Lors de l'entreposage des moules en bassins pendant les périodes pré-pontes et pontes, il est préférable de mettre un volume de moules brut de 300 lb et de ne pas ajouter d'air dans les bassins. Lors de l'entreposage des moules en bassins, pendant la période suivant la ponte, le volume de moules brut peut approcher les 600 lb et il est préférable d'ajouter de l'air dans les bassins.

## 1.0 INTRODUCTION

---

Menu-Mer Ltée a été créé au printemps 2007. Cette jeune entreprise a repris les activités d'une ancienne usine de poissons salés et séchés, qui déjà s'était tournée vers de nouvelles productions pour faire face à la pénurie de poissons de fond. Menu-Mer Ltée a donc poursuivi la diversification tout en maintenant des activités de production orientées vers la transformation de poissons et de fruits de mer. Nous y transformons principalement la moule bleue d'aquaculture pour les marchés du frais et de la chair cuite. Notre production de moules bleues est soumise à une croissance annuelle d'environ 20 %.

Les exigences du marché de la moule fraîche au Québec imposent aux usines de conditionnement d'offrir le mollusque à l'année si elles veulent vendre un volume

important et en dehors du marché local. Un approvisionnement stable durant toute l'année, devient donc un enjeu important pour la commercialisation des moules. Les périodes critiques sont les périodes de gel et de dégel où les sites d'élevage sont inaccessibles et la période estivale où la manipulation des moules est plus difficile en raison de conditions physiologiques des moules (ponte). On peut facilement pallier au gel et dégel par la mise en vivier des moules car celles-ci le tolèrent bien quand la température de l'eau est inférieure à 8°C. L'utilisation de vivier permet également le dégorgement des moules et surtout, d'avoir un stock de moules prêt à être expédié selon les demandes des clients. Cela représente un grand avantage puisque la durée de vie étagère s'en trouve maximiser. En effet, dans le cas d'entreposage en vivier, les moules sont maintenues dans l'eau de mer jusqu'au moment de la transformation et de l'expédition alors que sans entreposage en vivier, les moules peuvent être expédiées sur les marchés plusieurs jours après leur récolte en mer. L'optimisation de la durée de la vie étagère est essentielle à la vente d'un produit vivant. Afin de satisfaire les marchés, les moules vendues vivantes, doivent avoir une vie étagère d'au moins 10 jours. Cependant en saison estivale, les moules sont plus propices à pondre si elles subissent des variations de température importantes. La ponte entraîne un stress qui diminue la vie étagère. Selon notre expérience, durant la période estivale, il est impossible de garder des moules élevées en milieu semi-ouvert en vivier traditionnel sans altérer leur durée de vie étagère. Nous sommes donc contraints à un approvisionnement au jour le jour.

Dans les provinces atlantiques, les usines peuvent compter sur plusieurs mytiliculteurs qui sont situés dans des secteurs différents pour les approvisionner selon les ventes quotidiennes. Le risque d'un bris d'approvisionnement dû à de mauvaises conditions climatiques, une fermeture de zone ou pour des bris mécaniques chez les producteurs est ainsi diminué.

La situation au Québec est cependant différente essentiellement en raison du nombre restreint d'entreprises mytilicoles et surtout, du nombre limité de secteurs de récolte. En effet, notre usine s'approvisionne de trois (3) régions différentes, soit la Baie de Gaspé située à 30 km, la Baie des Chaleurs située à 300 km et les Îles-de-la-Madeleine situées à plus de 1000 km! Présentement, l'usine reçoit les moules de deux (2) producteurs par région. Dans la Baie de Gaspé, la récolte est soumise à un plan de gestion en raison de la qualité bactériologique de l'eau et la présence d'algues toxiques, ce qui rend la récolte estivale impossible. Aux Îles-de-la-Madeleine, la récolte estivale est également difficile due à la ponte massive des moules et aussi, à la difficulté d'expédier de petits volumes de moules à cause de la distance et l'impossibilité de mettre les moules en vivier. Ainsi, il y a uniquement les producteurs de la Baie des Chaleurs qui sont en mesure d'approvisionner l'usine de façon constante durant l'été. Cependant, l'élevage des moules à cet endroit se fait dans un milieu semi-ouvert et l'accessibilité aux sites pour la récolte est fortement influencée par les conditions climatiques. Il n'est pas rare que les sites soient inaccessibles pour une période de trois (3) à quatre (4) jours consécutifs dû à de forts vents. De plus, étant donné le petit nombre de producteurs, les risques de bris d'approvisionnement dû à des problèmes mécaniques sont non négligeables.

De plus, dès les débuts de la transformation de la moule à Rivière-au-Renard (2003), il a été observé que la moule bleue élevée en milieu semi-ouvert (Gaspésie) et en profondeur (10m), comportait des caractéristiques différentes des moules provenant des provinces maritimes. En effet, on note une ponte partielle chez la moule des milieux

semi-ouverts qui s'étend du mois de juin au mois d'octobre. Ainsi, nous avons dû adapter nos pratiques au fait que cette moule nécessitait un glaçage important, dès la récolte en mer, afin de ralentir son métabolisme de base et s'assurer que la qualité des moules soit maintenue. Les moules de milieu semi-ouvert ont aussi une propension au comportement de bâillement (ouverture des valves pour accéder à de l'oxygène présent dans l'air) plus importante que ce qui est observé chez la moule des maritimes.

Afin de stabiliser l'approvisionnement de nos marchés durant la période estivale (mi-juin à la mi-octobre), nous croyons qu'il est essentiel de prolonger la période de mise en vivier des moules. Pour ce faire, nous avons développé un système de refroidissement de l'eau de mer pour approvisionner le vivier et surtout, développé une méthode de contention qui tient compte des particularités des moules élevées en milieu semi-ouvert.

## **1.1 OBJECTIFS DU PROJET**

L'objectif principal du présent projet est donc de:

- Développer un système de vivier intégrant le refroidissement de l'eau de mer, adapté aux caractéristiques des moules élevées en milieu semi-ouvert et permettant le maintien de ces moules pendant la période de juin à octobre.

Le projet comporte également des objectifs spécifiques :

- Déterminer les conditions d'entreposage optimales permettant d'obtenir une vie étagère des moules élevées en milieu semi-ouvert correspondant aux besoins des marchés.
- Limiter les dépenses énergétiques du système de refroidissement afin de rendre l'opération rentable.

## **2.0 MÉTHODOLOGIE**

---

Le présent projet s'est déroulé chez Menu-Mer Ltée sur une période d'un an, soit entre le mois de septembre 2010 et septembre 2011.

### **2.1 DESCRIPTION DU SYSTÈME DE VIVIER**

Le vivier actuel de l'entreprise a une capacité de 175 000 livres de moules brutes et est constitué de bacs isothermiques, d'un système d'approvisionnement en air et d'un approvisionnement en eau de mer fournie par le parc industriel municipal. L'eau est pompée à 300 m de la rive, à 10 mètres de profondeur dans le golfe du St-Laurent. À l'intérieur de l'usine, l'eau utilisée pour le maintien des moules en vivier est rejetée à la mer. La température de l'eau varie d'environ 15°C en été à 0°C en hiver. La température idéale pour maintenir les moules en vivier est entre 0 et 5°C. Afin d'obtenir ces valeurs en toute saison, il faut abaisser la température de l'eau au plus de 10°C dans les conditions estivales.

Dans un vivier traditionnel, les moules sont maintenues dans des bacs isothermiques (D332, Seaplast) de 900 litres avec faux fonds troués à raison de 600 livres de mollusques et un approvisionnement en eau de 20 litres par minute par colonne de 3 bacs est nécessaire pour leur bon maintien. Chaque bac est alimenté en air individuellement.

## **2.2 DESCRIPTION DU SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT D'EAU DE MER**

Le système est muni d'un réservoir tampon d'eau de mer de 10 000 litres (figures 1 et 2) qui doit être préalablement refroidie par un refroidisseur de 20 HP (tel qu'établit par le fournisseur de l'équipement, Aquamerik). Pour ce faire, une pompe fait circuler l'eau entre le réservoir et le refroidisseur pour abaisser la température de l'eau et la maintenir par la suite en tenant compte de l'apport d'eau neuve qui est continuellement introduit dans le réservoir. Comme ce réservoir est fait de plastique, un isolant a été installé tout autour afin d'éviter que la température de l'eau ne soit influencée par l'environnement.

Le refroidisseur est constitué d'un tube échangeur de chaleur construit en PVC, en titane et en acier inoxydable conçu pour l'eau salée et d'une unité de refroidissement de 20 HP. L'eau qui entre dans l'échangeur de chaleur passe à travers un réseau de tubes plus petits à l'intérieur desquels passe un gaz réfrigérant. Le gaz est réfrigéré par l'unité de refroidissement.

Une fois refroidie, l'eau est pompée du réservoir à une section du vivier de l'usine préalablement isolée du reste par des valves. La section visée permettra l'utilisation de 27 bacs isothermiques, c'est-à-dire 9 colonnes de 3 bacs superposés.

Dans les conditions traditionnelles, telles que décrites dans la section précédente, il sera possible de faire l'entreposage de 16 200 livres de moules à l'état brut, ce qui correspond approximativement au volume des ventes hebdomadaires estivales. Ainsi, à partir de ces bases, le système devra refroidir un débit minimum d'eau de 200 litres par minute.

### **2.2.1 SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION DU FROID**

Afin de limiter les dépenses énergétiques et étant donné que le vivier est en circuit ouvert, l'eau déjà refroidie qui sort des viviers est dirigée vers un échangeur à plaque placé à l'entrée du réservoir pour y refroidir l'eau de mer introduite dans le système. Ce genre d'échangeur a un taux de récupération de l'ordre de 60 à 65 %. L'eau, à la sortie de chaque section de trois bacs isothermiques, est récupérée dans une canalisation de 5 pouces de diamètre placée sur le sol (figure 2C). Les sections de 3 bacs sont surélevées à l'aide de palettes de plastique de 6 pouces de hauteur. L'eau récupérée dans la canalisation est dirigée vers un réservoir tampon puis pompée vers l'échangeur à plaque avant de retourner à la mer par les canalisations de l'usine.

## **2.3 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ ET DES COÛTS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT – PROTOCOLE 1**

Nous avons évalué l'efficacité du système à maintenir la température de l'eau à 5°C à quatre (4) périodes, soit lorsque la température de l'eau de mer était autour de 8°C à



15°C. Afin de mesurer l'efficacité du dispositif, quatre (4) thermographes ont été installés avant et après le récupérateur de chaleur, à la sortie du bassin et à la sortie des bacs (figures 1 et 2). Nous avons mesuré la température de l'eau à ces quatre (4) endroits de façon continue. Le système a été mis à l'essai sans moules pour une période permettant au système de se stabiliser.

Le coût d'utilisation du système sera évalué en mesurant la consommation d'électricité de ses différentes composantes ainsi que la consommation de l'eau de mer durant la durée de ces quatre (4) essais.

## 2.4 MAINTIEN DES MOULES EN VIVIER – PROTOCOLE 2

À partir de la littérature et des pratiques actuelles, nous avons établi les paramètres expérimentaux pour définir les conditions d'entreposage optimales, soit le volume de moules par bassin (300/600 lb) et l'ajout d'air dans les bassins (absence/présence). La durée de l'entreposage humide expérimentale a été fixée à 7 jours.

Les moules ont été placées dans des bassins à raison de 300 livres (136 kg) et de 600 livres (272 kg) brut par bassin. Les bassins ont été disposés en colonnes de trois (3) de haut dans la salle des viviers (figure 2). L'alimentation des bassins était assurée par une entrée d'eau salée (traitée à l'U.V.) au-dessus de la colonne et un système de cascade permettait à l'eau, à la sortie du bassin du haut, de poursuivre son trajet à travers le second bassin et ainsi de suite. Le débit de l'eau a été ajusté autour à 20 l/min. Les bassins qui étaient alimentés en air l'ont été de façon individuelle à l'aide d'un tuyau percé, installé sous le faux fond. Le débit était ajusté à des valeurs variant entre 0.5 et 3 cfm d'air.

À la mi-expérience, des échantillons ont été prélevés pour faire l'analyse de la mortalité dans les bassins et évaluer la durée de conservation (DC) des moules hors de l'eau. Les moules ont été nettoyées et débyssées à la main pour les durées de conservation.

