



SODIM

Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Implantation d'unité de dépuración de courte
durée des moules de la baie de Gaspé*

Rapport de projet

Dossier n° 710.2-3

Rapport commandité par la SODIM

Décembre 2003

NE PAS CITER
SANS L'AUTORISATION
DES AUTEURS

MAPAQ - PECHERIES
DIT – Doc. Rech.

**IMPLANTATION D'UNITE DE DEPURATION DE COURTE DUREE DES MOULES DE LA
BAIE DE GASPE.**

RAPPORT DE PROJET

Par

Marie-Hélène Deschamps¹
Marcel Roussy²

Avec la collaboration de

Sonia Belvin³
David Smith¹
Françoise Tétreault⁴

¹Société de développement de l'industrie maricole
137-3, rue de la Reine
Gaspé (Québec) G4X 1T5

²Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
Direction générale des pêches et de l'aquaculture commerciales
Direction de l'innovation et des technologies
Centre aquacole marin de Grande-Rivière
6, rue du Parc, C.P. 340
Grande-Rivière (Québec) G0C 1V0

³Université du Québec à Rimouski
6, rue du Parc, C.P. 340
Grande-Rivière (Québec) G0C 1V0

⁴Les Pêcheries Marinard Ltée
41, rue de l'Entrepôt
Rivière-au-Renard (Québec) G4X 5L3

Décembre 2003

AVERTISSEMENT

Le Programme Canadien de Contrôle de Salubrité des Mollusques (PCCSM) suit de près les lignes directrices de l'American National Shellfish Sanitation Program suite à un accord bilatéral entre les deux pays et régit les pratiques sanitaires des industries coquillières au Canada depuis 1948. Le Programme est administré conjointement par le Ministère des Pêches et Océans (MPO), l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (ACIA) et Environnement Canada (EC).

Le chapitre 10 : « Politique et méthodes de reparcage et de dépuración sous contrôle » du PCCSM dicte les procédures et exigences reliées à l'approbation d'une station de dépuración ainsi que les protocoles exigés à toutes les étapes du processus. Toute personne intéressée à la dépuración de mollusques doit préalablement se référer à celui-ci ainsi qu'aux autorités responsables.

L'utilisation des méthodes ou des techniques mentionnées dans ce document est sous l'entière responsabilité de l'utilisateur ou de l'utilisatrice et n'engage en aucune façon ni le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, ni la Société de développement de l'industrie maricole.

TABLES DES MATIÈRES

	<u>PAGE</u>
AVERTISSEMENT.....	ii
RÉSUMÉ	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES ANNEXES.....	xii
1.0 INTRODUCTION	1
1.1 DÉPURATION	1
1.2 PROBLÉMATIQUE	2
1.3 LE «BULK BIN SYSTEM FOR MUSSELS» : UNE TECHNIQUE DE DÉPURATION EN VRAC POUR LA MOULE BLEUE	3
1.4 OBJECTIF GENERAL.....	4
1.5 OBJECTIFS SPECIFIQUES.....	4
2.0 SUIVI BACTÉRIOLOGIQUE DES MOULES CULTIVÉES DANS LA BAIE DE GASPÉ.....	5
2.1 OBJECTIFS	5
2.2 MÉTHODOLOGIE.....	5
2.3 RÉSULTATS.....	5
2.4 DISCUSSION ET CONCLUSION.....	6
3.0 DÉMONSTRATION EXPÉRIMENTALE DU PROCÉDÉ DE DÉPURATION EN VRAC.....	6
3.1 ACTIVITÉ DE FILTRATION	8
3.1.1 Objectifs	8
3.1.2. Méthodologie.....	8
3.1.2.1. Observation de l'activité de filtration	8
3.1.2.2. Activité digestive.....	10
3.1.3. Résultats	10
3.1.3.1. Observation de l'activité de filtration	10
3.1.3.2. Activité digestive.....	11
3.1.4. Discussion et conclusion	12
3.2 DÉTERMINATION DES DÉBITS D'EAU PERMETTANT LE RESPECT DE LA QUALITÉ DES EAUX DE TRAITEMENT LORS DES CYCLES DE DÉPURATION	13
3.2.1. Objectif.....	13
3.2.2. Méthodologie.....	13
3.2.2.1. Approvisionnement en moules.....	14
3.2.2.2. Transfert des moules.....	14
3.2.2.3. Unité expérimentale de dépuraton	14
3.2.2.4. Cycle de dépuraton de 48 heures	16
3.2.2.5. Suivi de la qualité de l'eau de traitement du système de dépuraton	16
3.2.2.6. Suivi bactériologique	16
3.2.2.7. Volumes de moules et débits d'eau testés.....	17
3.2.2.7.1. Circuit ouvert	17
3.2.2.7.2. Circuit fermé	17
3.2.3. Résultats	17

3.2.3.1. Circuit ouvert	17
3.2.3.1.1. Dépuration en vrac d'un volume de 225 kg de moules	17
3.2.3.1.2. Dépuration en vrac d'un volume de 365 kg de moules	18
3.2.3.2. Circuit fermé	19
3.2.3.3. Suivi bactériologique	19
3.2.4. Discussion et conclusion	19
3.2.4.1. Maintien des niveaux en oxygène.....	20
3.2.4.2. Respect des températures et des salinités	21
3.2.4.3. Respect des teneurs en ammoniac	22
3.3 POTENTIEL DE RECONTAMINATION PAR LES BOUES.....	25
3.3.1. Objectifs	25
3.3.2. Méthodologie.....	25
3.3.2.1. Effet des filets d'échantillonnage	25
3.3.2.2. Contention humide avec et sans bullage	25
3.3.3. Résultats	26
3.3.3.1. Effet des filets d'échantillonnage	26
3.3.3.2. Contention humide avec et sans bullage	26
3.3.4. Discussion et conclusion	26
4.0 DÉMONSTRATION À L'ÉCHELLE PILOTE DU PROCÉDÉ DE DÉPURATION EN VRAC	27
4.1 OBJECTIFS	27
4.2 MÉTHODOLOGIE.....	27
4.2.1. Approvisionnement en moules : récolte, égrappage et triage et transport vers l'usine	28
4.2.1.1. Récolte	28
4.2.1.2. Égrappage et triage	28
4.2.1.3. Transport vers l'usine	28
4.2.2. Réception des moules à l'usine	29
4.2.2.1. Déchargement du camion et transfert des informations de récolte.....	29
4.2.2.2. Transfert des moules et pesée	29
4.2.2.3. Inspection de la qualité de la matière première.....	29
4.2.2.4. Identification des bacs par lots	29
4.2.2.5. Mise en contention avant la dépuration	30
4.2.3. Mise en dépuration des moules à l'usine	30
4.2.3.1. Installations de dépuration.....	30
4.2.3.2. Déroulement du cycle de dépuration	31
4.2.3.3. Suivi du processus de dépuration	32
4.2.4. Mise en contention des moules dépurées à l'usine.....	33
4.2.4.1. Installations de contention	33
4.2.4.2. Opérations en contention.....	33
4.2.4.3. Suivi bactériologique de la contention.....	34
4.2.5. Sortie des moules de l'usine.....	34
4.2.5.1. Transfert des moules dans les bacs de transport	34
4.2.5.2. Étiquetage	34
4.2.5.3. Expédition	35
4.2.6. Entretien sanitaire des installations	35
4.2.7. Débits d'eau	35
4.2.8. Suivi de la qualité des eaux de traitement des installations de l'usine	35
4.2.8.1. Suivi des toxines.....	36

4.2.8.2. Suivi du bon fonctionnement du système de stérilisation UV	36
4.2.8.2.1. Suivi de l'état du matériel	36
4.2.8.2.2. Teneur en coliformes fécaux et turbidité de l'eau	36
4.2.8.3. Suivi physico-chimique des eaux de traitement	36
4.2.9. Analyse temps-mouvement et évaluation des coûts associés à la dépuration et à la contention en usine	37
4.3 RÉSULTATS	37
4.3.1. Approvisionnement en moules : récolte, égrappage et triage et transport vers l'usine	37
4.3.2. Réception des moules à l'usine	37
4.3.2.1. Transfert des moules et pesée	37
4.3.2.2. Inspection de la qualité de la matière première	38
4.3.3. Mise en dépuration des moules à l'usine	39
4.3.3.1. Installations de dépuration et ressources humaines	39
4.3.3.2. Déroulement du cycle de dépuration	39
4.3.3.3. Suivi du processus de dépuration	39
4.3.4. Mise en contention des moules dépurées à l'usine	39
4.3.4.1. Opérations de la contention	39
4.3.4.2. Suivi bactériologique de la contention	40
4.3.5. Sortie des moules de l'usine	40
4.3.5.1. Transfert des moules dans les bacs de transport	40
4.3.6. Entretien sanitaire des installations	40
4.3.7. Débits d'eau utilisés	40
4.3.8. Suivi de la qualité des eaux de traitement de l'usine	41
4.3.8.1. Suivi des toxines	41
4.3.8.2. Suivi du système UV	41
4.3.8.3. Suivi physico-chimique des eaux de traitement	41
4.3.9. Analyse temps-mouvement et évaluation des coûts associés à la dépuration et à la contention en usine	41
4.3.9.1. Analyse temps-mouvement	41
4.3.9.2. Coûts du matériel et des analyses en usine	42
4.3.9.3. Résultats récapitulatifs	42
4.4 DISCUSSION ET CONCLUSION	42
4.4.1. Approvisionnement en moules : récolte, égrappage et triage et transport vers l'usine	42
4.4.2. Réception des moules à l'usine	43
4.4.3. Mise en dépuration des moules à l'usine	44
4.4.3.1. Installations de dépuration	44
4.4.3.2. Approvisionnement en eau	44
4.4.3.3. Système de pompage	45
4.4.3.4. Système de stérilisation	46
4.4.3.5. Plomberie	48
4.4.3.6. Déroulement du cycle de dépuration	49
4.4.3.7. Suivi du processus de dépuration	50
4.4.4. Mise en contention des moules dépurées à l'usine	50
4.4.4.1. Opérations en contention	50
4.4.4.2. Suivi bactériologique de la contention	52
4.4.5. Sortie des moules de l'usine	52
4.4.5.1. Transfert des moules dans les bacs de transport	52

4.4.5.2. Expédition	52
4.4.6. Entretien sanitaire des installations	53
4.4.7. Débits d'eau utilisés	54
4.4.8. Suivi de la qualité des eaux de traitement des installations de l'usine	55
4.4.8.1. Suivi physico-chimique des eaux de traitement.....	55
4.4.9. Analyse temps-mouvement et évaluation des coûts associés à la dépuration et à la contention en usine	55
5.0 QUALITÉS SENSORIELLES, RENDEMENT ET DURÉE DE CONSERVATION VIVANTE DES MOULES ENTREPOSÉES EN CHAMBRE FROIDE.....	59
5.1 OBJECTIFS	59
5.2 MÉTHODOLOGIE.....	59
5.3 RÉSULTATS.....	60
5.4 DISCUSSION ET CONCLUSION	60
6.0 CONCLUSION	62
7.0 REMERCIEMENTS.....	64
8.0 RÉFÉRENCES	65

RÉSUMÉ

La baie de Gaspé possède un fort potentiel en mytiliculture. Cependant, malgré les efforts de la municipalité de Gaspé et la construction d'une usine de traitement des eaux usées mise en fonction en 1999, les eaux de culture présentent toujours des niveaux de contamination qui selon le PCCSM, permettent de classer la zone ouverte à la récolte sous condition de purification, en dehors des périodes de toxicité. Or, jusqu'en 2002, il n'existait pas au Canada de lignes directrices quant à la dépuración des moules, ni de procédé de dépuración propre à cette espèce. Devant l'impératif de trouver une solution, les mytiliculteurs de la région, la Direction de l'innovation et des technologies (DIT), la Direction régionale de la Gaspésie (DRG), la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM) et Développement économique Canada (DEC) se sont concertés afin d'évaluer le potentiel et la faisabilité techno-économique de l'implantation d'une unité de dépuración de courte durée des moules de la baie de Gaspé. Un système de dépuración en vrac pour la moule bleue (Bulk Bin System for mussels), mis au point par la Sea Fish Industry Authority (SFIA) et homologué par le Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science (CEFAS) en Grande-Bretagne, a été retenu comme une approche potentielle à la dépuración des moules de la baie de Gaspé. D'utilisation simple, il consiste à dépuración de grands volumes de moules en vrac en utilisant des bacs isothermes standards et une approche mécanisée. Au printemps 2002, une unité expérimentale de dépuración en vrac de la moule bleue était érigée au Centre aquacole marin de Grande-Rivière (CAMGR) afin d'établir la faisabilité technique, de ce procédé et de démontrer sa capacité à répondre aux exigences du PCCSM.

Les suivis effectués entre le 3 juillet et le 3 décembre ont démontré que les moules récoltées dans la baie de Gaspé n'étaient que faiblement contaminées avant la dépuración, puisque le plus haut taux de contamination rencontré fut de 130 coliformes fécaux/100 g de chair. Les résultats obtenus dans le cadre du volet expérimental démontrent que les moules entassées sur 60 cm de hauteur reprenaient rapidement leur activité physiologique normale après leur mise en vrac. Les expérimentations en circuit ouvert menées avec des volumes de 225 kg et de 365 kg de moules ont démontré que le procédé respecte les exigences du PCCSM concernant la qualité de l'eau, pour des températures variant entre 3 °C et 15 °C, et que la consommation en oxygène des moules augmente de façon exponentielle avec la température. Un débit de 10,6 L.h⁻¹.kg de moules⁻¹ permet le maintien des niveaux en oxygène, pour les températures rencontrées dans le cadre des expérimentations. En se basant sur ces résultats, un volet pilote a été structuré et a conduit à la dépuración de plusieurs lots de moules, à raison de 225 kg par bac, entre le 31 octobre et le 5 décembre 2002, pour une quantité approximative de 30 000 kg. De façon générale, les lots dépurés ont reçu l'approbation de l'ACIA et ont donc pu être commercialisés, ce qui constitue une première au Canada. Les coûts de production ont été estimés à environ 0,69 \$ le kilogramme net, soit environ 30 % du prix de vente au détail ou 52 % du coût relié à la production. Ces résultats soulignent l'importance d'insérer le traitement de dépuración dans un contexte de production qui comprend l'ensemble des étapes de transformation de la moule jusqu'à sa mise en marché, pour permettre sa faisabilité économique.

LISTE DES TABLEAUX

	<u>PAGE</u>
Tableau 1 : Détail des températures et des salinités des eaux de culture et des teneurs maximales en coliformes fécaux rencontrées dans la chair des moules lors des récoltes successives dans la baie de Gaspé pour approvisionner en moules les projets expérimental et pilote réalisés à l'été et l'automne 2002.....	68
Tableau 2 : Exigences du PCCSM concernant la qualité des eaux de traitement de dépuración.	70
Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques des eaux de traitement à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuración lors des expériences réalisées au CAMGR.....	71
Tableau 4 : Résultats des analyses bactériologiques des moules lors des expérimentations sur l'effet des filets d'échantillonnage et du bullage.	73
Tableau 5 : Résultats des analyses bactériologiques des boues lors des expérimentations sur l'effet des filets d'échantillonnage et du bullage.	73
Tableau 6 : Températures (°C) observées dans la chair des moules lors des différentes étapes du procédé à l'usine pilote de dépuración en vrac	74
Tableau 7 : Volumes de moules en vrac traités lors des différents cycles de dépuración et résultats du suivi bactériologique du processus de dépuración réalisé dans le cadre du projet pilote.....	75
Tableau 8 : Volumes de moules en vrac entreposés en contention humide et résultats des analyses bactériologiques réalisées sur les échantillons prélevés en contention avant leur sortie de l'usine dans le cadre du projet pilote.....	76
Tableau 9 : Paramètres physico-chimiques minimaux et maximaux de l'eau lors des différents cycles de dépuración réalisés dans le cadre du projet pilote.	77
Tableau 10 : Personnel et temps requis pour effectuer les différentes opérations sur un bac de 225 kg de moules en vrac	78
Tableau 11 : Coûts associés à l'approvisionnement et à la stérilisation des eaux de l'usine pilote de dépuración en vrac.....	81
Tableau 12 : Coûts associés à la manutention des bacs à l'usine pilote de dépuración en vrac.	82
Tableau 13 : Coûts associés à l'achat des bacs de dépuración requis à l'usine pilote.	82
Tableau 14 : Coûts associés au suivi du processus de dépuración et au suivi de la qualité des eaux de traitement à l'usine pilote par période de deux cycles de dépuración de 18 bacs de moule (5 jours ouvrables).....	83
Tableau 15 : Coûts associés à l'entretien sanitaire du matériel de l'usine pilote de dépuración en vrac.....	84
Tableau 16 : Coûts associés au procédé de dépuración en vrac et de contention lors du projet pilote, par bac de 225 kg et par kg de moule.....	85
Tableau 17 : Modifications au procédé de dépuración et économies potentielles.....	86
Tableau 18 : Diminution des coûts du procédé de dépuración et de contention par une intégration à une usine de traitement de la moule.....	87
Tableau 19 : Coût du procédé de dépuración et de contention selon différentes hypothèses.....	87

Tableau 20 : Données biométriques et de survie des moules utilisées dans l'étude sur la durée de conservation, le rendement en chair et les qualités sensorielles.	88
Tableau 21 : Cotes d'acceptabilité des moules de provenance différente utilisées dans le cadre du projet pilote.....	88

LISTE DES FIGURES

PAGE

Figure 1 :	Schémas représentant les différentes composantes du « Bulk Bin System for mussels » : A. Unité de dépuración en vrac. B. Système fonctionnant en recirculation (Boulter, 1994).....	81
Figure 2 :	Les différents secteurs de mytiliculture du Havre de la baie de Gaspé où les moules utilisées dans les volets expérimental et pilote de dépuración en vrac ont été récoltées dans les zones G27.5 E et G27.7 E à l'été et l'automne 2002.....	82
Figure 3 :	Schéma d'une colonne d'observation utilisée lors des expériences portant sur l'activité de filtration des moules.....	83
Figure 4 :	Observations effectuées sur les moules dans les colonnes d'observation en acrylique lors de l'expérience sur l'activité de filtration. On peut voir les moules situées dans la section du haut de la colonne d'observation et la section du fond, quelques minutes après l'immersion dans l'eau de mer.....	84
Figure 5 :	Température (°C), salinité (0/00), oxygène dissous (%) et entassement (cm) moyens des moules lors de l'expérience de comportement.....	85
Figure 6 :	Contenu des cellules des tubules digestifs des moules à jeun lors de l'expérience portant sur l'activité digestive. A) moules à T 0. B) moules à jeun à T 168.....	86
Figure 7 :	A. Arrivée des moules à l'unité expérimentale de dépuración en vrac du CAMGR. B. Sortie des poches de transport des bacs isothermes à l'aide d'un chariot-élévateur. C. et D. Transfert des moules dans un des bacs de dépuración.....	87
Figure 8 :	Transfert des moules dans un bac de dépuración muni de filets d'échantillonnage.....	88
Figure 9 :	Vue en plan de dessus du système d'approvisionnement en eau et de drainage des bacs de dépuración utilisés lors des expérimentations au CAMGR. Du bac de mélange, l'eau était pompée et pouvait passer par une thermopompe et/ou une unité de stérilisation U.V. avant d'être acheminée vers les bacs. Les drains indépendants permettaient alors de diriger l'eau usée vers le caniveau (circuit ouvert) ou vers le bac de mélange (recirculation).....	89
Figure 10 :	Coupe transversale d'un des bacs de dépuración utilisés lors des expérimentations au CAMGR. Le débit d'eau était lu à l'aide d'un débitmètre vertical et ajusté par une valve à l'entrée de chaque bac.....	90
Figure 11 :	Les différentes étapes d'un cycle de dépuración, du suivi du processus de dépuración et du suivi de la qualité des eaux de traitement tel qu'effectuées lors des expérimentations au CAMGR.....	91
Figure 12 :	Températures moyennes (°C) de l'eau dans les bacs de dépuración lors des 4 expérimentations utilisant un débit de 40 litres par minute pour dépuración un volume de 225 kg de moules en vrac.....	92
Figure 13 :	Déplétion en oxygène dissous moyenne (%) en fonction de la température moyenne de l'eau dans les bacs de dépuración lors des 3 expérimentations utilisant un débit constant de 40 litres par minute pour	

	dépurer un volume de 225 kg de moules en vrac, incluant les 2 expériences sur le potentiel de recontamination par les boues.	93
Figure 14 :	Teneurs moyennes de l'eau en oxygène dissous (%) à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuración lors des 4 expérimentations utilisant un débit de 40 litres par minute pour dépuración un volume de 225 kg de moules en vrac.	94
Figure 15 :	Teneurs moyennes de l'eau en ammoniac dissous (ppm) à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuración lors des 4 expérimentations utilisant un débit de 40 litres par minute pour dépuración un volume de 225 kg de moules en vrac.	95
Figure 16 :	Températures moyennes (°C) de l'eau dans les bacs de dépuración lors des 3 expérimentations utilisant un débit de 90 litres par minute pour dépuración un volume de 365 kg de moules en vrac.	96
Figure 17 :	Déplétion moyenne en oxygène dissous (%) en fonction de la température moyenne de l'eau dans les bacs de dépuración lors des 3 expérimentations utilisant un débit constant de 90 litres par minute pour dépuración un volume de 365 kg de moules en vrac.	97
Figure 18 :	Teneurs moyennes de l'eau en oxygène dissous (%) à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuración lors des 3 expérimentations utilisant un débit de 90 litres par minute pour dépuración un volume de 365 kg de moules en vrac.	98
Figure 19 :	Teneurs moyennes de l'eau en ammoniac dissous (ppm) à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuración lors des 3 expérimentations utilisant un débit de 90 litres par minute pour dépuración un volume de 365 kg de moules en vrac.	99
Figure 20 :	Paramètres physico-chimiques de l'eau observés lors du cycle de dépuración expérimental réalisé en circuit fermé et utilisant un ratio de 3,9 litres d'eau par kg de moule pour dépuración 225 kg de moules en vrac.	100
Figure 21 :	Températures (°C) et teneurs de l'eau en ammoniac dissous (ppm) observées dans les bacs de dépuración (à température contrôlée et non contrôlée) lors du cycle de dépuración expérimental en circuit fermé utilisant un ratio de 3,9 litres d'eau par kg de moule pour dépuración 225 kg de moules en vrac.	101
Figure 22 :	Schéma de l'installation de l'unité pilote de dépuración et de contention dans l'usine de « Les Pêcheries Marinard Ltée ».....	102
Figure 23 :	Faux fond et trop-plein externe utilisés lors des opérations de dépuración et de contention (ici en contention). Les faux fonds utilisés dans les bacs de dépuración ne portaient pas de bulleur sur leur face inférieure.	102
Figure 24 :	Schéma d'un système de pompage utilisant un régulateur de pression mécanique.....	103
Figure 25 :	Schéma d'un système de pompage utilisant un moteur à vitesse variable.....	103
Figure 26 :	A. Stérilisateur U.V. unique de grande capacité installée dans les locaux de Pêcheries Marinard et utilisé lors du projet pilote. B Unité à trois stérilisateurs U.V. utilisée à l'usine de dépuración en vrac <i>Myti Mussels</i> homologuée par la CEFAS au Pays de Galles.....	103

LISTE DES ANNEXES

PAGE

Annexe : 1	Synthèse des recommandations	104
Annexe : 2	Formulaires et fiches utilisés dans le cadre du projet pilote de dépuratation	110
Annexe : 3	Liste des acronymes utilisés dans le document	120

1.0 INTRODUCTION

1.1 DÉPURATION

La dépuración, aussi appelée purification, est un procédé où un environnement aquatique sain est utilisé pour réduire la charge microbienne chez les mollusques vivants (Somerset, 1991). En d'autres termes, la dépuración est le transfert de mollusques filtreurs, cultivés dans des eaux polluées, dans un environnement sain dont les conditions permettent un état physiologique normal, ce qui favorise l'élimination des polluants qu'ils contiennent (Canzonier, 1991). Dans cet ordre d'idée, deux stratégies peuvent être adoptées. La première consiste à relocaliser (méthode dite de reparcage) les mollusques contaminés dans une aire en milieu naturel où les conditions satisferont aux normes de dépuración. La deuxième consiste, pour sa part, à traiter les moules en usine avec de l'eau stérilisée. Or, pour des raisons encore inconnues, la dépuración en milieu naturel est moins efficace que la dépuración en milieu contrôlé (Perkins *et al.*, 1980). C'est pourquoi, la dépuración en milieu contrôlé est souvent l'approche favorisée (Cerebral Marine Research, 1990).

