



SODIM
Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Contention de longue durée de moules aux
Îles-de-la-Madeleine*

Rapport final

Dossier n° 710.49

Rapport commandité par la SODIM

2008

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

Rapport de recherche-développement

N° 161

Contention de longue durée de moules aux Îles-de-la-Madeleine

Mélanie Bourgeois
François Bourque
Francis Coulombe

**Contention de longue
durée de moules
aux Îles-de-la-Madeleine**

Rapport de recherche-
développement n° 161

Mélanie Bourgeois
François Bourque
Francis Coulombe



La DIT a fait le choix écologique d'imprimer ses publications sur du papier Cascades Enviro100 fait à 100 % de fibres postconsommation et certifié par le Forest Stewardship Council.

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) : 978-2-550-52113-6
ISBN (version PDF) : 978-2-550-52114-3

Dépôt légal – Bibliothèque et archives nationales du Québec, 2008

Contention de longue durée de moules aux Îles-de-la-Madeleine

Mélanie Bourgeois¹, François Bourque¹, Francis Coulombe²

1. CeMIM, Cap-aux-Meules
2. CTPA, Gaspé

On doit citer ce document comme suit : Bourgeois, M., F. Bourque, F. Coulombe. 2008. Contention de longue durée de moules aux Îles-de-la-Madeleine. MAPAQ, DIT. Rapport de R-D n° 161. 24 pages.

Résumé

Une expérience menée aux Îles-de-la-Madeleine visait à vérifier la possibilité de maintenir dans des bacs isothermiques des moules alimentées par une eau salée d'origine souterraine. L'objectif consistait à évaluer la capacité des moules de survivre jusqu'à six semaines tout en conservant une bonne qualité de produit. Cette période tenait compte des contraintes d'approvisionnement en hiver dues au gel et dégel des plans d'eau. Un traitement par le passage de l'eau dans des colonnes d'oxygénation-dégazage a permis de diminuer les concentrations de sulfures présents naturellement dans l'eau sous le niveau acceptable de 0,05 mg/L. Ce système a également permis d'éviter une sursaturation en gaz en maintenant le taux de saturation en deçà de 105% tout en maintenant un taux de saturation en oxygène de près de 100%. L'eau provenant d'une source souterraine est dépourvue de nourriture. Cette situation a entraîné une baisse importante et relativement constante de rendement en chair des moules maintenues en contention durant les 6 semaines du projet. Toutefois, à la fin de cette période, les moules avaient toujours un rendement en chair acceptable pour l'industrie. Le taux de bâillement cumulé (évalué aux deux jours pendant deux semaines en chambre froide sous glace) est demeuré très faible (< 4%) et n'a pas été affecté par la durée de contention ni par la position des moules dans les bassins. La qualité organoleptique (apparence, texture, odeur et goût) des moules a été maintenue à un haut niveau de satisfaction après les deux premières semaines de contention. La texture et le goût ont été jugés plus sévèrement à la quatrième semaine. Ainsi, il a été recommandé à l'industrie de maintenir les moules un maximum de trois semaines en contention dans ces conditions spécifiques.

Abstract

An experiment was conducted in the Îles-de-la-Madeleine in order to verify the possibility of maintaining blue mussels in insulated tanks supplied with water pumped from a deep seawater well. The objective was to assess the mussels capacity to survive up to 6 weeks in these tanks while keeping an acceptable quality for consumers. This period has been set to meet the constraints related to the ice cover formation and melt down during the winter harvesting period. Water degassing through packed-columns reduced concentrations of total sulphides below the acceptable level of 0.05 mg/L. Gas supersaturation also decreased to less than 105% while oxygen saturation was kept close to 100%. Seawater pumped from a well contains no food for mussels. This situation led to a significant and relatively constant decline in mussels' meat yield during both six weeks experiments. Although, at the end of this period, the mussels' meat yield was still acceptable for the industry. The proportion of gaping mussels (rated every 2 days for 2 weeks under ice cover) remained very low (<4%) and was unaffected by the storage duration nor by the position of mussels in the holding tanks. The sensory analyses (appearance, texture, smell and taste) of mussels showed that quality has been maintained at a high level throughout the first 2 weeks of contention. However, the texture and the taste were judged more harshly at the fourth holding week. Therefore, it is recommended to keep the mussels up to a maximum of 3 weeks in these specific holding conditions.

Mots-clés : contention, entreposage humide, moule, Îles-de-la-Madeleine, rendement en chair, qualité organoleptique, bâillement

Key Words : mussel, storage, holding, seawater well, Îles-de-la-Madeleine, meat yield, sensory attributes, shell gaping

Table des matières

Résumé.....	iii
1. Introduction.....	1
1.1. Mise en contexte.....	1
1.2. État des connaissances.....	1
1.2.1. Stress chez la moule.....	1
1.2.2. Exposition à l'air.....	1
1.2.3. Conditions anoxiques.....	2
1.2.4. Effet du jeûne.....	2
1.2.5. Effet de la température.....	2
1.2.6. Impact du sulfure d'hydrogène.....	2
1.2.7. Effet de la sursaturation en gaz.....	2
1.3. Conditions pour l'entreposage humide et source d'approvisionnement.....	3
1.3.1. Entreposage humide.....	3
1.3.2. Approvisionnement en eau.....	3
2. Objectifs.....	3
3. Méthodologie.....	3
3.1. Montage du système.....	3
3.2. Mise en contention.....	3
3.3. Propriétés physio-chimiques.....	4
3.4. Effet de la contention sur les moules.....	5
3.4.1. Survie des moules en contention.....	5
3.4.2. Bâillement et durée de conservation.....	5
3.4.3. Rendement en chair.....	5
3.4.4. Analyses organoleptiques.....	6
3.4.5. Analyses biochimiques.....	6
4. Résultats.....	7
4.1. Propriétés physio-chimiques.....	7
4.1.1. Évolution des différents paramètres et effet du traitement de l'eau.....	7
4.1.2. Évolution des différents paramètres physio-chimiques au cours de la période de contention.....	9
4.2. Effet du mode de contention sur les moules.....	11
4.2.1. Survie des moules en contention.....	11
4.2.2. Bâillement et durée de conservation.....	11
4.2.3. Rendement en chair.....	12
4.2.4. Analyses organoleptiques.....	12
4.2.5. Analyses biochimiques.....	13
4.2.6. Autres observations.....	13
5. Discussion.....	14
5.1. Propriétés physico-chimiques.....	14
5.2. Effet de la contention sur les moules.....	15
5.2.1. Survie des moules en contention.....	15
5.2.2. Bâillement et durée de conservation.....	15
5.2.3. Rendement en chair.....	16

5.2.4. Analyses organoleptiques	17
5.2.5. Analyses biochimiques	17
5.2.6 Autres observations	18
6. Conclusion.....	18
7. Recommandations à l'industrie	18
8. Remerciements	18
9. Références bibliographiques.....	18
Annexe 1. Rendements en chair commerciaux.....	22
Annexe 2. Évaluation des coûts pour un système de réfrigération de l'eau.....	24

Liste des figures

Figure 1. Schéma des installations	4
Figure 2. Schéma de la méthodologie et de l'échantillonnage des moules	6
Figure 3. Évolution de la température en fonction du traitement de l'eau	7
Figure 4. Évolution du pH en fonction du traitement de l'eau lors du premier essai de contention.....	7
Figure 5. Évolution de la salinité en fonction du traitement de l'eau	8
Figure 6. Évolution du taux d'oxygène en fonction du traitement de l'eau	8
Figure 7. Effet du traitement de l'eau sur le pourcentage de saturation en gaz.	8
Figure 8. Effet du traitement de l'eau sur la concentration en sulfure.	9
Figure 9. Évolution des concentrations en fer	9
Figure 10. Évolution de la température au cours de la contention.	10
Figure 11. Évolution du pH au cours du premier essai de contention.	10
Figure 12. Évolution de la salinité au cours de la contention.	10
Figure 13. Évolution du taux d'oxygène au cours de la contention.	11
Figure 14. Taux de bâillement moyen en chambre froide en fonction de la durée de contention	11
Figure 15. Évolution du rendement en chair en fonction de la durée de contention.	12
Figure 16. Évaluations organoleptiques en fonction de la durée de contention dans l'eau traitée.	12
Figure 17. Évaluations organoleptiques en fonction de la durée de contention dans l'eau non traitée.	13
Figure 18. Évaluation comparative des qualités organoleptiques après quatre semaines de contention.....	13

Liste des photos

Photo 1. Montage pour l'opération d'oxygénation-dégazage	4
Photo 2. Installation des moules par étage dans les bassins.....	5
Photo 3. Bac isothermique dans la chambre froide.....	5

Liste des tableaux

Tableau 1. Analyses complémentaires pour les différents traitements	9
Tableau 2. Évolutions des paramètres des moules pour l'eau traitée et l'eau non traitée	14

Contention de longue durée de moules aux Îles-de-la-Madeleine

1. Introduction

1.1 Mise en contexte

Aux Îles-de-la-Madeleine, la production mytilicole est en pleine expansion. Toutefois, le développement de cette industrie est présentement limité par la mise en marché et la commercialisation de ses produits. Madelimer inc., une entreprise locale de transformation de produits marins, transforme des moules depuis quelques années. La quantité de moules transformées ne représente cependant qu'un faible pourcentage de sa production actuelle. Ainsi, la plus grande partie de la production de moules se dirige vers le réseau de commercialisation de l'Île du Prince-Édouard. Cette pratique engendre une dépendance des producteurs madelinots à ce marché pour écouler leur produit. À l'automne 2003, il a été proposé par l'entreprise Madelimer inc. de tenter une incursion sur le marché de la moule fraîche afin de contourner cette contrainte.

Une entreprise qui désire être compétitive sur le marché des produits frais doit s'assurer d'avoir à sa disposition une quantité importante de moules et une constance au plan de l'approvisionnement. Toutefois, les contraintes climatiques hivernales peuvent occasionner un approvisionnement irrégulier pouvant survenir lors de jours de tempête, par exemple. De plus, compte tenu des conditions climatiques de la région, les producteurs et l'industrie doivent composer avec la récolte sous glace et ses contraintes. De mauvaises conditions de glace, en raison d'accumulation importante de neige ou d'eau sur la glace, et les périodes de formation de la glace ou le dégel (épaisseur de glace insuffisante) rendent les sites mytilicoles inaccessibles aux producteurs parfois durant plusieurs semaines. Cette situation impose donc le maintien des moules en bassin (contention, entreposage humide) pour une durée variable qui pourrait s'étendre jusqu'à six semaines.

La seule source d'eau utilisable pour la contention de mollusques par l'entreprise Madelimer inc. à un prix raisonnable est une eau salée provenant d'un puits artésien. Cette eau, sans oxygène dissous ni nourriture, demeure à une température d'environ 7 °C durant toute l'année. De plus, en raison de sa provenance, cette eau contient du sulfure d'hydrogène et peut être sursaturée en gaz. Ces conditions sont susceptibles d'affecter la survie, le rendement en chair, la durée de conservation ou les qualités organoleptiques des moules maintenues en contention.

Le Centre maricole des Îles-de-la-Madeleine (CeMIM), en collaboration avec le Centre technologique des produits aquatiques (CTPA) et grâce au soutien financier de la Société de développement maricole du Québec (SODIM), a donc entrepris le présent projet de recherche pour répondre aux questionnements de l'entreprise sur la faisabilité d'une contention longue durée de moules dans ses installations.

1.2 État des connaissances

1.2.1 Stress chez la moule

Les moules sont adaptées à la vie en milieu intertidal. Celui-ci est caractérisé par de fortes variations de salinité, de température, de nourriture et également par de fréquentes périodes d'exposition à l'air pour des organismes sessiles. La moule est très tolérante et est en mesure de s'adapter à la dessiccation ainsi qu'à de fortes variations de salinité, de température et d'oxygène (Seed et Suchanek, 1992). D'ailleurs, elle peut survivre même en condition de froid comme lors d'une récolte sous glace. En effet, il a été rapporté que des moules juvéniles (10 à 11 mm) pouvaient survivre presque 24 h à une température de -10 °C, durant 4 h à -15 °C et pendant environ 2 h à -20 °C (Williams, 1970). Certaines conditions environnementales peuvent toutefois engendrer des changements métaboliques importants qui peuvent affecter la qualité et la survie des moules lors d'expositions prolongées ou lors de variations trop brusques. D'ailleurs, en présence de conditions trop rigoureuses, les moules ferment leurs valves ce qui provoque la suspension de leurs activités métaboliques durant un certain temps (revue de Myrand et Richard, 1987).

Au plan physiologique, la formation des gamètes (cellules sexuelles), une fois enclenchée, se poursuit jusqu'à la maturation complète des gonades indépendamment des conditions environnementales (Bayne et Thompson, 1970; Gabbott et Bayne, 1973). L'énergie disponible est donc dirigée vers la formation des gamètes au détriment du reste de l'organisme. Cette activité, qui nécessite une quantité importante d'énergie, entraîne alors des changements physiologiques importants si les conditions environnementales ne permettent pas de satisfaire les besoins énergétiques de base des individus. Si les conditions défavorables se poursuivent, les gonades se résorbent (atréisie) une fois rendues à pleine maturité pour compenser les demandes énergétiques supplémentaires imposées par ces conditions (Bayne et Thompson, 1970). Les moules sont en effet incapables de maintenir des gamètes à pleine maturité lorsque les conditions de température et de nourriture sont sublétales.

1.2.2 Exposition à l'air

La commercialisation de la moule fraîche nécessite une exposition à l'air plus ou moins longue pouvant affecter sa qualité et sa survie. La durée de vie en coquille des moules se définit comme étant le temps requis pour atteindre 10 % de mortalité (Slabyj, 1980). Plusieurs facteurs peuvent influencer la durée de la vie étagère tels que la saison de récolte (stade de développement des gonades), l'acclimatation à un régime intertidal, le traitement postrécolte (par ex. moule débyssée ou non), la nature des moules (culture ou sauvage), la température et le pourcentage d'humidité relative de la pièce d'entreposage ainsi que la technique d'entreposage (Slabyj et Hinkle, 1976; Aye et Mackinnon, 1992; Eertman et De Zwaan, 1994; Guderley *et al.*, 1994; Weldon, 1999).

1.2.3 Conditions anoxiques

Certains invertébrés sont bien adaptés aux conditions hypoxiques (peu d'oxygène dissous dans l'eau) ou anoxiques (sans oxygène). Plusieurs adaptations ont été rapportées telles que le déplacement des organismes mobiles vers une zone plus favorable, une respiration aérienne, une diminution du métabolisme, une diminution de leur demande d'énergie ou le transfert vers un métabolisme anaérobique (Burnett, 1997). En ce qui concerne la moule bleue, elle peut survivre dans de telles conditions grâce au métabolisme anaérobique et à sa capacité à utiliser l'oxygène contenu dans l'air ambiant lors de son exposition à l'air (Widdows et Shick, 1985; De Zwaan et Thillart, 1985).

1.2.4 Effet du jeûne

Le jeûne représente un état de manque de nourriture, donc d'une source d'énergie suffisante pour assurer le maintien basal d'un organisme. Lorsque les moules sont en période de jeûne, il s'ensuit des répercussions importantes au point de vue du métabolisme et des réserves énergétiques. Un jeûne prolongé provoque inévitablement l'utilisation des réserves énergétiques pour le maintien de l'organisme. Les principaux sites de stockage de réserves chez les moules sont la glande digestive et le manteau. La mobilisation des réserves contenues dans la glande digestive, en période de jeûne, a d'ailleurs été observée chez la moule (Thomson 1972, cité dans Bayne, 1973b). De plus, il a été noté qu'en période de jeûne prolongée, les bivalves compensaient les pertes organiques par l'accumulation d'eau dans leurs tissus (Lucas et Benninger, 1985).

1.2.5 Effet de la température

Les bivalves sont ectothermes, c'est-à-dire que leur température corporelle fluctue en fonction de la température ambiante. Les activités biochimiques qui régissent le métabolisme sont très sensibles aux changements de température. Par conséquent, le métabolisme augmente lors d'une augmentation de la température ambiante et l'inverse se produit lors d'une diminution de température pourvu que celle-ci soit située dans les limites d'action des enzymes (Tremblay *et al.*, 2001). De plus, la température a également une influence sur l'impact du jeûne. Gabbott et Bayne (1973) ont observé que l'effet du jeûne couplé à une augmentation de la température représentait un stress physiologique sévère chez *Mytilus edulis*.