À la fin de l'expérience, les mêmes analyses ont été faites mais les durées de conservation ont été réalisées sur des moules ayant subi le nettoyage, triage et débyssage mécanique (traitement habituel de la moule mise en marché).

L'expérimentation a été répétée quatre (4) fois (tableau 1), soit en juin, août, septembre et octobre. Ces quatre (4) périodes représentant des conditions différentes en termes de physiologie de la moule et de température de l'eau de mer.

**Tableau 1 : Description des traitements expérimentés au cours des quatre essais.**

| Essais       | Colonnes | Traitements     |
|--------------|----------|-----------------|
| 1, 2, 3 et 4 | C1 et C2 | 300 lb sans air |
| 1, 2, 3 et 4 | C3 et C4 | 300 lb avec air |
| 2, 3 et 4    | C5 et C6 | 600 lb avec air |

### **2.4.1 SUIVI DES CONDITIONS D'ENTREPOSAGE EN VIVIER**

Le débit d'eau et d'air et la saturation en oxygène de l'eau à la sortie de tous les bassins ont été mesurés quotidiennement et la présence de ponte dans les bassins vérifiés. Ces données ont été consignées et analysées.

### **2.4.2 RENDEMENT EN CHAIR ET PRÉSENCE DE PONTE**

Afin de déterminer l'impact de la mise en vivier sur la propension à la ponte des moules, des observations ont été faites de façon journalière dans les bassins d'entreposage humide (particules orangées à la surface de l'eau et/ou au pourtour des bassins). D'autres observations ont été réalisées au moment de la cuisson des moules (particules orangées dans les coquilles).

Un rendement en chair a été effectué sur les moules à l'arrivée de celles-ci à l'usine ainsi que pendant l'évaluation de la durée de vie.

Les calculs du rendement en chair ont été réalisés sur un échantillon de 1 livre (454 g) de moules de taille commerciale, soit 50 mm et plus. Les moules, après être nettoyées, ont été cuites à la vapeur, pendant 15 à 20 minutes, jusqu'à l'obtention d'une chair ferme. L'échantillon de moules était pesé avant et après la cuisson. Ensuite, la chair était séparée de la coquille et pesée séparément, ce qui nous a permis de calculer le rendement en chair des deux (2) méthodes suivantes :

Rendement nord-américain :

$$\frac{\text{Masse de la chair cuite} \times 100}{\text{Masse de la chair cuite} + \text{masse des coquilles}}$$

Rendement européen :

$$\frac{\text{Masse de la chair cuite} \times 100}{\text{Masse avant cuisson}}$$

### **2.4.3 ÉVALUATION DE LA MORTALITÉ DANS LES BASSINS D'ENTREPOSAGE EN VIVIER**

L'évaluation de la mortalité dans les bassins, à mi-expérience (essais 3 et 4) et après la période d'entreposage de 7 jours en vivier (essais 2, 3 et 4), a été réalisée sur les moules de taille commerciale seulement. Seules les moules n'ayant aucun bris de coquille ont été comptabilisées. Un échantillon de 50 moules prélevées en surface des bassins a été analysé dans chaque bassin (inférieur, centre et supérieur) à la mi-expérience et à la fin de l'expérimentation. À l'exception de l'expérience 1 où aucune donnée n'a pu être recueillie et de l'expérience 2 où l'évaluation s'est faite sur un échantillon de 50 moules à la fin seulement. Les moules mortes (valves ouvertes même après choc physique) et vivantes ont été dénombrées afin de calculer la proportion de moules mortes.

#### **2.4.4 ÉVALUATION DE LA DURÉE DE CONSERVATION**

La durée de conservation est déterminée dans le présent rapport comme étant le jour où la mortalité dans un échantillon de moules atteint 5 %.

Pour l'évaluation de la durée de conservation, les moules ont été placées par volume de 2 livres dans des sacs en filet. Les sacs ont été bien glacés et placés dans un panier entreposé à l'intérieur d'une chambre froide (0-4°C).

Le suivi de la durée de conservation s'est fait aux jours 4 et 10 (ou le jour le plus près où il est possible de faire l'analyse) sur deux (2) sacs de 2 livres par jour d'évaluation. L'analyse des échantillons consistait à dénombrer les moules fermées (présumées vivantes), les moules qui bâillent (qui se referment après martèlement) et les moules mortes (qui ne se referment pas après martèlement). La présence de ponte dans les sacs a aussi été vérifiée quotidiennement.

#### **2.4.5 RENDEMENT À LA TRANSFORMATION**

Afin d'évaluer d'une autre façon la mortalité des moules (incluant les moules moribondes et ouvertes), à la fin de chaque expérimentation, les moules ont été nettoyées, dégrappées, débyssées et triées mécaniquement avant d'être triées manuellement et d'être pesées. La masse obtenue du produit fini (commercial), des déchets de moules rejetés et de petites moules, pour chacun des bassins de tous les traitements, ont été compilés séparément et analysés. Les déchets obtenus suite au dégrapage et débyssage n'ont toutefois pas été pesés.

### **3.0 RÉSULTATS**

---

#### **3.1.1 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DU SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT**

Le système de refroidissement n'a pas rencontré les performances auxquelles nous nous attendions et qui avaient été planifiées avec le fournisseur de l'équipement. Les résultats obtenus à 220 l/m (figure 3) montrent que le système s'est stabilisé à 9.5°C alors que l'eau brute était initialement à 14°C, un écart de 4.5°C. Nous visions l'atteinte de 5°C et un écart de 10°C. Le principal problème, outre la puissance de l'unité de refroidissement, est le délai entre le début du pompage d'eau refroidie dans les viviers et le retour de l'eau froide vers l'échangeur, le temps que les viviers se remplissent. Durant cette période, la température du réservoir augmente par l'arrivée d'eau brute non préalablement refroidie par l'échangeur de chaleur et par la suite, le refroidisseur n'est pas en mesure de faire redescendre la température.

Nous avons fait, par la suite, des tests avec des débits moindres afin d'identifier celui où le système serait optimum. À 180 l/m (figure 3), le système s'est stabilisé à 6.5°C alors que la température de l'eau brute n'était que de 11.5°C, un écart de 5°C. À 120 l/m, le système s'est stabilisé à 6°C alors que l'eau brute était à 13°C, un écart de 7°C. Finalement, à 60 l/m, l'écart obtenu a été de 8.5°C. Cependant, à ce débit, nous ne pouvons maintenir assez de bacs remplis de moules pour pouvoir faire les expériences

avec les moules. Nous avons donc utilisé un débit de 120 l/m pour les tests avec les moules.

La figure 3 montre bien l'efficacité de l'échangeur de chaleur puisque peu importe le débit, la plus grande partie de l'écart de température entre l'eau brute et l'eau de sortie du bassin est gagnée grâce à l'échangeur de chaleur. Ainsi, à 120 l/m, 5°C sont gagnés après le passage de l'eau dans l'échangeur de chaleur alors que l'unité de refroidissement contribue à réduire la température que de 2°C additionnel. Cependant, comme nous le verrons plus loin (voir 3.1.4), la présence de ponte de moules lors des essais 3 et 4 a diminué l'efficacité de l'échangeur de chaleur. Ainsi, on remarque que l'écart de température gagné par l'échangeur de chaleur lors de ces deux (2) essais (figure 4) est inférieur que lors des essais 1 et 2 et où nous n'avons pas observé de ponte. À la fin des essais 3 et 4, nous avons dû faire un nettoyage avec un détergent de l'échangeur de chaleur pour enlever les dépôts de ponte qui s'étaient logés sur les plaques et qui causaient une augmentation de la pression observée sur le manomètre à l'entrée de l'échangeur.

La figure 3 à 120 l/m montre également que le refroidisseur peut abaisser la température du bassin à 0°C et la maintenir pendant une période prolongée. Pour les tests avec les moules, nous avons adopté cette stratégie de débiter les expériences avec l'eau du bassin à 0°C afin de limiter l'impact du début de l'approvisionnement du bassin en eau brute sans retour de l'eau refroidie le temps que les bacs de moules se remplissent. Nous avons aussi fait des tests en alimentant l'échangeur de chaleur avec de l'eau préalablement refroidie par de la glace durant cette période initiale. Cependant, le coût en glace de l'opération nous a forcé à abandonner cette stratégie.

### **3.1.2 ÉVALUATION DES COÛTS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT**

Nous avons observé lors des tests, que tous les appareils devaient fonctionner en continu pour assurer le refroidissement de l'eau et le maintien de sa température.

Le tableau 2 décrit la consommation journalière d'électricité des différentes composantes du système de refroidissement afin d'en évaluer le coût. On y décrit également la consommation en eau salée et son coût. Ainsi, le coût d'opérations journalier du système de refroidissement est de 0,004 \$ la livre brute si on place 600 livres de moules par bac et de 0,008 \$ la livre brute si on en place 300 livres.

**Tableau 2 : Évaluation du coût journalier d'opération du système de refroidissement pour un débit de 120 l/m**

**Coût électrique**

| Équipements         | Voltage (volt) | Ampérage (ampère) | Puissance (KiloWatt) | Consommation journalière (kWh) | Coût journalier <sup>(1)</sup> |
|---------------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Refroidisseur       | 600            | 30,7              | 18,42                | 442,08                         | 19,72 \$                       |
| Pompe refroidisseur | 600            | 1,75              | 1,05                 | 25,2                           | 1,12 \$                        |
| Pompe bassin        | 220            | 8                 | 1,76                 | 42,24                          | 1,88 \$                        |
| Pompe échangeur     | 220            | 8                 | 1,76                 | 42,24                          | 1,88 \$                        |
|                     |                |                   |                      | <b>Total</b>                   | <b>24,61 \$</b>                |

**Coût eau salée**

| Débit optimal (l/m) | Consommation journalière (m <sup>3</sup> ) | Coût journalier <sup>(2)</sup> |
|---------------------|--|--------------------------------|
| 120                 | 172,8                                      | <b>17,28 \$</b>                |

**Coût à la livre de moule brut**

| Charge des bacs (lb) | Nombre de bac | Poid total brut (lb) | Coût journalier (\$/lb) |
|----------------------|---------------|----------------------|-------------------------|
| 300                  | 18            | 5400                 | <b>0,008 \$</b>         |
| 600                  | 18            | 10800                | <b>0,004 \$</b>         |

<sup>(1)</sup> Coût excédentaire aux opérations courantes de l'usine. N'inclut pas le tarif de base d'électricité.

<sup>(2)</sup> Ce tarif dépend des installations de pompage, ici, l'eau salée est fournie par un tiers à 0,10\$ le m<sup>3</sup>.

### **3.1.3 CONDITIONS D'ENTREPOSAGE EN VIVIER**

La saturation en oxygène observée dans l'eau à la sortie du dernier bassin de chaque colonne de traitement dépassait largement la norme minimale de 50 % dans tous les cas à une seule exception près (figures 5 à 8). C'est dans la colonne de 300 lb sans air, lors de l'essai 3 (figure 7), que la saturation mesurée pendant les premiers 24 heures s'approchait de la limite de 50 %. Il est toutefois à noter que la saturation n'a pu être mesurée lors des premiers 48 heures de l'essai 4 (figure 8), ce qui nous empêche de vérifier s'il y a eu reproduction du scénario observé à l'essai 3.

De façon générale, la saturation en oxygène est supérieure dans les bassins où l'air est ajouté (figures 5 à 8).

La température de l'eau du système a été mesurée à différents endroits (figure 4). La température de l'eau lors de l'essai 1 (figure 5) oscillait entre 3 et 6°C alors qu'à l'essai 2 (figure 6) s'était entre 5 et 7°C. Lors des essais 3 et 4 (figures 7 et 8), la température était supérieure mais également moins constante, ces essais se déroulant pendant la période estivale. Ainsi, la température de l'eau se situait initialement à près de 8°C mais a diminuée rapidement de 3 à 4°C suivant les variations du milieu naturel d'où provient l'eau brute.

Durant les essais, seulement un bris d'équipement a eu lieu interrompant l'approvisionnement de l'échangeur de chaleur en eau refroidie durant l'essai 3, le 29 juin 2011. La figure 4 montre l'impact de ce bris sur la température du système.