Quelle que soit la technique, la dépuración utilise l'activité de filtration des mollusques comme processus d'élimination. Les bactéries ingérées par l'organisme sont en effet naturellement digérées par l'estomac, éliminés sous forme de pseudofèces ou détruits par des activités bactériolytiques (lysozymes) dans les branchies et les autres tissus (Perkins *et al.*, 1980). La capacité de la moule bleue et des autres bivalves à se purifier par eux-mêmes a abondamment été démontrée dans la littérature (Furfari, 1966 ; Perkins *et al.*, 1980 ; Richards, 1988 ; Bernard, 1989 ; Power et Collins, 1989 ; Boulter et Wilson, 1998). La moule bleue possède un pouvoir d'élimination rapide et direct. *Mytilus edulis* éliminerait généralement 99,9 % de *Escherichia coli* dans les premières 24 heures d'un cycle de dépuración (Throllope et Webber, 1977 ; Bernard, 1989).

L'efficacité d'un système de dépuración dépend des conditions environnementales offertes aux organismes ainsi qu'aux soins apportés lors des manœuvres de transfert. Certains paramètres physico-chimiques tels que la température, la salinité, le pH, les teneurs en oxygène et en ammoniac dissous ainsi que la turbidité de l'eau, ont été identifiés comme des facteurs ayant des influences certaines sur l'activité métabolique et les taux de filtration des mollusques. Par exemple, la moule bleue, retrouvée en milieux estuariens et intertidaux, possède certainement la capacité de s'acclimater à de grands écarts de température et de salinité (Bayne et Widdows, 1978 ; Widdows, 1978). Cependant, de trop rapides variations de température ou de salinité peuvent entraîner des chocs thermiques ou osmotiques sévères et ainsi altérer (inhibition ou stimulation) l'activité métabolique des organismes (Richards, 1988 ; Tremblay *et al.*, 2001). L'accumulation excessive de déchets métaboliques dans les eaux de dépuración ou des diminutions importantes dans les teneurs en oxygène peuvent également inhiber l'activité des organismes. Aussi, les individus soumis à des perturbations ou stress physiologiques, en période de ponte par exemple, démontrent un certain ralentissement de leur activité de filtration (Power et Collins, 1989). Les moules bleues, malgré leur apparence externe robuste, sont donc sensibles aux perturbations. Les chocs physiques, subis lors de manipulations successives, peuvent affecter significativement la vitalité des individus, diminuant leur activité et augmentant les taux de mortalité.

Au Canada, les normes relatives à la dépuración des mollusques sont régies par le PCCSM. Celui-ci suit de près les lignes directrices de l'American National Shellfish Sanitation Program suite à un accord bilatéral entre les deux pays et régit les pratiques sanitaires des industries coquillières au Canada depuis 1948. Le programme est administré conjointement par le Ministère des Pêches et Océans (MPO), l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (ACIA) et Environnement Canada (EC). Le chapitre 10 : « Politique et méthodes de reparcage et de dépuración sous contrôle » du PCCSM dicte les procédures et exigences reliées à l'approbation d'une station de dépuración ainsi que les protocoles exigés à toutes les étapes du procédé. Cependant, tel que mentionné plus haut, il n'existe dans ce chapitre aucune ligne directrice en ce qui concerne la dépuración de la moule, d'où la nécessité d'effectuer une démonstration technique du procédé choisi.

1.2 PROBLÉMATIQUE

Les milieux productifs et naturellement protégés que constituent les baies abritées et les estuaires sont des sites de prédilection pour la mytiliculture. Parallèlement, ces zones côtières sont généralement vastement peuplées et largement aménagées. Dès lors, ces milieux de culture sont exposés à diverses sources et degrés de polluants (Bernard, 1989). Les rejets agricoles et anthropiques entraînent parfois des concentrations en coliformes fécaux élevées dans les eaux de culture.

Les moules, de par leur mode alimentaire, peuvent concentrer dans leur organisme certains polluants et particules présents dans leur environnement (Widdows et Donkin, 1992). Les bivalves filtreurs, pour se nourrir, retiennent en effet les particules en suspension dans l'eau à l'aide de leurs branchies munies de cils et de mucus. La moule bleue, *Mytilus edulis*, possède ainsi la capacité de retenir l'ensemble des particules de diamètre de 4 µm et plus. Les bactéries et les virus pourtant de plus petites tailles (0,5 µm et moins) sont également assimilés mais via un processus d'agglomération sur des particules plus grosses. C'est ainsi qu'ils s'accumulent particulièrement au niveau du système digestif et, à des concentrations nettement inférieures, dans les branchies, les palpes labiaux, le pied, les muscles, le manteau et l'hémolymphe (Minet *et al.*, 1987 ; Power et Collins, 1990). Au-delà de certaines concentrations, les organismes contaminés peuvent devenir impropres à la consommation humaine et provoquer des cas d'intoxication chez ceux qui les consomment.

La baie de Gaspé est une baie abritée où les salinités et les températures permettent la culture de mollusques. La baie pourrait supporter une production de plusieurs centaines de milliers de kilos de moules chaque année (Gilles Lapointe, Direction régionale de la Gaspésie, comm. pers.). Cela revêt donc un potentiel de développement majeur pour la mytiliculture au Québec. Des sites de culture sont d'ailleurs déjà implantés dans les eaux de la baie. Toutefois, malgré les efforts de la municipalité de Gaspé et la construction d'une usine de traitement tertiaire des eaux usées mise en fonction en 1999, les eaux de culture présentent toujours des teneurs en coliformes fécaux. Une contamination diffuse liée à des émissaires résidentiels non raccordés au système de traitement des eaux de la municipalité, ainsi que des épisodes ponctuels de débordement du réseau d'aqueduc de la municipalité, le cas d'échéant, expliqueraient ces résultats (Desbiens *et al.*, 2000). Ainsi, outre les fermetures occasionnées par la présence de biotoxines marines dans l'eau pendant l'été et le début de l'automne (Desbiens et Cembella, 1993), les résultats du programme de classification démontrent que la zone est classée fermée à la récolte ;

toutefois, la récolte peut être permise sous condition de purification selon les critères du Programme Canadien de Contrôle de Salubrité des Mollusques (PCCSM) (médiane à plus de 14 c.f./100 mL, moins de 88 c.f./100 mL d'eau et moins de 10 % des échantillons contenant des concentrations plus grandes que 260 c.f./100 mL dans les eaux de culture) au printemps et à l'automne. Pendant ces périodes, les bivalves cultivés dans la baie de Gaspé ne peuvent être écoulés sur le marché sans passer préalablement par une étape de purification en usine ou en milieu naturel non pollué. Notons qu'une récolte hivernale sous couvert de glace est toutefois également permise sous condition d'un plan de gestion.

La moule, *Mytilus sp.*, malgré une forte demande commerciale, est vendue à faible prix sur le marché, rendant les profits de sa culture généralement marginaux. Or, le processus de dépuración en usine entraînant jusqu'à maintenant des coûts de production supplémentaires de l'ordre de 16-20 % (Cerebral Marine Research, 1990), les techniques et les normes de dépuración en usine en Amérique de Nord ne visaient que les mollusques de haute valeur commerciale tel que les huîtres, les myes et les pétoncles. Ainsi, jusqu'à maintenant, il n'existe pas au Canada de lignes directrices quant à la dépuración des moules, ni de procédé de dépuración propre à cette espèce.

Devant l'impératif de trouver une solution à la problématique de la baie de Gaspé, les mytiliculteurs de la région, la Direction de l'innovation et des technologies (DIT), la Direction régionale de la Gaspésie (DRG), la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM) et Développement économique Canada (DEC) se sont concertés afin d'évaluer le potentiel et la faisabilité techno-économique de l'implantation d'une unité de dépuración de courte durée des moules de la baie de Gaspé.

À l'automne 2001, une mission d'observation s'est déroulée au Royaume-Uni et en Irlande afin de documenter les techniques de dépuración de courte durée de la moule bleue établie dans ces pays (Coulombe *et al.*, 2003). Particulièrement touchés par le problème de pollution des eaux côtières, les pays européens furent les premiers à s'intéresser au concept de dépuración à l'échelle commerciale (Canzonier, 1988). Le Royaume-Uni, l'Espagne, ainsi que plusieurs autres pays nord-européens ont depuis les années 20 établi des normes nationales en ce qui a trait à la dépuración commerciale des moules bleues. Le système de dépuración en vrac pour la moule bleue (Bulk Bin System for mussels), mis au point par la Sea Fish Industry Authority (SFIA) et homologué par le Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science (CEFAS) en Grande-Bretagne, a été retenu comme une approche potentielle à la dépuración des moules de la baie de Gaspé.

1.3 LE «BULK BIN SYSTEM FOR MUSSELS» : UNE TECHNIQUE DE DÉPURACION EN VRAC POUR LA MOULE BLEUE

Le Bulk Bin System for mussels (figure 1), un système de dépuración en vrac pour la moule bleue mis au point par la SFIA et homologué par le CEFAS en Grande-Bretagne (Boulter, 1994) a été retenu comme une approche potentielle à la dépuración des moules de la baie de Gaspé.

Ce procédé répondrait aux besoins des producteurs en tenant compte des impératifs réglementaires régissant cette pratique. Il permet de dépuración de grands volumes de moules en vrac (225-275 kg) en utilisant comme bac de dépuración des bacs isothermes (0,75 -1 m³) couramment utilisés dans l'industrie de la pêche. Les moules préalablement égrappées

sont entassées sur de grandes épaisseurs (35-50 cm). Cette technique possède ainsi l'avantage de réduire le nombre de contenants ainsi que le nombre de manipulations habituellement effectuées lors de dépuración en paniers superposés, système généralement utilisé pour d'autres espèces de mollusques. Les manipulations sont mécanisées, le transfert des organismes (entrée et sortie des moules de l'usine) s'opérant à même les bacs à l'aide de chariots-élévateurs, ce qui nécessite un minimum de personnel et d'efforts.

Techniquement, la dépuración en vrac consiste à entasser un volume important de moules préalablement égrappées sur un faux fond percé et fixé à quelques centimètres au-dessus du fond d'un bac. Une arrivée d'eau est située au-dessus des moules, mais sous la surface de l'eau afin d'empêcher la formation d'écume résultant de l'agitation de l'eau de mer. L'eau, forcée de passer au travers des moules et du faux fond, ressort par un seul drain situé à la base du bac. Ainsi, les déchets métaboliques et les particules en suspension sont entraînés sous la surface du faux fond. La sédimentation et l'évacuation au moins partielle des boues minimisent alors les risques de recontamination en isolant les moules situées au-dessus du faux fond.

Un système de dépuración en vrac peut être constitué de multiples arrivées d'eau indépendantes et des bacs pouvant être facilement retirés ou incorporés. On peut ainsi utiliser un tel système en deçà des capacités maximales de l'ensemble des bacs. Des installations flexibles peuvent être érigées de façon temporaire afin de permettre une rotation saisonnière des activités en usine. Il peut enfin être opéré en circuit ouvert ou en circuit fermé, en autant que sa configuration le permet.

Toutefois, selon la SFIA (Boulter, 1994), l'opération d'un système de dépuración en vrac nécessite de grands volumes d'eau ($22 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ de moules) afin de soutenir un apport constant et adéquat en oxygène aux mollusques. L'implantation de ce procédé au niveau commercial nécessite donc un système de pompage et de stérilisation d'eau salée à grande capacité.

1.4 OBJECTIF GENERAL

Au printemps 2002, le projet « Implantation d'unité de dépuración de courte durée des moules de la baie de Gaspé » était lancé. L'objectif général du projet était d'établir les bases techniques et économiques qui serviraient à l'implantation d'une future usine-pilote de dépuración dans la région.

1.5 OBJECTIFS SPECIFIQUES

Le projet se déroulait en deux volets, soit un volet expérimental, tenu au Centre aquacole marin de Grande-Rivière (CAMGR), et un volet pilote, dans les locaux de Les Pêcheries Marinard Ltée. (Rivière-au-Renard). Les expériences réalisées avaient comme objectif d'établir les procédés permettant le respect des exigences du PCCSM et de ACIA lors des étapes successives d'un cycle de dépuración en vrac de 48 heures.

Plus particulièrement, les objectifs du projet étaient les suivants :

- (1) obtenir un portrait des teneurs en coliformes fécaux observées dans la chair des moules bleues ainsi que les profils de température et de salinité associés aux sites de récolte de la baie de Gaspé ;
- (2) déterminer si les moules, soumises à un entassement important, possèdent la capacité de s'ouvrir et de montrer une activité de filtration normale ;
- (3) déterminer les débits d'eau minimaux à fournir dans les bacs pour répondre aux seuils critiques de qualité des eaux de traitement exigés par le PCCSM, en fonction de paramètres comme le volume de moules et le système d'approvisionnement en eau;
- (4) valider et analyser la faisabilité techno-économique d'un procédé de dépuración en vrac des moules à une échelle commerciale; et,
- (5) déterminer si le processus de dépuración a une influence sur la qualité du produit au moyen d'une analyse organoleptique et d'un suivi de la vie étagère.

2.0 SUIVI BACTÉRIOLOGIQUE DES MOULES CULTIVÉES DANS LA BAIE DE GASPÉ

2.1 OBJECTIFS

Le présent volet avait comme objectif de dresser un portrait des teneurs en coliformes fécaux observées dans la chair des moules cultivées dans la baie de Gaspé afin de décrire la contamination initiale avant dépuración, ce qui permettrait d'avoir une meilleure connaissance de la problématique de la contamination bactérienne de ces moules.

2.2 MÉTHODOLOGIE

De multiples récoltes de moules bleues ont été effectuées dans deux secteurs de la baie de Gaspé (figure 2) par les mytiliculteurs de la région (Les Moules Forillon Ltée et Les moules de Gaspé Inc), afin d'approvisionner en moules le projet expérimental (section 3.0) ainsi que le projet pilote de dépuración en vrac (section 4.0) du 3 juillet au 3 décembre 2002.

Lors de la récolte des moules, un profil de température et de salinité était effectué afin de permettre un suivi des différences entre les eaux de récolte et les eaux de traitement utilisées en dépuración. De plus, lors de l'arrivée des moules à l'unité expérimentale et à l'usine pilote, trois échantillons d'au moins 30 moules de taille commerciale étaient prélevés dans les bacs de transport ou de contention à sec afin de déterminer leur teneur en coliformes fécaux (c.f./100 g de chair). Les analyses étaient effectuées par le laboratoire de microbiologie du Centre spécialisé des pêches (CSP), à Grande-Rivière, selon la méthode NPP/BLT, confirmation EC.

2.3 RÉSULTATS

De très faibles taux de contamination ont été observés pendant la période d'approvisionnement des projets expérimental et pilote, soit une concentration médiane inférieure à 20 c.f./100 g de chair. Des teneurs en coliformes fécaux supérieures à

20 c.f./100 g de chair ont été rencontrées dans seulement 20 % des cas et ce, pour des valeurs n'excédant jamais 130 c.f./100 g de chair (tableau1).

Les profils de température et de salinité ont varié dans le temps et dans l'espace en fonction de la saison. Les eaux chaudes et stratifiées du mois de juillet ont laissé graduellement place aux températures plus froides et verticalement homogènes de la fin de l'automne. Inversement, les faibles valeurs de salinité observées en été ont eu tendance à augmenter avec l'avancement de l'automne mais de façon plus variable (tableau 1).

2.4 DISCUSSION ET CONCLUSION

L'homologation d'un procédé de dépuración est une étape où le promoteur ainsi que l'ACIA s'assurent de la capacité d'une infrastructure à dépurar adéquatement les mollusques. Une fois réalisée, l'homologation du procédé permet de diminuer les mesures de contrôle exigées par l'ACIA et éventuellement de réduire certains coûts reliés au suivi du déroulement du processus de dépuración en usine (section 3.0). Or, l'homologation d'un procédé de dépuración par l'ACIA requiert la démonstration, sur au moins 20 lots différents de mollusques, que des teneurs en coliformes fécaux situées à l'heure zéro entre 230 et 2 300 c.f./100 g seront ramenées à des teneurs nulles (< 20 c.f./100 g) après un cycle de dépuración de 48 heures.

Un meilleur suivi des teneurs en coliformes fécaux observées dans la chair des moules de la baie de Gaspé aurait pu permettre d'identifier des périodes où des concentrations élevées sont rencontrées et ainsi être considérées valides pour l'homologation du procédé de dépuración. Or, les faibles teneurs rencontrées n'ont pas permis d'observer des taux de contamination initiale dépassant les 130 c.f./100 g. Des résultats analogues ont été obtenus en 2001 (S. Morissette, Les Moules Forillon Ltée, comm. pers.)

Ces résultats ont confirmé que la démonstration de la faisabilité technique du procédé de dépuración des moules de la baie de Gaspé ne pouvait être réalisée, pour l'instant, que par une évaluation de la capacité du procédé à maintenir les paramètres de qualité de l'eau de traitement établis par le PCCSM, de même qu'à offrir des conditions permettant le bon déroulement des activités de filtration des mollusques.

3.0 DÉMONSTRATION EXPÉRIMENTALE DU PROCÉDÉ DE DÉPURACIÓN EN VRAC

Rappelons que cette démonstration expérimentale visait 2 grands objectifs, à savoir :

- 1) déterminer si les moules, soumises à un entassement important, possèdent la capacité de s'ouvrir et de montrer une activité de filtration normale ;
- 2) déterminer les débits d'eau minimaux à fournir dans les bacs pour répondre aux seuils critiques de qualité des eaux de traitement exigés par le PCCSM, en fonction de paramètres comme le volume de moules et le système d'approvisionnement en eau.

Cette démonstration était une condition préalable pour que l'ACIA autorise la tenue d'un projet pilote de dépuración. En effet, l'emploi de bassins isothermes implique que les

moules seront entassées sur des hauteurs plus ou moins importantes (plusieurs dizaines de cm) selon la quantité déposée dans les bassins. Il faut donc démontrer que toutes les moules montraient une activité normale, assurant le succès du processus de dépuración. Quant à la qualité des eaux de traitement, il va de soi qu'il fallait démontrer que le procédé proposé respecte les normes du PCCSM.

Toutes les expériences ont été réalisées au Centre aquacole marin de Grande Rivière (CAMGR) à l'été et l'automne 2002.

3.1 ACTIVITÉ DE FILTRATION

3.1.1. Objectifs

L'objectif du présent volet était le suivant : déterminer si les moules, soumises à un entassement important, possèdent la capacité de s'ouvrir et de monter une activité de filtration normale.

Nous posons en effet l'hypothèse que les moules sont capables d'ouvrir leurs valves et de reprendre une activité de filtration normale lors des cycles de dépuración en vrac, où elles sont entassées jusqu'à une hauteur d'environ 60 cm dans un bac isotherme rempli d'eau de mer.

Nous posons également l'hypothèse que les moules reprendront leur activité digestive lorsqu'elles seront soumises à ces conditions.

Deux expériences furent réalisées, à savoir :

- 1) une évaluation de l'activité de filtration des moules à partir d'indicateurs visuels tel que la sortie des cils et des siphons (Jorgenson and Ockelmann, 1991 ; Newell et *al.* 2001), la sortie du pied et la formation de byssus et le déplacement des individus ;
- 2) une évaluation de l'activité digestive des moules soumises à un entassement important, par le biais d'un examen visuel des coupes histologiques des tubules digestifs.