1.2.6 Impact du sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène est un gaz soluble issu de la dégradation anaérobique de la matière organique (Windholz, 1976; De Zwaan et Mathieu, 1992). Il est perceptible dans l'air à des concentrations de 0,002 mg/L, avec une odeur caractéristique d'œufs pourris et un goût sucré (Windholz, 1976). Ce composé peut prendre différentes formes soit : moléculaire (H_2S : toxique) ou ionisée (HS-) selon le pH de l'eau. À un pH de 8, quatre-vingt dix (90) % du sulfure d'hydrogène est sous forme ionisée (Rand *et al.*, 1976, cité dans Morin, 2001). La concentration en sulfure d'hydrogène augmente avec la diminution du pH (McKee et Wolf, 1963 et U.S. Environmental Protection Agency, 1976 cités dans Santé Canada, 1992). De plus, la quantité de sulfure d'hydrogène varie en fonction de la température, de la salinité et de l'oxygène (Santé Canada, 1992). Il

est fréquemment retrouvé dans les interstices des sédiments anoxiques, dans les boues d'eaux usées et dans l'eau souterraine. Il est également présent de façon naturelle sur la couche limite du fond marin à des concentrations variant de 0,02 à 0,1 mg/L (Minister of National Health and Welfare, 1993)

Le sulfure d'hydrogène peut être nuisible ou toxique pour les poissons et certains invertébrés (Anonyme, 1981). En s'attaquant au transport de l'oxygène, le sulfure dissous dans l'eau engendre les mêmes effets sur les organismes que des conditions anoxiques ou la présence de cyanure (Anonyme, 1981; De Zwaan et Mathieu, 1992; Oeschger et Storey, 1993). Une étude antérieure (De Zwaan *et al.* (1991) citée dans De Zwaan et Mathieu, 1992) a permis de mettre en évidence l'accumulation de produits anaérobiques chez deux bivalves (*Mytilus galloprovincialis* et *Scapharca inæquivalvis*) maintenus dans une eau de mer aérée contenant du sulfure ou du cyanure dissous. Malgré une aération suffisante, la réponse métabolique des bivalves était typiquement similaire à celle d'individus maintenus dans une eau anoxique.

Compte tenu de l'impact probable du sulfure d'hydrogène sur les moules, l'utilisation d'une eau provenant du puits artésien pour la réalisation d'une contention de longue durée implique qu'on puisse en réduire sa concentration. L'aération ou un traitement chimique de l'eau est habituellement utilisé à ces fins (Minister of National Health and Welfare, 1993). Il existe différents systèmes d'aération efficaces pour diminuer la quantité de sulfure d'hydrogène dont les colonnes d'oxygénation-dégazage. Cependant, il est difficile d'atteindre des concentrations inférieures à 0,05 mg/L, niveau auquel une post-chlorination supplémentaire pourrait alors être utilisée (Minister of National Health and Welfare, 1993; Santé Canada, 1992). Cependant, l'utilisation du chlore dans l'eau de contention des moules est à proscrire, car celui-ci est un agent létal aussi puissant que le soufre que l'on veut éliminer.

Chez les humains, ce gaz présent dans l'air peut entraîner des troubles respiratoires, des nausées, de la lassitude, des maux de tête et même la mort (Windholz, 1976; Anonyme, 1981). Il est donc important que les colonnes d'oxygénation-dégazage, ou tout autre moyen d'extraction du sulfure d'hydrogène, soient situées dans un endroit bien aéré. En plus de la réduction potentielle du sulfure d'hydrogène, l'utilisation d'un tel système permet d'éviter la sursaturation en gaz observable fréquemment dans l'eau de puits souterrain.

1.2.7 Effet de la sursaturation en gaz

L'eau provenant d'une source souterraine peut être sursaturée en azote, en argon, en dioxyde de carbone et peut présenter de faibles valeurs en oxygène dissous (Weitkamp et Katz, 1980; Colt, 1984). Il est important de noter que plusieurs facteurs peuvent également engendrer une sursaturation en gaz notamment le réchauffement de l'eau, le mélange de deux eaux de température différente, un fonctionnement inadéquat du circuit de pompage de l'eau (infiltration d'air), l'utilisation d'une aération submergée, une action bactérienne ou la photosynthèse (Colt, 1982; Colt, 1984; Colt, 1986). Une sursaturation en gaz peut causer l'infiltration de bulles de gaz dans le système circulatoire des organismes (bivalves, crustacés, invertébrés marins, poissons, amphibiens) et causer divers troubles de vision, d'équilibre ou la mort chez les poissons par la formation de bulles de gaz dans les tissus et le système vasculaire, dérèglement connu sous le nom d'embolie gazeuse (Weitkamp et

Katz, 1980; Colt, 1984; Colt, 1986). De plus, l'embolie gazeuse peut causer des boursouffures sur les valves, des bulles dans les branchies ou le manteau chez les mollusques tels que les huîtres et les quahogs (Malouf *et al.*, 1972). Le dégazage de l'eau par des colonnes d'oxygénation-dégazage, l'aération d'un réservoir tampon ou l'utilisation de déflecteurs lors d'une contention dans une eau provenant d'un puits souterrain peuvent réduire les problèmes liés à une embolie gazeuse (Colt, 1986, Malouf *et al.*, 1972).

1.3 Conditions pour l'entreposage humide et source d'approvisionnement d'eau

1.3.1 Entreposage humide

Peu de normes sont clairement établies en ce qui a trait à l'entreposage humide des moules. Néanmoins, selon le Programme canadien de contrôle de la salubrité des mollusques (PCCSM, www.inspection.gc.ca), l'eau utilisée lors d'une dépuración de mollusques doit provenir d'une source agréée par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), avoir une saturation en oxygène minimale de 50 %, une salinité de ± 20 % du régime médian du secteur de récolte des organismes et une température qui ne doit pas compromettre l'activité métabolique normale des bivalves. Quelques directives précises sont néanmoins existantes en ce qui concerne les installations, la qualité originelle des moules, le maintien en bassin des moules, le suivi des lots, l'entretien du système et de l'étiquetage du produit (section entreposage humide du PCCSM). L'entreprise qui désire procéder à une opération de contention doit présenter un plan de gestion de la qualité qui sera ensuite évalué par l'ACIA. Relativement à l'eau utilisée lors de telles opérations, l'Agence peut autoriser l'utilisation d'une eau non traitée, si l'eau a déjà été approuvée par l'Agence (annexe 1 paragraphe 14 (3) du Règlement sur l'inspection du poisson). Également, la médiane ou la moyenne géométrique du nombre le plus probable de coliformes fécaux dans l'eau utilisée ne doit pas dépasser 14 UFC (colonies unitaires en formation) par 100 ml et il ne doit pas y avoir plus de 10 % des échantillons qui en contiennent plus de 43 UFC/100 ml. De plus, cette eau ne doit comporter aucun risque de contamination croisée dans l'établissement.

1.3.2 Approvisionnement en eau

L'entreprise Madelimer inc., en plus de ses stations de pompage souterraines, exploite une prise d'eau de mer servant, entre autres, pour la contention de homards. Cette prise d'eau est située dans le secteur coquillier A-9.1, ouvert en général à la cueillette des mollusques, mais en deçà de la limite des 200 m d'un quai commercial où la cueillette des mollusques y est interdite. La prise d'eau de mer devient donc, par le fait même, non conforme pour les mollusques et devient inutilisable pour des opérations de contention. La section 2.3.2 (secteur coquillier agréé sous condition, chapitre 2 du PCCSM) relative à l'étude et la classification des secteurs coquilliers (ACIA, www.inspection.gc.ca), mentionne la possibilité d'un agrément conditionnel lorsque des changements saisonniers brusques ont lieu, par exemple ceux à proximité d'un quai. Cependant, suite à des vérifications, la section ii ne peut pas s'appliquer dans le cas de quais commerciaux où l'interdiction de cueillette de mollusques est permanente. Il n'existe aucune flexibilité à ce sujet. L'utilisation de l'eau de mer pour la contention nécessiterait, dans ce cas, le prolongement de la crépine à l'extérieur

de la zone des 200 m, tout en tenant compte de la proximité des zones de dragage.

2. Objectifs

Les essais, réalisés à l'automne 2003, avaient pour but de déterminer l'impact, sur des moules, d'une contention longue durée (maximum de six semaines) dans une eau salée traitée (oxygénée-dégazée) provenant d'un puits artésien. De plus, il était primordial de déterminer si les moules pouvaient conserver leur qualité originelle durant cette période. Ces renseignements étaient jugés essentielles par l'entreprise Madelimer inc. et les producteurs dans l'optique de percer le marché frais dès l'automne 2003.

3. Méthodologie

3.1 Montage du système

Tous les bassins expérimentaux étaient entreposés dans la même salle (fig. 1). L'eau était pompée du puits artésien à l'aide d'une pompe submersible de marque Grundfos, capacité de 568 L/min par minute à 33 m de tête, puissance de 5,6 kW). Une partie de l'eau non traitée alimentait deux bassins isothermiques qui constituaient le témoin « eau non traitée ». Le reste de l'eau pompée était dirigée vers les colonnes d'oxygénation-dégazage capables d'accepter un débit de 380 L/min (Telpac # COL-100S, 0,3 m³ de Telpac).

Les colonnes étaient fixées au mur au-dessus d'un bassin de réserve. Ainsi, après avoir traversé les colonnes d'oxygénation-dégazage, l'eau était recueillie dans un bassin isothermique de 765 litres (la réserve) muni d'un séparateur pour isoler une section et réduire la turbulence. Par la suite, l'eau était redirigée à l'aide d'une pompe Jacuzzi (25 MAG-U.S.) de la petite section de la réserve vers un réseau de tuyaux en PVC alimentant jusqu'à six bassins pour le traitement « eau traitée » (photo 1). Les bassins isothermiques, d'une capacité de 765 litres, possédaient une entrée d'eau individuelle à débit ajustable, réglée à 10 L/min, et étaient munis d'un faux-fond (photo 2). Les bassins étaient également munis de sorties d'eau indépendantes. De plus, tous les bassins alimentés par l'eau traitée étaient reliés à un système d'aération à partir d'une soufflante Vortex (1,9 kW) installée dans l'entretoit. L'air était insufflé via des tuyaux percés installés sous le faux-fond de chacun.

3.2 Mise en contention

Deux essais de six semaines ont été réalisés entre le 21 octobre et le 22 décembre 2003 (et se sont partiellement chevauchés). Les deux essais ont été réalisés selon le même protocole (fig. 2). Les moules de culture ont été récoltées dans la lagune du Havre aux Maisons et ont ensuite été transportées vers l'usine de transformation dans des bacs isothermes fermés et montés sur une remorque. Dès l'arrivée du produit à l'usine de transformation, une quantité de moules a été prélevée et placée en suspension dans la lagune de la Grande Entrée dans des paniers japonais ordinairement utilisés en pectiniculture (4 kg par panier). Ces moules ont été utilisées comme témoins pour les analyses organoleptiques réalisées au Centre technologique des produits aquatiques (CTPA) à Gaspé. À la suite d'un dégrappage mécanique et d'un tri léger, des moules supplémentaires ont aussi été mises en lagune (18 paniers X 70 moules) comme groupe témoin pour les tests de rendement en chair et de vie étagère. La majeure partie des moules légèrement dégrappées ont été mises en contention

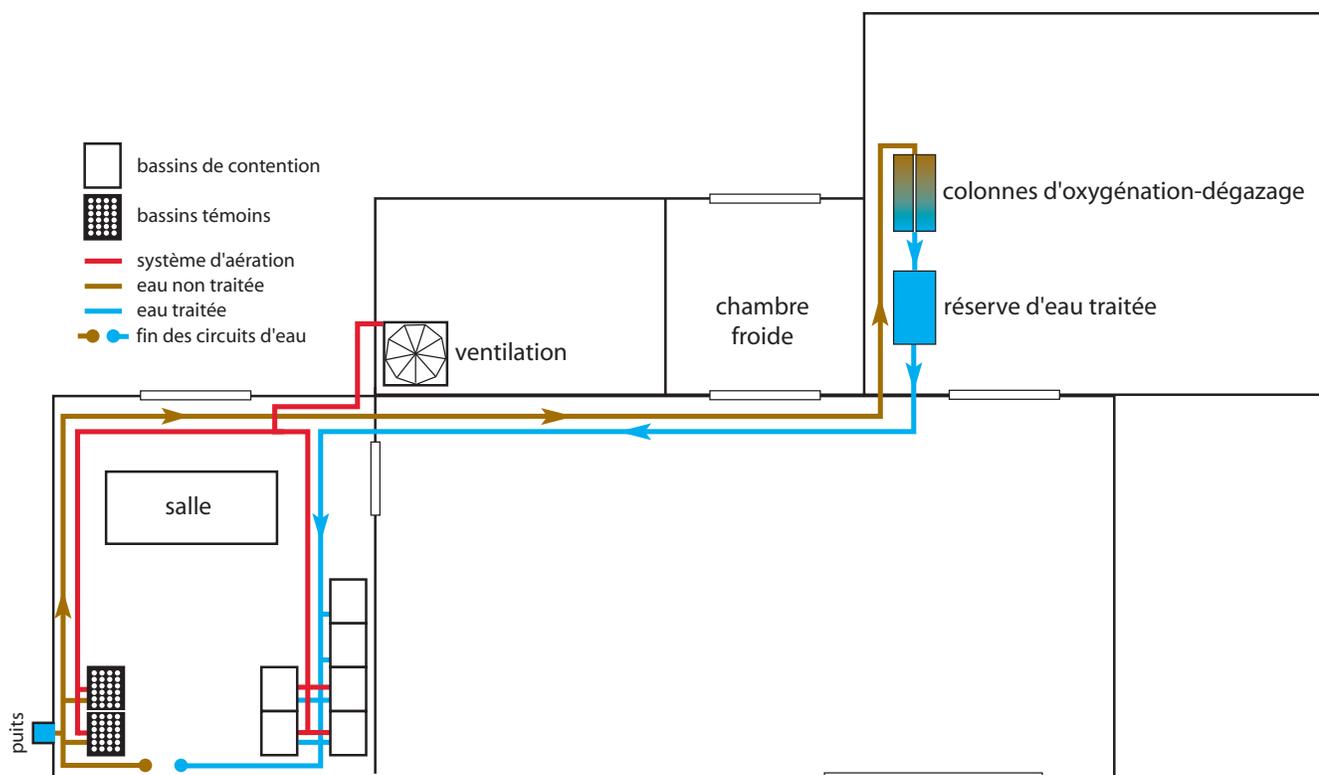
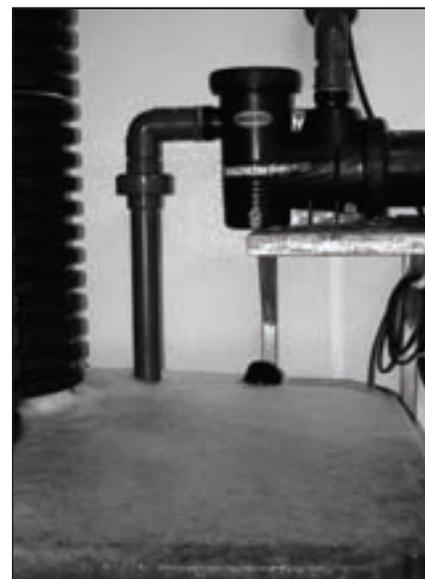


Figure 1. Schéma des installations.



Photo 1. Montage pour l'opération d'oxygénation-dégazage.



dans les bassins prévus à cet effet. Pour chaque bassin, 225 kg de moules ont été divisées en 3 étages de 75 kg à l'aide de filets (photo 2). Ce design expérimental permettait de vérifier si la position des moules à l'intérieur d'un bassin avait un effet sur les paramètres étudiés.

À chacun des essais, un bassin a été alimenté à partir de l'eau brute du puits artésien (10 L/min) et trois autres bassins (réplicats) ont été alimentés (10 L/min) par l'eau traitée, c'est-à-dire ayant traversé les colonnes d'oxygénation-dégazage (photo 1). Une aération supplémentaire était assurée par des

tuyaux d'aération situés sous le faux-fond (photo 2, gauche et photo 3). Ce système a été intégré aux bassins pour les deux traitements afin d'obtenir des conditions homogènes à l'intérieur des bassins et assurer un taux d'oxygénation minimum en cas d'arrêt de l'alimentation en eau. Il s'agit d'un système courant dans l'industrie.

3.3 Propriétés physico-chimiques

Afin de mieux connaître l'impact des colonnes d'oxygénation-dégazage et du passage de l'eau dans le circuit, un monitoring du pH (Accumet AP Series Handled Ph/mv/Ionmeter AP62,

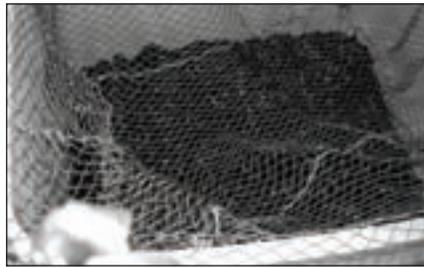
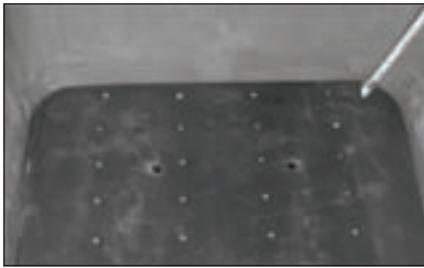


Photo 2. Installation des moules par étage dans les bassins. À gauche, système d'aération via un faux-fond, au milieu, installation des filets pour les étages, à droite, bassin prêt pour la contention.