### **3.1.4 RENDEMENT EN CHAIR ET PRÉSENCE DE PONTE**

La présence de ponte dans l'eau des bassins ou sur le pourtour des parois de bassins pendant l'entreposage humide a été notée lors des essais 3 et 4 dans les traitements avec l'ajout d'air. Lors des cuissons, la présence de ponte dans la coquille a été observée à quelques reprises. Ce fut le cas dans les moules dans les bassins où de l'air avait été ajouté lors de l'essai 3 ainsi que les moules de la colonne C6 (600 lb + air) lors de l'essai 4. Au moment de la cuisson pour le rendement en chair (tableau 3), plusieurs moules avaient pondu lors de ce dernier essai (petite chair avec gonade très mince).

Le rendement en chair des moules témoins et des moules expérimentales (tableau 3) suggèrent que les moules de l'essai 3 auraient pondu. Toutefois, le nombre d'échantillons ne nous permet pas de le confirmer statistiquement d'autant plus que la variance entre les rendements est relativement importante.

**Tableau 3 : Valeur du rendement en chair (%) des moules témoins et expérimentales selon le traitement et le nombre de jours passé en entreposage humide pour les quatre essais.**

| Essais | Moules Témoins |       | Moules Expérimentales |       |              |       |
|--------|----------------|-------|-----------------------|-------|--------------|-------|
|        | dates          | %     | date                  | jour* | traitement   | %     |
| 1      | 12-sept-10     | 17,2% | 2010-09-12**          |       |              |       |
|        |                | 17,9% |                       |       |              |       |
|        |                | 18,3% |                       |       |              |       |
| 2      | 21-sept-10     | 16,8% | 07-oct-10             | 7     | 300 lb + air | 15,6% |
|        |                |       | 19-oct-10             | 7     | 301 lb + air | 17,2% |
| 3      | 28-juin-11     | 23,8% | 06-juil-11            | 8     | 300 lb - air | 18,6% |
|        |                | 25,0% |                       | 8     | 300 lb + air | 21,6% |
|        |                |       |                       | 8     | 600 lb + air | 21,7% |
| 4      | 29-juil-11     | 18,0% | 04-août-11            | 3     | 300 lb - air | 15,7% |
|        | 01-août-11     | 15,3% |                       | 3     | 300 lb + air | 15,9% |
|        | 11-août-11     | 17,4% |                       | 3     | 600 lb + air | 15,5% |

\* nombre de jours passé en entreposage humide

\*\* Aucune donnée n'est disponible

### **3.1.5 ÉVALUATION DE LA MORTALITÉ DANS LES BASSINS D'ENTREPOSAGE**

À la fin de l'expérience 2 (octobre 2010), l'évaluation de la mortalité dans les bassins d'entreposage humide indique que la mortalité pour le traitement à 600 lb avec air est la plus faible soit inférieure à 2 %. Quant aux traitements à 300 lb en présence et en absence d'air, la mortalité moyenne est respectivement de 5 % et 3.6 %.

Pour l'essai 3 qui s'est déroulé à la fin juin 2011, à la mi-expérience, la mortalité de tous les traitements était inférieure à 3 % à l'exception du bassin du bas pour la colonne C4 (300 lb avec air) dont la mortalité a été évaluée à 5 %. À la fin de cette même expérience, les résultats demeurent similaires à la mi-expérience pour le traitement 300 lb sans air, alors que les deux (2) autres traitements démontrent en général une mortalité plus élevée. En effet, à l'exception de deux (2) bassins (haut-300lb avec air et bas-600lb avec air) la mortalité est  $\geq 10$  % (10 % à 23 %).

À la mi-expérience de l'essai 4, la mortalité dans les bassins de l'ensemble des traitements est relativement faible soit de 0 à 3.9 %. À la fin, à l'exception des colonnes 1 et 6 (soit la première et la dernière au niveau de l'alimentation en eau), la mortalité observée est variable et atteint dans certains cas des valeurs au-dessus de 10 %.

La mortalité n'a pas été mesurée à l'essai 1.

### 3.1.6 ÉVALUATION DE LA DURÉE DE CONSERVATION

#### **Essai 1:** (figure 9)

Après 3 jours en entreposage humide, la durée de vie étagère des moules s'établit à plus de 3 jours et même, à plus de 10 jours dans le cas des traitements à 300 lb sans air, bassin du milieu et 300 lb avec air, bassin du haut. Dans tous les autres cas, incluant le témoin, la mortalité excède 5 % à l'analyse du jour 10.

Après 8 jours d'entreposage humide, la durée de vie étagère des moules s'établit à plus de 3 jours pour les moules de l'ensemble des traitements, à l'exception des moules du traitement à 300 lb avec air, dans les bassins du bas et du milieu. La mortalité est toutefois très près de 5 %. La mortalité au jour 10 est près de 5 % pour les moules de tous les traitements à l'exception des moules provenant du bassin du milieu avec ajout d'air.

#### **Essai 2 :** (figure 10)

Après 3 jours passés en entreposage humide, la mortalité dans les échantillons de moules est inférieure à 5 % et les témoins sauf pour les bassins du bas de chaque traitement.

Après 7 jours en entreposage humide, la mortalité des moules du traitement 300 lb sans air indiquent une durée de vie étagère entre 3 et 10 jours. La mortalité observée pour le traitement 300 lb avec air est supérieure à 5 % pour les moules des bassins du bas et du haut mais est très près de 5 % pour les moules du bassin du milieu. Ce résultat nous amène à fixer la vie étagère de ces moules à 3 jours mais la mortalité des moules dans le bassin du haut est inférieure à 5 % au dixième jour de vie étagère, ce qui est contradictoire. Les résultats sont plus clairs en ce qui a trait aux moules du traitement de 600 lb avec air pour lesquelles la mortalité est inférieure à 5 % après 3 et 10 jours de vie étagère tout comme le témoin. Il est à noter que les résultats obtenus pour le traitement 600 lb avec air proviennent d'une seule colonne.

#### **Essai 3 :** (figure 11)

Après 3 et 7 jours d'entreposage, la vie étagère des moules du traitement 300 lb sans air est supérieure à 10 jours. Par contre, la mortalité des moules pour les traitements avec air (300 lb et 600 lb) après dix jours de vie étagère indique une durée de conservation inférieure à 10 jours. Les moules témoins ont une vie étagère inférieure à 3 jours.

#### **Essai 4 :** (figure 12)

Après 3 jours d'entreposage humide, les moules ayant été maintenues à un volume de 300 lb sans air, ont une durée de vie étagère entre 3 et 10 jours. La durée de vie étagère des moules maintenues à 300 lb avec air est inférieure à 3 jours à l'exception des moules du bassin du haut pour lesquelles la mortalité est inférieure à 5 % après 3 jours de vie étagère. Inversement, les moules témoins et celles du traitement 600 lb avec air ont une durée de vie étagère supérieure à 10 jours à l'exception des moules du bassin du milieu pour lesquelles la mortalité approche 10 %.



Après 7 jours d'entreposage humide, dans les traitements à 300 lb, seules les moules du bassin du haut avec air ont une mortalité inférieure à 5% (Figure 12) et cela uniquement après 10 jours de vie étagère. Les moules ayant été maintenues à un volume de 600 lb avec de l'air ont une durée de conservation supérieure à 10 jours puisque la mortalité dans les bassins n'atteint pas 5 %. Pour ce qui est des témoins, la mortalité après 10 jours de vie étagère est de 10 %.

### **3.1.7 RENDEMENT À LA TRANSFORMATION**

À l'essai 1, la proportion de moules commerciales est très près de 90 % pour tous les traitements (figure 13). Les moules rejetées sont réparties entre les petites moules et les moules non conformes (cassées, ouvertes, vides).

La proportion de moules commerciales suite à l'entreposage humide de l'essai 2 est similaire à l'essai 1 à l'exception de la colonne 1 (300 lb sans air) qui est autour de 85 % (figure 13). On note toutefois que la proportion de petites moules est plus élevée dans ces bassins.

Dans les bassins de la colonne 3, lors de l'essai 3, la proportion de grosses moules (taille excédant la taille maximale de la trieuse mécanique) explique 18 % des rejets dans les bassins du milieu et du bas. Par contre, même en excluant ces moules dans le calcul, la proportion de moules commerciales pour ces bassins reste autour de 80 %. Cela est aussi vrai pour tous les traitements avec de l'air pendant cet essai (figure 14).

Les rendements de moules commerciales à la transformation à la fin de l'essai 4 sont près ou supérieurs à 90 % dans le cas de la majorité des bassins tous traitements confondus à l'exception des bassins de la colonne 2 et des bassins du milieu et du bas de la colonne 4 (figure 14). Dans ces cas, la proportion de moules rejetées (cassées, ouvertes, vides) est au-dessus de 12 %, alors que dans tous les autres cas, cette proportion est inférieure à 10 %.

## **4.0 DISCUSSIONS**

---

Le système de refroidissement tel que conçu initialement n'a pas rencontré les objectifs fixés au départ, c'est-à-dire la diminution de la température de l'eau de 10°C pour un débit de 200 l/m. Nous avons plutôt obtenu un écart de 7°C pour un débit de 120 l/m. Le fournisseur n'a pas considéré la période initiale de remplissage des viviers, où l'échangeur de chaleur n'est pas en fonction faute de retour d'eau dans ses calculs ce qui explique en partie la différence de résultats. Probablement que l'unité de refroidissement de 20 HP est également trop petite et qu'il serait préférable de considérer une unité de 30 HP voir de 40 HP pour pouvoir atteindre les objectifs fixés. Néanmoins, l'utilisation d'un échangeur de chaleur s'est avérée un bon choix vu les performances de celui-ci. Cependant, la présence de ponte peut limiter grandement ses performances. Ainsi, il faut adopter une procédure de nettoyage ou utiliser une filtration additionnelle pour limiter l'encrassement des plaques de l'échangeur par la ponte des moules.

Nos résultats indiquent que l'entreposage humide des moules entre juin et octobre est possible, à un coût abordable, sans diminuer la qualité des moules et même parfois, en améliorant leur durée de vie. Toutefois, il ressort aussi que les paramètres optimaux de maintien en entreposage humide doivent être ajustés selon la période de l'année.

Ainsi, près de la ponte (essai 3/ juin-juillet), il semble qu'il est préférable de ne pas ajouter de l'air dans les bassins. À cette période, il semble même avantageux de mettre les moules en entreposage humide avec de l'eau refroidie avant de les acheminer sur les marchés du frais. Les moules récoltées et acheminées directement sur les marchés du frais ont une durée de vie étagère inférieure à trois (3) jours, contrairement aux moules du traitement 300 lb sans air qui dépassent 10 jours. Pour le traitement 300 lb sans air, les résultats obtenus après 3 et 7 jours d'entreposage humide sont similaires alors que pour les autres traitements, il semble préférable de ne pas dépasser 3 jours d'entreposage humide.

Un peu plus tard, à partir de la fin juillet (essais 4 et 2), il semble qu'il est plus avantageux d'ajouter de l'air dans les bassins et de placer 600 lb de moules brut par unité. Il est toutefois difficile d'expliquer la raison pour laquelle le volume de moules le plus important donne de meilleurs résultats. Dans ce cas, il est aussi favorable de maintenir les moules plus de 3 jours d'entreposage humide.

Lors de l'essai à la fin septembre (essai 1), il n'y avait pas de traitement à 600 lb. Les résultats pour les traitements à 300 lb avec et sans air sont semblables bien qu'il semble être préférable de ne pas prolonger l'entreposage humide jusqu'à 8 jours. Cela est toutefois plus évident pour l'évaluation après 3 jours de vie étagère.

Les résultats de l'analyse de durée de vie des moules maintenues dans les bassins du bas est souvent plus faible que ceux des autres bassins. Bien que cela ne soit pas un phénomène généralisé, il serait prudent d'être attentif à cela. Il est toujours possible de mettre uniquement deux (2) bassins par colonne.

Au cours de l'essai près de la ponte (essai 3), nos résultats suggèrent que la présence d'air dans les bassins pourrait être un facteur stimulant la ponte des moules. Pendant l'essai suivant (4), cela ne fut pas aussi évident mais il faut considérer que beaucoup de moules avait alors déjà pondu.