3.1.2. Méthodologie

3.1.2.1. Observation de l'activité de filtration

Trois colonnes d'observation de 90 cm de hauteur ont été confectionnées à l'aide de cylindres d'acrylique transparents d'un diamètre interne de 38 cm et munis d'un drain de 1 ½ pouce à la base (figure 3). Un faux fond perforé de trous d'un diamètre de 2,5 cm et espacés de 6 cm a été disposé au-dessus du drain à 8 cm du fond. Les drains des colonnes étaient indépendants et se jetaient au caniveau. Des arrivées en T amovibles, aussi utilisées lors des expériences dans les bacs de dépuración (section 3.2.2.3), ont été utilisées pour assurer un approvisionnement constant en eau salée et filtrée dans les colonnes d'observation.

À deux reprises, 45 kg de moules, préalablement égrappées, ont été déposés dans chaque colonne d'observation sur une épaisseur de 60 cm. Le débit d'eau a été fixé à 16,7 litres par minute, ce qui correspondait à la limite inférieure du débitmètre. Les périodes d'expérimentation étaient de 48 heures. L'eau était à température ambiante de la mer, soit entre 13,0 °C et 15,0 °C.

À toutes les 6 heures, des photos étaient prises à l'aide d'une caméra numérique à trois hauteurs au-dessus du faux fond soit à 10 cm, 30 cm et 50 cm. Le suivi de la qualité des

eaux de traitement (section 3.2.2.5) fut également réalisé à l'entrée et à la sortie de chaque colonne d'observation.

3.1.2.2. Activité digestive

Un cycle de dépuración (section 3.2.2.4) de 168 heures (7 jours) sur un volume de 365 kg de moules / bac (n = 3 bacs) et un débit constant d'eau de mer filtrée à 15-20 μm de 70 litres par minute par bac a été réalisé au CAMGR du 23 au 30 octobre 2002. En guise de témoins, des moules ont été maintenues parallèlement dans des aquariums avec de l'eau de mer filtrée à 0,2 μm (moules à jeun) et de l'eau de mer non filtrée (moules nourries).

Des échantillons de trois moules étaient prélevés dans le temps (0 h, 24 h, 48 h, et 168 h) de la façon suivante : un échantillon a été prélevé au T0. Par la suite, un échantillon par bac était prélevé à une ou l'autre des trois hauteurs (surface, milieu, fond) dans les bacs de dépuración aux périodes d'échantillonnage 24 h, 48 h et 168 h. À chacune de ces périodes, un échantillon de six moules était également prélevé parmi les moules à jeun et nourries. Au total, 34 échantillons ont été prélevés.

Des coupes histologiques ont alors été faites selon la méthode habituelle. Les moules étaient d'abord fixées dans une solution Davidson's pendant plus de 3 jours, puis elles étaient enrobées de paraffine. Les coupes au microtome, d'une épaisseur de 6 μm , étaient pratiquées transversalement en passant par la glande digestive des moules. Une coloration régressive à l'hématoxyline et à l'éosine était ensuite réalisée. Finalement, les lames obtenues pour les différents traitements étaient analysées au microscope sous immersion et des images étaient prises à l'aide d'une caméra numérique. Le contenu en particules alimentaires du système digestif et des cellules des tubules digestifs était évalué qualitativement selon l'échelle suivante : beaucoup, moyen, peu et aucune.

3.1.3. Résultats

3.1.3.1. Observation de l'activité de filtration

Dès leur immersion, les moules étaient actives. En effet, on pouvait observer l'ouverture des valves ainsi que la sortie du pied des moules dans les 30 premières minutes. Les moules pouvaient alors se déplacer, du moins se réorienter avant de débuter leur activité de filtration. Une forte proportion des moules avait également sorti leurs cils et leurs siphons afin de s'alimenter. Après 12 heures, la majorité des moules était fixée à la fois entre elles et à la paroi des colonnes d'observation à l'aide de leurs filaments byssaux. Les déplacements étaient alors rares. Cependant, l'ouverture des valves ainsi que la sortie des cils et des siphons, observées chez la majorité des individus, démontraient le bon déroulement des activités de filtration. Ces dernières observations se sont maintenues tout au long des 48 heures d'observation. Aucune différence dans le comportement des moules n'a été visuellement observée entre les moules situées à la surface, au milieu et au fond des colonnes d'observation.

La figure 4 présente deux observations effectuées sur les moules dans les colonnes d'acrylique.

La figure 5 présentent les résultats de température et de salinité de l'eau moyennes, de même que l'évolution de la saturation en oxygène moyenne et de l'entassement moyen

obtenus lors de l'expérience de comportement dans les colonnes d'observation en acrylique. La température moyenne a varié entre 12,0 °C et 16,0 °C durant l'expérience. La salinité moyenne s'est maintenue entre 27 et 28 ‰. La saturation moyenne en oxygène dissous a augmenté en cours de traitement, passant de 90 % à 98 % à l'entrée, et de 76 % à 85 % à la sortie, entre le début et la fin de l'expérience. L'écart entre la saturation entre l'entrée et la sortie de l'eau s'est maintenu entre 13 % et 15 % durant l'expérience.

3.1.3.2. Activité digestive

Au temps 0, soit avant le début du cycle de dépuración, les moules possédaient de la nourriture dans l'estomac et dans deux loupes de l'intestin. Les coupes des tubules digestifs ont permis d'observer des cellules saines en quantité abondante comportant de nombreuses macrovésicules et des particules alimentaires dans le cytoplasme.

Les moules, 24 heures après le début du cycle de dépuración, étaient actives au niveau de leur métabolisme digestif. Les moules soumises aux différents traitements et à différentes hauteurs dans les bacs de dépuración ne comportaient plus de nourriture dans leur estomac, mais en présentaient encore au niveau des deux loupes de l'intestin. Les coupes des tubules digestifs montraient également des cellules saines et tout aussi abondantes qu'au temps 0. Le cytoplasme comportait toujours de nombreuses macrovésicules. Un nombre de particules alimentaires encore plus élevé qu'au temps 0 indiquait probablement le retour à des activités métaboliques normales suite à un ralentissement causé par le stress occasionné par le transport.

Quarante-huit heures après le début du cycle, les moules étaient toujours actives au niveau de leur métabolisme digestif. Une différence des contenus en nourriture de l'estomac et de l'intestin a été observée entre les moules nourries et les moules des bacs de dépuración et les moules à jeun. En effet, il restait un peu de nourriture dans l'estomac et les loupes de l'intestin des moules nourries et les cellules digestives des tubules comportaient toujours de nombreuses macrovésicules et particules alimentaires. Par contre, chez les moules des bacs de dépuración et les moules à jeun, l'estomac et l'intestin, devenus plats, étaient vides et les cellules digestives des tubules présentaient une quantité moins élevée de particules alimentaires. Aucune différence n'a été observée entre les moules disposées à différentes hauteurs dans les bacs de dépuración.

À la fin de l'expérience (168 h), les observations démontrent que les moules ne possédaient plus de nourriture au niveau de leur estomac ou de leur intestin. Les particules alimentaires étaient plus nombreuses dans les cellules digestives des tubules des moules nourries que dans celles des moules des bacs de dépuración et des moules à jeun. Les cellules digestives des tubules des moules soumises aux différents traitements étaient toujours saines avec un cytoplasme comportant des macrovésicules abondantes. Ici encore, aucune différence n'a été observée entre les moules disposées à différentes hauteurs dans les bacs de dépuración.

Les résultats semblent montrer qu'il n'y a pas eu de changement (difformité ou métamorphose) au niveau des structures des tubules ou des cellules digestives. Le seul changement observé le long du cycle de dépuración est une diminution graduelle de la

quantité des particules alimentaires le long du système digestif, soit dans l'estomac et l'intestin, et dans les cellules digestives des tubules.

La figure 6 montre deux coupes effectuées sur des moules à T 0 et sur des moules à jeun à T 168. On constate la présence de nombreuses particules alimentaires dans les cellules des tubules digestifs dans la première microphotographie (beaucoup) et de nombreuses vacuoles vides dans la deuxième microphotographie (aucune).

3.1.4. Discussion et conclusion

Les expériences sur l'activité de filtration des moules ont permis de démontrer la capacité de ces dernières à reprendre leurs activités métaboliques suite à leur récolte, à leur transport et à leur immersion dans l'eau et ce, malgré un entassement important de 60-65 cm d'épaisseur. Les moules ont d'abord démontré leur capacité à s'ouvrir et à filtrer tout au long du cycle de dépuración. Les valves ouvertes ainsi que les cils et siphons sortis indiquaient clairement le bon déroulement des activités de filtration. En effet, les travaux de Jorgensen et Ockelman (1991) et Newell *et al.* (2001) ont démontré que lorsque les taux de filtration des moules diminuaient, une réaction du système nerveux entraînait la contraction musculaire du siphon exhalant et sa fermeture. L'activité du siphon exhalant est donc un indicateur du comportement alimentaire des moules. Nos résultats visuels démontrent que les moules n'ont pas rétracté leur siphon exhalant durant le processus de dépuración, suggérant le maintien des activités de filtration. De plus, les moules ont repris et maintenu des activités digestives tout le long d'un cycle de dépuración de 168 heures. Les moules, gorgées de nourriture au départ, présentaient un estomac et un intestin vides de nourriture à la fin du cycle de dépuración. Elles ont donc eu le temps nécessaire pour digérer l'ensemble des particules alimentaires qu'elles contenaient dans leur estomac lors de la récolte, témoignant du bon processus de digestion. Aucune différence au niveau de l'activité digestive n'a finalement été observée entre les moules disposées aux différentes hauteurs dans les bacs de dépuración. Ces observations indiquent la capacité de la méthode de dépuración en vrac à fournir des conditions environnementales qui permettent le bon déroulement des activités métaboliques des moules et indirectement, du bon déroulement du processus de dépuración.

Cette observation n'a rien d'inattendue. La moule bleue, *Mytilus sp.*, est une espèce grégaire qui peut être retrouvée en grande densité et sur des entassements importants dans les milieux naturels. Elle est capable de s'ouvrir malgré le poids important des autres individus. Des expériences portant sur l'effet d'un entassement de moules bleues allant jusqu'à 1,2 m d'épaisseur avaient déjà été réalisées lors du développement du «Bulk Bin System » par la SFIA. Il fut observé lors de ces expériences que l'entassement n'a semblé avoir aucun effet sur l'ouverture des valves et la formation de filaments byssaux. L'entassement de 60-65 cm pourrait donc être augmenté jusqu'à 1,2 m si les bacs de dépuración permettaient un empilement plus important (Boulter, 1994). D'ailleurs, l'habilité des individus de cette espèce à soutenir des activités métaboliques normales sous d'importants entassements permet l'emploi des techniques de contention humide utilisées actuellement en Amérique du Nord. Les mytiliculteurs maintiennent ainsi des moules en contention humide sur une période pouvant s'étaler jusqu'à un mois, selon la température de l'eau, sans observer de mortalités massives malgré un entassement pouvant atteindre 80 cm (PEI Aqua Farm, comm. pers.).

D'autre part, Tremblay *et al.* (2001) ont démontré que les moules d'élevage de la baie de Gaspé s'adaptent bien aux températures froides rencontrées l'automne et le printemps dans les eaux du golfe du Saint-Laurent, et que ces moules ne présentaient pas de différences dans leur taux de filtration lorsqu'elles étaient transférées, en laboratoire, dans de l'eau de mer présentant une température similaire à celle de l'eau de mer où elles étaient acclimatées, et ce pour une gamme de température variant de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Les auteurs arrivent à la conclusion qu'entre $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, le temps nécessaire à la dépuración devrait être le même. Cependant, la même étude a démontré qu'un choc thermique pouvait affecter le taux de filtration, soit en l'accélération lors de chocs thermiques positifs ou en le diminuant lors de chocs thermiques négatifs. Les chocs thermiques subis par les moules devraient être pris en compte dans la gestion des opérations d'une usine de dépuración, étant donné leur impact sur le taux de filtration des moules.

Nos résultats semblent indiquer que la dépuración en vrac permet aux moules de maintenir une activité de filtration normale ainsi que des activités digestives pour une période d'au moins 48 heures malgré l'entassement important auquel elles sont soumises, du moins aux températures observées durant l'expérimentation, soit environ $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2 DÉTERMINATION DES DÉBITS D'EAU PERMETTANT LE RESPECT DE LA QUALITÉ DES EAUX DE TRAITEMENT LORS DES CYCLES DE DÉPURACIÓN

3.2.1. Objectif

Le présent volet avait comme objectif d'établir les bases techniques ainsi que les débits d'eau minimaux à fournir en fonction des quantités de moules à dépuración, pour assurer le respect des normes du PCCSM concernant la qualité des eaux de traitement à l'entrée et à la sortie des bacs lors d'opération de dépuración en vrac.

Nous posons en effet l'hypothèse que la dépuración en vrac des moules permet de respecter les exigences du PCCSM concernant la qualité des eaux de traitement de dépuración.

Les travaux ont porté essentiellement sur un système de dépuración en circuit ouvert. Cependant, un système de dépuración en circuit fermé a aussi été testé. Il s'agissait de vérifier le comportement du système en recirculation et éventuellement d'estimer le pourcentage d'eau nouvelle à ajouter au système pour permettre le respect des normes du PCCSM.

Les exigences concernant la qualité de l'eau de traitement, dictées dans le chapitre 10 du PCCSM, sont présentées au tableau 2. De plus, toujours selon le PCCSM, un débit d'eau minimal de 107 litres par minute par mètre cube de coquillages doit obligatoirement être maintenu dans chaque bac.

Rappelons que ces exigences ne portent pas spécifiquement sur la dépuración de la moule, mais bien sur la dépuración des mollusques en général.

3.2.2. Méthodologie

3.2.2.1. Approvisionnement en moules

Les moules utilisées lors des expérimentations de dépuración en vrac étaient récoltées dans différents sites de culture par les mytiliculteurs de la baie de Gaspé (figure 2). Les moules, préalablement égrappées sur le pont du navire à l'aide d'une égrappeuse mécanique, étaient entassées à sec dans des poches de transport et disposées dans des bacs isothermes. Les bacs étaient alors transportés à l'aide d'un camion-remorque (figure 7) jusqu'à l'unité expérimentale de dépuración à Grande-Rivière. Les expérimentations se sont déroulées de juillet à novembre 2002.

3.2.2.2. Transfert des moules

Dès leur arrivée, les moules étaient transférées dans les bacs de dépuración expérimentaux à l'aide d'un chariot-élévateur (figure 7). Afin de permettre un échantillonnage des moules à différentes hauteurs dans les bacs lors des cycles de dépuración, les moules étaient disposées en deux couches successives dans des filets tressés ayant une maille de 26 mm. Un premier filet était tout d'abord disposé dans chaque bac et la moitié du volume de moules à dépuración était transférée. Un deuxième filet était alors déployé à mi-hauteur et le restant des moules y était ajouté (figure 8).

3.2.2.3. Unité expérimentale de dépuración

La structure expérimentale, surélevée sur une plate-forme de bois, (figures 9 et 10) comprenait trois bacs isothermes (Saeplast DX335) d'un volume de 1,13 m³ (dimensions internes : 1,12 m * 0,99 m * 0,70 m). Afin de surélever les moules du fond des bacs et ainsi minimiser les risques de recontamination par les boues, des faux fonds rigides et percés de 85 trous d'un diamètre de 2,5 cm étaient disposés à 6 cm au-dessus du fond des bacs. De plus, pour empêcher les faux fonds de s'écraser sous le poids des mollusques et éviter une obstruction du drain situé à la base du bac, les faux fonds étaient renforcés par trois pattes confectionnées à partir de tuyaux de plastique de 3 ½ pouces coupés sur le sens de la longueur.

Un approvisionnement constant en eau de mer à la température ambiante d'environ 350 litres par minute était assuré par le système de pompage du CAMGR. Cette eau est pompée dans un puits, directement relié à deux crépines en mer situées à environ 100 m du rivage et à 7 m de profondeur. L'eau était filtrée sur sable (environ 15 µm) à la station de pompage avant d'être acheminée à l'unité expérimentale. L'eau était tout d'abord acheminée dans un bac de mélange situé en amont du système. Ce bac permettait, en circuit ouvert, de tamponner les fluctuations de pression observées dans le système et servait de bac de mélange lorsque le circuit opérait en recirculation. L'eau du bac de mélange était par la suite pompée par une pompe (Jacuzzi Magnum 1500) et passait par un stérilisateur U.V. (Aquamerik 6-L-G) et/ou une thermopompe (Gell'Air 5HP) avant d'alimenter les bacs de dépuración. Un débitmètre vertical (Chemline) et une valve union (Chemline) permettaient l'ajustement des débits à l'entrée de chaque bac. L'alimentation en eau s'effectuait par le haut du bac, sous la surface de l'eau, par le biais d'une arrivée en T amovible de 1 ½ pouce de diamètre en PVC. Le drainage se faisait par la base des bacs par des trop-pleins externes de 1 ½ pouce de diamètre. Pour assurer un volume d'eau

constant dans les bacs tout au long du cycle de dépuration et ainsi empêcher des débordements ou le vidage complet des bacs, la hauteur des trop-pleins avait été préalablement ajustée pour chaque combinaison de volume de moules et de débit. Le retrait des trop-pleins permettait un drainage complet des bacs en l'espace de 10 minutes.

Finalement, le système de drainage (figure 9) était construit de sorte qu'il puisse aussi bien être opéré en circuit ouvert qu'en recirculation. Les conduits de drainage étaient en effet munis d'une série de valves guillotines permettant l'écoulement indépendant des eaux usées des différents bacs de dépuration vers le caniveau (circuit ouvert) ou vers le bac de mélange (circuit en recirculation).

3.2.2.4. Cycle de dépuración de 48 heures

Le PCCSM a fixé la durée minimale d'un cycle de dépuración contrôlé en usine à 48 heures entrecoupées d'un vidage complet à mi-cycle (figure 11). Afin de s'assurer du respect de cette exigence, les différentes étapes du cycle de dépuración étaient délimitées de sorte que :

le début du cycle de dépuración (temps 0) a été fixé au moment où le niveau maximal de l'eau était atteint et se maintenait stable dans les bacs ;

le début du vidage à mi-cycle (temps 24) a été fixé à l'instant où les trop-pleins externes étaient retirés débutant ainsi le drainage des bacs ;

le vidage terminé, les bacs de dépuración étaient à nouveau remplis pour les 24 heures restant et donc jusqu'à la fin du cycle de dépuración et le drainage définitif des bacs (temps 48 h).

3.2.2.5. Suivi de la qualité de l'eau de traitement du système de dépuración

Afin de s'assurer du respect des normes concernant la qualité de l'eau de traitement, des échantillons d'eau à l'entrée et à la sortie de chaque bac étaient récoltés à un intervalle régulier de 6 heures et ce, tout le long des cycles de dépuración expérimentaux (figure 11).

Les mesures de température, de salinité et de pH étaient prises dans les bacs de dépuración. La teneur en oxygène dissous (%) était mesurée à l'arrivée d'eau et au drain des bacs de dépuración. Ces quatre paramètres ont été mesurés à l'aide d'une sonde multiparamétrique (YSI modèle 600QS-02). Les mesures de turbidité de l'eau en NTU, unité néphélométrique équivalente à celle de Jackson, ont été réalisées à l'aide d'un turbidimètre microprocesseur (Hanna Instruments modèle HI93703) à l'entrée et à la sortie des bacs. Les mesures des teneurs en ammoniac dissous ont été réalisées au laboratoire de chimie du Centre de technologie des produits aquatiques (CTPA) de la Direction de l'innovation et des technologies (DIT) à Gaspé. L'acidification immédiate, par le biais d'une addition de 0,5 ml d'acide sulfurique concentré aux échantillons d'eau de 100 ml, prélevés à l'arrivée d'eau et au drain des bacs de dépuración, permettait leur conservation durant 30 jours au réfrigérateur et leur transfert au laboratoire. Les teneurs en ammoniac dissous étaient alors obtenues à l'aide d'une électrode spécifique Corning Ammonia combination electrode 476130 relié à un analyseur ionique Corning ion analyser 350.

3.2.2.6. Suivi bactériologique

Tel que mentionné au point 2.0, un suivi de la teneur en coliformes fécaux rencontrés dans la chair des moules à dépuración a été effectué. Ainsi, trois échantillons d'environ 30 moules étaient prélevés systématiquement dans les poches de transport sitôt leur arrivée à l'unité expérimentale. Cet échantillonnage correspondait ainsi au temps 0 du cycle de dépuración.

Compte tenu du coût élevé des analyses bactériologiques et de l'intégration tardive du système de stérilisation U.V dans l'unité expérimentale, les échantillonnages aux temps 24 h et 48 h n'ont pas été réalisés systématiquement à toutes les expériences.

Ainsi, à certaines occasions seulement, lors du vidage des bacs à mi-cycle (temps 24 h), des échantillons de moules pouvaient être prélevés à la surface, au milieu et au fond de chaque bac en soulevant successivement les poches d'échantillonnage. De la même façon, un échantillonnage pouvait être effectué au temps 48 h.

Ces échantillons ont été analysés selon la méthode décrite au point 2.2.

3.2.2.7. Volumes de moules et débits d'eau testés

3.2.2.7.1. Circuit ouvert

Un premier volume de moules correspondant à un entassement à sec de 35-40 cm et à 225 kg fut premièrement fixé afin de tester la faisabilité technique de la dépuración en vrac dans des bacs isothermes puisqu'ils sont les plus couramment utilisés dans l'industrie de la pêche. Le débit d'eau testé lors des cycles de dépuración de 225 kg de moules a été fixé à 40 L/min. Quatre essais ont été réalisés.

Un deuxième volume de moules correspondant à un entassement à sec de 55-60 cm et à 365 kg a été utilisé. Le débit d'eau testé lors des cycles de dépuración de 365 kg de moules était de 90 L/min. Trois essais ont été réalisés.

3.2.2.7.2. Circuit fermé

Un volume de moules de 225 kg par bac a été utilisé afin de tester la faisabilité technique de la dépuración en vrac en recirculation. Le système rempli (bac de mélange et les 3 bacs de dépuración), le volume d'eau était d'environ 2 680 litres d'eau, donnant ainsi un ratio de 3,9 litres d'eau par kg de moules.