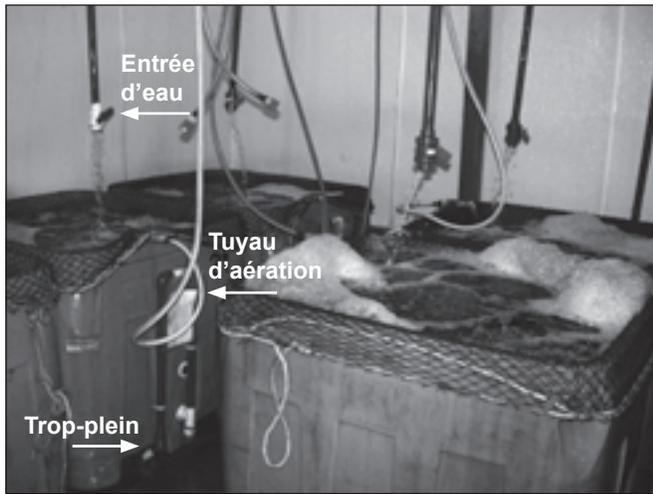


Photo 3. Bac isothermique dans la chambre froide montrant l'alimentation en eau, la sortie d'eau et le tuyau d'aération.

Fisher Scientific), de l'oxygène, de la salinité et de la température a été effectué (Multisondes YSI modèle 85). La qualité de l'eau d'appoint a été vérifiée en trois endroits soit : directement dans la réserve sous la colonne d'oxygénation-dégazage, à la chute d'eau des bassins de contention alimentés par l'eau traitée (trois réplicats) et à la chute d'eau du bassin alimenté par l'eau non traitée. À cinq occasions durant l'expérience (en octobre et décembre), le degré de saturation en gaz de l'eau a été évalué à l'aide d'un tensionomètre (modèle 300C, alpha design) et ce, afin de vérifier l'efficacité de la colonne d'oxygénation-dégazage. Afin de mesurer l'effet de la charge de moules sur les caractéristiques de l'eau, les paramètres physico-chimiques ont été mesurés à trois endroits, soit à l'entrée d'eau des bassins (chute d'eau), à l'intérieur des bassins en surface près des moules et à la sortie d'eau (trop plein).

Plusieurs échantillons d'eau (tableau 1) ont aussi été analysés par le Laboratoire de biologie et d'aménagement BSL inc. pour les paramètres suivants : coliformes totaux, coliformes fécaux et colonies atypiques, fer total, sulfures totaux, phosphores totaux et nitrites-nitrites.

Le lieu d'échantillonnage a été modifié et un prélèvement a été réalisé à la fin des circuits (figure 1), à partir du 15 novembre pour la détermination de la quantité de sulfure et à partir du 12 décembre pour la saturation en gaz. Ces changements visaient à vérifier l'efficacité réelle des colonnes d'oxygénation-dégazage. Le monitoring de l'oxygène a toutefois été conservé pour les bassins dans le but de documenter les conditions d'entreposage des moules.

3.4 Effet de la contention sur les moules

3.4.1 Survie des moules en contention

L'état général des moules dans les bassins de contention, vérifié par la présence de leur activité de filtration, a fait l'objet d'une évaluation visuelle régulière.

3.4.2 Bâillement et durée de conservation

Des moules ont été prélevées dans les bassins et en lagune, au temps T0 puis à chaque semaine au cours de la période expérimentale, et installées en chambre froide (4 °C, en sacs de filet et conservées sous glace) pour l'évaluation du bâillement et de la durée de conservation. Le suivi en chambre froide a été effectué tous les deux jours pendant 14 à 16 jours. Lors de chacun des suivis, les moules dans leur filet ont été extraites de la glace en prenant garde de limiter les chocs physiques. Les observations ont été faites à la température ambiante (environ 15 °C). Une fois la glace enlevée, les moules ont été retirées une à une en vérifiant l'ouverture de leurs valves. Celles dont les valves étaient entrouvertes étaient légèrement frappées afin de provoquer leur ouverture. Si cette intervention ne donnait pas de résultat, on piquait ensuite la moule avec une pointe. Les moules qui se sont refermées ont été notées comme en état de bâillement et celles qui sont demeurées entrouvertes ont été déclarées mortes. Toutes les moules étaient ensuite remises dans les filets et mises sous glace, sauf les moules mortes. Les moules étaient manipulées environ 10 à 15 minutes lors des suivis.

Parallèlement à l'évaluation de la conservation (survie et bâillement) en chambre froide effectuée dans les installations de l'entreprise Madelimer inc. et à l'évaluation organoleptique du CTPA (section 3.4.3), cette équipe a utilisé une portion des moules pour déterminer leur durée de conservation lorsqu'elles sont soumises aux conditions de commercialisation de l'industrie. Ces moules ont donc été installées en chambre froide à 4 °C dans des sacs en plastique commerciaux contenus dans une glacière sans glace.

3.4.3 Rendement en chair

Trente moules ont été prélevées à chaque semaine à chacun des étages des bassins auxquels se sont ajoutées des moules témoins mises en lagune suite au dégrappage et au tri léger. Le rendement en chair cuite de chacun des groupes a été évalué selon la méthode scientifique $[(\text{poids chair} / (\text{poids chair} + \text{poids coquille})) * 100]$. Les rendements en chair selon la méthode européenne $[(\text{poids chair total} / \text{poids frais total}) * 100]$ et la méthode des mytiliculteurs $[(\text{poids chair total} / \text{poids brut frais lavé}) * 100]$ ont été également calculés à titre indicatif (annexe 1).

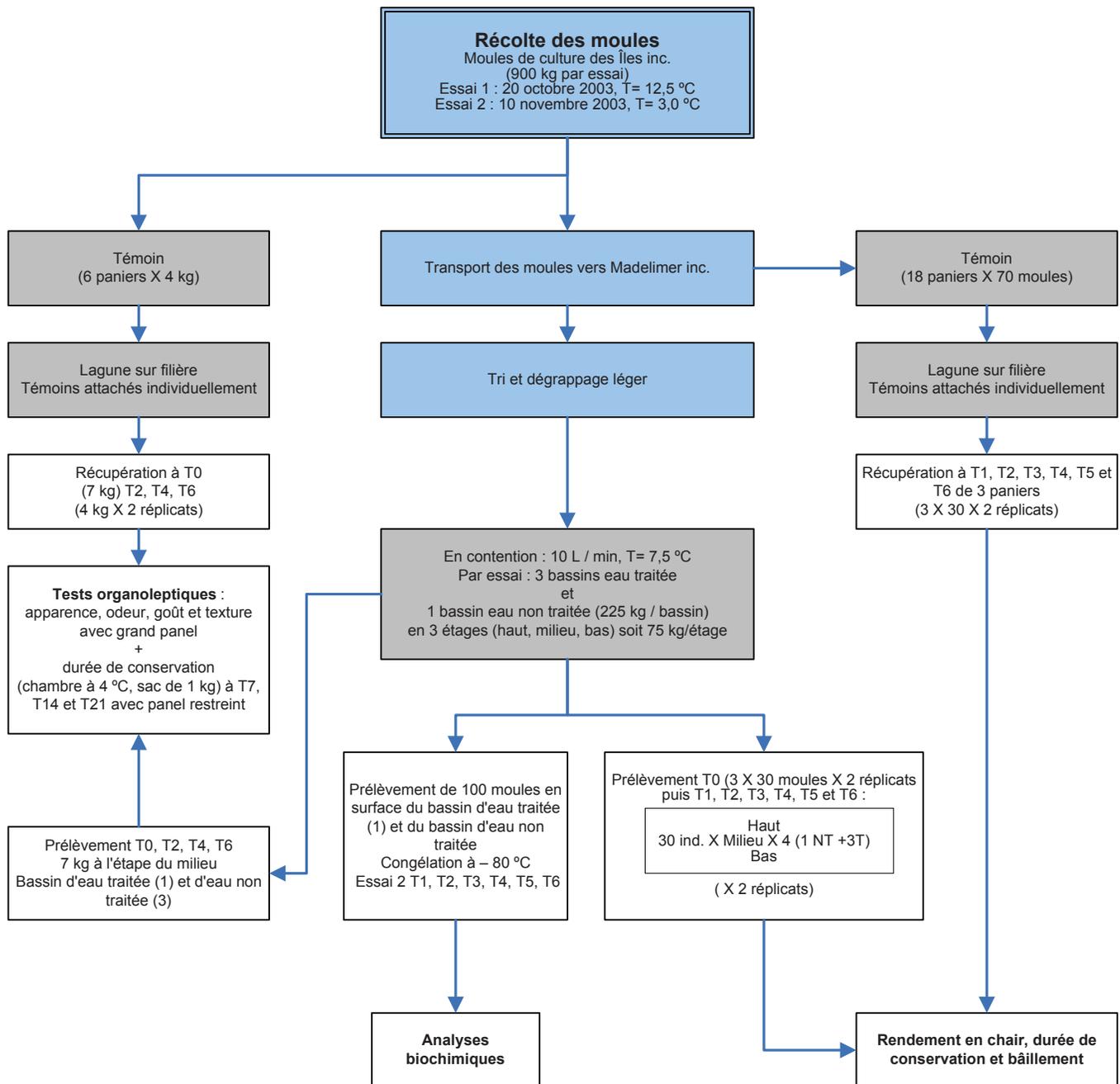


Figure 2. Schéma de la méthodologie et de l'échantillonnage des moules

3.4.4 Analyses organoleptiques

Toutes les deux semaines, environ 4 kg de moules en provenance de la lagune (moules sans dégrappage ni tri) et environ 7 kg de moules prélevées dans les bassins de contention pour chacun des traitements, ont été envoyés vers le CTPA pour une analyse sensorielle (goût, texture, apparence, odeur). L'évaluation organoleptique a été réalisée dans un délai de 24 heures. Par la suite, d'autres tests organoleptiques ont également été réalisés à 7, 14 et 21 jours de conservation pour mesurer l'influence de la méthode d'entreposage sur la qualité du produit. Les moules ont été soumises à l'appréciation d'un jury de dégustateurs composé de 36 membres. Vers la fin des essais, pour les longues durées d'entreposage

humide, les moules n'ont été soumises qu'à l'attention d'un panel restreint d'experts afin de ne pas exposer le jury précédent à la dégustation de produits trop détériorés. Les moules ont été appréciées sur la base d'une échelle hédonique en neuf points variant entre «me plaît énormément» (9) à «me déplaît énormément» (1), pour les quatre paramètres évalués (goût, texture, apparence, odeur).

3.4.5 Analyses biochimiques

Afin de vérifier l'impact du manque de nourriture sur les composantes biochimiques des moules, et en lien avec les analyses organoleptiques, cent individus par traitement (eau traitée et non traitée) ont été échantillonnés à chaque semaine lors

du second essai puis conservés à $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ en vue d'analyses biochimiques au laboratoire de chimie du CTPA (fig. 2). Pour chacun des lots, 50 moules ont été homogénéisés puis l'homogénat a été séparé en trois parties pour réaliser trois séries de mesures et ce, pour chaque lot de moules. La détermination du taux de glycogène, de protéines, de lipides, d'humidité et de cendres a ainsi été réalisée pour comparer l'évolution de la composition globale. Les méthodes analytiques complètes et une liste exhaustive du matériel nécessaire aux analyses sont décrites dans les cahiers de procédures analytiques du laboratoire de chimie du CTPA situé à Gaspé. La détermination de la composition en glycogène a été réalisée à partir d'un dosage à l'anthrone. La composition en protéines a été effectuée par titration à l'aide d'une unité de distillation et de titration (Kjeltec Auto 1053 analyser, Tecator). Une extraction à chaud à l'aide d'un extracteur à gras (Soxtec System HT, Tecator) a été utilisée pour déterminer la composition en lipides. La composition en eau et en cendres a aussi été déterminée sur les mêmes lots de moules. Une partie de l'homogénat du reste des moules (20 individus), de chacun des lots, a été utilisée pour la détermination du poids sec et du poids de cendres.

4. Résultats

4.1 Propriétés physico-chimiques des eaux d'appoint du système

4.1.1. Évolution des différents paramètres et effet du traitement de l'eau

Note : les graphiques des données physico-chimiques de cette section ont été réalisés à partir de données prises à l'intérieur des bassins sauf avis contraire. L'accessibilité plus restreinte aux bassins lors de l'essai 2 explique le nombre réduit des données physico-chimiques.

Température

Bien qu'un léger réchauffement de l'eau à travers le système ait été noté, la température a été similaire pour tous les traitements pendant la durée des travaux (fig. 3). Globalement la température de l'eau a atteint un minimum de $7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ et un maximum de $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

pH

Les valeurs moyennes de pH de l'eau de la réserve et de l'eau traitée mesurées au cours de l'essai 1 ont été très similaires (fig. 4) $7,49 \pm 0,10$ et $7,47 \pm 0,03$ tandis que celle de l'eau non traitée a été légèrement inférieure soit de $7,36 \pm 0,28$. Aucune donnée n'est disponible pour l'essai 2 en raison du fonctionnement inadéquat de l'appareil durant cette période.

Salinité

La salinité de l'eau traitée et de l'eau non traitée a été très stable se maintenant autour de 25 ppt lors des deux essais (fig. 5).

Oxygène

À la suite du passage de l'eau dans la colonne d'oxygénation-dégazage, la teneur en oxygène de la réserve se situait à près de 100 % (minimum 90 %) et ce, lors des deux essais (fig. 6).

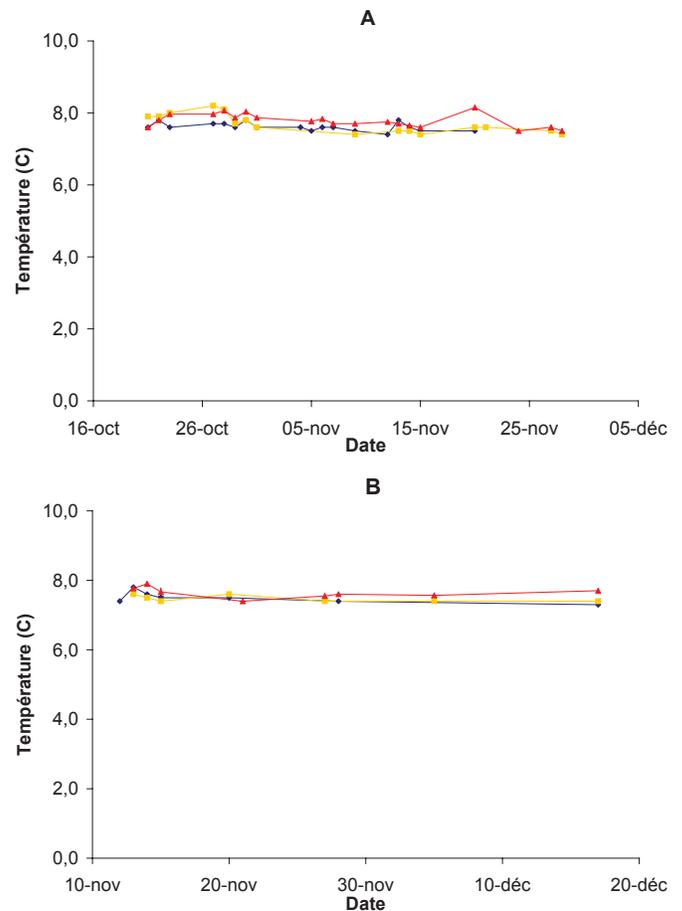


Figure 3. Évolution de la température en fonction du traitement de l'eau. A) premier essai de contention; B) second essai de contention (Réserve : losange bleu, Eau non traitée : carré jaune et Eau traitée (moyenne des 3 réplicats) : triangle rouge).

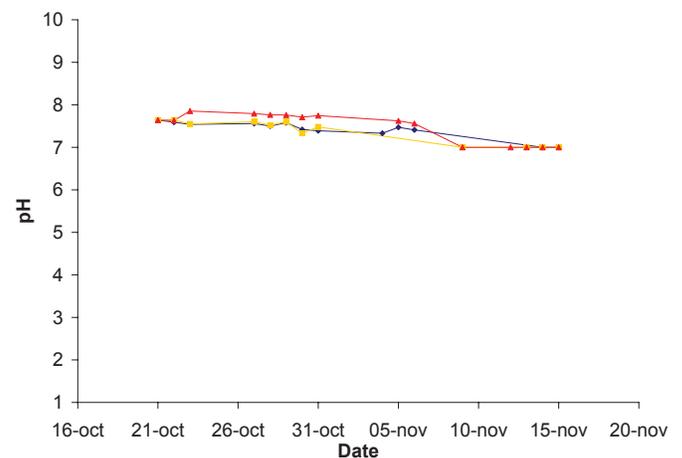


Figure 4. Évolution du pH en fonction du traitement de l'eau lors du premier essai de contention (Réserve : losange bleu, Eau non traitée : carré jaune et Eau traitée (moyenne 3 réplicats) : triangle rouge)

L'eau s'est maintenue bien oxygénée à travers le système de canalisation bien qu'une légère baisse a pu être observée à l'arrivée de l'eau dans les bassins de contention de $96,12 \pm 2,33\%$ à $92,66 \pm 1,37\%$ pour l'essai 1 et de $93,20 \pm 5,54\%$ à

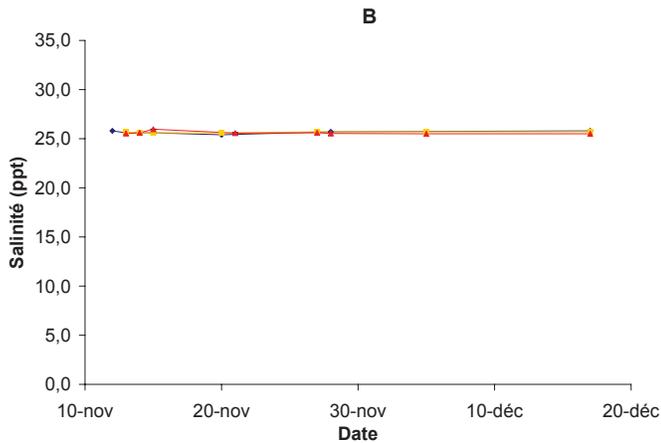
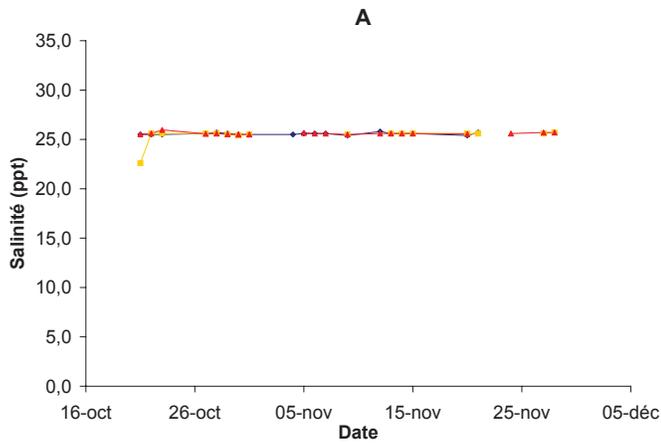


Figure 5. Évolution de la salinité en fonction du traitement de l'eau. A) premier essai de contention; B) second essai de contention (Réserve : losange bleu, Eau non traitée : carré jaune et Eau traitée (moyenne 3 réplicats) : triangle rouge).