Il est intéressant de constater que la mortalité des moules observées correspond aux résultats de la durée de vie étagère de ces moules. Ainsi, dans la période près de la ponte (essai 3), la mortalité des moules dans les bassins d'entreposage humide est similaire pour tous les traitements après 3 jours d'entreposage humide mais est inférieure pour le traitement 300 lb sans air à la fin de la période d'entreposage humide de 7 jours.

Après la ponte, la mortalité des moules dans les bassins d'entreposage humide est similaire pour tous les traitements après 3 jours d'entreposage humide. Par contre, c'est le traitement de 600 lb avec air qui favorise une faible mortalité dans les bassins à la fin de la période 6 jours d'entreposage humide.

Les conditions d'oxygénation satisfont les besoins des moules en milieu humide. La mortalité observée dans les bassins et les résultats de la durée de vie, ne sont donc pas attribuables aux conditions d'oxygénation dans l'eau de mer des bassins.

Nos résultats ne permettent pas de distinguer un traitement plus efficace que les autres par rapport au rendement à la transformation.

Finalement, l'entreposage humide en eau froide selon certains paramètres pendant une période d'au moins trois jours favorise la durée de conservation des moules sur les marchés. Cet effet est semblable à celui des «hydro-cooling» utilisés par certaines usines des maritimes ou de l'Europe. Il est maintenant reconnu que le maintien de la chaîne de froid lors de la commercialisation des moules est un élément essentiel à leur survie hors de l'eau. En permettant la diminution du métabolisme des moules avant leur commercialisation, l'entreposage humide en eau froide permet d'initier la chaîne de froid nécessaire à la conservation des moules dès leur entrée à l'usine.

## **5.0 RECOMMANDATIONS**

---

- Lors de l'entreposage des moules en bassins pendant les périodes pré-pontes et pontes, il est préférable de mettre un volume de moules brut de 300 lb et de ne pas ajouter d'air dans les bassins;
- Lors de l'entreposage des moules en bassins pendant la période suivant la ponte, le volume de moules brut peut approcher les 600 lb et il est préférable d'ajouter de l'air dans les bassins;
- Dans les périodes critiques, réduire le nombre de bacs par colonne à deux;
- Remplir de façon lente (moitié du débit) les bassins au début de l'entreposage des moules et une fois le retour de l'eau froide assuré, ajuster le débit à 20 l/m par colonne;
- Une procédure de nettoyage efficace doit être mise en place afin d'assurer l'efficacité du système en tout temps (annexe 1).

## **6.0 OUVRAGES CONSULTÉS**

---

COULOMBE, F., ROUSSY, M. & CYR, C. (2005). Rapport de mission 27 octobre au 9 novembre 2001 - Contexte technologique et réglementaire de dépuración des moules au Royaume-Uni. — Compte rendu. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, p. 88.

DESCHAMPS, M.-H. & ROUSSY, M. (2004). Implantation d'unité de dépuración de courte durée des moules de la Baie de Gaspé. — DIT - Doc. Rech. (M.-. Pêcheries, ed). Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, p. 120.

FORTIN M.-G., S. GAUTHIER-CLERC, F. COULOMBE, M.-E. CARBONNEAU, R. TREMBLAY, N. ROSS, 2009. Forum québécois des Sciences de la mer, Rimouski, 10-11 novembre. Effet d'un glaçage précoce des moules d'élevage (*Mytilus* spp) dès leur récolte sur l'intensité de leur métabolisme, leur propension au bâillement et leur tolérance au stress durant les traitements post-récolte. Forum québécois des Sciences de la mer, Rimouski (Québec), 10-11 novembre.

FORTIN M.-G., S. GAUTHIER-CLERC, F. COULOMBE, R. TREMBLAY & N. ROSS, 2008. Effect of temperature during air exposure on metabolic demand and the incidence of gaping in *Mytilus* spp. cultured in suspension. Congrès international « Physiomar », Brest (France), 1-4 septembre.

- GIRAULT, L., LEBLANC, M.-J. & LARRIVÉE, M.-L. (en préparation). Identification des causes possibles de bâillement chez la moule bleue de la Gaspésie et des Îles-de-la-Madeleine. — Programme de développement et de structuration de la transformation pour l'industrie mytilicole (D-Dtrim) : Phase II. Centre spécialisé des pêches, Grande-Rivière, p. 30.
- HARDING, J. M., COUTURIER, C., PARSONS, G. J. & ROSS, N. W. (2004). Evaluation of the neutral essay as a stress response indicator in cultivated mussels (*Mytilus* spp) in relation to post-harvest processing activities and storage conditions. — *Aquaculture* 231, 315-326.
- IBARRA, D. & COUTURIER, C. (1999). Factors influencing cultured mussel meat yields and recommendations for standard method. — *Bull. Aquacul. Assoc. Canada* 98(2), 59-61.
- IBARRA, D., COUTURIER, C. & MILLS, T. (2000). Calculation of meat yields by mussels growers in Newfoundland. — In: *Seafood in Health and nutrition*,
- MYRAND, B., GUDERLAY, H. & HIMMELMAN, J. H. (2000). Reproduction and summer mortality of the blue mussels *Mytilus edulis* in the Magdalen Islands, southern Gulf of St-Lawrence. — *Marine Ecology Progress Series* 197, 193-207.
- NEWFOUNDLAND AQUACULTURE INDUSTRY ASSOCIATION. (2003). Quality assurance guidelines for the newfoundland mussel industry. — In: (P. Report, ed). *Fisheries diversification program*, St-Jonh's.
- PROCHAZKA, K. & GRIFFITHS, C. L. (1991). Factors affecting the shelf life of live cultured mussels. — *Journal of shellfish research* 10, 23-28.
- RUELLO & ASSOCIATES, P. L. (2003a). *Blue Mussels Post-harvest code of practice*. — Seafood Services, Australia.
- SEAFISH INDUSTRY AUTHORITY. (1997). *Guidelines for the harvesting, handling and distribution of live bivalve molluscs*.
- SLABYJ, B. M. (1980). Storage and processing of mussels. — In: *Mussel culture and harvest : A North American perspective*. (R. A. Lutz, ed), Amsterdam, p. 350.
- SLABYJ, B. M., CREAMER, D. L. & TRUE, R. H. (1978). Seasonal effect on yield, proximate composition, and quality of blue mussel, *Mytilus edulis*, meats obtained from cultivated and natural stock. — *Marine fisheries review* 40, 18-23.
- SLABYJ, B. M. & HINKLE, C. (1976). Handling and storage of blue mussels in shell. — *Research in the Life Sciences (University of Maine, Orono, Maine)* 23, 1-13.
- TÉTREAULT, F. (2005). Rapport des opérations post-récoltes du printemps 2004 et évaluation de l'impact de l'entreposage humide sur la durée de conservation des moules en conditions printanières. — Société de développement de l'industrie maricole (SODIM), Gaspé, 40 pages.
- TÉTREAULT, F. (2006). Visite de deux entreprises de transformation de la moule bleue à l'Île-du-Prince-Édouard. — Société de développement de l'industrie maricole (SODIM), Gaspé, 12 pages.

TÉTREAU, F (2011). Synthèse des connaissances relatives aux méthodes et équipements affectés aux opérations post-récoltes des moules bleues d'élevage destinées aux marchés de la moule fraîche. — Société de développement de l'industrie maricole (SODIM).

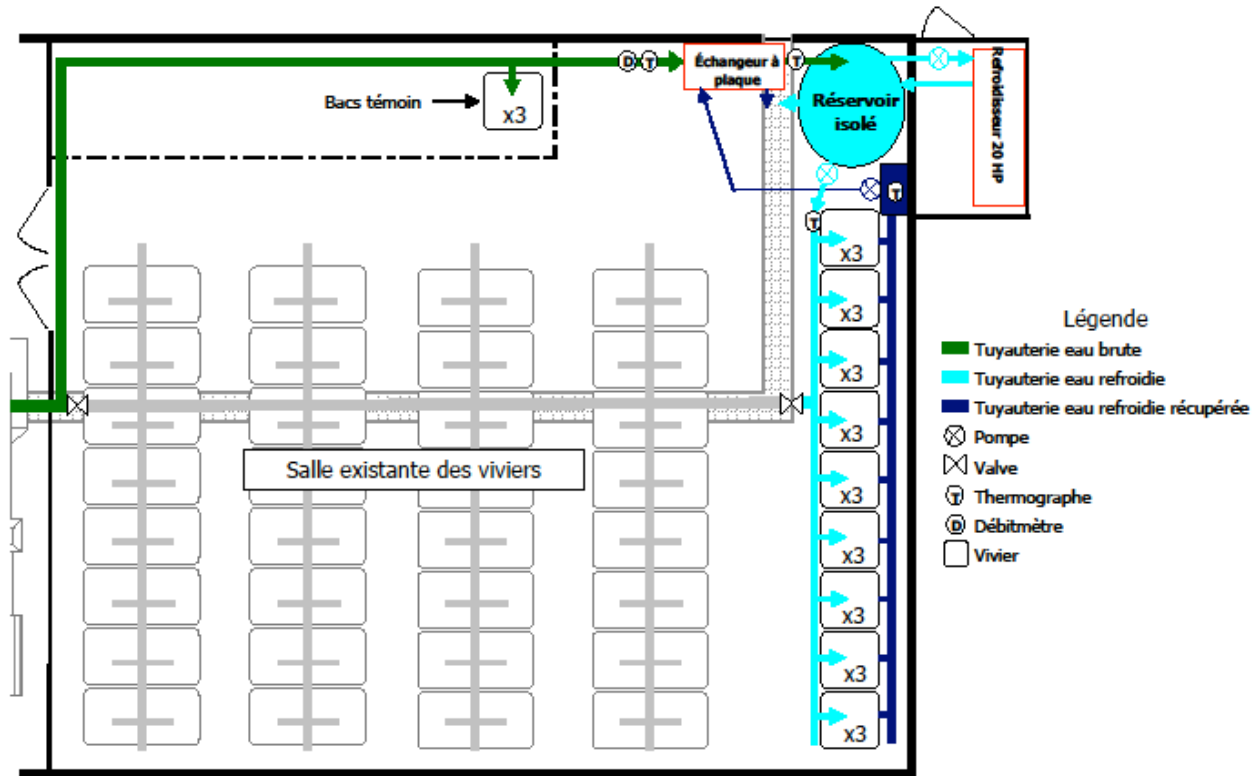
## **7.0 REMERCIEMENTS**

---

Les auteurs aimeraient remercier les partenaires financiers : le Ministère des Pêches et Océans pour l'appui financier via le Programme d'Innovation en Aquaculture et Accès aux Marchés (PIAAM) et la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM). Un grand merci aussi à Sophie Gauthier-Clerc et Robert Vaillancourt pour leur contribution lors de l'élaboration du protocole expérimental. Finalement, les auteurs souhaitent remercier le personnel de Menu-Mer Ltée pour leur collaboration lors de l'installation de l'équipement et la réalisation du protocole.

## 8.0 FIGURES

Figure 1: Schéma du système de refroidissement de l'eau de mer dans l'usine de Menu-Mer Itée



Note: Le système d'alimentation en air n'est pas représenté sur le schéma



Figure 2: Photos montrant le système de refroidissement. A) Bassin, pompes, échangeur de chaleur et bacs de retour; B) vivier contenant 27 bacs isothermiques; C) système de récupération de l'eau refroidie à la sortie du vivier; D) refroidisseur d'eau de mer.