Une expérimentation en recirculation a été effectuée, en deux volets. L'accumulation totale d'ammoniac dissous (ppm) a été déterminée : (1) sur les deux périodes de 24 heures d'un cycle de dépuración avec une température de l'eau non contrôlée, et (2) sur une période de 24 heures avec une température de l'eau contrôlée. Notons que le même lot de moules a été utilisé lors de ces essais, et que conformément aux prescriptions du PCCSM, l'eau était entièrement drainée et renouvelée après une période de 24 heures.

3.2.3. Résultats

3.2.3.1. Circuit ouvert

3.2.3.1.1. Dépuración en vrac d'un volume de 225 kg de moules

En circuit ouvert, le débit de 40 litres par minute utilisé pour dépuración un volume de 225 kg de moules en vrac a permis de rencontrer les conditions minimales concernant la qualité

des eaux de traitement exigées par le PCCSM pour des températures de l'eau comprises entre 3 et 15 °C.

La température et la salinité moyennes de l'eau de traitement de dépuración correspondaient à respectivement $\pm 20 \%$ et $\pm 8 \%$ des régimes médians du secteur de récolte des moules. La température et la salinité ont varié entre les expérimentations ainsi qu'à l'intérieur des cycles de dépuración en fonction de la température ambiante de l'eau de mer approvisionnant le CAMGR (figure 12).

Lorsque l'on regroupe les résultats de l'ensemble des cycles de dépuración à 40 litres par minute (y compris ceux obtenus lors de l'évaluation du potentiel de recontamination par les boues ; section 3.3.2), on observe une relation exponentielle entre la déplétion en oxygène indiquée par la différence de mesures entre l'entrée et la sortie, et la température de l'eau (figure 13). On observe également qu'à l'exception des teneurs obtenues en oxygène dissous inférieures au seuil critique de 50 % lors du premier essai, qui s'expliqueraient par des diminutions de débit, les teneurs en oxygène dissous à la sortie des bacs sont demeurées supérieures à 50 % et ce, malgré des fluctuations plus ou moins importantes à l'entrée (figure 14).

Les teneurs en ammoniac dissous, pour leur part, étaient particulièrement élevées en début de cycle de dépuración et plus élevées à la sortie des bacs mais elles sont toujours restées inférieures à 0,6 ppm, soit sous la limite de 0,9 ppm (tableau 3) (figure 15).

Le pH a varié entre 8,0 et 8,6.

Finalement, l'approvisionnement en eau salée filtrée a permis d'obtenir à l'entrée du système des valeurs de turbidité pratiquement nulles, assurant ainsi la capacité bactéricide du système de stérilisation U.V. Des valeurs de turbidité un peu plus élevées, mais inférieures à 20 NTU, ont été observées à la sortie des bacs, ce qui indique l'évacuation d'une partie des sédiments au niveau du drain.

Les détails des différents essais sont présentés au tableau 3.

3.2.3.1.2. Dépuración en vrac d'un volume de 365 kg de moules

En circuit ouvert, le débit de 90 litres par minute utilisé pour dépuración un volume de 365 kg de moules en vrac a permis de rencontrer largement toutes les conditions minimales concernant la qualité des eaux de traitement exigées par le PCCSM et ce, pour des températures d'eau comprises entre 7 et 15 °C.

La température et salinité moyennes de l'eau de traitement de dépuración correspondaient toutefois à respectivement $\pm 31 \%$ et $\pm 2 \%$ des régimes médians du secteur de récoltes des moules. La température et la salinité ont variées entre les expérimentations ainsi qu'à l'intérieur des cycles de dépuración en fonction de la température ambiante de l'eau de mer observée à la prise d'eau du CAMGR (figure 16).

Lorsque l'on regroupe les résultats de l'ensemble des cycles de dépuración à 90 litres par minute, on observe une relation exponentielle entre la déplétion en oxygène indiquée par la

différence des mesures entre l'entrée et la sortie et la température de l'eau (figure 17). Les teneurs en oxygène dissous à la sortie des bacs sont toujours restées supérieures à 70 % et ce, malgré des fluctuations plus ou moins importantes à l'entrée (figure 18).

Les teneurs en ammoniac dissous, pour leur part, étaient un peu plus élevées en début de cycle de dépuración de même qu'à la sortie mais elles sont toujours restées inférieures à 0,2 ppm, soit sous la limite de 0,9 ppm (tableau 3) (figure 18).

Le pH a varié entre 7,9 et 8,2.

Comme dans le cas des essais avec 225 kg de moules, les valeurs de turbidité à l'entrée du système étaient pratiquement nulles. Des valeurs de turbidité un peu plus élevées, mais inférieures à 20 NTU, ont été observées à la sortie des bacs, ce qui indique l'évacuation d'une partie des sédiments au niveau du drain.

Les détails des différents essais sont présentés au tableau 3.

3.2.3.2. Circuit fermé

L'expérience réalisée en recirculation à température non contrôlée (figure 20) a permis d'observer une augmentation de la température de l'eau, qui tend à rejoindre la température de la pièce, ainsi qu'une augmentation exponentielle des concentrations en ammoniac. Ces patrons se sont répétés sur les deux périodes de 24 heures du cycle de dépuración. L'ammoniac dissous a atteint une teneur maximale de 13,5 ppm à la fin de la deuxième période de 24 heures. D'autre part, on a aussi observé une diminution en fonction du temps des teneurs moyennes en oxygène dissous à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuración ainsi que dans le bac de mélange. Les résultats montrent aussi une ré-oxygénation de l'eau et le maintien des concentrations en oxygène dissous supérieures à 75 % dans le bac de mélange, le tout occasionné par l'agitation de l'eau lors de son retour dans le bac. La turbidité présentait une légère diminution dans le temps, les valeurs observées restant largement en deçà des valeurs limites.

Lorsque la température de l'eau était contrôlée, c'est-à-dire gardée stable à 3 °C (température de la mer au moment de l'expérience), la teneur en ammoniac dissous présentait une augmentation linéaire jusqu'à un maximum de 3,8 ppm après 24 heures.

3.2.3.3. Suivi bactériologique

À partir du moment où le système de stérilisation UV fut installé dans l'unité expérimentale du CAMGR, les teneurs en coliformes fécaux de la chair des moules arrivant au CAMGR (T0) ont dépassé la norme de 20 c.f. / 100 g de chair à deux reprises, soit les 6 et 20 novembre 2002 (tableau 1, section 2.3). Les teneurs en coliformes fécaux au T 48 de ces deux cycles de dépuración expérimentaux étaient de moins de 20 c.f. / 100 g de chair.

3.2.4. Discussion et conclusion

La dépuración en vrac, méthode qui consiste à fournir de grands volumes d'eau à des volumes importants de moules dans des bacs isothermes industriels, permet de répondre

aux exigences du PCCSM concernant la qualité physico-chimique de l'eau, du moins lors d'une utilisation en circuit ouvert.

En effet, suite aux expériences en circuit ouvert, nous pouvons affirmer que :

- un débit de 40 litres par minute permet le maintien de la qualité physico-chimique de l'eau lors d'un cycle de dépuración en vrac d'un volume de 225 kg de moules, soit un entassement à sec de 35 à 40 cm, pour des températures comprises entre 3 et 15 °C.
- un débit de 90 litres par minute permet le maintien de la qualité physico-chimique de l'eau lors d'un cycle de dépuración en vrac d'un volume de 365 kg de moules, soit un entassement à sec de 50 à 65 cm pour des températures comprises entre 7 et 15 °C.

Ces ratios (débit d'eau par volume de moules) constituent une base qui devrait assurer, en partie, le bon déroulement du processus de dépuración conformément aux obligations de l'ACIA lors de l'opération d'une unité de dépuración en vrac.

Toutefois, le bon déroulement des opérations de dépuración en vrac dépendra également de la capacité de l'unité de dépuración à fournir :

- un approvisionnement constant et un drainage adéquat à chacun des bacs traités en usine ;
- des eaux de traitement bien oxygénées et s'écartant le moins possible des températures ou des salinités médianes du secteur de récolte ; et,
- des espaces et des installations adéquates au bon déroulement de manœuvres mécanisées.

3.2.4.1. Maintien des niveaux en oxygène

Le facteur le plus critique lors du respect des exigences du PCCSM sur la qualité de l'eau de traitement est sans aucun doute de permettre un apport en oxygène constant et suffisant à l'ensemble des moules disposées en vrac dans les bacs.

Les mollusques sont des organismes poïkilothermes, c'est-à-dire que leur température corporelle varie avec celle de leur environnement. Or, les activités métaboliques varient, elles aussi, en fonction de la température. Les mollusques, à l'intérieur d'un certain intervalle de température, augmentent leurs activités en réponse à des hausses de température de l'eau. C'est ce que semblent démontrer nos résultats sur la déplétion en oxygène en fonction de l'augmentation de la température de l'eau.

Les débits d'eau mentionnés ci-haut doivent donc être utilisés en tenant compte de cette réalité. L'utilisation des mêmes débits à des températures plus élevées pourrait induire des déplétions majeures en oxygène dissous dans les bacs. Il faudrait alors réajuster la situation par une augmentation des débits. Toutefois, les périodes estivales qui pourraient apporter des telles valeurs de température (> 15 °C) dans les eaux de traitement sont peu sujettes à apporter des conditions idéales à la dépuración de la moule en raison d'épisodes possibles de bloom d'algues toxiques et de la période de reproduction.

Inversement, il serait théoriquement possible de diminuer les débits lorsque des températures plus froides sont rencontrées. En effet, les résultats obtenus avec des volumes de moule équivalents à 225 kg montrent qu'avec des températures d'eau de mer d'environ 3 °C, la déplétion d'oxygène dissoute entre l'entrée et la sortie des bacs n'est que de 10 % (tableau 3, et figures 13 et 14). Les résultats obtenus avec des volumes de moule équivalents à 365 kg montrent une déplétion similaire à des températures d'environ 8 °C.

Une diminution des débits d'eau en fonction de la température entraînerait une diminution des coûts d'opération d'une éventuelle usine de dépuración.

Cependant, il est important de noter que des débits inférieurs n'ont pas été testés dans le cadre de ce projet, et qu'une validation expérimentale devra être effectuée avant de lancer des opérations commerciales avec des débits moindres pour les quantités de moules similaires à celles utilisées dans le cadre de ce projet. On doit également se rappeler que le PCCSM prescrit un débit minimal de 107 litres par minute par m³ de coquillage. L'emploi de débits moindre devra donc faire l'objet de discussion avec l'ACIA et d'une démonstration technique.

Certaines contraintes techniques peuvent être rencontrées au niveau du maintien des débits, tel que nous l'avons observé lors des premières expérimentations, lorsque des variations de débits ont été rencontrées. Ces dernières étaient dues à des variations de pression dans le système de pompage du CAMGR. L'utilisation du bac de mélange comme réserve d'eau en circuit ouvert a alors permis de corriger la situation. Des diminutions de débits peuvent provoquer un apport insuffisant en eaux nouvelles et induire des chutes drastiques dans les teneurs en oxygène rencontrées à la sortie des bacs, particulièrement lorsque les températures sont élevées. C'est pourquoi une attention particulière doit être apportée lors du choix et de la conception de l'approvisionnement en eau, puisque ce dernier doit être capable de fournir en tout temps le débit minimal malgré d'éventuelles fluctuations de débits et/ou de pression (par exemple dans le cas d'un système d'approvisionnement en eau partagé par différents utilisateurs).

3.2.4.2. Respect des températures et des salinités

Les différents résultats obtenus lors des expérimentations effectuées avec un système de circulation ouvert semblent montrer que le processus offre aux moules les conditions de température et de salinité nécessaires à une reprise rapide et un maintien des activités métaboliques normales.

Le maintien d'une température stable lors des opérations d'une unité de dépuración en recirculation comporte des contraintes supplémentaires. En effet, lors de l'expérience réalisée en circuit fermé, la température de l'eau s'est élevée graduellement et a presque rejoint la température de la pièce en 24 heures (figures 20 et 21). L'impact de cette élévation sur l'activité métabolique des moules n'a pas été vérifié, mais on peut penser qu'il s'en est suivi une augmentation des activités physiologiques et métaboliques des moules (Tremblay et *al.* 2001).

Pour remédier à cette situation, la température de la pièce aurait pu être maintenue à des températures semblables à celles des eaux de récolte. Cependant, les opérations de

dépuration en vrac étant prévues principalement au printemps et à l'automne, les basses températures auraient alors comme conséquence de rendre les conditions de travail pénibles pour les employés. L'ajout d'un système de contrôle de la température (thermopompe) ou un apport d'eau nouvelle pourrait également corriger la situation. Cela aura toutefois comme conséquence dans le premier cas d'augmenter de façon significative le coût des installations (achat de la thermopompe) et d'opérations (électricité et maintien) ; dans le second cas, d'augmenter les frais des opérations liés au pompage (apport d'eau nouvelle) et le nombre d'opérations. Ces nouvelles contraintes et ces augmentations des frais devront éventuellement être considérés lors de planification d'une unité de dépuration en recirculation.

Le respect des normes concernant les écarts de température et de salinité entre les températures des eaux de récolte et celles des eaux de traitement peut être problématique. En effet, ces écarts ne doivent pas dépasser un certain pourcentage du régime de température et de salinité médian des eaux du secteur de récolte.

Les moules disposées sur des boudins de culture sont réparties sur des profondeurs de 5 m dans lesquelles des variations abruptes de températures et de salinités peuvent être rencontrées (chapitre 1). L'estimation de valeurs médianes est alors questionnable puisqu'elle est difficile à établir. De plus, ce type d'estimation n'accorde pas les mêmes écarts en fonction de la température ou de la salinité des eaux de récolte. En effet, un écart de 4 °C respectera l'exigence à une température médiane du secteur de récolte de 20 °C alors qu'un même écart ne la respectera plus à une température médiane de 5 °C. Dès lors, il peut devenir difficile de respecter parfaitement cette exigence. Cette réalité inhérente aux techniques de production en mytiliculture doit être discutée de façon particulière avec l'ACIA afin de déterminer si des écarts un peu plus grands peuvent être tolérés.

3.2.4.3. Respect des teneurs en ammoniac

Lors des expériences de dépuration en vrac réalisées en circuit ouvert, les teneurs en ammoniac dissous observées à la sortie des bacs de dépuration ont toujours respecté la norme du PCCSM (rappelons que cette norme ne s'applique qu'aux procédés utilisant la recirculation). Les concentrations les plus élevées ont été rencontrées en début de cycle, immédiatement après l'immersion des moules. L'ouverture des moules libère sûrement leurs eaux intervalvaires et leurs déchets métaboliques accumulés lors de la récolte et du transport à sec.

Le suivi des teneurs en ammoniac n'est cependant pas une obligation lors du traitement de dépuration en circuit ouvert. Cela comporte un avantage certain. En effet, le suivi des teneurs en ammoniac dissous, une exigence récente du PCCSM, lors des opérations de dépuration en circuit fermé peut se révéler une tâche ardue. Il existe de nombreux fournisseurs de modèles d'instruments sur le marché permettant de mesurer l'ammoniac dans l'eau salée. Ces instruments sont relativement peu coûteux et simples d'utilisation. Ils se basent principalement sur une réaction colorimétrique différentielle de l'eau à certains agents formant un complexe avec les molécules visées. Or, cette réaction chimique peut perdre son pouvoir indicatif lorsque la présence d'autres molécules dans l'eau de mer interfèrent avec ces mêmes agents. C'est ce qui s'est produit lorsque nous avons tenté de prendre les mesures avec un de ces appareils. On a donc eu recours à la méthode de

l'électrode spécifique pour obtenir les mesures d'ammoniac lors du projet expérimental. Cette méthode utilise la perméabilité spécifique de l'électrode à l'ammoniac gazeux et n'est donc pas gênée par la présence d'autres molécules. Elle demande cependant un équipement particulier, de nombreux standards et solutions ainsi qu'un temps d'opérations relativement long. Les contraintes liées au suivi des teneurs en ammoniac devraient donc être sérieusement étudiées avant d'envisager la réalisation d'une unité de dépuración en vrac s'opérant en circuit fermé.

Les teneurs en ammoniac dissous observées dans le système, lors de l'expérience en circuit fermé, ont montré des accumulations rapides qui dépassaient largement les normes du PCCSM. Ces concentrations étaient plus grandes lorsque les températures étaient élevées, probablement à cause de l'augmentation parallèle de l'activité métabolique des mollusques. Ainsi, le ratio de 1,8 litres d'eau par livre de moules ne semble vraisemblablement pas être en mesure de maintenir les niveaux d'ammoniac en dessous du seuil d'acceptabilité de 0,9 ppm de l'ACIA. L'expérience menée respectait pourtant le même ratio de 3,9 litres d'eau par kg de moules que celui utilisé lors des opérations en circuit fermé par l'usine de dépuración *Myti Musseis* homologuée par la CEFAS au Pays de Galles. Le suivi des concentrations en ammoniac dissous n'étant pas une obligation au Royaume-Uni, il n'a pas été réalisé dans le cadre de l'étude de Boulter (1994) ce qui ne nous permet aucune comparaison.

L'expérience réalisée en circuit fermé ne nous permet pas de déterminer quels ratios de volume d'eau : volume de moules permettrait de respecter les normes du PCCSM, non plus quel apport d'eau nouvelle serait éventuellement nécessaire pour atteindre un facteur de dilution permettant le respect des normes. La faisabilité technique de la dépuración en vrac en circuit fermé nécessite donc des études supplémentaires. Il reste particulièrement à déterminer les techniques permettant de maintenir les concentrations en ammoniac en dessous du seuil critique de 0,9 ppm. Celles-ci pourront être établies en déterminant :

- les moyens de contrôler la température de l'eau pour empêcher une accumulation exponentielle des teneurs en ammoniac dissous au cours du cycle de dépuración, en fait pendant les deux périodes de 24 heures ;
- les ratios volume d'eau : volume de moules adéquats à l'opération d'une unité de dépuración en vrac en circuit totalement fermé qui limitent l'accumulation totale en ammoniac en dessous du seuil critique ;
- le volume d'eau nouvelle à apporter au système pour limiter l'accumulation des teneurs en ammoniac dans le système, ou ;
- une solution mitoyenne entre la capacité en eau totale du système et le volume en eau nouvelle à apporter.
- Disposition des installations et manœuvres en usine.

La configuration des installations utilisées lors du projet expérimental au CAMGR, nécessaire dans le cadre de l'expérimentation (section 3.2.2.3, et figures 9 et 10) ne permettait pas la manipulation mécanisée des bacs à l'aide d'un chariot-élévateur, les manœuvres extrêmement difficiles auraient inévitablement occasionné des bris. Ce type de configuration rigide est donc à éviter lors la planification des installations d'une unité de dépuración. En effet, le système d'approvisionnement en eau devrait être constitué de tuyau

flexible et provenir du plafond ou des murs. De plus le drainage des bacs devrait être conçu de façon à ce que les trop-pleins puissent être retirés facilement et rapidement de leur emplacement et ainsi permettre à la fois de libérer les bacs et de faciliter les manœuvres mécanisées.

Le système de trop-plein utilisé lors des expériences ne permettait pas le drainage complet des bacs lors d'un arrêt soudain de l'approvisionnement en eau. En cas d'arrêt de l'alimentation en eau (panne électrique, bris, etc.) les moules se seraient retrouvées dans une eau stagnante tant et aussi longtemps que les trop-pleins n'étaient pas retirés manuellement, et auraient ainsi connu une situation de diminution d'oxygène et d'accumulation de déchets métaboliques, ce qui ne répond pas aux normes du PCCSM. C'est pourquoi les installations d'une unité de dépuración sont tenues d'utiliser un mécanisme de drainage automatique ou un système d'alarme permettant au responsable de l'usine de drainer les bacs, dans les délais les plus brefs, lorsqu'un arrêt de l'approvisionnement en eau survient.

3.3 POTENTIEL DE RECONTAMINATION PAR LES BOUES

3.3.1. Objectifs

Ce volet a été envisagé et réalisé suite à des observations inusitées dans les teneurs en coliformes fécaux rencontrées dans la chair des moules à la fin de deux expérimentations, de même que dans les bacs sortant de la contention humide en usine pilote après le premier cycle de dépuración.

Malgré l'absence d'un traitement bactéricide de l'eau, des concentrations en coliformes fécaux de plusieurs milliers de c.f. / 100 g de chair, observées dans les moules provenant du fond des bacs à la fin (T48) des expérimentations n° 2 et n° 3 de dépuración à 365 kg de moules, auraient pu indiquer une incapacité du système à permettre une dépuración complète des moules situées au fond des bacs. Pour s'assurer que l'emploi de filets à des fins d'échantillonnage n'entravait pas le bon déroulement du processus de dépuración, par exemple en créant une restriction à l'écoulement de l'eau, et n'introduisait pas, par le fait même, de biais dans l'évaluation du processus, un cycle de dépuración a été réalisé en utilisant des bacs avec et sans poche.

Lors du projet pilote, des concentrations en coliformes fécaux de plusieurs milliers de c.f. / 100 g de chair ont été observées à la fin de la période de contention humide qui avait suivi le premier cycle de dépuración et ce, malgré les résultats témoignant de leur absence suite au traitement de dépuración (T 48 cycle 1). La remise en suspension des boues de dépuración par l'emploi d'un système d'aération mis en place sous les faux fonds des bacs lors de la contention humide a alors été identifiée comme un facteur possible de recontamination bactérienne. Afin de vérifier cette hypothèse, un cycle de dépuración suivi d'une période de contention humide avec ou sans aération a été réalisé.

3.3.2. Méthodologie

3.3.2.1. Effet des filets d'échantillonnage

Un cycle de dépuración de 48 heures avec un volume de 225 kg de moules et un débit de 40 litres par minute a été réalisé dans deux bacs de dépuración : l'un comprenant des poches d'échantillonnage et l'autre en étant dépourvu.

Un suivi des teneurs en coliformes fécaux rencontrés dans la chair des moules bleues a été effectué en prélevant trois échantillons de moules dans les poches de transport sitôt leur arrivée à l'unité expérimentale (T0). Des échantillons de moules ont également été prélevés à la surface, au milieu et au fond de chaque bac à la fin du cycle (T48). Finalement, des échantillons de boue ont été prélevés sous le faux fond de chaque bac et analysés selon les méthodes LBA B/S-CF1.1 et LBA B/S-P/A1.1.