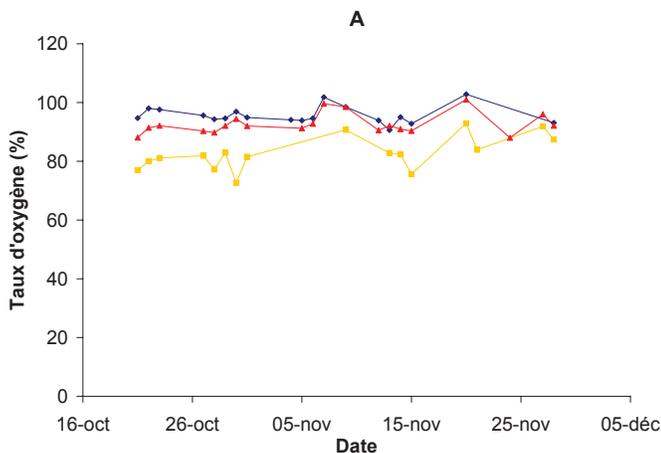
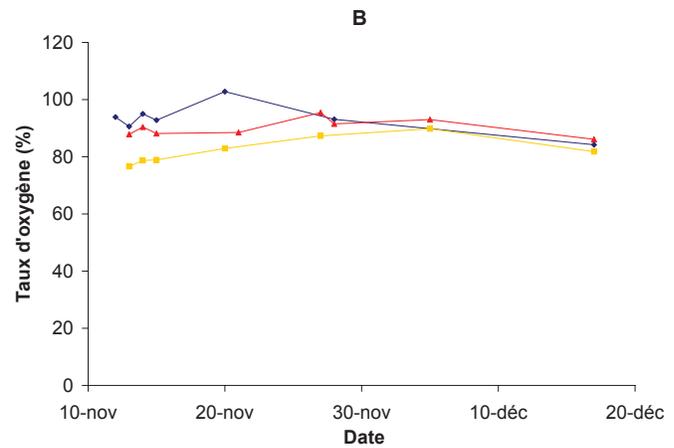


Figure 6. Évolution du taux d'oxygène en fonction du traitement de l'eau A) premier essai de contention et B) second essai de contention (colonne de droite) (Réserve: losange bleu, Eau non traitée: carré jaune et Eau traitée (moyenne 3 réplicats): triangle rouge)

90,12 ± 3,08 % lors de l'essai 2. L'eau non traitée a démontré le taux d'oxygène le plus faible soit de 82,61 ± 5,78 % et 82,29 ± 5,78 % respectivement pour l'essai 1 et 2. L'eau non traitée échantillonnée à même le surplus d'eau (eau fin de circuit) a démontré un taux d'oxygène inférieur à ces valeurs soit de



62,31 ± 19,65 % et de 43,98 ± 19,31 % respectivement pour l'essai 1 et 2 (données non montrées).

D'autres mesures effectuées ont montré une forte variation du taux d'oxygène en fonction de la pression à la chute d'eau. En effet, l'eau non traitée a démontré un taux d'oxygène dissous variant entre 13 % et 85 % pour l'essai 1 et entre 30 et 76 % pour l'essai 2, selon la méthode de prélèvement de l'eau à la chute c'est-à-dire en évitant ou non le brassage (remous) causé par la chute d'eau (données non montrées).

Saturation en gaz

À la suite de son passage dans les colonnes d'oxygénation-dégazage, l'eau recueillie dans la réserve a montré en moyenne un taux de saturation de 102,32 ± 1,41 %. Ces données sont comparables à celles mesurées dans les bassins de contention avec 103,29 ± 1,47 % de taux de saturation en moyenne (fig. 7). Le bac de contention alimenté par l'eau non traitée, eau n'ayant pas passé dans les colonnes d'oxygénation-dégazage, a montré un taux de saturation relativement plus élevé avec un taux moyen de 105,71 ± 0,73 %.

Une différence importante de saturation en gaz a été notée sur l'eau non traitée (brute) prélevée en fin de circuit, soit directement à la sortie des tuyaux. Ainsi, nous avons mesuré des taux de saturation en gaz d'au-delà de 120 %, avec respectivement 123 % et 119 % de saturation lors des deux derniers échantillonnages (fig. 7).

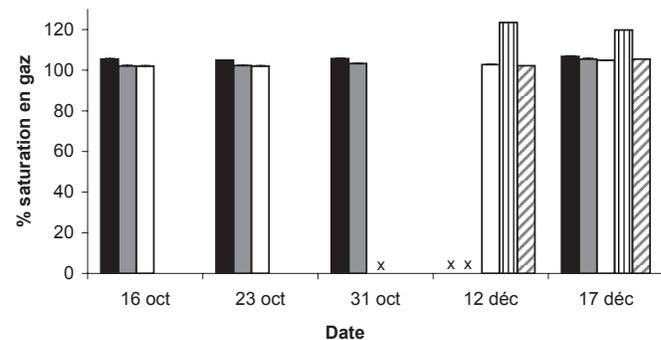


Figure 7. Effet du traitement de l'eau sur le pourcentage de saturation en gaz (moyenne ± écart-type, duplicata) (Eau non traitée : noir, Eau traitée : gris et Réserve : blanc, Eau non traitée fin circuit : rayures noires, Eau traitée fin circuit : hachures grises et X : données manquantes).

Sulfures

Les concentrations de sulfures les plus élevées ont été notées pour l'eau non traitée sauf dans un cas, soit le 21 octobre (fig. 8). À partir du 15 novembre, dans la salle de contention, les échantillons d'eau ont été prélevés exclusivement en fin de circuit, soit directement à la sortie des tuyaux. Une différence importante de concentration de sulfure entre l'eau non traitée et l'eau traitée y a alors été notée. En moyenne pour ces trois échantillonnages, nous avons mesuré $0,070 \pm 0,016$ mg/L de sulfure dans l'eau non traitée comparativement à $0,045 \pm 0,005$ mg/L de sulfures dans l'eau traitée. Le 18 novembre, la concentration en sulfures de l'eau non traitée ($0,09 \pm 0,01$ mg/L) a même atteint le double de celle de l'eau traitée. L'eau de la réserve a montré des valeurs intermédiaires au cours de l'expérimentation (fig. 8).

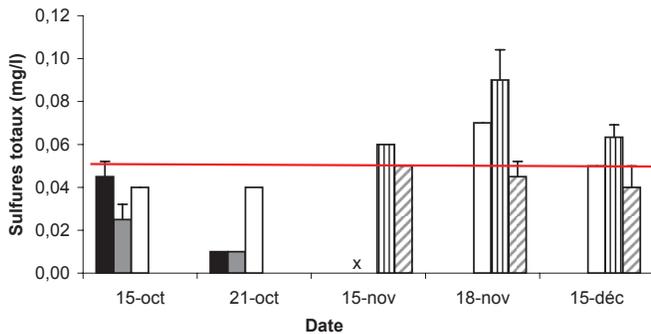


Figure 8. Effet du traitement de l'eau sur la concentration en sulfure (moyenne \pm écart-type, triplicata) (Eau non traitée : noir, Eau traitée : gris, Réserve : blanc, Eau non traitée fin circuit : rayures noires, Eau traitée fin circuit : hachures grises, X : données manquantes, ligne rouge : norme acceptable eau potable).

Autres analyses

Aucun type de coliforme ou de colonie atypique n'a été détecté pour tous les échantillons analysés (tableau 1). Toutefois, une différence a été décelée pour les concentrations en nitrate-nitrite et pour les phosphores dans l'eau traitée. En effet, les concentrations en nitrite-nitrate et en phosphore totale ont été autour de 2 fois supérieures dans l'eau traitée par rapport à l'eau non traitée (tableau 1).

Les concentrations en fer de l'eau sont, quant à elles, demeurées stables dans le temps et ont été similaires pour tous les traitements, soit à environ 0,35 mg/L (fig. 9).

Tableau 1. Analyses complémentaires de l'eau, coliformes, nitrate-nitrite et phosphore total, pour les différents traitements le 12 décembre 2003

Paramètre	Traitement	Concentration
coliformes fécaux (UFC/100 ml)	eau non traitée	0
coliformes fécaux (UFC/100 ml)	eau traitée	0
coliformes fécaux (UFC/100 ml)	réserve	0
coliformes totaux (UFC/100 ml)	eau non traitée	0
coliformes totaux (UFC/100 ml)	eau traitée	0
coliformes totaux (UFC/100 ml)	réserve	0
colonies atypiques UFC/100 ml)	eau non traitée	0
colonies atypiques UFC/100 ml)	eau traitée	0
colonies atypiques UFC/100 ml)	réserve	0
nitrate + nitrite (mg/L)	eau non traitée	$4,86 \pm 0,83$
nitrate + nitrite (mg/L)	eau traitée	$8,65 \pm 1,21$
nitrate + nitrite (mg/L)	réserve	<0,5
phosphore total (mg/L)	eau non traitée	$0,32 \pm 0,03$
phosphore total (mg/L)	eau traitée	$0,67 \pm 0,08$
phosphore total (mg/L)	réserve	$0,43 \pm 0,01$

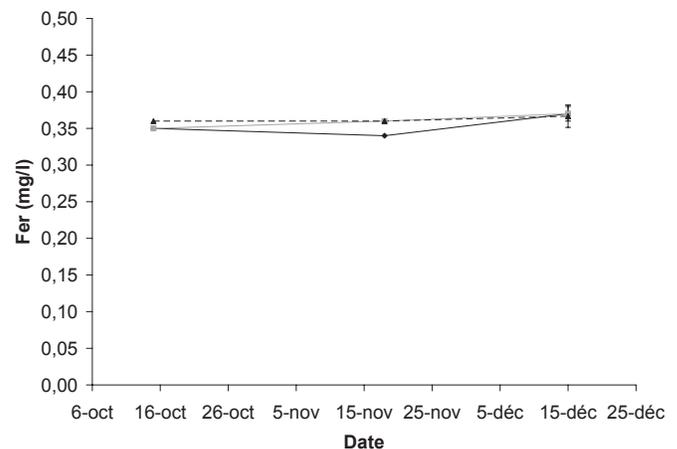


Figure 9. Évolution des concentrations en fer (moyenne \pm écart-type) (Eau non traitée : losange noir, Eau traitée : carré gris et Réserve : triangle noir).

4.1.2. Évolution des différents paramètres physico-chimiques de l'eau dans les bassins au cours de la période de contention

Température

Que ce soit directement à la chute d'eau au-dessus du bassin, dans les bassins ou via les trop-pleins, la température de l'eau était relativement stable au cours des essais sauf pour la température à la chute d'eau au début de l'essai 2. La température moyenne de l'eau du trop-plein a été légèrement supérieure d'environ $0,5$ °C aux températures moyennes notées à la chute d'eau et en surface des bassins. Ainsi, l'eau évacuée par les trop-pleins, après avoir passé un certain temps dans les bassins de contention de moules, a montré des températures moyennes de $8,07 \pm 0,11$ °C et de $8,07 \pm 0,22$ °C respectivement pour les essais 1 et 2 (fig. 10).

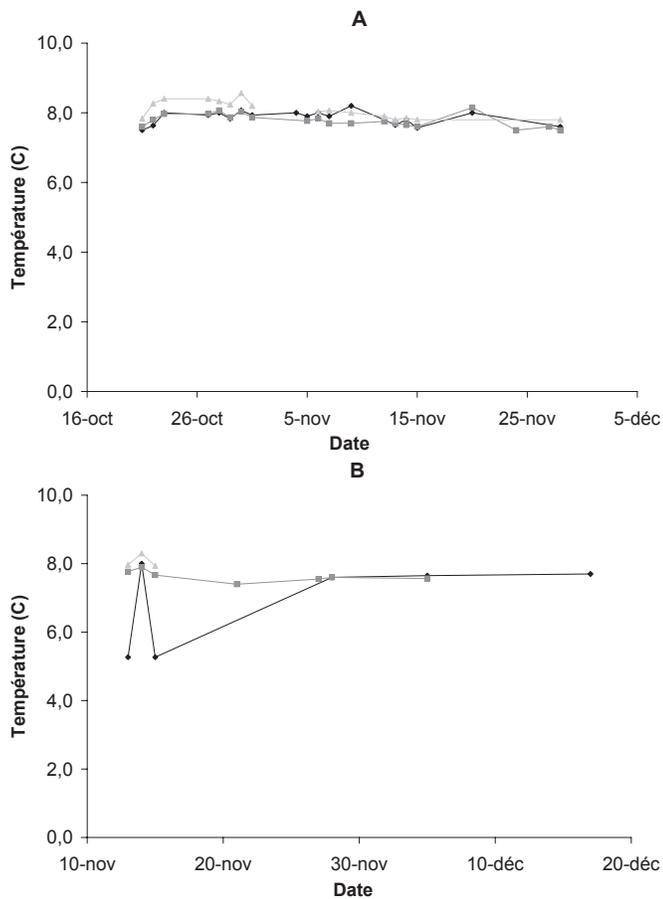


Figure 10. Évolution de la température (moyenne \pm écart-type) au cours de la contention A) premier essai et B) second essai (Chute d'eau : losange, Bassin : carré, Trop plein : triangle).

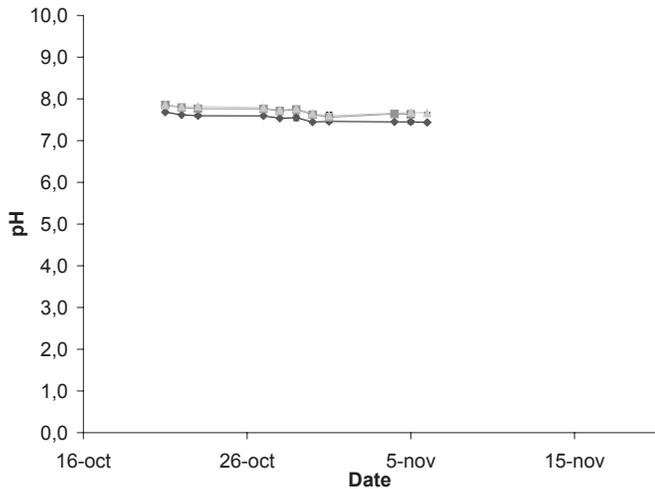


Figure 11. Évolution du pH (moyenne \pm écart-type) au cours du premier essai de contention (Chute d'eau : losange, Bassin : carré, Trop plein : triangle).

pH

Les valeurs de pH mesurées lors du premier essai sont relativement stables dans le temps avec des valeurs moyennes de $7,53 \pm 0,03$ pour l'eau provenant de la chute d'eau, $7,47 \pm 0,33$ pour celle du bassin et $7,71 \pm 0,03$ pour l'eau du trop-plein

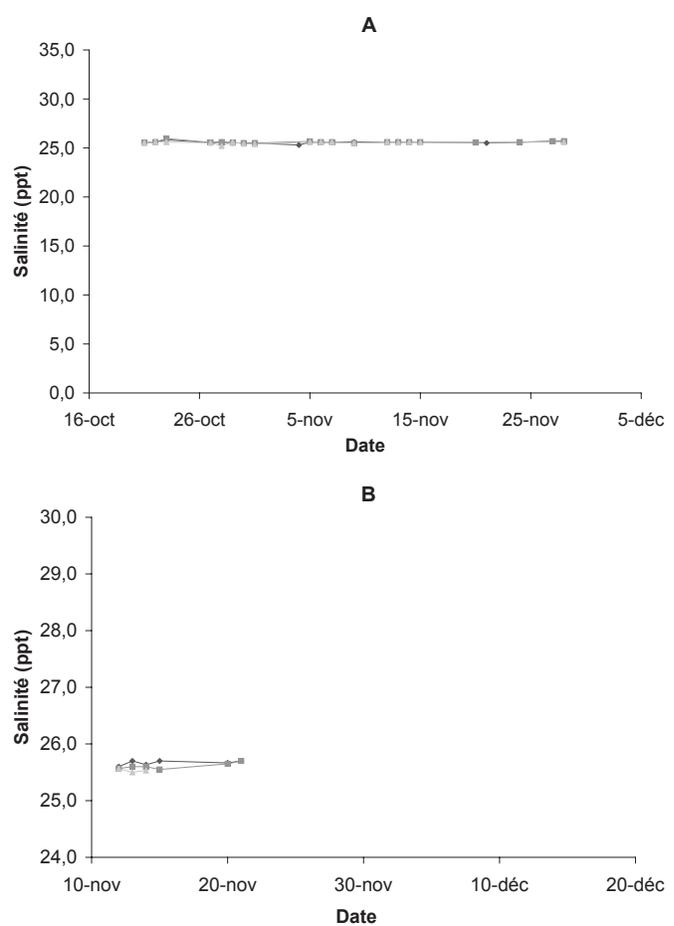


Figure 12. Évolution de la salinité (moyenne \pm écart-type) au cours de la contention A) premier essai et B) second essai (Chute d'eau : losange, Bassin : carré, Trop plein : triangle).