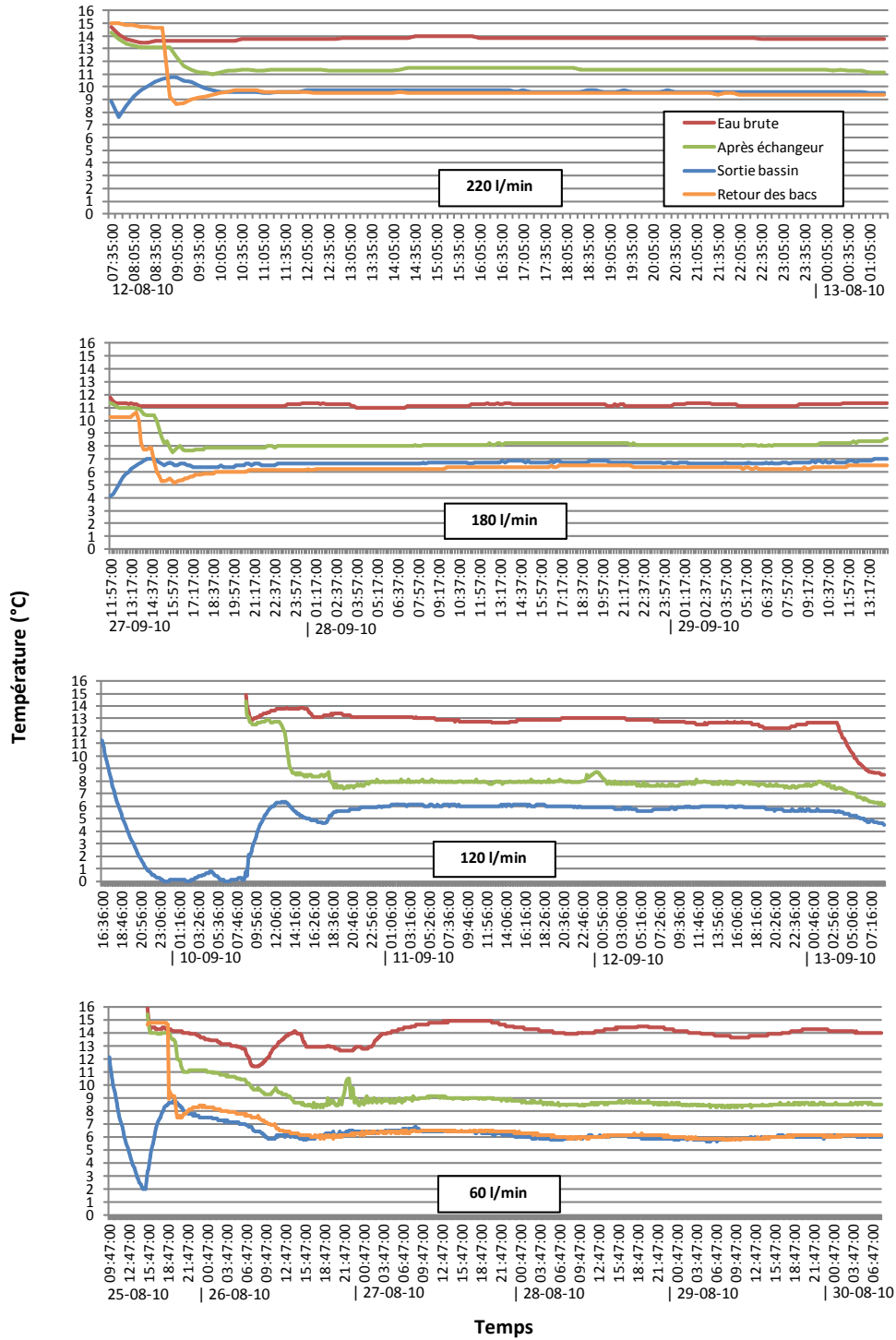


Figure 3 : Évaluation de l'efficacité du système de refroidissement par le suivi de la température de l'eau selon le débit, à quatre endroits du système de refroidissement, avant l'échangeur, après l'échangeur, à la sortie du bassin et au retour des bacs

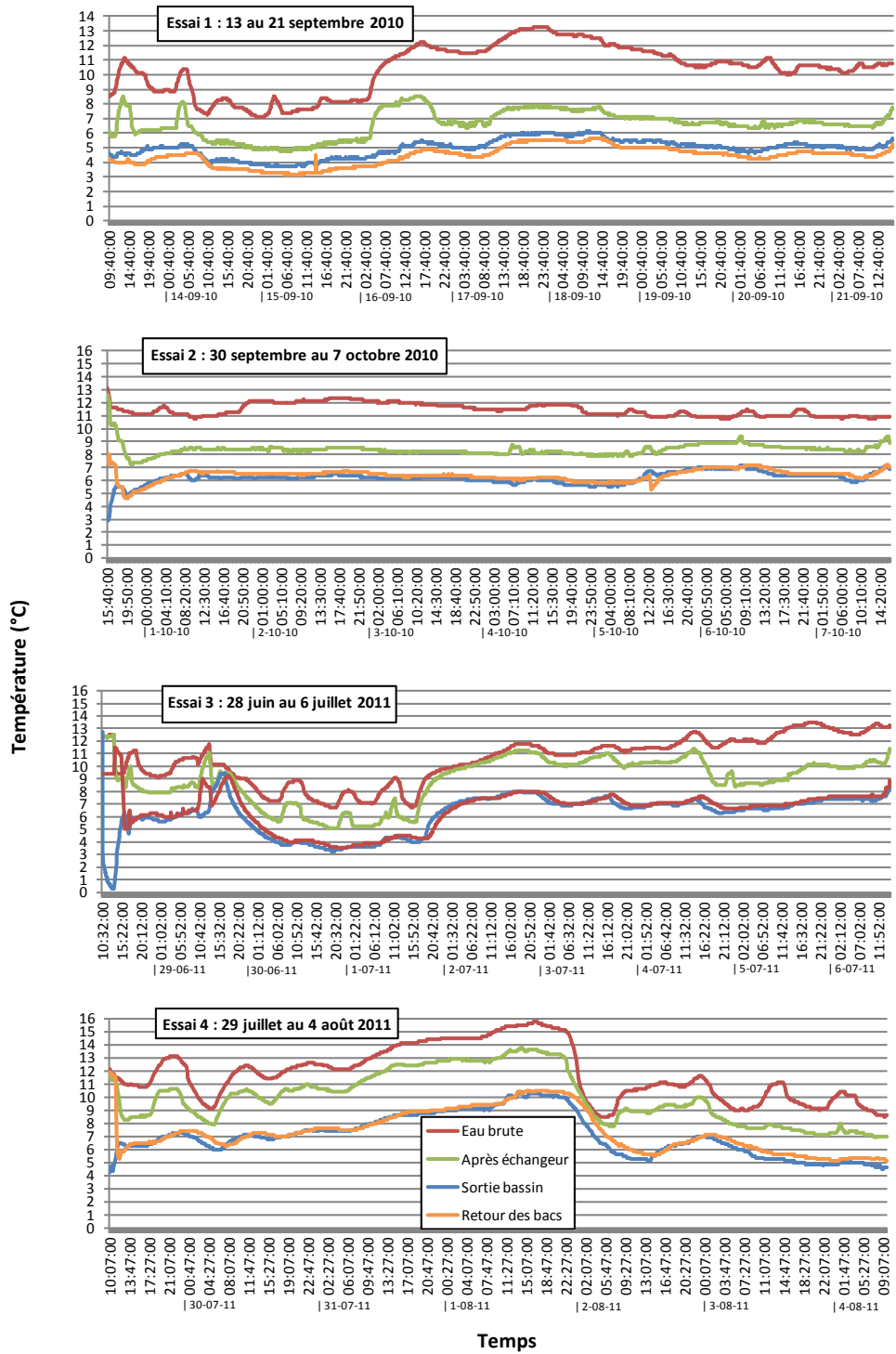
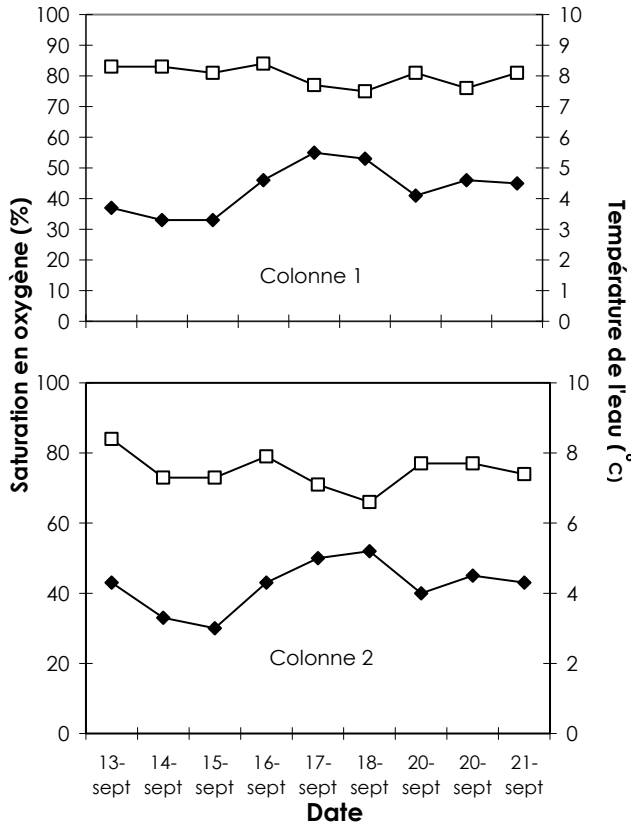


Figure 4 : Suivi de la température de l'eau durant les essais avec des moules à différentes dates à quatre endroits du système de refroidissement, avant l'échangeur, après l'échangeur, à la sortie du bassin et au retour des bacs

Traitement : 300 lb sans air



Traitement : 300 lb avec air

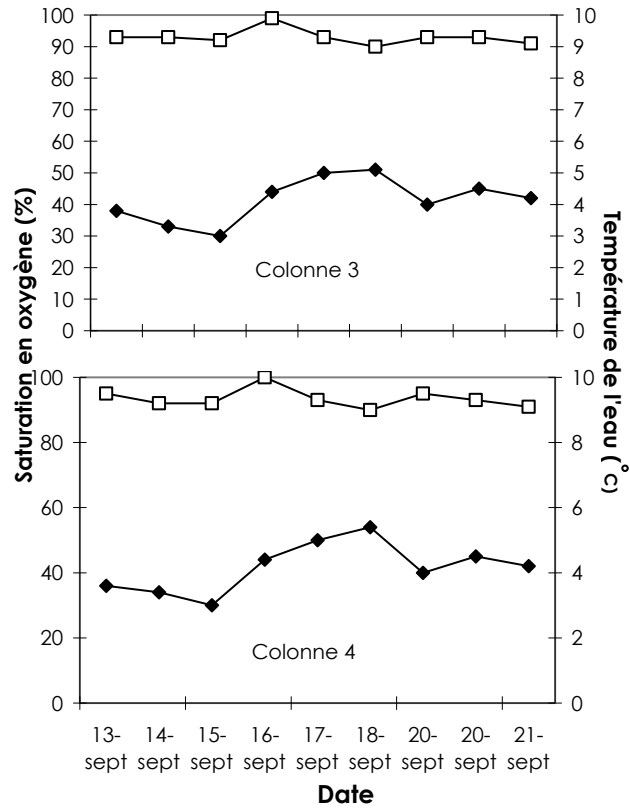


Figure 5: Suivi de la saturation en oxygène ( ) et de la température de l'eau (◆) dans les bassins du bas pour les traitements avec 300 lb de moules avec et sans air ajouté lors de l'essai 1, du 13 au 21 septembre 2010.