3.3.2.2. Contention humide avec et sans bullage

Pour réaliser l'expérience déterminant l'effet du bullage sur la remise en suspension des boues de dépuración, deux des trois bacs de dépuración ont été modifiés en ajoutant sous les faux fonds un bulleur relié à une arrivée d'air. Le troisième bac n'avait pas été modifié et

servait de témoin. Un cycle de dépuración de 48 heures sur un volume de 225 kg de moules avec un débit de 40 litres par minute a été effectué (section 3.2.2.4). Suite à ce cycle, les bacs ont été remplis d'eau de mer à nouveau et alimentés avec un débit de 20 L/min pour une période de 72 heures, et du bullage fut ajouté afin de simuler une mise en contention humide telle qu'effectuée dans le cadre du projet-pilote. Afin de connaître les teneurs en coliformes fécaux rencontrés dans la chair des moules bleues, trois échantillons de moules ont été prélevés dans les poches de transport sitôt leur arrivée à l'unité expérimentale. Cet échantillonnage correspondait ainsi au temps 0 du cycle de dépuración. Afin de s'assurer du succès du cycle, des échantillons de moules ont été prélevés à la surface, au milieu et au fond de chaque bac au temps 48 h (temps 0 h de la contention humide). Le même échantillonnage a enfin été repris à la fin de la période de contention humide (temps 72 h). Des échantillons de boue ont été également prélevés sous le faux fond de chaque bac après la période de contention et analysés selon les méthodes décrites en 3.3.2.1.

Afin de visualiser le comportement des sédiments de fond lors de l'utilisation de bullage dans les bacs de contention, deux simulations ont été effectuées dans une colonne d'observation (section 3.1.2.1). Pour ce faire, des boues étaient préalablement déposées sous le faux fond et ensuite, 45 kg de moules (60-65 cm d'épaisseur) étaient ajoutés. Un débit d'eau de 16,7 litres par minute, correspondant à la lecture minimale du débitmètre à l'entrée, était assuré tout au long de l'expérience. Au premier essai, le bullage a été ajouté avant le remplissage de la colonne avec l'eau de mer, alors qu'au deuxième essai le bullage n'a été ajouté qu'une fois la colonne remplie d'eau.

3.3.3. Résultats

3.3.3.1. Effet des filets d'échantillonnage

Les moules étaient très faiblement contaminées au début du cycle de dépuración, la teneur en coliformes fécaux relevés dans les moules des trois échantillons prélevés étant de < 20, 50 et 80 c.f./100 g. À la fin du cycle, l'absence de coliformes fécaux dans la chair des moules (< 20 c.f./100 g) (tableau 4), de même que dans la boue de dépuración (< 10 c.f./mL) (tableau 5), ne laisse présager aucun effet des poches d'échantillonnage sur l'écoulement de l'eau ou l'évacuation des boues.

3.3.3.2. Contention humide avec et sans bullage

Les moules étaient très faiblement contaminées au début du cycle de dépuración, les teneurs en coliformes fécaux des trois échantillons prélevés étant de < 20, 40 et 80 c.f./100 g. À la fin du cycle de dépuración, ainsi qu'à la fin de la période de contention, aucune contamination n'a été observée, les teneurs en coliformes fécaux étant toutes plus petites que < 20 c.f./100 g (tableau 4). Les boues ne présentent pas de contamination ni à la fin de la dépuración, ni à la fin de la contention (tableau 5).

3.3.4. Discussion et conclusion

Les résultats obtenus semblent montrer que la présence de filets dans les bacs de dépuración n'a pas d'effet sur le processus de dépuración, aucune différence n'ayant été observée entre les traitements. Selon ces résultats, l'emploi des filets permet donc la prise

d'échantillons de moules à différentes hauteurs dans les bacs lors des étapes successives du cycle de dépuración sans introduire de biais dans l'évaluation du processus de dépuración. Cependant, cette expérience n'a été effectuée qu'une seule fois, avec un seul réplicat par traitement, et la contamination de départ était très faible, comme c'est généralement le cas avec les moules de la baie de Gaspé.

L'expérience réalisée sur l'effet des filets d'échantillonnage n'a donc pas permis d'observer de différence au niveau de la contamination en coliformes fécaux des moules soumises aux différents traitements.

L'expérience sur l'effet du bullage n'a permis d'observer aucune présence de recontamination occasionnée par le système de bullage, ce qui n'est guère surprenant étant donné que ces sédiments ne sont pas contaminés par des coliformes fécaux à la fin du cycle de dépuración. Par contre, les observations faites dans la colonne d'observation montrent, sans équivoque, la remise en suspension des sédiments dans l'ensemble de la colonne d'eau, particulièrement lorsque l'aération est ajoutée au même moment que l'eau, lors du remplissage des bacs.

L'utilisation d'un système d'aération en dessous du faux fond lors d'opérations de contention est une pratique courante chez les producteurs de moule de l'Île-du-Prince-Édouard. Un tel système entraîne vraisemblablement une remise en suspension de sédiments, mais pas forcément une recontamination des moules. Dans le cas des moules de la baie de Gaspé, l'utilisation d'un système d'aération dans les bacs de contention suite à une étape de dépuración devra être discutée avec l'ACIA lors de l'établissement d'un protocole de travail.

4.0 DÉMONSTRATION À L'ÉCHELLE PILOTE DU PROCÉDÉ DE DÉPURACIÓN EN VRAC

4.1 OBJECTIFS

Le projet pilote d'une usine de dépuración en vrac avait comme objectifs :

- 1) de valider à une échelle commerciale la faisabilité de la dépuración en vrac expérimentée lors du projet expérimental (chapitre 3). Il s'agissait de déterminer les points critiques à toutes les étapes du procédé de dépuración et de proposer des recommandations pouvant aider les éventuels promoteurs.
- 2) d'analyser la faisabilité économique des opérations de dépuración en vrac en usine afin de fournir aux éventuels promoteurs un portrait des coûts associés à la mise en place des installations de même qu'au déroulement des activités en usine.

4.2 MÉTHODOLOGIE

Le projet pilote de dépuración s'est déroulé du début novembre à la mi-décembre 2002. Ce projet a été réalisé dans les locaux de l'entreprise « Les Pêcheries Marinard Ltée » (section 4.2.3.1)

4.2.1. Approvisionnement en moules : récolte, égrappage et triage et transport vers l'usine

4.2.1.1. Récolte

Les moules utilisées lors des opérations de dépuraison en vrac étaient récoltées à différents sites de culture par les mytiliculteurs de la baie de Gaspé (figure 2) selon leurs plans de récolte respectifs.

Lors de la récolte, un profil de température et de salinité était effectué et les résultats inscrits dans le formulaire de récolte (annexe 2, formulaire 1).

4.2.1.2. Égrappage et triage

Dès leur sortie de l'eau, les moules étaient égrappées et triées sur le pont du navire à l'aide d'une égrappeuse mécanique en prenant soin d'éliminer les moules mortes, la fixation secondaire et les organismes épiphytes qui s'accumulent sur les boudins de culture. Cette opération répondait à la fois aux exigences du PCCSM et aux pratiques mytilicoles habituelles.

Les moules étaient alors entassées à sec dans des poches de transport identifiées avec le numéro de la zone de récolte, le volume de moules, le nom de l'entreprise et la date de la récolte et disposées dans des bacs isothermes (minimisant les chocs physiques et thermiques lors du transport). Afin de réduire les manipulations requises en usine, le volume de moules déposé dans chaque bac était le même que celui traité en dépuraison, soit de 225 à 275 kg.

4.2.1.3. Transport vers l'usine

Les bacs fermés étaient chargés à l'aide d'un chariot-élévateur sur un camion ayant une plate-forme non couverte¹ et étaient transportés du quai de Gaspé jusqu'à l'usine pilote de dépuraison.

Afin d'identifier les lots et ainsi assurer la traçabilité du produit, les producteurs remplissaient une fiche de récolte (annexe 2, formulaire 1) comportant la date et l'heure de la récolte, le numéro de zone, le permis de récolte, la quantité de moules récoltées et le nombre de bacs de transport, la dernière date du suivi des toxines ainsi que les mesures de température et de salinité de l'eau lors de la récolte.

¹ Selon le PCCSM, le transfert de mollusques provenant d'une zone ouverte sous condition de dépuraison nécessite la mise en place d'un sceau numéroté et approuvé par l'ACIA sur la poignée de la boîte d'un camion couvert afin de s'assurer qu'aucune personne n'ait accès aux moules entre le quai et l'usine. Ce sceau ne doit être brisé qu'à la réception des mollusques à l'usine et remis à la personne responsable. Une entente particulière a été prise dans le cadre du projet pilote entre l'ACIA et le promoteur pour l'emploi d'un camion ouvert.

4.2.2. Réception des moules à l'usine

4.2.2.1. Déchargement du camion et transfert des informations de récolte

À leur arrivée, les bacs étaient déchargés du camion et rentrés dans l'usine à l'aide d'un ou deux chariots-élévateurs. Les producteurs rendaient alors au responsable de l'usine le formulaire de récolte (annexe 2, formulaire 1) dûment rempli. La date et l'heure étaient inscrites (annexe 2, formulaire 2) et conservées dans le registre de l'usine.

4.2.2.2. Transfert des moules et pesée

Dans l'aire de réception, les bacs étaient d'abord pesés au moyen d'une balance digitale automatique de taille commerciale. Puis, les moules étaient transférées dans des bacs munis d'un faux fond, réservés spécifiquement à la dépuration des moules.

Dans certains bacs de dépuration, les moules étaient disposées en trois couches successives au moyen de deux filets tressés (maille de 26 mm). Le tiers du volume des moules était d'abord transvidé directement sur le faux fond du bac. Puis un premier filet était disposé et le deuxième tiers du volume de moules était transféré. Un deuxième filet était finalement déployé et le restant des moules ajouté (figure 8). Cette technique permettait d'échantillonner des moules, à des fins d'analyse bactériologiques, à différentes hauteurs (surface, milieu, fond) des bacs de dépuration et ainsi de faire un suivi du processus de dépuration (section 4.2.3.3).

4.2.2.3. Inspection de la qualité de la matière première

Lors du transfert des moules dans les bacs de dépuration, une évaluation de la qualité des moules était effectuée systématiquement dans chacun des bacs par le superviseur de l'usine. Une évaluation de l'odeur, de la propreté et du pourcentage de mortalité (sur un échantillon de 50 moules) permettait alors d'établir un verdict d'acceptabilité ou de refus du lot.

Aussi, pour chaque bac, une mesure de la température des mollusques était effectuée dans la chair d'un ou deux individus. Cette pratique était effectuée afin de s'assurer de l'absence d'écart de température importants entre le milieu de récolte et la température des eaux de traitement lors du cycle de dépuration.

Toutes les informations ainsi recueillies étaient inscrites (annexe 2, formulaire 2) et conservées dans le registre de l'usine.

4.2.2.4. Identification des bacs par lots

Une fois le lot accepté, les bacs de dépuration étaient clairement identifiés par un numéro de lot permettant de retracer facilement l'origine des moules. Pour ce faire, le numéro de lot était composé de la zone et de la date de récolte (par ex. : 275-1711 pour un lot provenant de la zone G27.5E et récolté le 17 novembre). Il était inscrit de façon permanente en gros caractère permettant la lecture jusqu'à 1 mètre de distance sur une étiquette hydrofuge, elle-même apposée à l'extérieur du bac au moyen d'une attache en plastique, de sorte que

les étiquettes puissent être maintenues sur les bacs tout au long des opérations en usine jusqu'à la sortie des moules.

4.2.2.5 Mise en contention avant la dépuración

Selon le PCCSM, la contention à sec est une méthode simple permettant l'entreposage au frais de moules en vrac pour des périodes n'excédant pas 3 jours. Elle s'est avérée utile pour tamponner les décalages existants entre les arrivages de moules à l'usine (pouvant arriver tard en journée ou s'étendre sur une période de plus d'un jour) et les opérations successives de l'usine.

La plupart du temps, les moules étaient, dès leur arrivée à l'usine, transférées dans des bacs de dépuración propres avant d'être entreposées en contention à sec dans l'aire d'entreposage. Toutefois, lorsque les arrivages s'effectuaient tard en soirée, les moules étaient laissées dans les poches et bacs de transport et directement entreposées en contention à sec pour n'être transférées que le lendemain dans les bacs de dépuración. L'entreposage à sec des moules dans les poches de transport n'étant pas idéal, à cause de la possibilité que les moules du fond des poches se retrouvent à baigner dans des conditions d'eau stagnantes, cette pratique n'a été réalisée que dans cette situation et seulement sur des périodes de quelques heures.

À une seule occasion (7^e cycle), la mise en contention humide s'est avérée nécessaire pour entreposer les moules, puisque pour des raisons techniques, ces moules durent passer plus de 3 jours dans l'usine avant de pouvoir être dépurées. Dans ce cas particulier, les moules ont été déplacées, après leur transfert dans des bacs de dépuración, vers l'aire de dépuración où elles ont été alimentées en eau (débit 10-15 L/min) jusqu'au début du cycle de dépuración.

4.2.3. Mise en dépuración des moules à l'usine

4.2.3.1. Installations de dépuración

L'unité pilote de dépuración et de contention fut installée dans les locaux de l'usine de transformation des produits de la mer de l'entreprise « Les Pêcheries Marinard Ltée » située à Rivière-au-Renard (Québec). Cette usine possédait en effet du personnel qualifié, des installations suffisamment grandes pour les besoins du projet pilote, était déjà alimentée en eau de mer et possédait une unité de stérilisation, possédait un PGQ, etc. Le montage des équipements nécessaires, la préparation des protocoles de travail, etc., furent réalisés en octobre 2002.

La figure 22 montre un schéma des installations de l'unité pilote de dépuración et de contention dans les locaux de l'usine de Les Pêcheries Marinard Ltée.

L'unité pilote de dépuración opérait en circuit ouvert. Elle comprenait une capacité maximale de dix-huit bacs disposés sur une rangée de neuf bacs superposés.

Une unité de stérilisation UV (fabrication artisanale, 15 000 MV, capacité de 3600 L/min) était installée dans l'usine. L'eau de mer y circulait avant d'être acheminée vers les aires de contention et de dépuración.

L'unité de dépuración était alimentée en eau par un conduit principal de 4 pouces qui irriguait par de multiples raccords de 2 pouces un conduit parallèle de 2 pouces de diamètre interne. Ce dernier conduit irriguait à son tour dix-huit conduits de distributions flexibles de 3/4 pouce de diamètre se terminant en T à la surface des bacs. Deux valves de restriction à l'entrée des bacs permettaient simultanément un système d'ajustement du débit par la 1^{re} valve et un système d'ouverture/fermeture par la 2^e valve.

Chaque bac de dépuración était muni d'un faux fond rigide (figure 23) afin de surélever les moules du fond des bacs. Les faux fonds, percés de 85 trous de 2,5 cm de diamètre, étaient déposés au-dessus du drain situé à la base du bac. Afin d'empêcher les faux fonds de s'écraser sous le poids des mollusques et de risquer ainsi l'obstruction du drain, les faux fonds étaient renforcés par deux rangées de trois ou quatre cubes de téflon en guise de pattes, disposées perpendiculairement à la paroi percée du drain.

Chaque bac était drainé à sa base par un trop plein externe de 1 ½ pouce de diamètre qui assurait un volume d'eau constant dans les bacs tout au long du cycle de dépuración (figure 23). Les trop-pleins externes des bacs supérieurs étaient inclinés afin de diriger les eaux usées vers un drain de réception perpendiculaire appuyé sur le sol empêchant les éclaboussures et une éventuelle contamination des bacs inférieurs. L'abaissement ou le retrait des trop-pleins permettait un drainage complet de l'ensemble des bacs en l'espace de 10 minutes environ. Les eaux usées étaient finalement drainées par un caniveau principal vers les égouts de la municipalité.

4.2.3.2 Déroutement du cycle de dépuración

Le PCCSM a fixé la durée minimale d'un cycle de dépuración contrôlé en usine à 48 heures entrecoupées d'un vidage complet à mi-cycle et incluant un rinçage.

Les bacs de dépuración en contention à sec étaient déplacés à l'aide de chariots-élévateurs vers l'aire de dépuración. Afin de faciliter la gestion des lots, les 18 stations des bacs étaient numérotées. Les différents lots étaient ainsi attirés à des stations de dépuración et inscrits dans une fiche de contrôle (annexe 2, formulaire 3a). Les bacs, les arrivées d'eau ainsi que les drains étaient alors mis en place. Le début du cycle de dépuración (T0) correspondait au moment où l'approvisionnement en eau démarrait dans l'ensemble des bacs.

Le début de la vidange des bacs à mi-cycle, par le retrait du trop-plein externe, correspondait au T24. Deux types d'opération ont été utilisés dans le cadre du projet pilote pour le rinçage des moules.

Lors des premiers cycles, les bacs vidés de leur eau étaient déplacés un par un à l'aide d'un chariot-élévateur vers un point de rinçage localisé à l'intérieur de l'aire de dépuración. Ils étaient déposés sur un support en métal légèrement incliné (10 cm) permettant ainsi un meilleur écoulement au niveau du drain. Les moules étaient alors rincées à l'eau salée stérilisée aux UV sous haute pression jusqu'à ce que les eaux de drainage semblent exemptes de sédiments. Le rinçage terminé, les bacs étaient à nouveau transférés en dépuración à leurs stations respectives, les trop-pleins étaient remis en place et les bacs étaient à nouveau alimentés jusqu'à la fin du cycle de dépuración (T48).

À partir du cinquième cycle cependant, les bacs vidés de leur eau étaient simplement soulevés sur place, toujours superposés, afin de permettre de glisser le support en métal sous le bac inférieur. L'eau continuait donc de s'écouler au même débit pour une dizaine de minutes avant que le système ne soit remplacé de façon à ce que le cycle de dépuración se poursuive pour la deuxième période de 24 heures.

À la fin de la dépuración (T48), les bacs étaient drainés, déplacés un à un et inclinés à l'aide du support en métal et rincés abondamment.

Finalement, les bacs étaient déplacés vers l'aire de contention humide.

Deux ou trois employés étaient nécessaires lors des différentes manœuvres. Toutes les informations concernant le déroulement des opérations (heures, personnes responsables, etc.) étaient inscrites (annexe 2, formulaire 3a) et conservées dans le registre de l'usine.

4.2.3.3. Suivi du processus de dépuración

Afin de s'assurer du bon déroulement du processus de dépuración, un suivi de la teneur en coliformes fécaux rencontrée dans la chair des moules a été réalisé au début (T0), à mi-cycle (T24) et à la fin (T48) de chacun des cycles de dépuración.

Pour ce faire, trois échantillons d'environ trente moules étaient prélevés systématiquement dans deux bacs (cycles 1-3) ou un bac (cycles 4-8) sitôt leur transfert dans l'aire de dépuración. Par la suite, lors du vidage et du rinçage des bacs à mi-cycle (temps 24 h), un échantillon de moules était prélevé à la surface, au milieu et au fond des bacs étalons en soulevant successivement les filets d'échantillonnage (voir Le transfert des moules à la réception des moules à l'usine). De la même façon, un échantillonnage était effectué au temps 48h.

Deux employés étaient nécessaires lors des échantillonnages (une personne pour les manœuvres avec le chariot élévateur et une personne à la prise des échantillons). Toutes les informations concernant le déroulement de l'échantillonnage (date, heures, bacs, hauteurs) étaient inscrites (annexe 2, formulaires 3b) et conservées dans le registre de l'usine.

Quatre-vingt-dix-neuf (99) échantillons de moules ont ainsi été prélevés lors des opérations de dépuración pour des analyses bactériologiques. Les échantillons étaient immédiatement déposés sur glace et envoyés par autobus au Centre spécialisé des pêches (CSP) à Grande-Rivière, un laboratoire accrédité dans le cadre du PCCSM. Les analyses microbiologiques étaient alors réalisées à l'aide de la méthode du nombre le plus probable (NPP), méthode exigeant un délai minimum de 72 heures avant l'obtention des résultats. Les résultats obtenus étaient alors transmis aux superviseurs et, comme les lots de moules utilisés dans le cadre du projet pilote étaient destinés à la mise en marché, un verdict d'acceptabilité ou de refus des lots était établi. Les résultats étaient inscrits (annexe 2, formulaires 3b) (voir Échantillon chair en annexe) et conservés dans le registre de l'usine. En cas de problèmes, l'ACIA devait être immédiatement avisée afin qu'un protocole de correction soit élaboré.

Notons que trois échantillons supplémentaires de moules ont été prélevés et analysés par l'ACIA.

4.2.4. Mise en contention des moules dépurées à l'usine

La contention humide est une méthode qui permet d'entreposer des moules en vrac pour une période prolongée allant jusqu'à un mois sans nécessiter des débits d'eau aussi élevés que la dépuración. Cette pratique s'est avérée essentielle pour absorber les décalages existants entre les opérations de dépuración, l'attente des résultats confirmant le bon déroulement du processus de dépuración et finalement, les disponibilités de transport.

4.2.4.1. Installations de contention

L'unité de contention était située dans un des locaux de l'aile ouest de l'usine de l'entreprise « Les Pêcheries Marinard Ltée » (figure 22). Elle opérait en circuit ouvert. Elle possédait une capacité maximale de quarante-huit bacs répartis sur quatre rangées de trois bacs disposés sur quatre bacs de hauteur et suffisamment espacés pour permettre le passage d'un chariot-élévateur.

L'unité de contention était alimentée en eau stérilisée par un conduit principal qui irriguait quatre conduits de distribution perpendiculaires de 2 pouces de diamètre. Ces derniers conduits irriguaient à leur tour quarante-huit conduits flexibles (identiques à ceux utilisés en dépuración) jusqu'à l'entrée des bacs.