(fig. 11). Le pH de l'eau du trop-plein a donc été légèrement supérieur aux deux autres points de contrôle.

Salinité

La salinité est demeurée constante tout au long des essais pour tous les points échantillonnés soit à près de 25,5 ppt (fig. 12).

Oxygène

Une légère déplétion en oxygène a été observée dans l'eau des bassins lors des deux essais. Ainsi, le taux d'oxygène dissous mesuré à l'entrée d'eau des bassins a été en général supérieur à celui de l'eau contenue dans les bassins et dans celle du trop-plein (fig. 13).

Le taux d'oxygène dissous moyen dans l'eau de la chute d'eau a été de $96,29 \pm 0,91$ % comparativement à $91,76 \pm 0,95$ % pour l'eau du trop-plein lors de l'essai 1. Cette légère baisse du taux d'oxygène dans l'eau, après un certain temps dans les bacs, a également été notée lors de l'essai 2 avec des valeurs respectives à la chute d'eau et au trop-plein de $92,82 \pm 3,39$ % et de $89,32 \pm 2,56$ %.

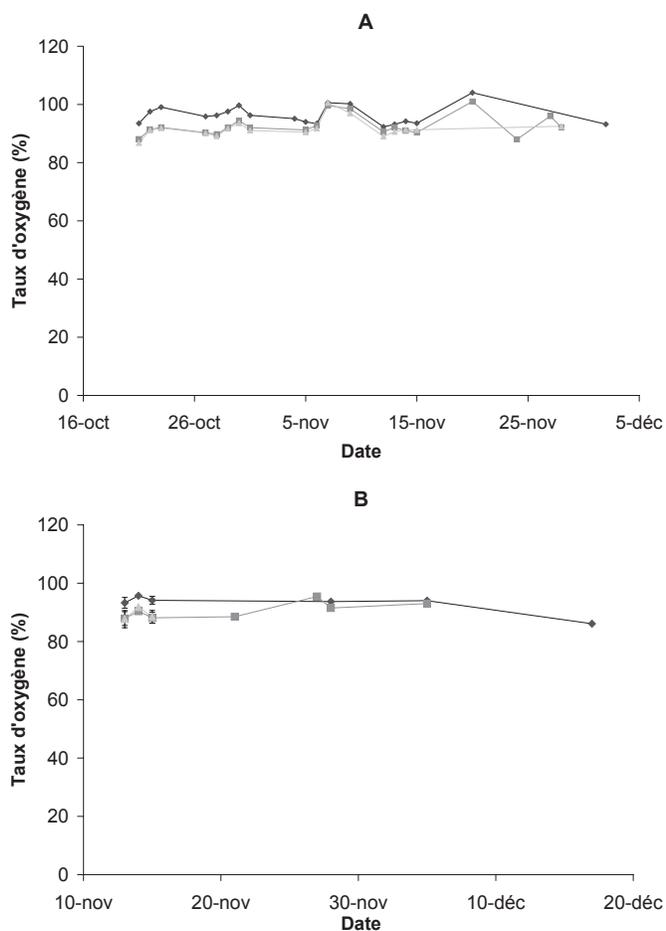


Figure 13. Évolution du taux d'oxygène (moyenne ± écart-type) au cours de la contention A) premier essai et B) second essai (Chute d'eau : losange, Bassin : carré, Trop plein : triangle).

4.2 Effet du mode de contention sur les moules

4.2.1 Survie des moules en contention

Pour toute la durée de contention, six semaines, la survie des moules à l'intérieur des bassins a été excellente (environ 95 %) exception faite des moules dont la coquille a été fissurée ou cassée lors des opérations ayant précédé la contention (données non montrées).

4.2.2 Bâillement et durée de conservation

Bâillement

À une exception près, le bâillement cumulé par traitement (eau traitée, eau non traitée et lagune) et par jour de suivi (aux deux jours pendant deux semaines) en chambre froide a été inférieur à 4 % au cours des deux essais (fig. 14). Le bâillement des moules gardées en contention a été comparable, voire inférieur, à celui des moules témoins conservées en cages en lagune. Le traitement, la position des moules dans les bassins ou la durée de contention n'ont entraîné aucune différence notable. Aucune tendance claire n'a également pu être observée en fonction de leur temps de résidence en chambre froide.

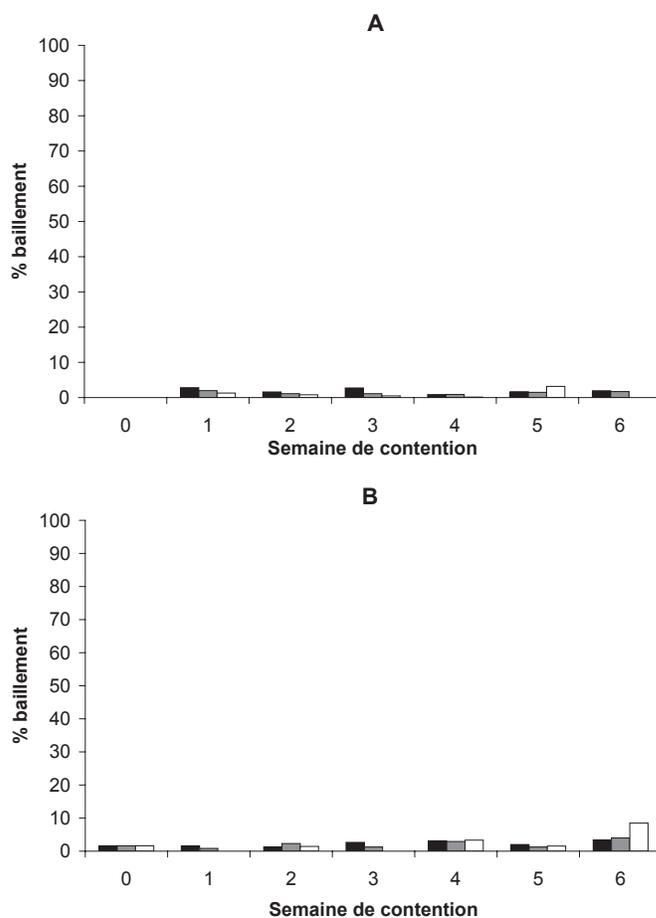


Figure 14. Taux de bâillement moyen en chambre froide en fonction de la durée de contention A) premier essai de contention et B) second essai de contention (eau non traitée : noir, eau traitée : gris, lagune : blanc).

Durée de conservation Îles-de-la-Madeleine

Les deux premières semaines de l'essai 1 ont été utilisées pour la mise au point de la méthode d'évaluation. Les moules évaluées à partir de la 3^e semaine de contention de l'essai 1 jusqu'à la 6^e semaine de l'essai 2, ont toujours montré une mortalité inférieure à 10 % après 16 jours de conservation en chambre froide (avec glace). Aucun impact du traitement ou de la position des moules dans les bassins de contention sur la survie des moules n'a été noté (données non montrées).

Durée de conservation CTPA

La mortalité des moules conservées sans glace en chambre froide au CTPA a été négligeable au cours d'une période de 14 jours indépendamment des essais et du traitement. Après sept jours de conservation en chambre froide, aucune mauvaise odeur n'a été détectée indépendamment de la durée de contention préalable (0 à 6 semaines). Toutefois, après la 2^e semaine de contention, à l'essai 2, après 14 jours de conservation en chambre froide, les moules provenant des bassins d'eau traitée ont perdu leur odeur de fraîcheur. Les moules n'ont pas été toutes analysées après six semaines de contention en raison de leur détérioration. Les résultats plus détaillés figurent dans un document rédigé par Coulombe et Renaud (2004).

4.2.3 Rendement en chair

Le rendement en chair cuite des moules en contention a diminué de façon constante au cours des deux essais, indépendamment du traitement de l'eau, en comparaison avec celui des moules en lagune (témoins) qui s'est maintenu durant le premier essai et a augmenté de façon constante durant le second (fig. 15).

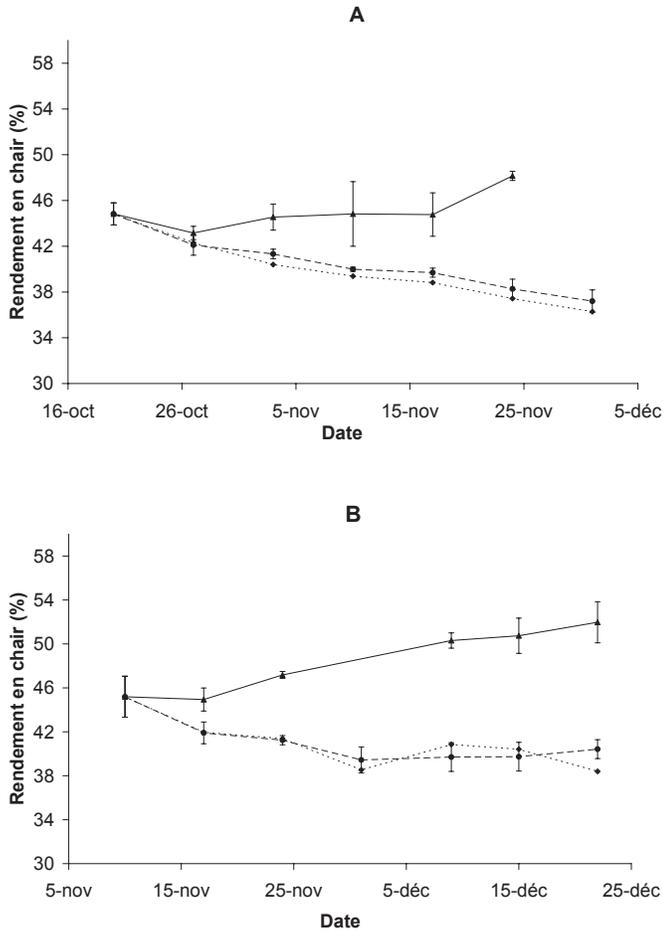


Figure 15. Évolution du rendement en chair (moyenne \pm écart-type) en fonction de la durée de contention A) premier essai et B) second essai (Lagune (témoin) : trait plein, Eau traitée : tirets et Eau non traitée : pointillés).

Lors de l'essai 1 (fig. 15, A), le rendement en chair initial des moules était de $44,83 \pm 0,96$ %. Après six semaines de contention, le rendement en chair a diminué à $37,20 \pm 0,99$ % pour les individus maintenus en eau traitée et à $36,28$ % (sans réplicat) pour ceux maintenus en contention dans l'eau non traitée. Les moules en lagune ont quant à elles atteint $48,15 \pm 0,40$ % de rendement en chair à la cinquième semaine. Le dernier suivi n'a pu être réalisé en raison des conditions climatiques difficiles. La chute du rendement en chair a été moins importante au cours de l'essai 2 (fig. 15, B). En effet, à partir d'un rendement en chair initial de $45,19 \pm 1,86$ %, les moules provenant de l'eau traitée se sont maintenues à $40,42 \pm 0,86$ % après six semaines de contention alors que celles maintenues dans l'eau non traitée ont vu leur rendement final s'établir à $38,40$ %. En lagune, les moules ont atteint un rendement en chair de $51,97 \pm 1,87$ % au cours de la même période.

La position des moules dans les bassins n'a pas eu d'impact notable sur le rendement en chair pour les deux essais.

4.2.4 Analyses organoleptiques

Les résultats plus détaillés de ces analyses ont fait l'objet d'un rapport de Coulombe et Renaud (2004) et ne seront donc présentés que brièvement. En général pour les deux essais, la texture, le goût et parfois l'odeur ont été les critères les plus affectés par la durée de contention autant pour les moules maintenues dans les bacs alimentés par l'eau traitée (fig. 16) que pour les moules issues du bac alimenté par l'eau non traitée (fig.17).

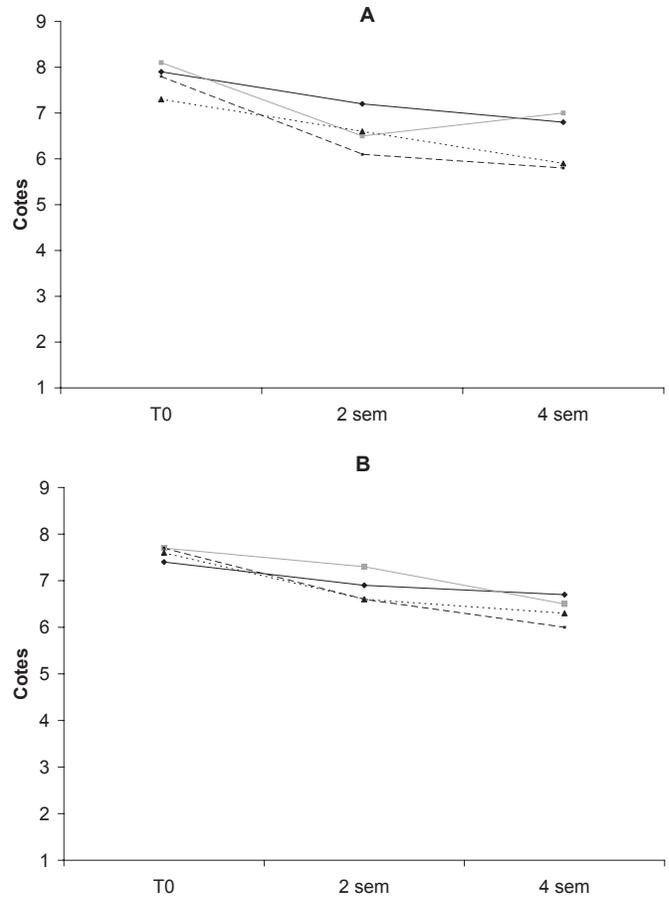


Figure 16. Évaluations organoleptiques en fonction de la durée de contention dans l'eau traitée A) premier essai de contention et B) second essai de contention (Apparence : trait plein noir, Odeur : trait plein gris, Texture : tiret et Goût : pointillés).

À la 4^e semaine de contention, peu importe le traitement, la texture et le goût des moules ont été jugés assez sévèrement, mais toujours avec une cote positive (fig. 18). Parallèlement, les moules prélevées en lagune ont conservé des cotes d'appréciation élevées pour tous les critères.

Qualité organoleptique et conservation en chambre froide

L'impact de la durée de contention et du traitement sur l'évaluation sensorielle des moules maintenues en chambre froide

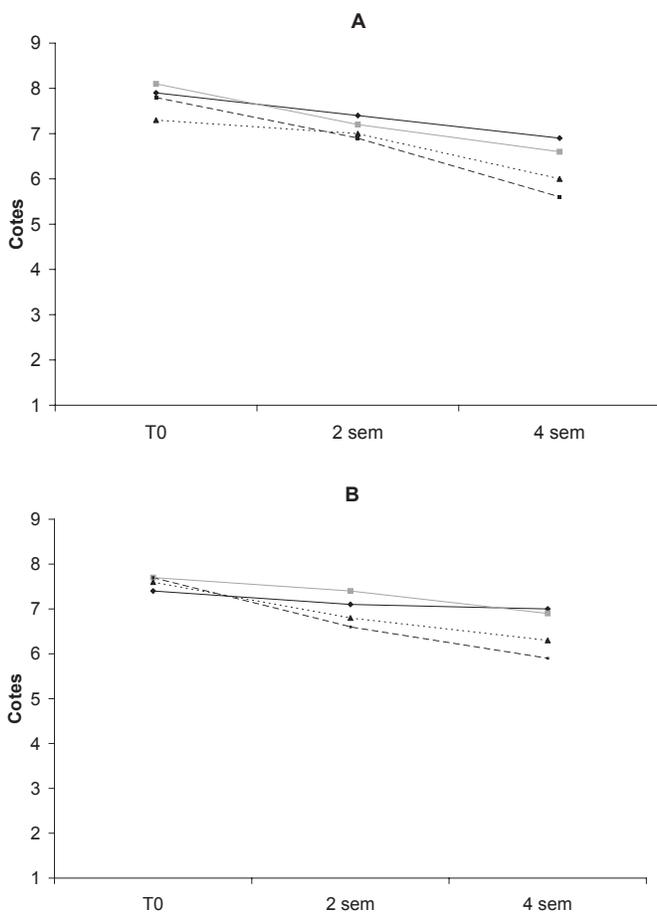


Figure 17. Évaluations organoleptiques en fonction de la durée de contention dans l'eau non traitée A) premier essai de contention et B) second essai de contention (Apparence : trait plein noir, Odeur : trait plein gris, Texture : tiret et Goût : pointillés).

a pu être démontré. Les cotes d'appréciation ont été positives (> 5) à T0 et après deux semaines de contention suivi de sept jours de conservation en chambre froide pour l'ensemble des essais (données non montrées). Toutefois, après 4 semaines de contention suivi de sept jours de conservation en chambre froide les moules sont cotées négativement indépendamment de l'essai et du traitement. Après 14 jours en chambre froide, seules les moules au temps T0 et après deux semaines de contention de l'essai 1 ont été cotées positivement.