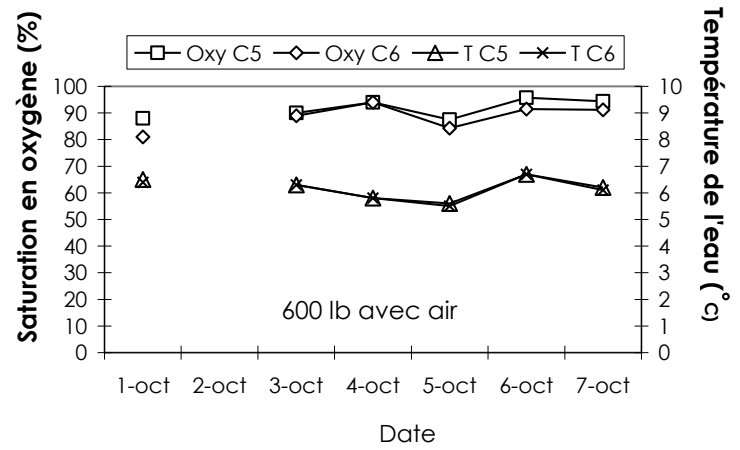
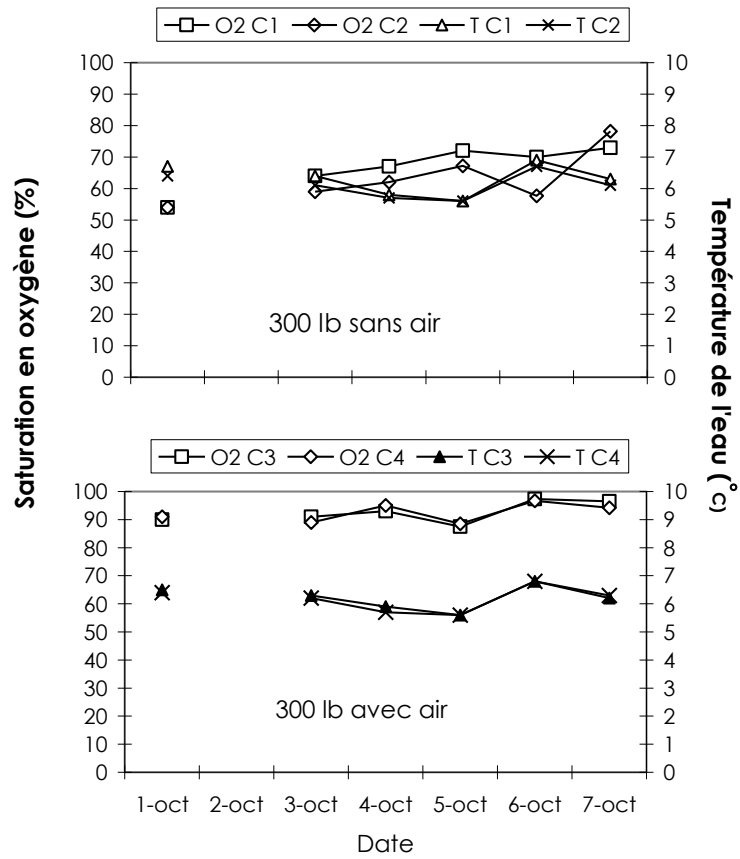


Figure 6: Suivi de la saturation en oxygène et de la température de l'eau dans les bassins du bas pour les traitements, 300 lb de moules avec et sans air ajouté et 600 lb de moules avec air ajouté lors de l'essai 2, du 1er au 7 Octobre 2010.

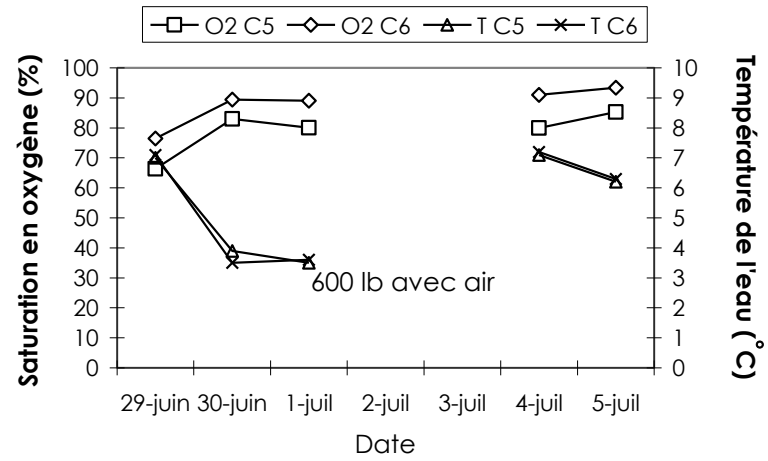
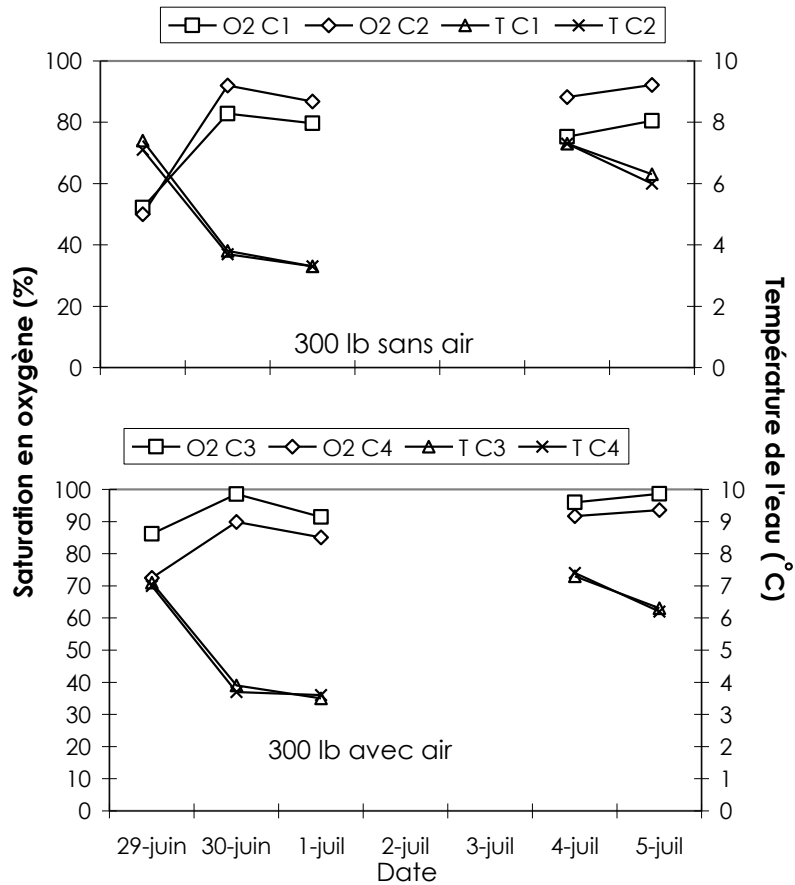


Figure 7: Suivi de la saturation en oxygène et de la température de l'eau dans les bassins du bas pour les traitements, 300 lb de moules avec et sans air ajouté et 600 lb de moules avec air ajouté lors de l'essai 3, du 29 juin au 5 juillet 2011.

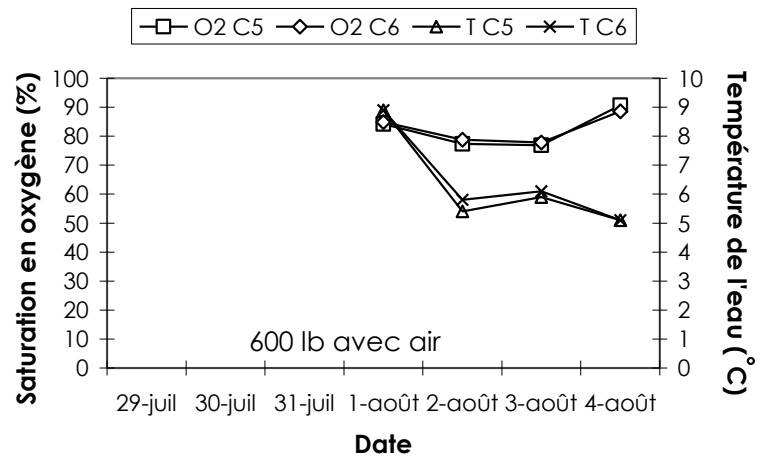
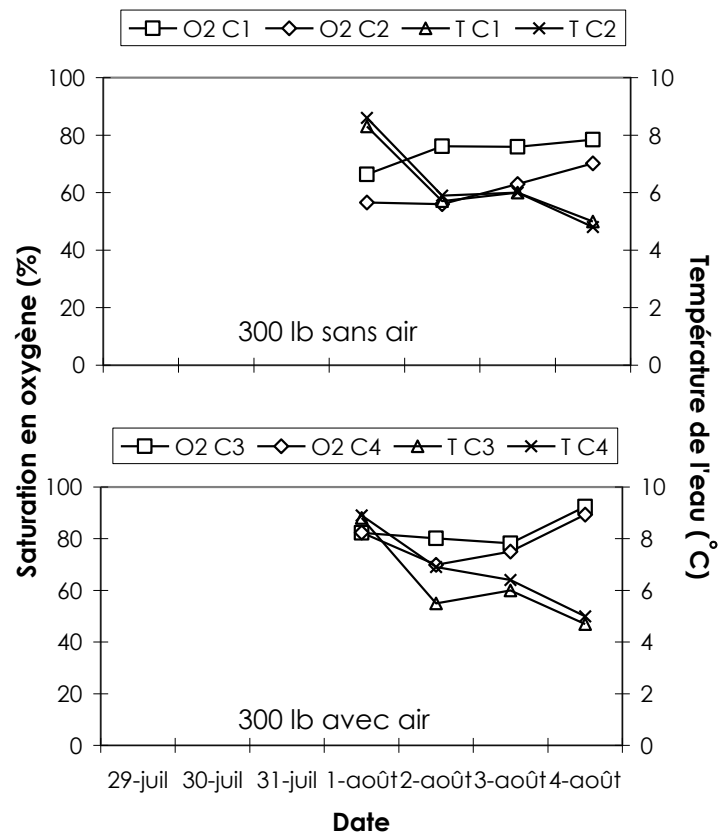


Figure 8: Suivi de la saturation en oxygène et de la température de l'eau dans les bassins du bas pour les traitements, 300 lb de moules avec et sans air ajouté et 600 lb de moules avec air ajouté lors de l'essai 4, du 29 juillet au 5 août 2011.

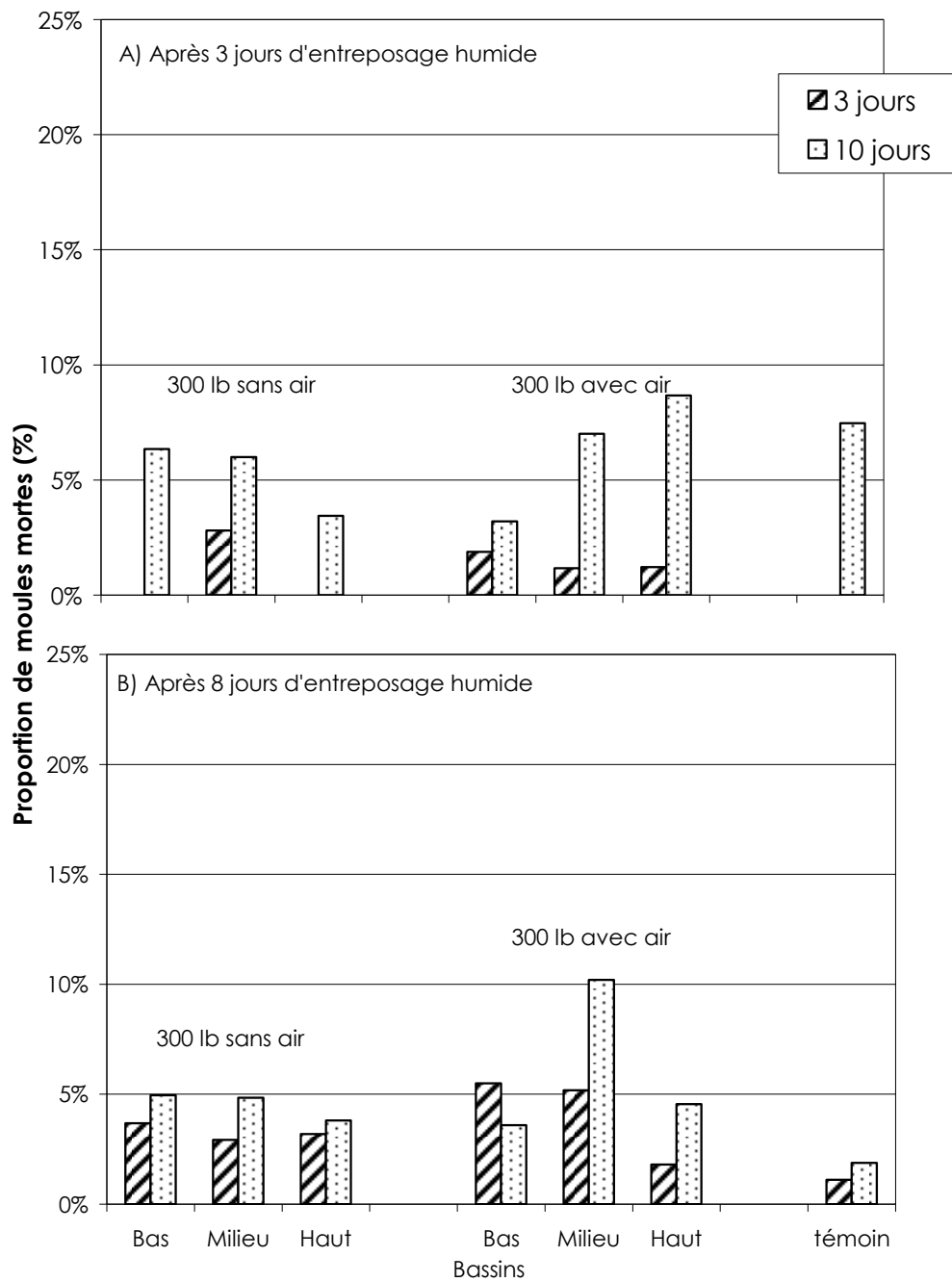


Figure 9 : Évaluation de la durée de conservation après transformation pour des moules ayant été en entreposage humide pendant (A) 3 jours et (B) 8 jours à l'essai 1 entre le 13 et le 21 septembre 2010.