Afin de permettre une aération de l'eau lors de la mise en contention des moules, un bulleur était fixé au centre de la surface inférieure des faux fonds des bacs de contention et relié à un tuyau sortant à la surface du bac. Ces tuyaux pouvaient ainsi être raccordés à un compresseur assurant l'aération des bacs. Cependant, suite à la mise en contention du premier cycle de dépuración, certaines observations ont suggéré la possibilité d'une recontamination des moules du fond par la remise en suspension des boues de dépuración (section 3.3 : Le potentiel de recontamination par les boues). L'utilisation d'un système d'aération en contention a alors été proscrite par l'ACIA. Dès lors, l'aération dans les bacs a été suspendue et n'a plus été utilisée par la suite.

Le drainage des bacs de contention s'effectuait à l'aide d'un trop-plein externe. Les eaux de drainage coulaient librement sur le plancher pour être finalement évacuées par le caniveau central vers les égouts de la municipalité.

4.2.4.2 Opérations en contention

Les bacs sortant de la dépuración étaient transférés vers l'aire de contention au moyen d'un ou deux chariots-élévateurs. Les moules étaient transvidées d'un bac à l'autre en inclinant, au moyen du chariot élévateur, le bac de dépuración au-dessus du bac de contention. Au moyen d'une pelle, les moules étaient vidées dans le bac de contention.

Une fois les arrivées d'eau raccordées et les trop-pleins fixés, l'alimentation en eau des bacs débutait. L'alimentation en eau se poursuivait jusqu'à la sortie des moules de l'aire de contention et leur transfert final jusqu'à la sortie. Une fois par jour, les trop-pleins étaient abaissés environ 30 minutes afin d'effectuer un drainage complet des bacs et ainsi

permettre d'évacuer une partie des boues. Une perche fourchue était utilisée pour abaisser les trop-pleins des bacs les plus élevés.

À certaines occasions, le transfert des moules dépurées dans d'autres bacs s'est avéré nécessaire afin de libérer les faux fonds (en nombres insuffisants) pour le prochain cycle de dépuration. Pour remplacer le faux fond dans les bacs de contention, trois paniers troués et renversés ainsi qu'une buse située au niveau du drain étaient installés dans le fond des bacs. Cette buse empêchait le colmatage du drain. Les moules étaient alors transvidées et dirigées en contention.

4.2.4.3 Suivi bactériologique de la contention

Au début des opérations (cycles 1-4) de multiples échantillons ont été récoltés dans les bacs au sortir de la contention afin de réaliser une ultime vérification du respect des normes du PCCSM. Les analyses ont alors été réalisées par différents laboratoires à savoir : 26 analyses par le Laboratoire Marinard Biotech (MB), 6 analyses par le laboratoire du Centre spécialisé des pêches (CSP) ainsi que 10 analyses par les deux laboratoires de l'ACIA : Nouveau-Brunswick et Québec.

4.2.5. Sortie des moules de l'usine

4.2.5.1. Transfert des moules dans les bacs de transport

Après avoir obtenu les résultats bactériologiques satisfaisants, les moules étaient déplacées vers l'aire de réception et de sortie. Les moules étaient alors transférées dans des bacs de transport à l'aide d'un chariot-élévateur à fourche pivotante. Pour ce faire, les bacs de contention étaient, à tour de rôle, surélevés et inclinés au-dessus d'un bac de transport, la chute des moules étant dirigée à la pelle par un ou deux employés. Afin de minimiser le nombre de bacs nécessaires au transport, ceux-ci étaient remplis à leur capacité maximale (environ 365 kg) avec des moules provenant du même lot.

Un dernier rinçage des moules dans les bacs de transport était alors effectué et les bacs de contention et les faux fonds étaient dirigés vers l'aire de lavage.

Trois à quatre employés étaient nécessaires lors des manœuvres de transfert des moules.

4.2.5.2. Étiquetage

Avant la sortie des moules de l'usine, une dernière étiquette était déposée à l'intérieur de chaque bac de transport. Celle-ci comprenait le numéro de lot, la zone de récolte, la date du traitement de dépuration ainsi que le volume de moules expédié. Une modification au numéro de zone était alors apportée par l'ajout d'un D (ex. : G27.5ED-1117) pour indiquer que les moules étaient passées par un traitement de dépuration contrôlée en usine.

4.2.5.3. Expédition

Un mémo d'expédition, indiquant la provenance des moules, le lot, le nombre de bacs ainsi que le volume de moules, était dûment rempli pour chaque producteur et remis au chauffeur du camion. Cela facilitait ainsi la gestion des lots et la facturation.

Les bacs de moules dépurées pouvaient alors être chargés dans un camion fermé à l'aide de chariots-élévateurs pour être transportés vers une usine de transformation.

4.2.6. Entretien sanitaire des installations

Tous les résidus, dont les moules restantes, étaient systématiquement retirés et le plancher était rincé entre chaque manipulation.

Afin de déloger les filaments byssaux collés aux surfaces des bacs ainsi que les boues de dépuration, les bacs et faux fonds souillés étaient trempés dans de l'eau savonneuse pendant quelques minutes immédiatement après le transfert des moules des bacs de contention dans les bacs de transport. Puis, les bacs étaient grattés manuellement à l'aide de brosses abrasives et rincés à l'eau douce à l'aide d'un système de nettoyage à pression.

Les bacs et leur faux fond propres étaient finalement entreposés dans l'aire de réception.

4.2.7. Débits d'eau

Les résultats obtenus à la phase expérimentale faisaient état d'un débit minimal de 40 L/min pour dépurier 225 kg de moules. Afin de se garder une plus grande marge de sécurité, un débit de 60 L/min fut initialement fixé pour dépurier les volumes de moules variant entre 225 et 270 kg. Toutefois, le bon déroulement du processus de dépuration ainsi que les teneurs très élevées en oxygène dissous à la sortie des bacs lors des premiers cycles de dépuration ont permis, après discussion avec l'ACIA, d'abaisser le débit à 50 L/min pour les cycles subséquents, ce qui permettait d'abaisser légèrement les coûts de pompage de l'eau de mer.

Le débit d'eau utilisé en contention, pour sa part, avait été fixé à 10-15 L/min afin d'assurer un apport en eau suffisant pour oxygéner les moules à la base des bacs.

L'ajustement des débits était effectué manuellement, en mesurant le temps requis pour remplir un sceau dont le volume était connu, à l'arrivée de chaque bac au début de chaque cycle de dépuration ou de contention.

4.2.8. Suivi de la qualité des eaux de traitement des installations de l'usine

Un approvisionnement constant en eau salée brute était assuré par la prise d'eau de mer et le système de pompage du parc industriel de la ville de Gaspé, secteur Rivière-au-Renard.

Tel que mentionné plus haut, toute l'eau de mer utilisée dans le cadre du projet pilote passait par une unité de stérilisation UV (fabrication artisanale, 15 000 MV, capacité de 3 600 L/min) installée dans l'usine avant d'être acheminée vers les aires de contention et de dépuration.

4.2.8.1. Suivi des toxines

Afin de se conformer aux exigences du PCCSM concernant les seuils de tolérance face à la présence d'algues toxiques dans l'eau approvisionnant l'usine, un mécanisme de suivi a été instauré. Un échantillonnage de moules sauvages localisées dans les environs de la prise d'eau de mer à Rivière-au-Renard a été réalisé de façon hebdomadaire quatre semaines avant le début des opérations en usine et pendant les cinq semaines suivantes. Les opérations de l'usine ne pouvaient débuter qu'après la confirmation de trois résultats négatifs à l'intérieur d'une période minimale de deux semaines consécutives.

Les échantillons, déposés sur la glace, étaient immédiatement expédiés au laboratoire de l'ACIA de Québec. Les analyses nécessitaient un délai minimum de 2 jours avant l'obtention des résultats.

4.2.8.2. Suivi du bon fonctionnement du système de stérilisation UV

De multiples vérifications sont exigées par l'ACIA afin de s'assurer de la qualité du traitement bactéricide du système de traitement U.V. Celles-ci comprennent un suivi du matériel, de la turbidité de l'eau ainsi que de la teneur en coliformes fécaux à l'entrée et à la sortie du système. Les informations récoltées lors du projet pilote étaient consignées (annexe 2, formulaire 5) et conservées dans le registre de l'usine.

4.2.8.2.1. Suivi de l'état du matériel

A chaque semaine d'opération en usine, une évaluation de l'état du système de stérilisation était effectuée par un responsable de l'usine. Ce dernier remplissait alors une fiche de contrôle indiquant le pourcentage d'efficacité du système (nombre de lampes), le nombre d'heures d'utilisation ainsi que les derniers remplacements effectués.

4.2.8.2.2. Teneur en coliformes fécaux et turbidité de l'eau

La turbidité de l'eau peut affecter la capacité bactéricide du stérilisateur U.V. C'est pourquoi la turbidité de l'eau ne doit jamais dépasser une mesure supérieure à 20 NTU (unité néphélométrique équivalente à celle de Jackson). De plus, selon les normes du PCCSM, l'eau de traitement ne doit contenir aucune trace de coliformes fécaux après le passage dans le UV. Afin de s'assurer du respect de ces exigences, une mesure de la turbidité de l'eau et une analyse de la teneur de l'eau en coliformes fécaux étaient effectuées une fois par jour ouvrable ou pendant les cycles de dépuración à la sortie du stérilisateur UV. De plus, à chaque cycle de dépuración, une analyse de la teneur de l'eau en coliformes fécaux était effectuée à l'entrée du stérilisateur UV. Les échantillons d'eau à des fins d'analyse de la teneur en coliformes fécaux étaient récoltés dans des contenants stériles de 150 ml de l'eau. Les analyses de l'eau étaient effectuées sur place, au laboratoire de Marinard Biotech.

4.2.8.3. Suivi physico-chimique des eaux de traitement

Afin de s'assurer du respect des normes concernant la qualité de l'eau de traitement, des mesures étaient prises une fois par jour d'opération à la sortie de deux à trois bacs sur six

en dépuración ainsi qu'à la sortie d'au moins un bac sur trois en contention humide, en s'assurant que chaque niveau de superposition était échantillonné. Les mesures de température (°C), de salinité (o/oo), de la teneur en oxygène dissous (%) ont été réalisées à l'aide d'une sonde multiparamétrique (modèle YSI 85). Le pH, quant à lui, a été mesuré à l'aide d'un pH mètre (Hanna pH Instrument avec ATC). Une mesure du débit de l'eau à l'entrée des bacs était également effectuée deux fois par jour.

Toutes les informations étaient inscrites (annexe 2, formulaire 5) et conservées dans le registre de l'usine.

4.2.9. Analyse temps-mouvement et évaluation des coûts associés à la dépuración et à la contention en usine

Une analyse de temps-mouvement a été réalisée sur trois cycles de dépuración complets. Pour ce faire, une liste de toutes les étapes du processus de dépuración a été détaillée. Le temps nécessaire à la réalisation des différentes étapes pour un bac de 225 kg a été chronométré lors de la réalisation des cycles de dépuración en usine.

Une évaluation des coûts de procédés de l'usine pilote a été effectuée en tenant compte des ressources humaines (heures d'opérations et salaires), des installations physiques et autres matériels nécessaires aux opérations ainsi que du suivi de la qualité des eaux et des analyses d'échantillon de moules.

4.3 RÉSULTATS

4.3.1. Approvisionnement en moules : récolte, égrappage et triage et transport vers l'usine

Des concentrations en acide domoïque, dépassant le seuil de tolérance (20 µg/g de chair) du PCCSM, observées dans la chair des moules de la baie de Gaspé n'ont permis de débiter les opérations de récolte qu'à la dernière semaine d'octobre.

Les volumes de moules livrés à l'usine ont varié (section 4.3.2.1) en fonction de la capacité des mytiliculteurs à récolter les moules. Les opérations de l'usine ayant débuté tard en automne, des conditions climatiques particulièrement difficiles (tempêtes de neige, grands froids, etc.) se sont ajoutées aux contraintes habituelles subvenant lors de la récolte (bris de matériel, vents, etc.). D'ailleurs, l'arrêt final des opérations s'est imposé lors de la formation de glace sur la baie, obligeant les producteurs à caler leur ligne, mettant ainsi fin aux arrivages de moules. C'est pourquoi, à l'occasion, plus d'une récolte ont été nécessaires pour assurer un volume de moules suffisant pour effectuer un cycle de dépuración. Ainsi, 13-14 récoltes et transports ont été effectués par les différents producteurs afin d'alimenter en moules les huit cycles de dépuración exécutés en usine.

4.3.2. Réception des moules à l'usine

4.3.2.1. Transfert des moules et pesée

Le nombre de bacs et les volumes de moules ont varié pour les différents cycles de dépuration entre 5 à 18 bacs et entre 1 059 et 4 725 kg de moules. En tout, 28 980 kg de moules ont été traitées à l'usine (tableau 7 et 8).

4.3.2.2. Inspection de la qualité de la matière première

De façon générale, les moules provenant des différents producteurs n'ont montré aucune différence importante au niveau de la propreté, de l'odeur ou du pourcentage de mortalité (1,7 à 6 %). Les mortalités observées étaient associées à des moules dont les coquilles étaient brisées, probablement lors des manipulations sur le bateau, principalement l'égrappage-triage. La qualité de la matière première s'est donc révélée homogène tout au long des arrivages. Ainsi, toutes les moules livrées à l'usine pilote de dépuration ont été acceptées lors de l'inspection.

Les températures moyennes observées (5.3 ± 2.0 °C) dans la chair des moules lors des transferts ont, pour leur part, montré des valeurs supérieures aux températures moyennes des eaux de récoltes (2.5 ± 1.2 °C) ou de celles des eaux de traitement (2.7 ± 0.8 °C) (tableau 6). La différence de température maximale observée entre les eaux de récolte et les eaux de traitement en dépuration a été de 2 °C.

4.3.3. Mise en dépuración des moules à l'usine

4.3.3.1. Installations de dépuración et ressources humaines

Les installations ont été aménagées en l'espace de deux semaines. Elles ont nécessité l'érection d'un système de distribution et de drainage des eaux ainsi que le déploiement de 84 bacs et 60 faux fonds, de deux chariots-élévateurs (dont au moins un à fourche pivotante), d'un système de nettoyage à pression ainsi que la présence de quatre employés.

4.3.3.2. Déroulement du cycle de dépuración

Les différentes opérations (retrait et mise en place des trop-pleins et des bacs, va-et-vient pour les rinçages, etc.) demandaient une grande quantité de déplacements et de manipulations.

Des contraintes logistiques ont alors été rencontrées avec le système de drainage utilisé. En effet, la configuration du système de trop-pleins externes et amovibles était telle que ces derniers avaient, à l'occasion, tendance à glisser ou à se dégager du drain. Cette situation, non idéale, demandait une supervision accrue de la part des employés. De plus, la capacité de drainage du caniveau central s'est avérée insuffisante pour évacuer les grands volumes d'eau utilisés en usine, particulièrement pendant la vidange des bacs de dépuración et de contention. En effet, lorsque l'usine opérait à sa capacité maximale, une quantité (25 cm) non négligeable d'eau s'accumulait sur le plancher et augmentait ainsi le niveau de difficultés des manœuvres avec les chariots-élévateurs.

4.3.3.3. Suivi du processus de dépuración

Les moules étaient rarement contaminées à leur entrée en usine à T0, et par des très faibles niveaux de contamination. En effet, à l'exception du 2^e cycle (130, 20, 50 c.f./100 g) les concentrations initiales étaient toutes inférieures à 20 c.f./100 g de chair. Aux T24 et T48 de tous les cycles de dépuración, les teneurs en coliformes fécaux des échantillons prélevés étaient toutes inférieures à 20 c.f./100 g de chair. Ainsi, tous les lots de moules dépurées ont reçu le verdict d'acceptabilité et ont pu être mis sur le marché (tableau 7).

4.3.4. Mise en contention des moules dépurées à l'usine

4.3.4.1. Opérations de la contention

La superposition sur quatre bacs de hauteur dans l'aire de contention demandait la contribution de deux employés et l'utilisation d'un chariot-élévateur lors de la mise en place des bacs et de leur arrivée d'eau respective, de l'ajustement des débits ainsi que de la prise des mesures physico-chimiques. Toutefois, lorsque les bacs étaient superposés sur seulement trois bacs de hauteur, un seul employé muni d'une échelle pouvait exécuter l'ensemble des opérations.

Comme pour l'aire de dépuración, la configuration du système de drainage des bacs requérait une supervision accrue de la part des employés.

4.3.4.2. Suivi bactériologique de la contention

Les échantillons du 1^{er} cycle, prélevés dans les bacs après la mise en contention des moules avec aération, ont montré des concentrations en coliformes fécaux excessivement élevées (3400, 1700, 1700 c.f./100g de chair) par le Laboratoire Marinard Biotech et, à moindres niveaux (230, 330, 80, 80, 50 c.f./100 g de chair) par le laboratoire de l'ACIA du Nouveau-Brunswick. Il faut noter ici que les échantillons analysés par ces deux laboratoires n'ont pas été prélevés au même moment ni dans les mêmes conditions. Puis, des résultats contradictoires ont été obtenus lors de l'analyse des échantillons prélevés dans les bacs après la mise en contention des moules du 2^e cycle par le laboratoire Marinard Biotech (5400, 3500 c.f./100 g de chair) et par le laboratoire de l'ACIA (<20, <20, <20 c.f./100 g de chair). L'utilisation d'un système d'aération sous le faux fond en contention a alors été refusée par l'ACIA et l'aération dans les bacs a été immédiatement suspendue. Les résultats obtenus à partir des échantillons prélevés dans les bacs de contention après la mise en contention des moules des cycles subséquents n'ont alors montré aucune contamination au-dessus du seuil de détection de la méthode NPP (<20, <20, <20 c.f./100 g de chair) (tableau 8).

4.3.5. Sortie des moules de l'usine

4.3.5.1. Transfert des moules dans les bacs de transport

L'entassement des moules à capacité maximale, sans toutefois mélanger des lots de moules différents, dans les bacs de transport a permis des économies d'espace importantes. En effet, trois bacs de dépuración remplissaient 2 bacs de transport. Ainsi, 71 bacs de transport ont été nécessaires pour acheminer les moules provenant des 126 bacs de dépuración.

Un dernier rinçage des moules dans les bacs de transport permettait d'éliminer les boues de fond mise à la surface lors du transfert, augmentait ainsi la qualité visible et la propreté du produit en minimisant les odeurs dues à la boue.

Une odeur nauséabonde persistait toutefois dans les bacs malgré ce rinçage. Cette odeur peut être associée à la présence de faibles quantités de moules mortes brisées dans les bacs, malgré les efforts de tri lors des opérations en mer.

4.3.6. Entretien sanitaire des installations

Le retrait des filaments byssaux accrochés aux parois des bacs s'est révélé une tâche particulièrement ardue. En effet, le lavage de l'ensemble des bacs d'un cycle de dépuración, totalisant 18 bacs, a requis la présence de deux employés à temps plein sur une période de 8 heures.

4.3.7. Débits d'eau utilisés

Les débits de 60 l/min et de 50 l/min utilisés en dépuración ont permis de respectés les exigences du PCCSM sur la qualité de l'eau de traitement. Le système de distribution en eau a permis de maintenir les débits d'eau ajustés manuellement tout le long des cycles de dépuración ainsi que lors de la mise en contention. Ainsi, aucune fluctuation majeure n'a été

observée lors des cycles de dépuración. Cependant, étant donné la configuration du système de distribution d'eau, la fermeture d'arrivée d'eau dans une ou l'autre section modifiait les débits. Ce facteur a été pris en compte en laissant ouverte les arrivées d'eau et/ou en réajustant les débits.

4.3.8. Suivi de la qualité des eaux de traitement de l'usine

4.3.8.1. Suivi des toxines

La toxine responsable de l'intoxication paralysante par les mollusques a été observée à des concentrations supérieures aux normes dans les échantillons prélevés près de la prise d'eau de mer jusqu'à la deuxième semaine d'octobre. Ainsi, les opérations en usine pilote n'ont pu débuter qu'à la fin octobre début – novembre 2002. Aucun problème de toxicité n'a été observé après cette date.

4.3.8.2. Suivi du système UV

Les échantillons d'eau prélevés à l'entrée et à la sortie du système U.V. ont montré des teneurs en coliformes fécaux nulles, assurant ainsi la bonne qualité des eaux de traitement.

Des valeurs de turbidité pratiquement nulles à la sortie du système d'approvisionnement en eau de mer ont été observées, assurant ainsi la capacité bactéricide du système de stérilisation UV.

4.3.8.3. Suivi physico-chimique des eaux de traitement

Les débits de 60 et 50 litres par minute utilisés pour dépurar un volume de 225-275 kg de moules en vrac, ont permis de rencontrer toutes les exigences du PCCSM concernant la qualité des eaux de traitement pour des températures entre 1 et 5 degrés Celsius (tableau 9).

La température et la salinité moyennes de l'eau de traitement de dépuración correspondaient à respectivement $\pm 40\%$ et $\pm 20\%$ des régimes médians du secteur de récoltes des moules. Selon les résultats obtenus, les températures de l'eau de traitement permettaient l'activité métabolique normale des mollusques.

Les teneurs en oxygène dissous à la sortie des bacs sont demeurées supérieures à 90 %.

À l'exception des mesures effectuées au 8^e cycle de dépuración, le pH a varié entre 7,4 et 8,4. Les valeurs obtenues lors du 8^e cycle sont vraisemblablement dues à un problème technique avec l'appareil.

4.3.9. Analyse temps-mouvement et évaluation des coûts associés à la dépuración et à la contention en usine

4.3.9.1. Analyse temps-mouvement

Le personnel et le temps d'opérations ayant été nécessaires lors des différentes étapes du processus de dépuración pour un bac de 225 kg de moules sont détaillés au tableau 10.

La coordination du projet a nécessité également la présence d'une personne responsable 2 heures par jour en moyenne, période pendant laquelle elle s'est assurée : 1) de remplir le registre ; 2) de planifier les expéditions de moules ; 3) de coordonner les arrivées et les départs des camions, le travail des producteurs et des employés et les opérations en usine ; 4) de la disponibilité du matériel ; 5) du suivi des lots, des volumes, des analyses ; 6) de faire le lien entre les laboratoires (ACIA et CSP) et 7) de la gestion du temps, des factures et des salaires.

4.3.9.2. Coûts du matériel et des analyses en usine

Les coûts associés au matériel et aux analyses requis lors du projet d'une usine pilote de dépuración sont détaillés aux tableaux 11-15.