4.2.5 Analyses biochimiques

Certaines différences ont été observées pour quelques-uns des paramètres biochimiques en fonction de la durée de contention (tableau 2). La variation la plus importante a été notée dans le taux de glycogène (poids sec). En effet, celui-ci a diminué entre la première et la sixième semaine de contention passant de $15,89 \pm 0,90 \%$ à $8,29 \pm 1,91 \%$ pour les moules maintenues dans l'eau traitée et de $12,58 \pm 1,75 \%$ à $9,69 \pm 0,57 \%$ dans l'eau non traitée. Dès la 4^e semaine de contention, l'utilisation des réserves de glycogène était déjà bien amorcée. Le taux de lipides (poids sec) des moules maintenues dans l'eau traitée a peu varié passant de $4,02 \pm 0,17 \%$ à $3,99 \pm 0,10 \%$. On note une diminution relativement plus importante sur les moules

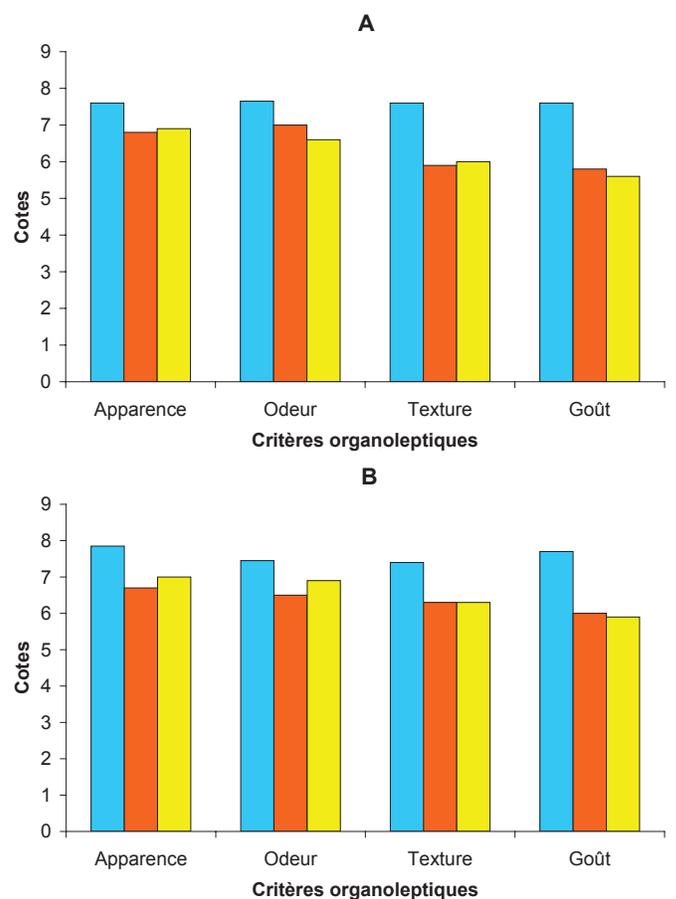


Figure 18. Évaluation comparative des qualités organoleptiques après quatre semaines de contention (moyenne A) premier essai de contention et B) second essai de contention (Lagune (témoin) : bleu, Eau traitée : orange, Eau non traitée : jaune).

maintenues dans l'eau non traitée, le taux de lipides passant de $4,35 \pm 0,52 \%$ à $3,70 \pm 0,16 \%$. Le taux de protéines (poids sec) a été peu influencé par la contention se maintenant à des niveaux comparables tout au long des six semaines de suivi. Le pourcentage d'humidité a également peu varié au cours de la période expérimentale, mais on note une augmentation de l'ordre d'environ 2 % sur les moules maintenues dans l'eau non traitée. Le pourcentage de cendres (poids sec) des moules a augmenté pour les moules maintenues dans l'eau traitée et non traitée passant respectivement de $15,71 \pm 0,48 \%$ à $16,50 \pm 0,33 \%$ et de $13,20 \pm 0,47 \%$ à $16,72 \pm 0,34 \%$.

4.2.6 Autres observations

La glande digestive des moules maintenues en contention s'est décolorée pour devenir beige pâle après quelques semaines alors qu'elle était d'un noir-verdâtre au début de l'expérimentation. La glande digestive des moules provenant de la lagune est demeurée foncée tout au long de l'expérimentation. La texture des moules mâles a semblé être plus affectée que celle des individus femelles. De plus, un dépôt brun foncé s'est accumulé à l'intérieur des coquilles légèrement cassées, fissurées ou endommagées par les opérations qui ont précédé la contention.

Tableau 2. Évolutions des paramètres des moules (% par 100 g de chair sec) lors du second essai de contention (moyenne \pm écart-type) pour l'eau traitée et l'eau non traitée

Eau	Durée de contention	% glycogène	% lipide	% protéines	% humidité	% cendre
Traitée	1 semaine	15,89 \pm 0,90	4,02 \pm 0,17	52,27 \pm 2,10	88,23 \pm 0,36	15,71 \pm 0,48
	2 semaines	12,15 \pm 0,40	3,62 \pm 0,57	54,32 \pm 0,89	87,47 \pm 0,84	14,60 \pm 1,19
	3 semaines	10,70 \pm 0,65	4,33 \pm 0,82	56,84 \pm 3,10	87,02 \pm 0,21	14,37 \pm 0,47
	4 semaines	10,69 \pm 0,54	3,88 \pm 0,25	55,99 \pm 0,61	87,91 \pm 0,24	15,08 \pm 0,47
	5 semaines	6,91 \pm 1,33	3,52 \pm 0,07	54,13 \pm 1,04	89,14 \pm 0,70	17,43 \pm 1,27
	6 semaines	8,29 \pm 1,91	3,99 \pm 0,10	54,79 \pm 1,71	88,83 \pm 0,25	16,50 \pm 0,33
Non traitée	1 semaine	12,58 \pm 1,75	4,35 \pm 0,52	53,65 \pm 1,14	86,38 \pm 0,12	13,20 \pm 0,47
	2 semaines	10,06 \pm 2,75	3,47 \pm 0,33	54,88 \pm 1,60	86,86 \pm 0,35	14,17 \pm 0,27
	3 semaines	9,63 \pm 0,48	3,68 \pm 0,54	54,16 \pm 1,28	87,54 \pm 0,42	15,06 \pm 0,78
	4 semaines	8,62 \pm 0,58	3,98 \pm 0,34	56,42 \pm 1,19	87,94 \pm 0,14	16,17 \pm 0,31
	5 semaines	9,74 \pm 0,70	3,95 \pm 0,23	55,63 \pm 1,36	87,95 \pm 0,20	15,64 \pm 0,09
	6 semaines	9,69 \pm 0,57	3,70 \pm 0,16	53,79 \pm 1,59	88,54 \pm 0,15	16,72 \pm 0,34

5. Discussion

5.1 Propriétés physico-chimiques

L'eau traitée et l'eau non traitée ont présenté des similarités pour la plupart des paramètres évalués et ce, pour l'ensemble des essais. La température de l'eau traitée, très légèrement supérieure de 0,1°C, pourrait s'expliquer par le trajet plus long de l'eau à parcourir dans la tuyauterie de l'usine jusqu'au bassin de contention ce qui a pu permettre à l'eau de se réchauffer par friction ou au passage dans des pièces chauffées. L'eau non traitée provenait quant à elle presque directement du puits, le tuyau l'amenant au bassin étant très court. La différence de température observée entre les deux systèmes est cependant très faible et n'a vraisemblablement eu aucun impact sur les différents paramètres physico-chimiques et sur la qualité des moules.

Le réchauffement de l'eau entre l'entrée et la sortie dans les bacs isothermes (système ouvert) peut s'expliquer par un renouvellement d'eau faible (à 10 L/min, il faut 1 h 30 pour renouveler 600 L), ainsi qu'à la température ambiante.

Le passage de l'eau à travers les colonnes d'oxygénation-dégazage jusqu'à la réserve semble avoir induit une légère augmentation du pH. De son côté, l'eau de la sortie du bassin (trop-plein) a démontré un pH légèrement plus élevé (<0,30) qui a pu être induit par la présence des moules (déchets métaboliques) dans le bassin. Ces variations de pH ne semblent toutefois pas avoir eu d'effet sur la survie et la qualité des moules maintenues en contention.

La salinité est demeurée très stable avec des valeurs autour de 25 ppt, et ce, peu importe le traitement, la période et le lieu de prélèvement. Bien qu'inférieure aux valeurs généralement mesurées dans les lagunes -autour de 30 ppt- la salinité de cette eau souterraine ne semble pas avoir affecté négativement les moules au cours des essais. D'ailleurs, Bernard (1983) rapporte que *Mytilus edulis* croîtrait bien dans des eaux dont la salinité est comprise entre 18 et 31 ppt avec un optimum situé à 26 ppt, ce qui se situe tout près de la valeur enregistrée en contention.

Le traitement de l'eau, par son passage dans les colonnes d'oxygénation-dégazage, a eu un impact important sur le taux d'oxygène, la saturation en gaz et le taux de sulfure ainsi qu'on l'avait prévu. En effet, l'eau de la réserve était plus saturée en oxygène, en comparaison avec l'eau du puits. Toutefois, son passage dans le système de tuyauterie pour atteindre les bassins d'eau traitée a fait diminuer quelque peu son taux d'oxygène mais ce fait a été compensé par le bullage supplémentaire dans les bassins. L'eau non traitée a toujours présenté une quantité en oxygène dissous inférieur d'au moins 10 % en comparaison avec l'eau traitée et l'eau de la réserve. La consommation d'oxygène par les moules en contention a été clairement démontrée par les valeurs inférieures notées à la sortie de l'eau des bassins (trop-plein) en comparaison aux valeurs enregistrées à la chute d'eau. Ces valeurs étaient très supérieures (plus de 80 %) au seuil de 60 % qui constitue la règle de l'art pour le maintien sécuritaire d'animaux en élevage ou en contention (Colt, 1986) et encore davantage à la valeur de 50 % prônée par l'ACIA (PCCSM). Comme attendu, ces valeurs sont demeurées néanmoins toujours supérieures à celles d'une eau non traitée. Les valeurs mesurées pour cette dernière ont été supérieures à celles attendues pour une eau de puits artésien. En effet, une étude effectuée sur plusieurs puits artésiens contenant des sulfures, à Odawa, au Japon, a révélé une moyenne du taux d'oxygène de 51,64 \pm 28,45 % (\pm 5,5 % d'oxygène, dans un cas de super-saturation, à 81,4 %) (Matsue *et al.* 1953). Ces valeurs et cette variabilité est comparable aux valeurs mesurées durant cette étude à la fin des circuits d'eau. Un facteur pouvant contribuer à expliquer le taux d'oxygène de 80% enregistré dans les bassins avec l'eau non traitée (brute) est le brassage causé par la chute d'eau sous pression du système. Quelques mesures d'oxygène (données non montrées) ont démontré que ces facteurs augmentaient le taux d'oxygène dissous. En fait, l'induction du mouvement (brassage) dans le bassin augmente la surface de contact entre l'air et l'eau et, par le jeu des tensions partielles, augmente la capacité de l'oxygène à pénétrer dans l'eau. L'effet est analogue à celui dû aux colonnes de dégazage, mais le principe de fonctionnement est différent, c'est-à-dire qu'on utilise pas de billes de fractionnement. C'est ce qui pourrait expliquer qu'une eau, initialement pauvre en oxygène,

atteint par pompage et par pression à la chute d'eau un taux respectable de 80% de saturation, soit un taux en apparence suffisant pour la contention de moules.

En accord avec les tendances observées pour le taux d'oxygène, la saturation en gaz a été plus importante pour l'eau non traitée et elle l'était d'autant plus lorsqu'elle a été mesurée dans le surplus d'eau (eau de fin de circuit). Les colonnes d'oxygénation-dégazage et, dans une moindre mesure, le bullage supplémentaire ont permis de dégazer l'eau du puits et de l'oxygéner. Les taux de saturation d'au-delà de 105 % observés pour l'eau non traitée dans les bassins de contention n'ont pas induit de mortalité chez les moules lors de l'expérience.

Les colonnes d'oxygénation-dégazage ont donc permis de diminuer les concentrations de sulfure d'hydrogène sous le seuil recommandé de 0,05 mg/L suggéré pour l'eau potable par Santé Canada (1992). Nous n'avons trouvé aucune norme pour l'eau salée utilisée à des fins de contention de mollusques.

Autres analyses

En ce qui concerne les analyses chimiques, seules les concentrations en nitrites-nitrates et phosphore totaux ont varié pour les traitements compte tenu du fait que les échantillons ont été prélevés dans les bassins. En effet, la différence observée provient probablement du rejet des déchets métaboliques des moules maintenues en contention. Les taux observés, soit de 9 mg/L pour les nitrates-nitrites et de 0,7 mg/L pour le phosphore ne semblent pas avoir eu d'effet sur la survie et la qualité des moules.

En somme, le monitoring des paramètres a permis de confirmer la stabilité de l'eau utilisée pour la contention en ce qui concerne sa température, son pH et sa salinité. Les analyses effectuées au surplus d'eau (eau de fin de circuit) ont permis de démontrer le plus faible pourcentage d'oxygène de l'eau de puits, une saturation en gaz élevée et une quantité de sulfure d'hydrogène non négligeable. Les colonnes d'oxygénation-dégazage ont été efficaces en oxygénant et en dégazant l'eau de puits. Notons toutefois qu'un simple pompage associé à un brassage créé par une bonne chute d'eau permettent, dans une bonne mesure, de respecter les seuils visés.

5.2 Effet de la contention sur les moules

5.2.1 Survie des moules en contention

La présence de sulfure d'hydrogène et le faible taux d'oxygène dissous de l'eau de puits étaient inquiétants de prime abord pour la survie des moules et leur qualité. En effet, la présence de sulfures dans l'eau, ainsi que les conditions anoxiques, ont les mêmes effets négatifs sur les organismes. Ce fait a été clairement démontré chez la bivalve *Arctica islandica* (Oeschger et Storey, 1993). Le sulfure d'hydrogène, tout comme le cyanure, agit à l'échelle du complexe de cytochrome oxydase et peut bloquer les sites de fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine empêchant ainsi le fonctionnement du métabolisme aérobie (World Health Organization, 1981; De Zwaan et Mathieu, 1992). Une concentration de 0,86 mg/L de sulfure d'hydrogène s'est d'ailleurs révélée toxique pour les truites après 24 heures d'exposition (World Health Organization, 1981). Theede *et al.* (1969) ont déterminé que la capacité de plusieurs espèces d'invertébrés de la mer du Nord, dont *Mytilus edulis*, à survivre

à des concentrations variables de sulfure d'hydrogène était liée à leur aptitude à résister aux faibles concentrations d'oxygène. La résistance des bivalves à l'anoxie, en particulier des moules, a été démontrée par De Zwaan *et al.* (1991). En effet, *Mytilus galloprovincialis* a résisté 11 jours (100 % de survie) en condition anoxique alors qu'on observa 100 % de mortalité au 18^e jour. La survie de *Mytilus edulis* est supérieure dans une eau faible en oxygène comparativement à une eau additionnée de sulfure d'hydrogène. Theede *et al.*, (1969) ont observé un LD₅₀ (nombre de jours pour atteindre 50% de mortalité) de 35 jours en condition de faible oxygène (0,15 ml O₂/L) et de 25 jours avec une concentration de 50 mg Na₂S·9H₂O/L.