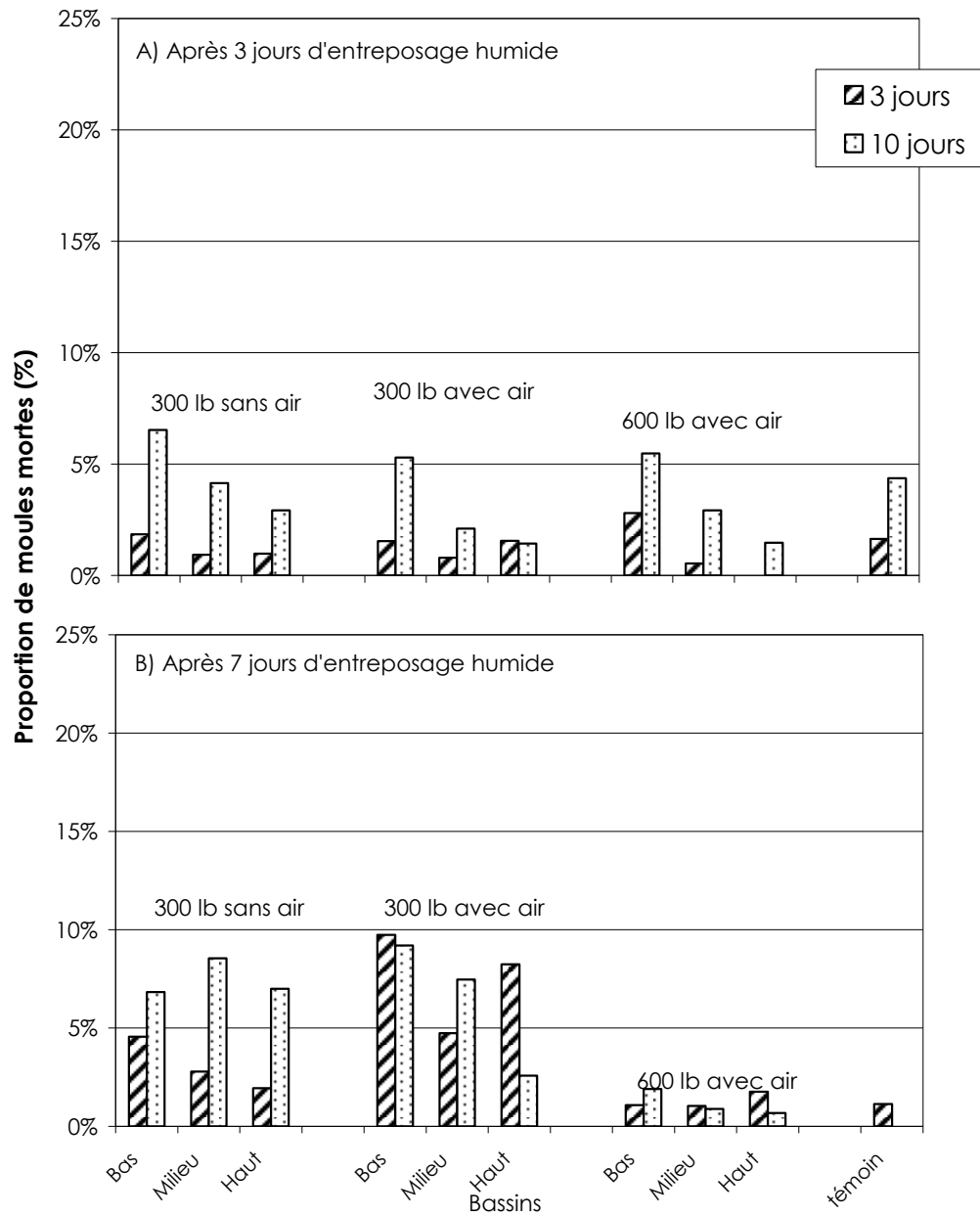


Figure 10 : Évaluation de la durée de conservation pour des moules ayant été en entreposage humide pendant (A) 3 jours et (B) 7 jours à l'essai 2, entre le 1er et 7 octobre 2010.



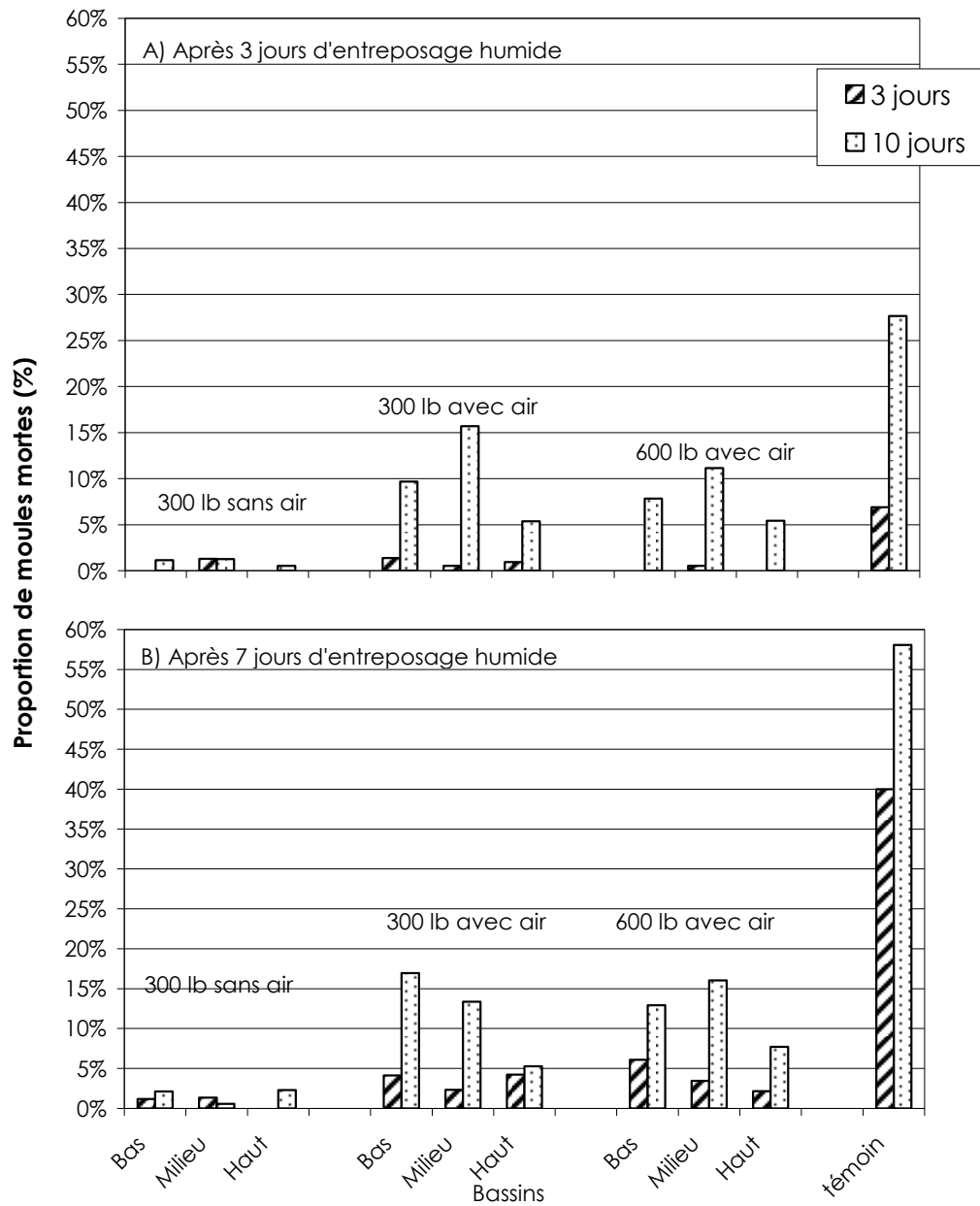


Figure 11 : Évaluation de la durée de conservation pour des moules ayant été en entreposage humide pendant (A) 3 jours et (B) 7 jours à l'essai 3 entre le 28 juin et 4 juillet 2011.

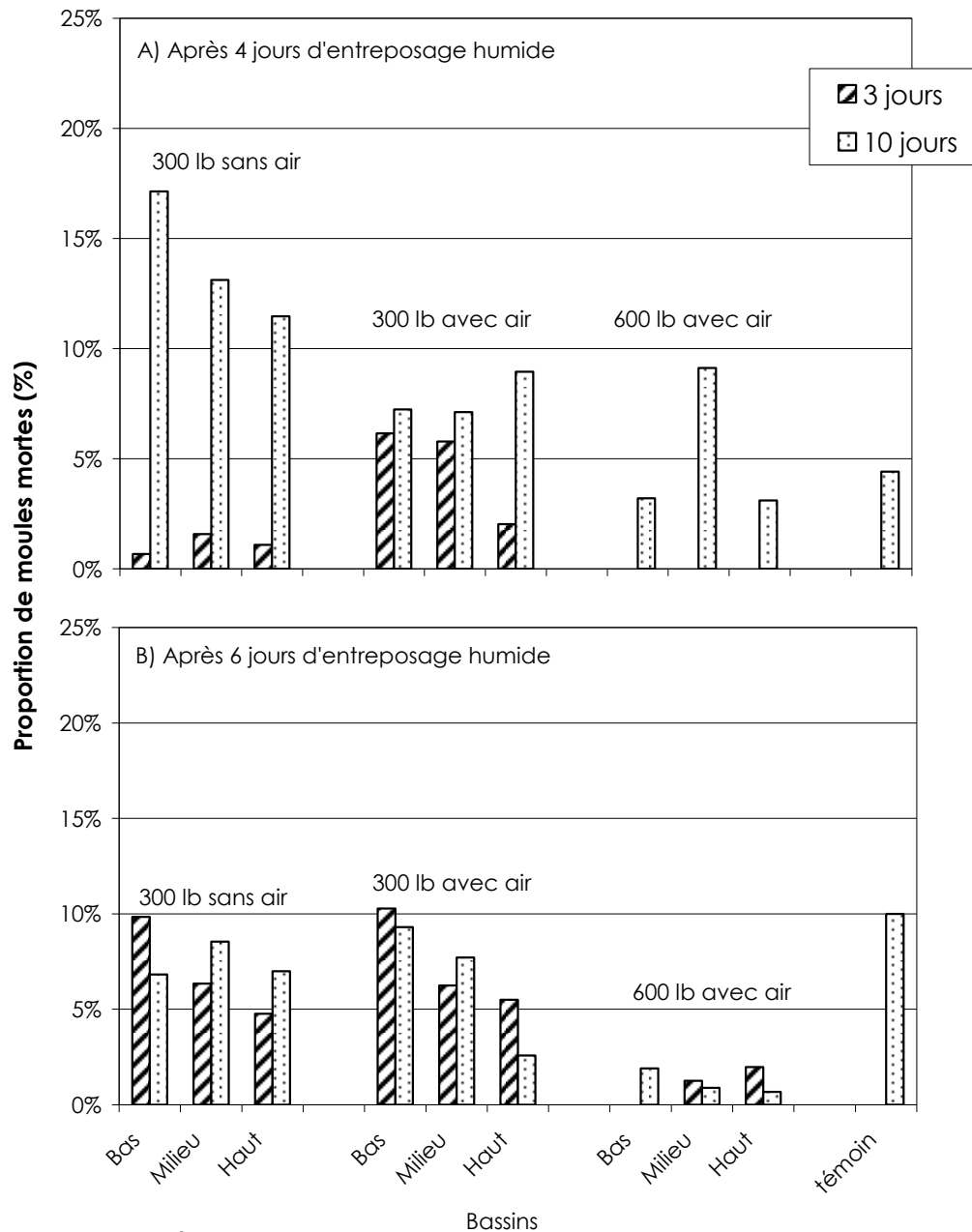


Figure 12 : Évaluation de la durée de conservation pour des moules ayant été en entreposage humide pendant (A) 4 jours et (B) 6 jours à l'essai 4 entre le 29 juillet et 4 août 2011.