4.3.9.3. Résultats récapitulatifs

Le tableau 16 présente sous forme synthèse les coûts associés au procédé de dépuración en vrac et de contention lors du projet pilote.

4.4 DISCUSSION ET CONCLUSION

4.4.1. Approvisionnement en moules : récolte, égrappage et triage et transport vers l'usine

En raison de la présence de toxicité, dans les moules de la baie de Gaspé et près de la source d'eau de mer, les opérations de dépuración n'ont pu débuter qu'à la fin octobre, soit dans une saison où les conditions climatiques sont généralement plus difficiles. C'est ce qui explique en bonne partie les résultats de récolte, qui montrent que 13 – 14 récoltes ont été nécessaires pour obtenir des volumes de moules permettant la tenue de 8 cycles de dépuración, dont certains n'ont procédé qu'avec des volumes de moules réduits.

L'égrappage-triage tel que pratiqué sur le bateau a permis de livrer à l'usine des lots de moules de qualité acceptable et homogène (section 4.3.2.2). Cependant, l'égrappage entraîne le bris d'un certain nombre de moules, qui sont probablement responsables des odeurs nauséabondes parfois observées dans les bacs de transport au moment de la sortie des moules de l'usine (section 4.3.5.1). Par apporter des correctifs à cette situation, il pourrait être souhaitable de modifier l'égrappage et le triage sur le bateau, de façon à retirer les organismes indésirables et à laver les moules avant leur entrée à l'usine, tout en réduisant les bris de moules. Cela devrait cependant faire l'objet de discussion avec l'ACIA afin de s'assurer de rencontrer les exigences sur la qualité de la matière première à l'arrivée à l'usine. Un égrappage-triage final pourrait avoir lieu avant d'expédier les moules sur les marchés, donc après les étapes de dépuración et de contention. Cela obligerait cependant une éventuelle usine de dépuración à s'équiper d'une chaîne de traitement de la moule et l'obligerait à gérer un volume plus important de résidus de traitement.

Le bon déroulement des activités d'une usine de dépuración dépend nécessairement de l'approvisionnement en moules. Le promoteur intéressé à établir une usine de dépuración devra donc s'entendre avec les mytiliculteurs pour planifier et organiser les livraisons de matière première en quantité adéquate et dans les délais prévus. Par exemple, selon la

capacité de traitement de son usine, il pourrait avoir avantage à faire affaire avec différents mytiliculteurs fournissant de moins grands volumes, au lieu de faire appel à un seul producteur devant fournir de grands volumes. Ceci aurait pour avantage d'assurer les approvisionnements nécessaires en tout temps et de ne pas dépendre d'un seul fournisseur. Cependant, il n'y a pas qu'une seule configuration possible, chaque projet d'implantation d'usine de dépuración devra faire l'objet d'une analyse particulière.

Étant donné les contraintes inhérentes à la mytiliculture (mauvaises conditions climatiques, présence de toxines dans les eaux de culture, bris de matériel, etc.) des délais dans l'approvisionnement en moules de l'usine sont toujours possibles. Le promoteur devrait donc planifier une certaine marge de manœuvre lui permettant d'absorber les délais.

Ainsi, le promoteur pourrait se doter de moyens pour atténuer les fluctuations des arrivages, à savoir :

- Mettre en place un système de dépuración pouvant être opéré pour différents volumes sans pour autant augmenter les frais de production (par exemple : en installant plusieurs petites unités de dépuración indépendantes à la place d'une grande unité).
- Planifier la récolte avec les mytiliculteurs de sorte que les moules arrivent régulièrement 1 à 2 jours avant le début de leur cycle de dépuración. Les moules peuvent alors être entreposées à sec (maximum de 3 jours) jusqu'à l'obtention d'un volume de moules à dépuración permettant l'atteinte du plus bas coût possible, compte tenu des coûts d'opération du système.
- Prévoir un mécanisme lui permettant de maintenir, en cas de besoin, des moules en contention humide avant la dépuración au cas où les volumes seraient trop faibles pour permettre une dépuración rentable dans un délai de 3 jours (durée maximale permise pour la contention à sec).
- Maintenir constamment de grands volumes de moules en contention humide avant la dépuración pour fournir les cycles de dépuración sans dépendre directement des arrivages en usine. La faisabilité économique de cette approche ne semble a priori pas évidente.

Tout comme les différentes approches d'approvisionnement en moules, la faisabilité techno-économique de ces propositions devra faire l'objet d'une analyse en fonction de chaque projet d'implantation d'usine de dépuración.

4.4.2. Réception des moules à l'usine

La réception des moules à l'usine représente 13 % et 4,3 % du coût total (tableau 16). Le traitement de plus grands volumes de moules par bacs permettrait probablement une réduction du temps et des coûts, mais entraînerait certains désavantages (section 4.4.5.1).

Afin de déterminer les volumes de moules dépurées à chaque cycle de dépuración, le promoteur devrait prévoir la mise en place d'une balance commerciale dans l'aire de réception de l'usine. Une balance mécanique pourrait faire l'affaire mais l'utilisation d'une balance digitale automatique simplifie grandement la tâche particulièrement en diminuant le temps nécessaire à la prise de lecture.

L'inspection de la qualité de la matière première est une obligation de l'ACIA afin de s'assurer que les moules sont bien égrappées et triées et garantir en amont le bon déroulement du processus de dépuración en s'assurant que les moules mises en dépuración sont vivantes, aptes à reprendre une activité de filtration normale sans être gênées par d'autres organismes (ex. : étoiles de mer). L'évaluation de l'odeur, de l'apparence ainsi que du pourcentage de mortalité peut être un indicateur des plus avantageux pour le promoteur. En effet, celle-ci peut lui permettre d'observer, s'il y a lieu, des différences au niveau de la qualité du produit fourni par les divers producteurs et de prendre les décisions qui pourraient s'imposer en toute connaissance.

La mise en contention à sec a été utile pour gérer les délais, ne dépassant pas 3 jours, entre les opérations de récolte et de transport et celles de traitement en usine. Lors du projet pilote, les moules ont été entreposées dans l'aire non réfrigérée de réception de l'usine. On a alors enregistré des hausses de température dans la chair des moules entreposées à sec comparées aux températures des eaux de récolte. Le réchauffement de la température des moules peut être problématique car un choc thermique peut survenir lors de la mise en dépuración, ce qui peut affecter les activités de filtration. Ainsi, pour maintenir la température des moules la plus constante possible, le promoteur devra pourvoir l'usine d'une aire d'entreposage à température contrôlée qui lui permettra de maintenir les moules à sec à la température des eaux de récolte et de dépuración.

4.4.3. Mise en dépuración des moules à l'usine

4.4.3.1. Installations de dépuración

Le choix d'un bâtiment existant ou la conception d'un bâtiment nouveau, est une préoccupation majeure lors de l'implantation d'une usine de dépuración. Il présuppose un exercice de synthèse préalable visant à définir et clarifier les objectifs de production de même que l'allocation des différents espaces nécessaires aux opérations de l'usine. Ceux-ci comprennent entre autres une aire de réception, de transfert et d'expédition, une aire d'entreposage à sec à température contrôlée, une aire de dépuración, une aire de contention humide, une aire de rinçage ainsi qu'une aire potentielle de transformation pour la mise en marché. D'autre part, il ne suffit pas non plus d'avoir les espaces suffisants, encore faut-il que ceux-ci soient agencés de façon à répondre aux besoins du procédé (logique séquentielle des étapes, limitation des déplacements, etc.).

Dans une usine commerciale la présence d'une cloison entre la zone de dépuración et la zone de contention serait non seulement souhaitable mais exigée (M.-J. Beaulieu, ACIA, comm. pers.). Cette séparation aurait comme avantage d'éviter la contamination croisée tout en minimisant les pertes d'espace. La disposition particulière des bacs permettrait également d'optimiser l'espace disponible tout en facilitant les mouvements du chariot élévateur.

Les normes concernant les dimensions des espaces nécessaires à la dépuración ainsi que les obligations reliées au choix des matériaux sont dictées par le PCCSM et par le règlement sur l'inspection du poisson, et ne seront donc pas discutées ici.

4.4.3.2. Approvisionnement en eau

L'approvisionnement en eau est le facteur le plus important dans l'établissement d'une usine de dépuración. En effet, le bon déroulement des opérations de dépuración dépend non seulement de la capacité des installations à fournir de grands volumes d'eau salée mais également de la capacité d'assurer une eau de qualité satisfaisante.

Lors du projet pilote, l'eau salée provenant de la prise d'eau de mer du parc industriel de Rivière-au-Renard était de bonne qualité et en quantité suffisante. Malgré tout, comme nous avons pu le constater, des périodes de phyto-toxicité peuvent être rencontrées lors de l'utilisation d'une prise d'eau de mer. De plus, la présence de périodes de turbidité élevée peut être une contrainte sérieuse puisqu'elle affecte la capacité du système de stérilisation en usine et ainsi la qualité des eaux de traitement en dépuración. Imprévisibles et possiblement récurrentes, les épisodes de toxicité ou de turbidité peuvent entraîner des délais majeurs dans les activités de production de l'usine et devenir particulièrement problématiques lorsque la production est planifiée sur une courte période.

L'incorporation d'un système de filtration aux installations de l'usine utilisant une prise d'eau en mer peut être une solution envisageable pour contrer les épisodes de turbidité mais elle engendre inévitablement des coûts supplémentaires qui n'ont pas été explorés dans ce projet.

La possibilité d'utiliser la recirculation lorsque la présence de phytoplancton toxique interdit l'utilisation d'une prise d'eau de mer est une alternative qui devrait aussi faire l'objet d'une analyse. Les coûts d'installation risquent alors d'être plus élevés, et la faisabilité de cette approche devra être démontrée.

L'utilisation d'un puits d'eau salée pourrait éviter simultanément les problèmes de toxicité, de variations de température, de contamination bactérienne et de turbidité. Cependant, la qualité de l'eau de puits et son impact éventuel sur la qualité du produit sont deux éléments qui doivent aussi être pris en compte dans l'analyse.

Le choix avisé de l'approvisionnement en eau pour une usine de dépuración nécessite une évaluation des sites potentiels de la région et du type de la prise d'eau salée (puits ou mer) et ce, en fonction des volumes d'eau requis et de l'historique des épisodes de toxicité et de turbidité des eaux. Certaines exigences du PCCSM devront aussi être tenues en compte, comme la distance d'un quai par exemple.

4.4.3.3. Système de pompage

Les résultats du tableau 16 montrent que les coûts entraînés par les besoins en eau, pour la dépuración et la contention, représentent 28,4 % du coût total.

Ces coûts peuvent varier d'un endroit à un autre, et selon des caractéristiques techniques, mais il n'en demeure pas moins qu'il s'agit d'un poste budgétaire important. Pour faire baisser ces coûts, il faut soit utiliser moins d'eau pour les mêmes volumes de moules traités (section 4.4.7), et s'assurer d'avoir un système de pompage le plus économique possible.

Les grands volumes et débits d'eau utilisés en usine impliquent la présence d'un système de pompage de grande capacité qui engendre des coûts importants lors de l'implantation et

des opérations de l'usine. Le choix d'un système de pompage dépend principalement de son moyen de réguler le débit et la pression de l'eau.

Lors du projet pilote, l'usine était approvisionnée par le réseau de distribution de la municipalité. Ce système est composé d'une pompe puissante (50 HP) couplée à un régulateur de pression mécanique qui renvoie l'eau inutilisée vers son point de départ. Le schéma de la figure 24 illustre son fonctionnement.

Cette configuration est la plus efficace dans les systèmes à faible débit et à faible pression car le régulateur est peu coûteux à l'achat et son fonctionnement et son entretien sont relativement simples. Cependant, il faut souligner que ce système fonctionne en tout temps à pleine capacité. Sa mise en opération entraîne donc nécessairement des coûts énergétiques constants qui ne peuvent être ajustés en fonction de la production en usine. La rentabilisation d'un tel système de pompage dépendra ainsi de la capacité de l'usine à maintenir sa production optimale de façon continue.

Un autre système de régulation du débit existe sur le marché. Celui-ci utilise un moteur à vitesse variable (AC drive) qui permet d'abaisser la vitesse de rotation de la pompe de façon à ne donner que le débit nécessaire. De cette façon, les coûts énergétiques varient de façon proportionnelle aux besoins de production de l'usine. De plus, les variations de pression rencontrées lors de l'utilisation d'un tel système sont minimales. Le schéma de la figure 25 illustre le fonctionnement de ce système.

Les prix d'achat et d'installation sont par contre beaucoup plus élevés que ceux évalués pour un système conventionnel. Il en est de même pour les coûts d'entretien puisque celui-ci doit être effectué par un professionnel certifié. De plus, ce système exige en parallèle un régulateur mécanique dans le cas d'une défaillance du système.

Finalement, les coûts de pompage peuvent varier considérablement en fonction de pertes de charges physiques et dynamiques particulières au système utilisé (ex. : un débit de 2 500 l/min à un endroit peut induire des coûts deux fois plus élevés qu'à un autre endroit). C'est pourquoi le choix du système de pompage de l'eau doit être déterminé de façon simultanée aux objectifs de production de l'usine et à ses caractéristiques techniques.

D'autre part, il faut aussi mentionner que le promoteur éventuel d'un projet commercial de dépuración n'aura pas nécessairement à se préoccuper lui-même du système de pompage, puisqu'il est possible qu'il soit client d'un fournisseur d'eau de mer à qui la responsabilité du système de pompage reviendra. Cependant le promoteur, lors du montage de son projet, doit tenir compte non seulement de la capacité du fournisseur d'eau de mer en terme de volume mais aussi des caractéristiques techniques de la livraison d'eau (changements de débit et de pression), car la configuration du système de distribution d'eau aux bassins peut en dépendre.

4.4.3.4. Système de stérilisation

Le coût entraîné par la stérilisation de l'eau représente 2,5 % du coût total (tableau 16). Ce coût peut varier légèrement selon l'appareil utilisé, mais il ne s'agit pas d'un coût majeur dans l'ensemble du procédé.

La présence d'un système de stérilisation est une autre considération importante lors de la mise en opération d'une usine de dépuración. En Amérique du Nord, l'utilisation d'un stérilisateur U.V. est habituellement retenue : le coût de ce type d'équipement variant selon les paramètres recherchés particulièrement en fonction de la puissance recherchée et du débit nécessaire aux opérations. Plusieurs modèles sont disponibles sur le marché, chez différents fournisseurs.

Les prix varient également selon les options choisies :

- Un indicateur d'intensité des lampes est essentiel dans le but de contrôler le fonctionnement du système et ainsi, prévenir les défaillances pouvant amener des pertes de production ;
- Un système de nettoyage intégré des lampes constitue également une option intéressante mais coûteuse. La turbidité de l'eau utilisée et le mode de fonctionnement (circuit ouvert ou recirculation) sont des facteurs à considérer dans le choix de cette option ;
- Un compteur d'heures d'utilisation est une option qui facilite la gestion de l'équipement.

L'entretien du matériel engendre également des coûts en fonction du nombre d'heures d'utilisation. Un changement des lampes après 365 jours d'opération est généralement recommandé.

Lors du projet pilote, une seule unité de stérilisation puissante a été utilisée de façon à alimenter l'aire de dépuración et de contention humide (figure 26). Un bris de matériel ou encore, l'inefficacité du stérilisateur, aurait pu avoir comme conséquence d'arrêter de façon brusque les opérations de production en usine. Un système de stérilisation à plusieurs unités aurait donc apporté un niveau de protection supplémentaire. C'est notamment le cas des installations de l'usine de dépuración en vrac de *Myti Mussels*, homologuée par le CEFAS au Pays de Galles, où le système de stérilisation comprend trois stérilisateurs alimentant différentes unités de dépuración de façon indépendante (figure 26).

Le système de stérilisation à plusieurs unités est donc plus polyvalent car il permet : d'opérer en fonction des volumes de production générant ainsi des économies énergétiques et de maintenir une production malgré un bris ou une panne de l'une des unités de stérilisation puisqu'il est peu probable que les différentes unités de stérilisation tombent en panne simultanément. Par ailleurs, l'achat de trois stérilisateurs de 1 000 lpm est plus onéreux que l'achat d'une unité de 3 000 lpm. L'entretien est également plus cher puisqu'il demande plus de temps et le nombre de pièces à maintenir en inventaire est plus élevé. Le choix de un ou plusieurs systèmes de stérilisation devra aussi tenir compte des coûts d'analyse de l'eau, imposée par le PCCSM, que l'on supposera plus élevé dans le cas où plusieurs systèmes de stérilisation seraient utilisés. Une discussion préalable avec l'ACIA serait souhaitable pour vérifier ce point avant d'effectuer un choix définitif. Dans le cas du projet pilote, où un seul système de stérilisation était utilisé, les coûts d'analyse de l'eau ont représenté 7 % du coût total.

Ici encore, le choix de la configuration du système dépendra des besoins ainsi que de la planification de la production.

4.4.3.5. Plomberie

En ce qui a trait à la plomberie, les matériaux choisis doivent être conformes aux normes du PCCSM. Des composantes en PVC et ABS (drainage) ont été utilisées pour le projet pilote. Elles sont moins coûteuses, relativement disponibles et plus facile à installer que l'acier inoxydable, ce qui convenait au caractère temporaire du projet.

Notons ici que :

- les lignes principales servant à alimenter en eau les différentes aires de l'usine doivent être de bonne dimension étant donné les débits d'eau considérables et d'une bonne épaisseur pour éviter les bris possibles causés par des augmentations brusques de la pression dans les conduites ou encore de chocs causés par un fausse manœuvre avec les chariots-élévateurs.
- la mise en place de valves d'isolation entre les différents conduits d'alimentation secondaire doit être sécuritaire advenant un bris des conduites.

Certaines précisions doivent également être apportées concernant les équipements de drainage. Dans le cadre du projet pilote, le système retenu prévoyait un assemblage de tuyau ABS de 1,5 pouces de diamètre en guise de drain et de trop-plein (figure 23). Ce montage comporte sa part d'avantages et d'inconvénients.

Le trop-plein externe amovible a les avantages suivants :

- il est peu coûteux (8 \$ pièce incluant l'adaptateur pour le bac) ;
- il permet d'utiliser des bacs standards ;
- dans le cas d'un système en circuit fermé, il permet d'éviter la recirculation d'une bonne partie des sédiments qui restent trappés sous le faux fond des bacs.

Par contre, un trop-plein externe amovible possède des inconvénients :

- il est relativement fragile (l'opérateur doit faire preuve de minutie lors du drainage) ;
- il entraîne des manipulations supplémentaires engendrant nécessairement des coûts.

Dans le cas du projet pilote, des petits trous avaient été percés à la base des trop-pleins externes, de façon à ce que les bassins se vident en cas d'un arrêt soudain de l'alimentation en eau. Cette pratique est nécessaire pour répondre au PCCSM qui exige que les bassins utilisés en dépuración soient auto-drainants.

Le système utilisé au Royaume-Uni est quelque peu différent. Le drain à la base du bac est muni d'une plaque orifice calibrée de façon à laisser passer un débit d'eau connu et recherché dans le cadre du procédé de dépuración. Le trop-plein est constitué d'une ouverture située dans le haut du bac qui permet d'évacuer un surplus d'eau éventuel. Les principaux avantages sont les suivants :

- il facilite la manipulation des bacs ;
- il permet d'évacuer les sédiments dans le cas d'un système en circuit ouvert ;
- il permet le drainage automatique des bacs en cas d'arrêt de l'approvisionnement en eau ;
- il donne une indication visuelle d'un changement de débit.

Les inconvénients sont :

- dans un circuit fermé, les sédiments risquent de s'accumuler davantage dans le système plutôt que de demeurer sous les faux fonds des bacs ;
- une pièce mécanique supplémentaire est à prévoir;;
- la superposition des bacs peut être plus compliquée (risque de contamination croisée).

Les deux systèmes peuvent être utilisés. Le système anglais peut être converti pour être semblable à celui du projet pilote à des coûts très bas (de l'ordre de 10 \$ le bac).

4.4.3.6. Déroulement du cycle de dépuración

Le déroulement des opérations d'un cycle de dépuración est en partie établi par le PCCSM (durée, échantillonnage, drainage, etc.). Dans le cas du projet pilote, le cycle de dépuración représente 28 % du temps et 9,5 % du coût total du procédé de dépuración et de contention (tableau 16).

Dans le projet pilote, une série de rinçages avant, pendant et après la dépuración a été prévue afin d'évacuer le maximum de sédiments des bacs. Ceci a permis de palier à l'inefficacité des faux fonds et des drains à permettre le drainage complet des boues de dépuración. En effet, les faux fonds, malgré leur rigidité et l'ajout de pattes, ont eu tendance à s'écraser sous le poids des moules. De plus, des observations effectuées lors du projet expérimental ont montré que des moules pouvaient se retrouver sous les fonds faux et une accumulation substantielle de sédiments au-dessus des faux fonds.

La mise en place des bacs à plat dans l'aire de dépuración permettait la juxtaposition des bacs en hauteur et ainsi une économie d'espace. L'inclinaison des colonnes de bacs au moyen d'un support de métal sans les déplacer vers une aire de rinçage permettait une meilleure évacuation des boues, mais ne permettait plus le rinçage manuel (avec un système d'eau à pression) de chacun des bacs. Cette façon de procéder limitait les multiples déplacements des bacs vers une aire de rinçage, tel que pratiqué dans les premiers cycles de dépuración (section 4.2.3.2).

L'utilisation de faux fonds plus rigides et facilitant une plus grande élimination des boues ainsi qu'une plus grande capacité de drainage pourrait éventuellement permettre de diminuer les efforts et le nombre de rinçages en cours de dépuración. La configuration ainsi que la disponibilité des faux fonds sur le marché ainsi que l'efficacité de d'autres systèmes de drainage restent à évaluer.