L'utilisation des colonnes d'oxygénation-dégazage et d'un réservoir tampon au cours des présents travaux a permis, à la fois, de diminuer la saturation en gaz, d'augmenter le taux d'oxygène dissous et de diminuer les concentrations de sulfure d'hydrogène. Cependant, malgré ce traitement, une quantité de sulfure d'hydrogène était toujours présente à l'entrée d'eau des bassins (0,018 mg/L en moyenne). Une étude réalisée sur la moule bleue a révélé qu'une concentration de 1,9 mg/L de sulfure d'hydrogène était requise pour diminuer de 50 % le taux de filtration de *Mytilus edulis* (donc 10 fois plus élevé que la concentration moyenne mesurée à l'arrivée d'eau des bassins d'eau traitée) et une concentration > à 50 mg/L pour atteindre 50 % de mortalité en 96 heures (96 h LC₅₀) (Abel, 1976). Il avait observé également que des concentrations trop importantes de polluants entraînaient un arrêt de la filtration ou la fermeture des valves. Les quantités de sulfure présentes, que ce soit pour l'eau traitée, pour l'eau non traitée et même en comparant avec les mesures effectuées dans l'eau sans pression lors des essais de contention, étaient bien en deçà des quantités requises pour diminuer le taux de filtration des moules. D'ailleurs, la filtration des moules et l'ouverture des valves ont été notées tout au long de l'expérience. Également, l'ensemble des paramètres évalués dans les bassins étaient optimaux pour la survie des moules dans de telles conditions. En effet, Abel (1976) rapporte que la survie de moules dans une eau contenant du sulfure d'hydrogène et faible en oxygène est améliorée lorsque l'eau était froide et à un pH d'environ 7. La salinité a toutefois peu d'impact sur la résistance des organismes dans une eau contenant du sulfure d'hydrogène.

Une sursaturation en gaz peut causer divers troubles associés à l'embolie gazeuse. En effet, un niveau de sursaturation de 108 % et 114 % a causé ce phénomène chez deux espèces de bivalves respectivement chez *Mulinia lateralis* et *Mya arenaria*. La présence de bulles de gaz dans les tissus, la flottaison des individus et la mort sont parmi les signes observés (Bisker et Castagna, 1985). Toutefois, un dégazage de l'eau peut prévenir l'apparition des troubles liés à une sursaturation en gaz. Le seuil acceptable de sursaturation a été établi à moins de 110 % de pression de gaz total par l'Agence de protection environnementale des États-Unis (Weitkamp et Katz, 1980; Colt, 1986; Bisker et Castagna, 1985). La sursaturation en gaz dans l'eau utilisée pour la contention est restée en deçà de ces valeurs : 103 % pour l'eau traitée, 105 % pour l'eau non traitée, d'où l'absence de problèmes associés à une embolie gazeuse. Cependant, les mesures effectuées dans l'eau non traitée sans pression (eau de fin de circuit) ont montré que la tension en gaz a atteint un maximum de 122 %, comparativement à 105 % pour l'eau traitée, d'où la nécessité de procéder au dégazage, quel que soit le type d'eau utilisé pour conserver les moules.

5.2.2 Bâillement et durée de conservation

Bâillement

Mytilus edulis est apte à utiliser l'oxygène contenu dans l'air ambiant, mais puisque la quantité d'oxygène obtenue par la respiration aérienne est insuffisante pour ses besoins, elle doit tout de même, après un certain temps, réduire son métabolisme (diminution du rythme cardiaque et de sa consommation d'oxygène) (Coleman et Trueman, 1971; Widdows et Shick, 1985).

De plus, la fermeture complète ou partielle des valves limite la perte de poids associée à une perte d'eau et, par le fait même, limite la dessiccation chez la moule (Coleman et Trueman, 1971; Coleman, 1973; Widdows et Shick, 1985). Certains facteurs peuvent affecter les moules et causer l'augmentation du bâillement. Par exemple, le bâillement de moules d'élevage est variable selon le mois de l'année; il est moins fréquent en août comparativement au début de l'été. De même, le bâillement est généralement plus important pour des moules débyssées (Guderley *et al.*, 1994). De plus, il a été noté que la fréquence de bâillement était plus importante avec l'augmentation de la température d'entreposage et la diminution de l'humidité relative chez une espèce de moules intertidales (*Perna perna*), (Hicks et McMahon, 2003). Lors de la présente étude, ni la durée de contention, ni la position des moules dans les bassins n'ont semblé affecter le taux de bâillement des moules (< 4 %). L'utilisation de glace, l'exposition limitée aux mouvements d'air et une température ambiante de 4 °C lors de l'entreposage en chambre froide ont pu contribuer à maintenir ces résultats.

Durée de conservation

La durée de conservation des moules en chambre froide, évaluée dans l'entreprise Madelimer inc., n'a été affectée ni par la durée de contention, ni par la position des moules dans les bassins (mortalité < 10 % après 16 jours). Les essais réalisés par le CTPA sur les différents lots de moules ont également démontré une mortalité négligeable après 14 jours. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Slabyj et Hinkle en 1974, (Slabyj 1980). En effet, une valeur supérieure ou égale à 10 % de mortalité des moules a été atteinte après 14 jours à une température de 7,2 °C. Toutefois, ces mêmes valeurs ont été atteintes à 31 jours à une température de 1,7 °C en décembre. Weldon (1999) a également observé que des moules prélevées en novembre ont eu un LD₀ (jour où est noté la première moule morte) de 15 jours et un LD₁₀ (jour où 10 % de mortalité est noté) de 22 jours dans une chambre froide à 4 °C. Malgré la faible mortalité connue par les moules, les essais réalisés au CTPA ont permis de montrer un changement dans l'odeur après 14 jours en chambre froide (perte de fraîcheur). L'absence de glace pourrait expliquer en partie ces résultats. D'ailleurs, une durée de conservation de 14 jours est souvent recommandée par l'industrie. Slabyj and Hinkle (1976) ont démontré que l'utilisation de glace ou non lors de l'entreposage n'affectait en rien la durée de conservation à une température d'environ 1 °C, mais la pratique du glaçage a cependant permis de diminuer la déshydratation des moules et les mauvaises odeurs. D'ailleurs, le métabolisme anaérobique prédomine lors d'une exposition à l'air de *Mytilus edulis* (Widdows et Shick, 1985) d'où l'accumulation de produits de dégradation qui causent la détérioration graduelle du produit.

5.2.3 Rendement en chair

Lors des présents travaux les rendements en chair ont diminués au cours de la période de contention pour les deux essais mais l'impact, après six semaines, a été plus prononcé lors du premier essai (baisse de 44,83 ± 0,96 % à 37,20 ± 0,99 % Δ = 7,63 %) que lors du second essai (baisse de 45,19 ± 1,86 % à 40,42 ± 0,86 %, Δ = 4,77 %). Une différence de température de 5 °C entre l'eau de lagune et celle de l'eau de contention (de 12 °C à 7 °C) avait été observée au début du premier essai. Toutefois, au second essai, cette différence tournait autour de 4 °C (de 3 °C à 7 °C). Nous avons donc constaté une baisse de rendement en chair plus importante lorsque les moules avaient une activité métabolique plus élevée en raison du phénomène d'acclimatation.

Selon une étude de Widdows et Bayne (1971), une augmentation de la température de l'eau de 5 à 7 °C a un impact important sur le métabolisme des moules qui doivent s'y acclimater et, par le fait même, cela augmente leur demande énergétique. En général, une hausse de température entraîne une hausse du métabolisme et une baisse de la température a l'effet contraire (Tremblay *et al.* 2001). Quatorze à 21 jours sont requis pour une moule pour s'acclimater à des transferts pour les températures suivantes : -1 °C, 4 °C et 8 °C (Tremblay *et al.* 2001). Selon Widdows et Bayne (1971), une acclimatation à des températures plus chaudes constitue un stress physiologique en période de jeûne. Les moules utilisent alors leurs réserves pour rétablir l'équilibre énergétique. Toutefois, les mêmes auteurs rapportent que durant une acclimatation à des températures plus froides, l'état d'équilibre demeure stable et que cela ne constitue donc pas un stress (Widdows et Bayne, 1971). Les résultats observés en contention sont donc contraires à ceux attendus puisqu'un ralentissement des activités métaboliques du premier essai était espéré par une contention à 7 °C. Il est donc probable qu'une moule provenant du milieu lagunaire à 12°C en octobre était plus active que la moule acclimatée à 3 °C au début novembre et que, par le fait même, elle a utilisé davantage ses réserves. Le jeûne subi par les moules doit donc être pris en compte.

Les diminutions du rendement en chair sont davantage reliées à l'absence de nourriture dans l'eau utilisée pour la contention. L'absence de nourriture entraîne l'utilisation des réserves emmagasinées principalement dans la glande digestive et dans le manteau. Ce fait pourrait d'ailleurs expliquer le changement de couleur de la glande digestive au cours de la même période. Hatcher *et al.* (1997) ont d'ailleurs associé le changement saisonnier du métabolisme des moules en milieu ouvert aux variations de nourriture disponible plutôt qu'aux variations de température. Cependant, Gabbott et Bayne (1973) ont observé que des moules maintenues en bassins à une température plus élevée en période hivernale ont poursuivi leur maturation sexuelle plus rapidement que celles en milieu naturel. Cette maturation a été possible par le recours aux réserves énergétiques, ce qui s'est soldé par une perte de poids.

Somme toute, le rendement en chair final après quatre semaines de contention, pour les moules maintenues dans une eau traitée, est demeuré élevé soit 37 % et 40 % respectivement pour l'essai 1 et l'essai 2. Ces rendements moyens correspondent à ceux qu'on attend d'une opération commerciale. De plus, la position des moules dans le bassin n'a pas affecté leur rendement en chair; la bonne circulation d'eau dans les bassins pourrait avoir favorisé ce résultat.

5.2.4 Analyses organoleptiques

Les analyses organoleptiques sur le goût, la texture, l'odeur et la couleur ont démontré que les moules conservées dans une eau souterraine obtenaient une note positive (> 5) même après quatre semaines de contention. Cette cote est cependant faible pour un produit frais. En parallèle, la cote du témoin « moules en lagune » était généralement supérieure à 8 (me plaît beaucoup). L'utilisation des réserves en raison du jeûne prolongé pourrait être à l'origine de ce changement des caractéristiques organoleptiques du produit. Les moules avaient perdu leur goût sucré, lié à la diminution des réserves glucidiques dans l'hépatopancréas, et leur goût d'algues caractéristique lié à la purgation de nourriture dans l'estomac durant les premiers jours d'entreposage. D'ailleurs, le changement de couleur de la glande digestive renforce cette hypothèse. Néanmoins, les valeurs organoleptiques obtenues pour les moules maintenues en contention sont comparables à celles obtenues par l'équipe du CTPA pour des moules en provenance de l'Île du Prince-Édouard et de la Gaspésie disponibles sur le marché de Gaspé durant cette période. En effet, des moules fraîches évaluées entre le 10 octobre 2003 et le 10 décembre 2003 ont obtenu des cotes d'appréciation positives (> 5) pour le goût, la texture, l'apparence et l'odeur (cote entre « m'est indifférent » et « me plaît moyennement ») (données non publiées, CTPA, Gaspé).

De plus, les analyses organoleptiques effectuées en parallèle avec la durée de conservation en chambre froide sans glace ont révélé des changements importants chez les mollusques. Après deux semaines de contention et sept jours de conservation en chambre froide, le produit était toujours acceptable. Après la 4^e semaine de contention, le produit n'a pas été apprécié par le panel. Nous pouvons donc conclure que la durée d'entreposage humide limite pour garder le produit appréciable au consommateur doit se situer entre deux et quatre semaines sans qu'il soit possible d'établir une durée précise en raison du dispositif expérimental employé. Une expérience spécifique devrait être menée pour déterminer une durée recommandable. Il faudrait également recommander à d'éventuels acheteurs de maintenir les moules sous glace en chambre froide pour des périodes de moins d'une semaine afin de garantir un état de fraîcheur acceptable. Toutefois, il apparaît que cette durée d'entreposage humide est très inférieure aux six semaines visées pour que le transformateur garde suffisamment de moules permettant l'approvisionnement durant les périodes de gel automnal des lagunes jusqu'à la période propice à la récolte sur glace et inversement au printemps pour leur permettre d'atteindre celle de la récolte en eaux libres.

Lors de l'exposition à l'air, en chambre froide, les moules entrent en métabolisme anaérobie et utilisent leur réserve de glycogène après trois à quatre jours (Weldon, 1999). Il en résulte donc une diminution des réserves de glycogène et l'accumulation de produits anaérobiques. Leurs réserves de glycogène ayant déjà été très sollicitées durant leur long séjour dans une eau sans nourriture, on comprend leur incapacité à résister à une exposition à l'air prolongée (7 jours et plus) sans démontrer des signes rapides de dégradation. La durée de vie étagère est par ailleurs corrélée avec la quantité saisonnière de réserve de glycogène (Weldon, 1999). L'entreposage en chambre froide à moins de 4 °C ralentit le métabolisme et l'utilisation de glace pour le maintien de l'humidité relative des

branchies, notamment, pourrait cependant ralentir la dégradation du produit et par conséquent rehausser les cotes d'acceptabilité du produit lors de telles opérations. Toutefois, plusieurs techniques d'entreposage lors de l'exposition à l'air et pour l'envoi de moules ont été testées par Aye et Mackinnon (1992). Des tests organoleptiques réalisés par ces auteurs avec un panel de 20 personnes ont permis de détecter des mauvaises odeurs après sept jours d'entreposage. Les moules de cette étude ont obtenu une cote d'appréciation comprise entre « m'est indifférent » et « me déplaît un peu » pour tous les traitements et le témoin pour les critères d'odeur des moules non cuites et cuites, le goût et la texture. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par la présente étude.

L'impact du sulfure d'hydrogène sur la qualité organoleptique des moules est inconnu et n'a pu être éclairci par la littérature sur le sujet. Néanmoins, du fait que le sulfure d'hydrogène et les conditions anoxiques créent le même impact sur les organismes, il serait probable de noter une dégradation des moules mais ce fait est difficilement démontrable. En effet, De Zwaan et Cortesi (données non publiées rapportées dans De Zwaan et Mathieu, 1992) ont observé une accumulation de produits anaérobiques importante chez *Mytilus galloprovincialis* incubées durant 12 h dans une eau de mer aérée présentant des concentrations inférieures à 1 mmol/L de sulfure ou de cyanure. Il n'est pas exclu que de tels produits anaérobiques se soient accumulés dans les organismes au cours de la période de contention et aient pu affecter leur qualité.

5.2.5 Analyses biochimiques

Lors d'un stress imposé par la combinaison d'un changement de température et d'un faible apport de nourriture, les hydrates de carbone (sucre) situés dans le manteau sont mobilisés pour répondre à la demande d'énergie. Ensuite, les réserves d'hydrates de carbone et de protéines situées dans les autres parties du corps sont sollicitées si les conditions néfastes perdurent (Bayne et Thompson, 1970). Néanmoins, l'utilisation des réserves est fonction de la saison. À l'hiver et au printemps, les hydrates de carbone sont utilisés en premier comme source énergétique, suivi des protéines et des lipides (Bayne, 1973a). L'inverse est observé durant la période estivale c'est-à-dire que durant une longue période de jeûne, l'énergie requise sera puisée dans les réserves d'hydrates de carbone, mais suivi des lipides et des protéines. Quoi qu'il en soit, ce sont les hydrates de carbone, dont le glycogène qui est le plus fréquent, qui sont utilisés en premier lieu.

Les analyses biochimiques réalisées lors du deuxième essai ont révélé principalement une diminution des réserves de glycogène global au cours de la période de contention tel qu'observé par Bayne (1973a). Le manque de nourriture peut être associé à ces changements. Cependant, le niveau relativement important de réserves accumulées à l'automne peut avoir contribué à la stabilité des autres paramètres. En effet, les réserves de glycogène semblent avoir été suffisantes pour répondre à l'augmentation de la demande énergétique due au changement de température et au manque de nourriture. Cela n'engendra donc pas l'utilisation des autres sources de réserves telles que les lipides et les protéines. L'effet du jeûne sur les réserves de glycogène a aussi été démontré par Patterson *et al.* (1999). À la suite d'une étude réalisée en bassin sur deux espèces de moules d'eau douce (*Amblema*

plicata et *Quadrula pustulosa*), ces auteurs ont observé une baisse de glycogène de plus de 50 % au cours d'une période de jeûne de 30 jours. Les mêmes lots de moules, mis en bassin et alimentés durant la même période, ont affiché des valeurs en glycogène supérieur de plus de 250 % comparativement aux valeurs initiales.

5.2.6 Autres observations

On croit que le dépôt brun foncé accumulé à l'intérieur des coquilles légèrement cassées ou fissurées peu provenir du processus de reconstruction de la coquille. Le dépôt brun était uniquement localisé sur les fissures. La qualité de la chair ne semblait pas en être affectée (observations personnelles), mais la qualité du produit était diminuée, du moins visiblement. Ces moules ont probablement été endommagées par les opérations ayant précédé la contention et n'ont pas pu être retirées avant la mise en contention. L'ACIA (www.inspection.gc.ca) suggère que ces moules soient retirées de la chaîne avant la mise en contention. À défaut d'être retirées avant cette opération, il est suggéré à l'entreprise de porter une attention particulière aux moules fissurées lors de l'inspection des moules avant leur mise en marché. Le problème est toutefois mineur.

6. Conclusion

Au cours des présents travaux, il a été démontré que le système d'approvisionnement en eau et d'entreposage des moules (eau oxygénée-dégazée avec un débit de 10 L/m) était adéquat pour les moules, tel que mis en évidence par le suivi des données physico-chimiques. Ce système peut avoir contribué favorablement à la bonne survie des moules en contention, au faible bâillement et à la durée de conservation intéressante observée par la suite en chambre froide. L'utilisation des colonnes d'oxygénation-dégazage a permis de diminuer de moitié les concentrations de sulfure tout en maintenant un taux d'oxygène toujours proche de la saturation.