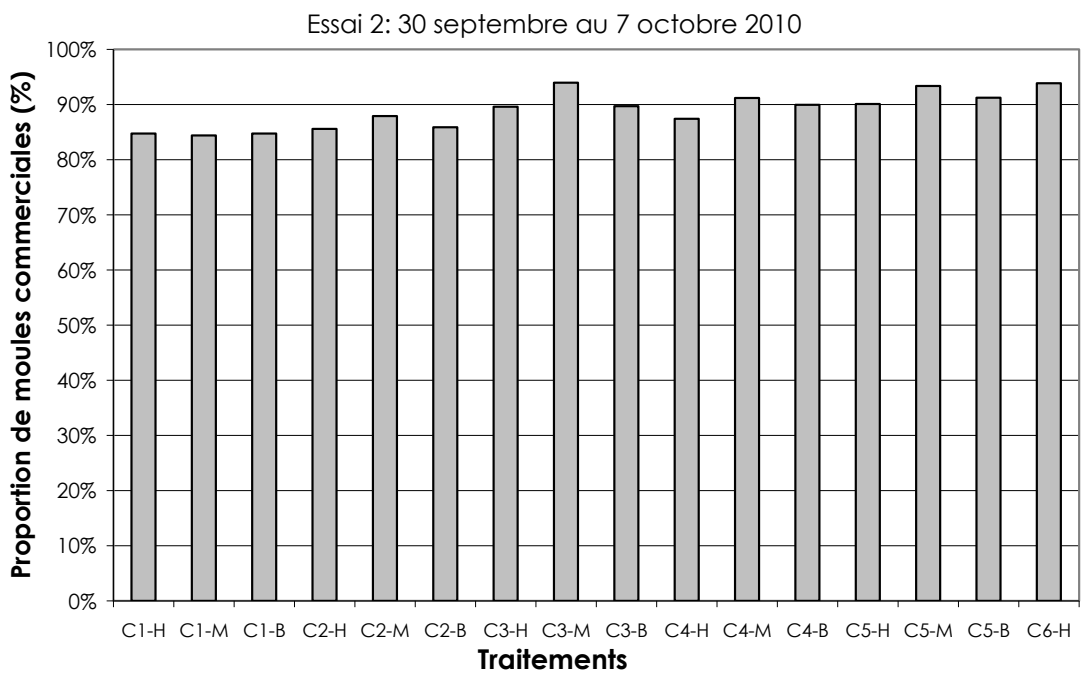
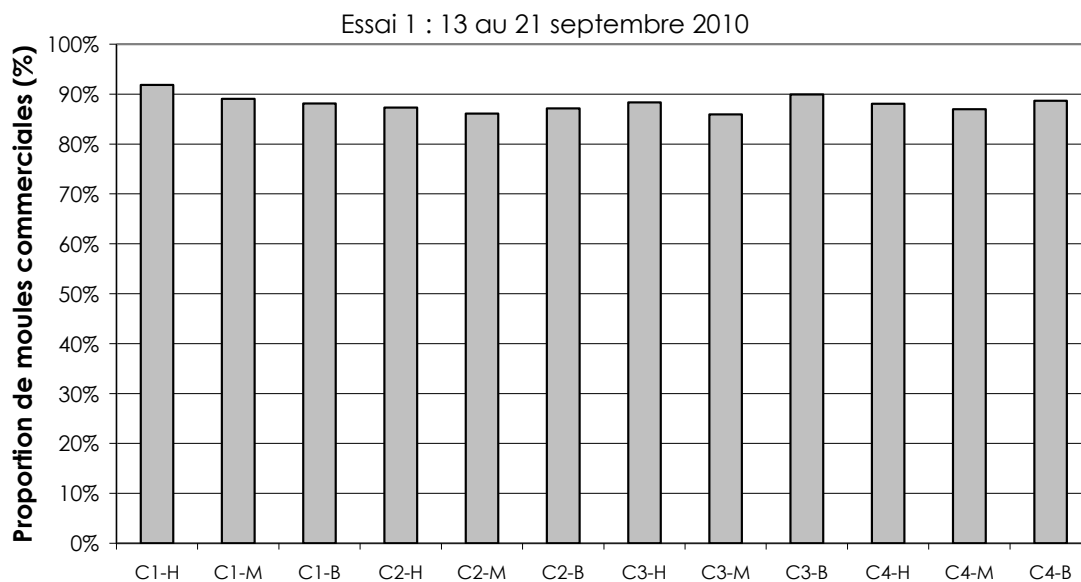


Figure 13 : Proportion de moules commerciales obtenue après la transformation mécanique des moules ayant passé 7 jours en entreposage humide lors de l'essai et 2.

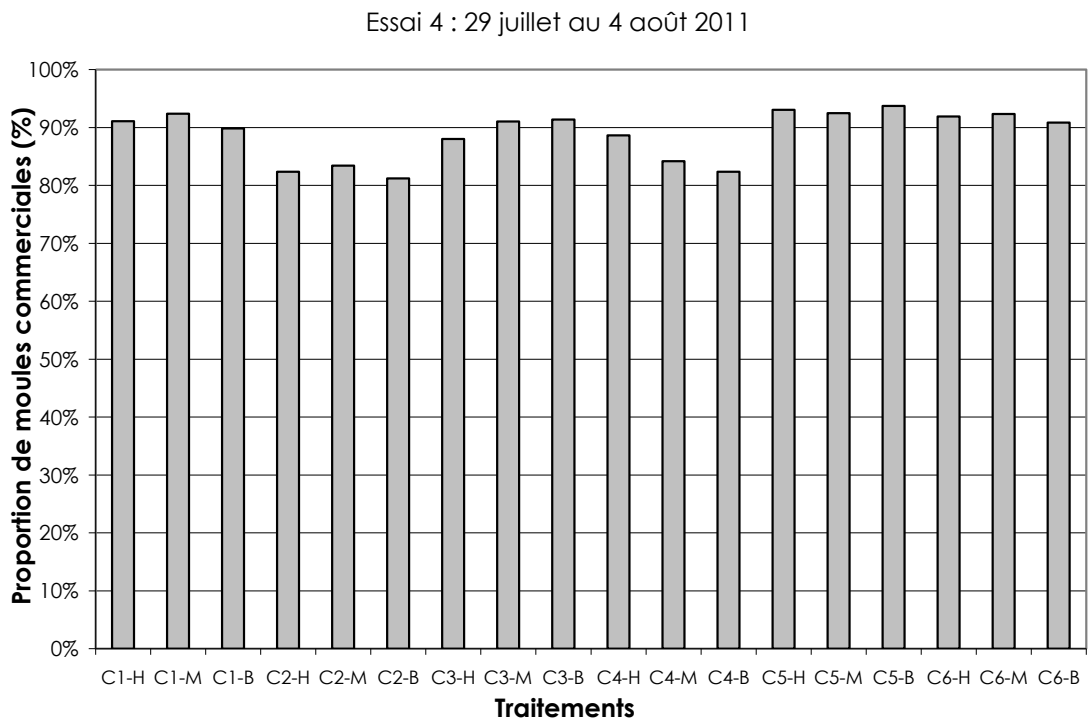
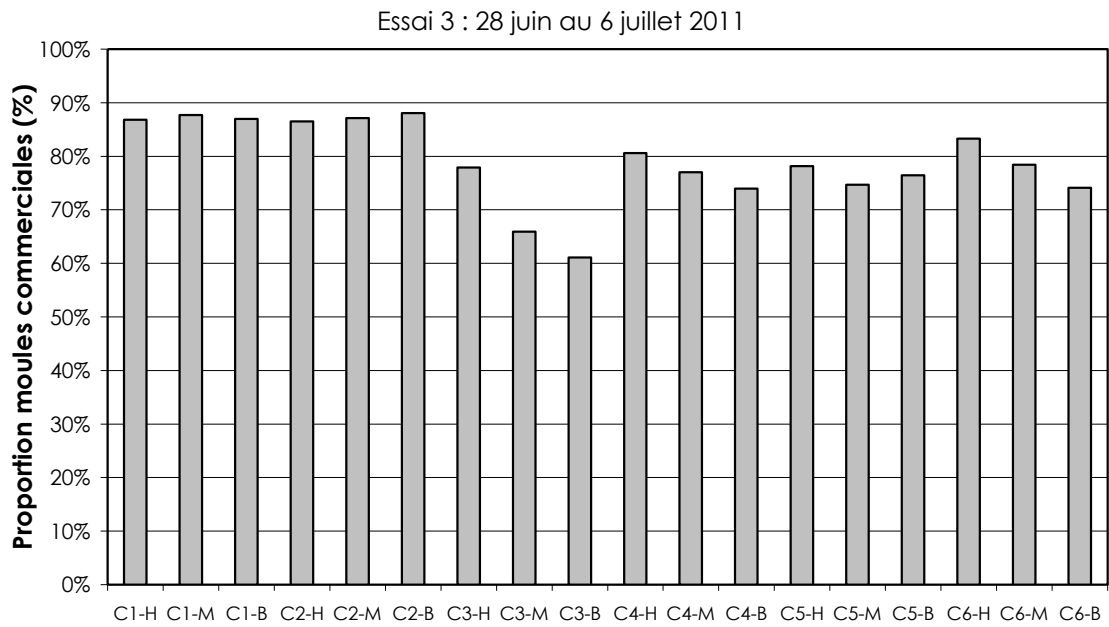


Figure 14 : Proportion de moules commerciales (quantité commerciale sur quantité de moules rejetées et petites) obtenue après la transformation mécanique des moules ayant passé 7 jours en entreposage humide lors de l'essai 3 et 4.

## Annexe 1

### PROCÉDURE DE NETTOYAGE

### ÉCHANGEUR DE CHALEUR

## **PROCÉDURE DE NETTOYAGE : ÉCHANGEUR DE CHALEUR**

### **Document à titre d'exemple seulement**

1. Lorsqu'une différence de pression entre les deux (2) circuits (de plus de 10 psi), la pression est observable sur le manomètre en amont de l'échangeur de chaleur au démarrage de la pompe de recirculation, il est nécessaire de procéder au nettoyage de l'échangeur de chaleur afin d'éviter de l'endommager;
2. Arrêter les pompes de recirculation et d'alimentation du réservoir principal et couper l'alimentation en eau de mer;
3. Nettoyer les deux (2) tamis des filtres de conduite situés sous les pompes ainsi que les tamis à l'intérieur des pompes;
4. Selon le manuel d'utilisation de l'échangeur de chaleur, on ne doit pas utiliser d'acide chlorhydrique (HCl) pour le nettoyage de l'équipement. Cependant, il est possible d'utiliser une solution ne contenant pas plus de 330 ppm de Cl provenant d'hypochlorite de sodium. La concentration maximale du produit de nettoyage de la solution basique ou acide ne doit pas dépasser 4 %;
5. Avec le matériel de sécurité nécessaire (gant-lunette), fabriquer la solution de nettoyage en remplissant avec de l'eau douce le bac de recirculation jusqu'à la ligne sur le bac et la quantité de savon recommandée par le fabricant;
6. Fermer la vanne sur la conduite de rejet afin de faire revenir la solution de nettoyage dans le bac de recirculation;
7. S'assurer que les vannes soient ouvertes et/ou fermées afin que la solution de nettoyage soit pompée à l'échangeur et non vers le bassin principal;
8. Mettre la pompe de recirculation en marche en soulevant la flotte qui en autorise le démarrage. Aucun temps de nettoyage et de contact n'est mentionné dans le manuel, il faut donc surveiller la saleté et la pression du manomètre en amont de l'échangeur;
9. Une fois le nettoyage terminé, ouvrir la vanne sur la ligne de rejet d'eau afin de vidanger la solution de nettoyage et remplir le bac avec de l'eau douce;
10. Bien rincer l'échangeur de chaleur à l'eau douce durant plusieurs minutes.