Cependant, une diminution du rendement en chair et des qualités organoleptiques ont été observées au cours de l'expérience. La diminution de rendement a été significative, mais demeure nettement acceptable dans un contexte de mise en marché. L'impact sur les qualités organoleptiques devra donc primer sur la pertinence de recourir à l'entreposage avec de l'eau de mer souterraine. Ces variations des caractéristiques des moules semblent s'expliquer essentiellement par le manque de nourriture plutôt que par la présence de sulfure dans l'eau.

En regard des résultats de rendements en chair et de l'analyse organoleptique, les moules maintenues en contention durant deux semaines ont conservé une très bonne qualité alors qu'elles se détérioraient après quatre semaines d'entreposage dans une eau souterraine. D'autres analyses organoleptiques seraient nécessaires afin de préciser l'évolution de la qualité organoleptique des moules entre la 2^e et la 4^e semaine. À la lumière des résultats de l'étude et des évaluations « acceptables » du produit maintenu quatre semaines en contention, nous pouvons émettre comme recommandations qu'une contention allant jusqu'à trois semaines dans les conditions de l'étude permettrait d'offrir un produit de bonne qualité. Il faudrait toutefois procéder à des tests de marché avec des *focus group* représentatifs de la clientèle visée afin de mesurer l'acceptabilité du produit.

La conservation en chambre froide à 4 °C avec glace est à préconiser pour diminuer le bâillement. Un essai complémentaire pourrait être réalisé afin de mesurer la réaction et l'évolution des moules entreposées dans une eau souterraine, plus tard, durant le plein hiver, lorsque les conditions physiologiques des moules sont différentes de celles utilisées lors des présents travaux. Sachant que le métabolisme des moules est réduit à une température froide, un essai avec une eau réfrigérée (voir annexe 2 pour une estimation des coûts en immobilisation) permettrait peut-être de diminuer l'utilisation des réserves et d'obtenir une qualité de moules appréciable sur une plus longue période de contention, le tout étant conditionnel à ce que les coûts d'opération liés au refroidissement de l'eau soient raisonnables compte tenu des importants volumes prévus en mode commercial.

7. Recommandations à l'industrie

À la lumière des résultats obtenus dans la présente étude, et dans l'optique de l'utilisation de l'eau souterraine pour toute contention ultérieure, nous pouvons recommander à l'entreprise Madelimer de :

- Maintenir le système d'oxygénation-dégazage;
- Maintenir un débit minimum de 10 L/min pour assurer un bon renouvellement de l'eau et éviter l'accumulation de déchets métaboliques;
- Maintenir des moules en contention pour un maximum de trois semaines afin d'assurer une bonne qualité organoleptique du produit;
- Maintenir sous glace les moules conservées en chambre froide.

8. Remerciements

Le projet a pu être réalisé grâce à la participation financière de la Société de développement maricole du Québec (SODIM). L'expertise de l'ingénieur Martin Crousset de la SODIM et de l'ingénieur Robert Champagne de la Station technologique piscicole des eaux douces du MAPAQ a été appréciée à diverses occasions au cours du projet. Les employés du Centre maricole des Îles-de-la-Madeleine, Yvon Chevarie, Jules Arseneau et Jacques Richard, ont également été mis à contribution. Il en va de même de ceux du Centre technologique des produits aquatiques, Noëlla Coulombe et Nadine Renaud et des panels d'évaluation à Gaspé. Les remerciements vont aussi à l'industrie : au personnel de l'usine de transformation Madelimer inc. pour l'expertise et leur accueil ainsi qu'aux producteurs de moules Michel Fournier de Moules de culture des Îles inc. et Carlo Éloquin de Grande-Entrée Aquaculture inc. Merci également aux personnes contactées dans le cadre de ce projet : Mme Selma Pereira (Ministère des Pêches et des Océans, Îles-de-la-Madeleine), M. Jacques Sénéchal (Environnement Canada), Mme Louise Caron (Îles-de-la-Madeleine) et Mme Marie-Josée Baulieu (Gaspé) de l'ACIA.

9. Références bibliographiques

- Abel, P.D., 1976. Effects of some pollutants on the filtration rate of *Mytilus*. Marine pollution bulletin, vol.7, no.12, pp.228-231
- ACIA. Programme canadienne de contrôle de la salubrité des mollusques. Adresse internet : <http://www.inspection.gc.ca/francais/anima/fispoif/fispoif.shtml>. Page consultée le 29 janvier 2004.

- Aye L.J. et D. MacKinnon, 1992. Mussel storage, holding and transport study, technical report # 206, P.E.I. Department of Fisheries and Aquaculture, 36 p.
- Bayne, B.L., 1973a. Physiological changes in *Mytilus edulis* L. induced by temperature and nutritive stress. J. Mar. Biol. Ass. U.K., vol. 53, pp-39-58
- Bayne, B.L., 1973b. Aspect of the metabolism of *Mytilus edulis* during starvation. 7th European Symposium on Marine Biology, pp.-399-410
- Bayne, B.L. et R.J. Thompson, 1970. Some physiological consequences of keeping *Mytilus edulis* in the laboratory. Helgoländer wiss, Meeresunters, vol. 20, pp. 526-552
- Bernard, F.R. 1983. Physiology and the mariculture of some Northeastern Pacific bivalve molluscs. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. No 63.
- Bisker, R. et M. Castagna, 1985. The effect of various levels of air-supersaturated seawater on *Mercenaria mercenaria* (Linné), *Mulina lateralis* (Say), and *Mya arenaria* Linné, with reference to gas-bubble disease. Journal of Shellfish Research, vol. 5, no. 2, pp.97-102
- Burnett, L.E., 1997. The challenge of living in hypoxic and hypercapnic aquatic environment. Amer. Zool., vol. 37, pp.633-640
- Coleman, N., 1973. Water loss from aerially exposed mussels. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., vol. 12. pp. 145-155
- Coleman, N. et E.R. Trueman, 1971. The effect of aerial exposure on the activity of the mussels *Mytilus edulis* L. and *Modiolus modiolus* (L.). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., vol.7, pp.295-304
- Colt, J., 1986. Gas supersaturation- Impact on the design and operation of aquatic systems. Aquacultural Engineering, pp.49-85
- Colt, J., 1984. Computation of dissolved gas concentration in water as functions of temperature, salinity and pressure, American Fisheries Society Special Publication no. 14, Marylet, 154 p.
- Colt, J., 1982. Production of gas supersaturation by aeration. Transaction of the American Fisheries Society vol. 111, pp. 342-360
- Coulombe, N. et N. Renaud, 2004. Évaluation sensorielle et durée de conservation des moules en contention longue durée aux Îles-de-la-Madeleine. MAPAQ-Pêcherie, DIT. Rap. d'anal. 2004/02, 72 p.
- De Zwaan, A., P. Cortesi, G. Thillart, V.D. Ross et K.B. Storey, 1991. Differential sensitivities to hypoxia by two anoxia-tolerant Maine mollusks : a biochemical analysis. Mar. Bio., no. 111, pp. 343-351
- De Zwaan, A. et G.V.D. Thillart, 1985. Low and high power output modes of anaerobic metabolism : invertebrate and vertebrate strategies. Dans : Circulation, respiration, and métabolisme. Gilles R. éditeur, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp.166-192
- De Zwaan, A. et M. Mathieu, 1992. Chapter 6, Cellular biochemistry and endocrinology. Dans : The mussel *Mytilus* : Ecology, physiology, genetic and culture. Development in aquaculture and fisheries science, volume 25. Gosling. E. (Editor), Elsevier, New York, pp. 223-293
- Eertman, R.H.M. et Ab. De Zwaan, 1994. Survival of the fittest : resistance of mussels to aerial exposure. Biomonitoring of coastal waters and estuaries, Chapter 12. Edited by Kees J.M. Kramer, Florida, pp. 269-284
- Gabbott, P.A. et B.L. Bayne, 1973. Biochemical effects of temperature and nutritive stress on *Mytilus edulis* L. J. Mar. Biol. Ass. U.K., vol. 53, pp. 269-286
- Guderley, G., A. Demers et P. Couture, 1994. Acclimatization of blue mussel (*Mytilus edulis* Linnaeus, 1758) to intertidal conditions : effects on mortality and gaping during air exposure. J. Shellfish Res., vol. 13, n.2, pp. 379-385
- Hatcher, A., J. Grant et B. Schofield, 1997. Seasonal changes in the metabolism of cultured mussels (*Mytilus edulis*) from a Nova Scotia inlet : the effects of winter ice cover and nutritive stress. J. exp. Mar. Biol. Ecol., vol. 217, pp. 63-78
- Hicks, D.W. et R.F. McMahon, 2003. Temperature and relative humidity effects on water loss and emersion tolerance of *Perna perna* (L.) (Bivalvia : Mytilidae) from the Gulf of Mexico. Bulletin of marine sciences, vol 72-1, pp.135-150
- Lucas, A. et P.G. Benninger, 1985. The use of physiological condition indices in marine aquaculture. Aquaculture, no. 44, pp. 187-200
- Malouf, R., R. Keck, D. Maurer et C. Epifanio, 1972. Occurrence of gas-bubble disease in three species of bivalve mollusks. Journal of Fisheries Research Board of Canada, vol. 29, no. 5, pp. 588-589
- Matsue, Y., S. Egusa et A. Saeki, 1953. On nitrogen-gas contents in flowing water of artesian wells and springs. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, vol. 19, no. 4 pp. 439-414 (texte en japonais avec résumé en anglais).
- Minister of National Health and Welfare, 1993. Water treatment, Principles and applications : a manual for the production of drinking water. Guidelines for Canadian drinking water quality. Environmental Health Directorate, Health Protection Branch and Department of National Health Welfare, Ottawa, p.245.
- Morin, R., 2001. Sulfure d'hydrogène. Fiche technique, Station technologique piscicole des eaux douces, Québec, 1 p.
- Myrand, B. et J. Richard, 1987. La moule bleue. Conseil des productions animales du Québec. Gouvernement du Québec. 31 p.
- Oeschger R. et K.B. Storey, 1993. Impact of anoxia and hydrogen sulphide on the metabolism of *Arctica islandica* L. (Bivalvia). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., vol. 170, pp. 213-136
- Patterson, M.A., Parker, B.C. et R.J. Neves, 1999. Glycogen concentration in the mantle tissue of freshwater mussels (Bivalvia : Unionidae) during starvation and controlled feeding. American Malacological Bulletin : vol. 15 (1), pp. 47-50
- Santé Canada, 1992. Le sulfure (sous forme de H₂S). Rapport sur la qualité de l'eau. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Doc. Tech. 7 p.
- Seed, R et T.H. Suchanek, 1992. Population and community ecology of *Mytilus* In : The mussel *Mytilus*; Ecology, physiology, genetic and culture. Development in aquaculture and fisheries science, volume 25. Gosling. E. (Editor), Elsevier, New-York, pp.87-169
- Slabyj, B.M., 1980. Storage and processing mussels. In : Developments in aquaculture and harvest : a north American perspective. Edited by Lutz, R.A., volume 7, Chapter 10, Elsevier Scientific Publishing compagny, Nez York, pp. 247-262
- Slabyj B. et C. Hinkle, 1976. Holding and storage of blue mussels in shell. Research in the life sciences, University of Maine at Orono, Life Sciences and agriculture experiment station, vol. 23, no. 4, 13 p.
- Theede, M., A. Ponat, K. Hiroki et C. Schielper, 1969. Studies resistance of marine bottom invertebrate deficiency and hydrogen sulphide. Mar. Biol., no. 2, pp. 325-337
- Tremblay, R., M. Roussy et M. Cusson, 2001. Modélisation du potentiel d'épuration de la moule bleue (*Mytilus* spp.) en eau froide et en réaction à un choc thermique. MAPAQ-Pêcherie, DRST-doc.rech.2001/06, 23 p.
- Weitkamp, D.E. et M. Katz, 1980. A review of dissolved gas supersaturation literature. Trans. Am. Fish. Soc., no. 109, pp. 659-702
- Weldon, J.W., 1999. Abiotic and biotic factors affecting the survival and shelf life of the blue mussel, *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758). Master of Science Thesis from the University of New Brunswick, 123 p.
- Widdows, J. et B.L. Bayne, 1971. Temperature acclimatation of *Mytilus edulis* with reference to its energy budget. J. Mar. Biol. Ass. U.K., vol. 51, pp. 827-843
- Widdows, J. et J.M. Shick, 1985. Physiological responses of *Mytilus edulis* and *Cardium edule* to aerial exposure. Mar. Biol. No, 85, pp.217-232
- Williams, R.J., 1970. Freezing tolerance in *Mytilus edulis*. Comp. Biochem. Physiol., vol. 35, pp. 145-161
- Windholz, M. 1976. The merck index and encyclopedia of chemicals and drugs. 9th edition, Merck and co. Inc., New Jersey, pp.4695-4696
- World Health Organization, 1981. Hydrogen Sulfide. Environmental Health Criteria. Geneva, vol. 19, pp. 1-48

Annexe 1

Rendements en chair commerciaux

Rendements en chair commerciaux

	Traitement	Date	Méthode européenne		Méthode des mytiliculteurs	
			Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Essai 1	Lagune (témoin)	27 oct. 2003	27,33	0,89	43,46	0,43
		3 nov. 2003	27,73	0,93	44,69	1,01
		10 nov. 2003	28,00	1,98	44,74	2,69
		17 nov. 2003	29,54	2,04	45,02	1,63
		24 nov. 2003	34,66	0,93	48,49	0,60
		1 ^{er} déc. 2003				
	eau non traitée	27 oct. 2003	23,56	0,95	42,35	1,36
		3 nov. 2003	23,43	1,95	40,24	1,37
		10 nov. 2003	22,23	0,28	39,74	0,92
		17 nov. 2003	21,61	1,99	38,86	0,99
		24 nov. 2003	21,45	0,49	37,80	0,63
		1 ^{er} déc. 2003	19,22	0,88	36,40	0,35
	eau traitée	27 oct. 2003	24,97	1,07	42,49	1,52
		3 nov. 2003	23,71	1,35	41,46	0,96
		10 nov. 2003	21,40	0,76	39,99	0,80
		17 nov. 2003	21,16	0,62	40,05	0,78
		24 nov. 2003	21,10	1,07	38,34	1,02
		1 ^{er} déc. 2003	20,07	0,55	37,14	1,20

Essai 2	Lagune (témoin)	17 nov. 2003	29,02	0,06	44,97	0,98
		24 nov. 2003	32,54	0,44	47,36	0,14
		1 ^{er} déc. 2003				
		9 déc. 2003	36,32	1,11	50,48	0,59
		15 déc. 2003	36,86	1,97	52,01	2,49
		22 déc. 2003	35,77	1,38	51,80	1,99
	eau non traitée	17 nov. 2003	24,05	1,33	42,57	1,73
		24 nov. 2003	25,46	0,33	41,20	0,84
		1 ^{er} déc. 2003	22,87	0,92	38,82	1,73
		9 déc. 2003	22,70	3,19	41,02	3,17
		15 déc. 2003	22,62	1,19	40,81	1,28
		22 déc. 2003	19,95	0,47	38,59	0,72
	eau traitée	17 nov. 2003	23,82	1,25	42,08	1,85
		24 nov. 2003	24,07	0,71	41,43	0,90
		1 ^{er} déc. 2003	22,15	1,31	39,49	1,24
		9 déc. 2003	22,49	0,52	39,72	0,62
		15 déc. 2003	19,41	7,40	35,32	13,34
		22 déc. 2003	21,81	1,76	40,49	1,43

Annexe 2

Évaluation des coûts pour un système de réfrigération de l'eau

Mont-Joli, le 15 janvier 2004

GELL'AIR ENR.
1385, Thibault
MONT-JOLI, QC
G5H 2M8
(418) 775-2225

CENTRE TECHNOLOGIQUE MARICOLE
ÎLES DE LA MADELEINE

PRIX BUDGÉTAIRE

- NO 1 - 1 Bassin de 765 litres (non isolé)
- 10 litres / minute d'eau nouvelle par bassin
 - Température ambiante 70 degrés F, salle des bassins
 - Température d'eau nouvelle 7,5 C
 - Température adéquate des bassins 2 degrés C

3,3 Bassins pour un 5 HP

- NO 2 - 30 Bassins de 765 litres (non isolé)
- 90 litres / minute d'eau nouvelle par bassin
 - Température ambiante 70 degrés F, salle des bassins
 - Température d'eau nouvelle 7,5 C
 - Température adéquate des bassins 2 degrés C

10 Bassins pour un 5 HP

PRIX UNITAIRE ET DESCRIPTION

1 Thermopompe 5 HP (refroidisseur et chauffage)
1 Échangeur en titanium HXF8
1 Base en PVC
1 Contrôle étanche
Peinture
Garantie d'un an

PRIX \$ 12 910.00 TAXES EN SUS

Veuillez agréer, Monsieur, mes meilleures salutations,

CLAUDE THIBAUT
Prop.