4.4.3.7. Suivi du processus de dépuración

Lors du projet pilote, l'utilisation de filets lors des différentes étapes du cycle de dépuración s'est avérée adéquate puisqu'elle a permis un échantillonnage des moules à différentes hauteurs dans les bacs étalons. Cette approche retenue a minimisé le brassage des moules et a diminué les chocs physiques qui peuvent être occasionnés par un échantillonnage manuel au moyen d'une pelle. Fabriqués de corde en plastique, les filets peuvent être nettoyés de la même façon que le sont les bacs. En outre, le goulot situé en dessous des poches permet de transférer les moules rapidement et de libérer les filets pour leur réutilisation. Rappelons que ces filets ne semblent pas avoir d'effet négatif sur la circulation de l'eau dans les bacs (section 3.3)

Le suivi du processus de dépuración doit être effectué sur un certain nombre de bacs à tous les cycles. Or, les prix associés aux analyses bactériologiques des moules sont importants, rendant le suivi du processus de dépuración particulièrement coûteux. Il constitue à lui seul 25 % des coûts d'opération de l'usine, non pas attribuables à la prise des échantillons mais par le coût de chaque analyse et le nombre d'analyses nécessaire.

Lors de la planification des opérations, le promoteur devrait définir le nombre de bacs étalons nécessaires au suivi du processus de dépuración en fonction du nombre de bacs de l'unité de dépuración et ce, après discussion et entente avec l'ACIA.

Les prix étant uniformes parmi les différents laboratoires indépendants accrédités par l'ACIA, soit de 40 \$ pour les échantillons de moules et de 28 \$ pour l'eau, la rentabilisation de telles dépenses passe par :

- une réduction des dépenses par l'accréditation d'un laboratoire intégré aux installations de l'usine (bien qu'il y ait un coût important relié à l'installation d'un laboratoire de microbiologie et à l'assurance qualité nécessaire) ;
- une planification de la capacité de l'aire de traitement de dépuración afin d'obtenir un ratio profitable entre le nombre d'analyses et le nombre de bacs en dépuración.
- une homologation de l'usine et du procédé, qui permettrait peut-être de réduire le nombre d'analyse à effectuer. La possibilité d'en arriver à une homologation est cependant peu vraisemblable étant donné le faible taux de contamination des moules de la baie de Gaspé.
- l'arrêt des analyses à T24. Cependant, comme ces analyses sont prescrites par le PCCSM, un tel cas de figure est peu probable.

4.4.4. Mise en contention des moules dépurées à l'usine

4.4.4.1. Opérations en contention

Dans le cadre du projet pilote, la contention représente 16 % du temps et 5,5 % du coût total du procédé de dépuración et de contention (tableau 16) La contention humide permet d'entreposer des moules en vrac pendant une période relativement longue, selon la température de l'eau. Les débits, plus faibles qu'en dépuración, doivent être déterminés de

façon à fournir un apport suffisant en oxygène à l'ensemble des moules (i.e. maintenir une concentration en oxygène dissous supérieure à 50 % à la sortie des bacs de contention).

La contention humide permet ainsi d'absorber facilement les délais entre la sortie des moules de la dépuración, le verdict d'acceptabilité du lot et la sortie des moules de l'usine. Elle permet également d'accumuler des volumes de moules suffisants pour rentabiliser au maximum les transports. Le choix des espaces et de la capacité de l'aire de contention doit inévitablement être déterminé en fonction des objectifs de production de l'usine.

Lors du projet pilote, les bacs de contention étaient répartis sur 4 rangées de 3 bacs empilés sur 4 bacs de hauteur. Cette configuration permettait ainsi un maximum d'économie d'espace. Par contre, elle demandait des efforts logistiques supplémentaires car les bacs du haut étaient moins accessibles que ceux du dessous. Par conséquent, l'ajustement des débits ainsi que la prise de mesures physico-chimiques requéraient la présence de deux personnes et la disponibilité d'un chariot-élévateur, chose qui aurait pu être évitée si les bacs n'avaient été empilés que sur 3 bacs de hauteur.

L'aire de contention doit idéalement :

- être isolée de l'aire de dépuración par des cloisons étanches afin d'empêcher la contamination croisée (exigence du PCCSM) ;
- comporter un espace suffisant entre les bacs pour permettre le déplacement sécuritaire des chariots-élévateurs ;
- permettre une disposition systématique des bacs provenant de la dépuración afin de s'assurer du bon suivi des lots.

Il faut noter ici que des entreprises de production de moules de l'Île-du-Prince-Édouard qui pratiquent la contention de moules disposent leurs bassins de façon beaucoup plus rapprochée que celle utilisée dans le cadre du projet pilote, ce qui optimise l'espace plancher mais empêche très certainement la prise de mesures physico-chimiques de l'eau de certains bassins. Cette configuration ne respecte pas la deuxième recommandation du paragraphe précédent, mais elle devrait tout de même faire l'objet d'une analyse lors d'un projet commercial. Ces mêmes entreprises utilisent aussi un système d'approvisionnement de l'eau en cascade, c'est-à-dire que les bassins superposés se vident un dans l'autre. Les débits d'eau utilisés dans ce contexte ne sont cependant pas connus.

Finalement, la mise en place d'un système d'aération directement sous les faux fonds a été proscrite lors du projet pilote, car elle a été soupçonnée d'avoir causé une recontamination des moules après un des cycles de dépuración, par la remise en suspension des boues de dépuración. Les résultats du projet expérimental (section 3.3) ont effectivement montré une remise en suspension des sédiments, mais aucune recontamination des moules suite à cette remise en suspension.

L'emploi d'un système d'aération devra donc faire l'objet de discussion entre un promoteur intéressé et l'ACIA. Rappelons que l'aération des bacs de contention de moules est une pratique courante à l'Île-du-Prince-Édouard.

4.4.4.2. Suivi bactériologique de la contention

Le résultats du suivi bactériologique des moules issues des cycles 1 et 2 sont surprenants, car ils sont très élevés alors que les moules au T0 ne présentaient pas de contamination (tableaux 7 et 8), et ils sont différents selon les laboratoires d'analyse. Le fait que les échantillons ne furent pas prélevés au même moment et dans les mêmes conditions par les laboratoires peut expliquer en partie la discordance entre les résultats des laboratoires. Mais, compte tenu des résultats obtenus à T0 et ceux du projet expérimental (section 3.3), les fortes contaminations observées par un des laboratoires après la contention de ces 2 cycles sont difficiles à expliquer. Tel que mentionné plu haut, il est peu probable que la remise en suspension des boues soit responsable d'une éventuelle recontamination, puisque ces boues ne sont pas contaminées (tableau 5).

4.4.5. Sortie des moules de l'usine

4.4.5.1. Transfert des moules dans les bacs de transport

Cette opération représente 19 % du temps et 6,4 % du coût total des opérations (tableau 16). Le transfert des moules des bacs de contention dans des bacs de transport a été réalisé à l'aide d'un chariot élévateur à fourche pivotante. La chute des moules, dirigée à la pelle par un ou deux employés, aurait pu être plus rapide si elle avait été dirigée par un bec verseur adapté au type de bac utilisé.

La dépuration et la contention de plus grands volumes de moule par bacs permettraient sans doute de réduire le temps passé à transférer les moules d'un bac à un autre. Des débits d'eau plus élevés que ceux utilisés dans le cadre du projet pilote seraient cependant nécessaires. Par exemple, les résultats du projet expérimental ont démontré qu'un débit de 90 l/min permettait le respect des normes du PCCSM sur la qualité de l'eau de traitement pour un volume de 365 kg de moules en dépuration (section 3.2.3.1.2). Des bacs plus grands que ceux utilisés dans le cadre du projet pilote seraient également nécessaires.

Lors du transfert vers la sortie, les moules du fond des bacs de contention se retrouvaient en grande partie à la surface des bacs de transport. Les boues résiduelles étaient ainsi mises à jour. Le dernier rinçage, à même les bacs de transport, s'est avéré très utile car il a permis d'améliorer l'apparence et l'odeur du produit avant sa sortie de l'usine.

4.4.5.2. Expédition

Les moules doivent demeurer en possession du promoteur jusqu'à l'obtention des résultats des analyses bactériologiques et qu'un verdict d'acceptabilité ait été rendu. Ainsi, pour permettre une économie de temps, le promoteur peut préparer son expédition en attendant ses résultats et même l'expédier à la condition qu'il peut rapatrier les moules en tout temps si les résultats des analyses bactériologiques ne sont pas satisfaisants. Cette pratique a été utilisée dans le cas du projet pilote et est d'autant plus intéressante si le transport de moules prend plusieurs heures. Par contre, si les analyses révèlent une contamination bactériologique supérieure aux normes, le promoteur devra s'assurer de rappeler le lot, et devra alors assumer les coûts de transport.

Il s'agit d'éviter les contraintes et conséquences reliées à la récupération des moules auprès de l'acheteur si un verdict de refus d'un ou de plusieurs des lots est établi, et d'éviter les jugements sévères ou le désintéressement (moules dépurées) des acheteurs potentiels, chose primordiale compte tenu de la nouveauté du produit sur le marché en Amérique du Nord. De plus, le rappel d'un produit peut s'avérer très coûteux pour le promoteur car en plus des coûts associés à la perte du produit, l'acheteur peut demander à être dédommagé.

4.4.6. Entretien sanitaire des installations

L'entretien sanitaire des installations représente 14 % du temps d'opération et 4 % du coût total des opérations.

Le processus de dépuration nécessite des niveaux de salubrité élevés afin de minimiser les risques de contamination mais également d'assurer les meilleures conditions de dépuration aux mollusques. Les installations se doivent donc d'être propres en tout temps et les bacs et faux fonds nettoyés avant d'être réutilisés.

Or, la sécrétion de déchets métaboliques par les grands volumes de moules manipulés en usine amène inévitablement une accumulation de boues très salissantes et odorantes sur les faux fonds et le fond des bacs. Ainsi, très rapidement, des moules et des salissures peuvent s'accumuler aux endroits où sont effectués les multiples transferts. De plus, les moules produisent une grande quantité de filaments byssaux qui s'accrochent fortement sur la paroi des bacs et des faux fonds et qui, une fois séchés, s'avèrent particulièrement difficiles à retirer.

Il faut mentionner que les bacs utilisés dans le cadre du projet pilote étaient destinés à un autre type de production très exigeante au niveau de la propreté (crevette) après la fin du projet, d'où les efforts particulièrement importants apportés au récurage des parois et au nettoyage des bacs. Dans un projet commercial de dépuration où les bacs ne seraient utilisés qu'à des fins de dépuration et de contention de la moule, la présence de byssus sur les parois pourrait être tolérée, ce qui impliquerait une diminution du niveau d'efforts de nettoyage. Le coût relié à cette activité pourrait donc être abaissé. Une discussion avec l'ACIA sera nécessaire pour statuer sur un niveau de propreté acceptable.

En fonction du nombre de bacs à nettoyer, cette tâche peut devenir longue et ardue. C'est pourquoi tout promoteur devrait prévoir adéquatement les installations et le matériel nécessaires pour faciliter les opérations d'entretien.

Afin de maintenir les niveaux de salubrité minimaux il est recommandé que :

- le plancher de l'usine et les installations soient systématiquement rincés après chaque transfert ou chaque opération salissante ;
- les moules tombées sur le plancher soient ramassées systématiquement ;
- les bacs et les faux fonds souillés soient retirés et entreposés dans une aire de nettoyage isolée ; et

- les bacs soient laissés à tremper avec de l'eau savonneuse afin d'éviter que les filaments byssaux ainsi que les boues de dépuración ne sèchent dans les bacs ;
- les installations de l'usine soient équipées d'une laveuse sous pression, d'un boyau d'eau douce ainsi que de grandes quantités d'un savon bactéricide puissant. Lors de ce projet, l'utilisation du savon « Sani Mark Blizzard » s'est révélée efficace. Toutefois, de l'eau de Javel, moins coûteuse, aurait pu être utilisée mais avec modération cependant, car son pouvoir caustique pourrait amener une usure prématurée des parois des bacs.

4.4.7. Débits d'eau utilisés

Tel que déjà mentionné dans la section 4.4.3.3, le coût entraîné par les besoins en eau, pour la dépuración et la contention représentent 28,4 % du coût total (tableau 16).

Pour sa part, l'ajustement des débits d'eau à l'ensemble des arrivés des bacs requérait un temps considérable soit environ 15 % du temps des opérations en dépuración et 78 % du temps des opérations en contention lorsque deux employés étaient mobilisés (tableau 16).

Le coût de l'eau peut évidemment varier d'un fournisseur d'eau de mer à un autre. Un coût moins élevé permettrait évidemment de réduire les coûts d'opération.

Indépendamment du prix de l'eau fixé par le fournisseur, une diminution des coûts d'utilisation d'eau serait possible si le volume utilisé était moindre pour une même quantité de moules. Pour ce faire, il faudrait pouvoir diminuer les débits utilisés en fonction du volume de moules à dépuración et à garder en contention. Ainsi, l'utilisation d'un débit de 40 l/min en dépuración, tel qu'utilisé lors du projet expérimental, aurait permis un abaissement des coûts de l'eau de 4,32 \$ / bac pour un cycle de 48 heures.

Les résultats du projet expérimental (sections 3.2.3.1 et 3.2.4.1) suggèrent qu'il serait théoriquement possible de diminuer le débit de 40 l/min pour un volume de moules de 225 kg, à des températures d'eau plus froides, tout en respectant les paramètres de qualité d'eau du PCCSM. Mentionnons que des débits plus faibles non pas été ceux testés dans le cadre du projet, et qu'une démonstration de l'efficacité de débits plus faibles sur le respect des normes de la qualité d'eau et sur le résultat du procédé de dépuración serait à faire.

Rappelons que les Britanniques, qui ont une grande expérience de la dépuración en vrac, suggèrent pour la dépuración des moules en vrac des débits d'eau nettement plus élevés que ceux utilisés dans le cadre du projet, soit 20 L / kg / heure (SFIA, 1997), ce qui est près du double de celui testé dans le cadre du projet expérimental, qui correspondait à un débit de 10,7 L / kg / heure (pour un volume de 225 kg de moule, à 40 L/min).

La diminution des débits utilisés en contention serait possible si un système d'approvisionnement en eau en cascade était utilisé, comme cela se pratique à l'Île-du-Prince-Édouard (section 4.4.4.1). Rappelons une fois de plus que ce système n'a pas été testé dans le cadre du projet.

Lors du projet pilote, le système de distribution d'eau des aires de dépuración et de contention avait été configuré en série. Ainsi, la modification des débits d'eau dans une des

deux aires nécessitait obligatoirement un ajustement des débits à l'entrée de l'ensemble des bacs (ex. si on diminuait la demande dans l'aire de contention, on augmentait les débits d'eau dans l'aire de dépuración et vice et versa). Ainsi, pour s'assurer de la constance des débits tout au long des opérations, on devait garder constamment ouvertes l'ensemble des arrivées d'eau des bacs ou à chaque fois, effectuer un ajustement des débits à l'entrée de tous les bacs. Cette situation, non idéale, n'était pas sans conséquence puisque l'ajustement des débits était effectué manuellement. De plus, le maintien ouvert de l'ensemble des arrivées d'eau lorsque l'on exécutait les opérations en deçà de la capacité maximale du système entraînait une utilisation indue en eau et des frais de pompage inutiles.

La présence d'un débitmètre électronique à l'entrée de chaque bac aurait été une solution intéressante. Cependant, le prix d'un tel débitmètre s'élève à environ 400 \$ sur le marché actuel. Dans une unité de 18 bacs de dépuración comme celle utilisée en projet pilote, la mise en place d'un débitmètre à chaque arrivée des bacs de dépuración aurait entraîné des coûts fixes supplémentaires de 7 200 \$, soit une augmentation d'environ 7 % des coûts d'installation. Cela sans compter le nombre plus élevé d'arrivées d'eau dans l'aire de contention. Ce scénario est donc peu réaliste.

Un compromis serait d'utiliser un débitmètre portatif pouvant être raccordé par des attaches rapides sur les différentes lignes de distribution. Ce type de débitmètre coûte environ 400 \$ et les attaches en polymère renforcées de fibre de verre coûtent environ 10,50 \$.

4.4.8. Suivi de la qualité des eaux de traitement des installations de l'usine

4.4.8.1. Suivi physico-chimique des eaux de traitement

La fréquence et le nombre des mesures lors du suivi de la qualité des eaux de traitement est une obligation du PCCSM. Ils dépendent des installations de l'usine et des volumes de production traités. Ils devraient être établis après discussion avec l'ACIA.

Il existe présentement sur le marché une grande quantité de fournisseurs et de modèles pouvant réaliser les différentes mesures (oxygène dissous, température, salinité, turbidité, pH) nécessaires lors du suivi physico-chimique des eaux de traitement. Les prix varient en fonction de la précision désirée ainsi que du modèle choisi. L'achat d'une sonde multiparamétrique peut paraître exorbitant à première vue mais ce coût fixe supplémentaire est rapidement absorbé car il facilite grandement les mesures et diminue ainsi le temps d'opération requis.

4.4.9. Analyse temps-mouvement et évaluation des coûts associés à la dépuración et à la contention en usine

L'implantation d'une usine de dépuración nécessite des investissements importants. Le projet pilote a entraîné le déploiement de structures et d'installations s'élevant à environ 105 000 \$ (tableaux 11, 12, 13, et 15). Ces chiffres ne tiennent pas compte de l'achat de certains matériaux et équipements, ni du coût des travaux d'aménagement de l'unité pilote dans les locaux de l'entreprise « Les Pêcheries Marinard Ltée ». Cela donne toutefois un ordre de grandeur dont il faudra tenir compte dans le cas d'un projet commercial où le promoteur devrait acheter un chariot élévateur, une unité de stérilisation, etc.

Ce que ces chiffres font ressortir clairement est qu'un promoteur intéressé par un projet de dépuración et de contention des moules aurait avantage à s'installer, autant que possible, dans une entreprise possédant des locaux adéquats et certains équipements (particulièrement un chariot élévateur), plutôt que de songer à construire une usine et à acheter l'ensemble des équipements nécessaires.

Les frais d'opérations s'élèvent à environ 84 \$ pour dépurar 225 kg de moules soit un coût d'environ 0,37 \$ le kg en poids brut, et de 0,69 \$ le kg lorsque l'on applique les coûts au poids net des moules, c'est-à-dire au poids payé par l'acheteur au promoteur après un triage final. Le poids net a été estimé à 54 % du poids brut dans le cadre du projet pilote (S. Morissette, Les Moules Forillon Ltée, comm. pers.).

Comme il a été mentionné dans les paragraphes précédents, les frais d'opérations pourraient être diminués par rapport à ceux du projet pilote, en apportant des correctifs à certaines des installations et des modifications au procédé.

Par exemple, la faisabilité techno-économique des modifications suivantes pourrait faire l'objet d'analyse :

- 1) travailler sur de plus grands volumes de moules par bac en dépuración et en contention. On optimiserait de cette façon l'espace plancher, on diminuerait le temps passé au transfert des moules d'un bac à un autre, etc. Les débits d'eau nécessaires pour la dépuración et la contention d'une quantité plus importante de moules devront cependant être déterminés. Les économies à réaliser sont difficiles à estimer ;
- 2) utiliser un débit d'eau plus faible pour dépurar une quantité donnée de moule. Avec un débit de 40 l/min plutôt que de 50 l/min lors de la dépuración, une économie de 4,32 \$ / bac aurait été possible. Une diminution des débits sous les 40 l/min lorsque les températures de l'eau sont plus froides permettraient aussi des économies pour une quantité de moule/bac et un prix de l'eau similaire à ceux du projet pilote. Cependant, tel que déjà mentionné, cette question devra faire l'objet de discussion avec l'ACIA et d'une démonstration expérimentale;
- 3) utiliser un système de contention similaire à ceux utilisés à l'Île-du-Prince-Édouard (approvisionnement en eau en cascade). Le débit à utiliser en fonction des quantités de moule devra être déterminé, ce qui rend les économies à réaliser difficiles à établir;
- 4) éliminer les manipulations des bacs à T24 : drainage, échantillonnage, ajustement du débit etc. Cela suppose que l'on devra :
 - i) améliorer la capacité de drainage de façon à éliminer l'étape du rinçage à T24. Il y aurait ainsi une certaine économie sur les manipulations, particulièrement le temps passé à ajuster le débit (économie de 0,60 \$ / bac);
 - ii) éliminer les échantillonnages de moule à T24. Outre l'économie des analyses en soi (économie de 6,67 \$ / bac), il y aurait aussi une économie

au niveau des manipulations (économie de 0,52 \$ / bac). Ce point devra aussi faire l'objet de discussion avec l'ACIA;

- 5) homologuer l'usine et le procédé. Si la chose était possible, il y aurait probablement une économie substantielle à faire sur le coût des analyses bactériologiques. Cependant, étant les faibles taux de contamination observés dans les moules de la baie de Gaspé, il est peu probable qu'une telle homologation soit possible à court terme;
- 6) augmenter le nombre de bacs en dépuración. Par exemple, pour un même nombre d'analyse, avec 24 bacs par cycle de dépuración, le coût des analyses passerait de 26,56 \$ comme dans le cas du projet pilote à 19,92 \$, soit une économie de 6,64 \$ / bac;
- 7) réduire le temps nécessaire à l'ajustement des débits. Par exemple, une diminution de du temps nécessaire à l'ajustement des débits des bassins de 3 à 1 minute permettrait des économies de 0,40 \$ / bac. Une diminution du temps d'ajustement pourrait être possible soit en :
 - i) utilisant un débitmètre pour mesurer les débits plutôt qu'un sceau de volume connu;
 - ii) configurant le système d'alimentation et de distribution d'eau de façon à ce que les changements de pression ou de débit soient minimales et aient donc peu d'impact sur les débits ajustés.
- 8) optimiser le transfert d'un bac à l'autre, par exemple en utilisant un « bac verseur » pour faciliter le transfert. Une réduction de 50 % du temps nécessaire au transfert permettrait une économie de 1,40 \$ / bac;
- 9) réduire le temps nécessaire aux déplacements des bacs entre les différentes aires. Pour ce faire, la configuration d'une usine commerciale devra faire l'objet d'une analyse a priori. Elle devra évidemment tenir compte, dans une certaine mesure, de l'agencement des locaux où elle sera installée. Une diminution de 30 % du temps de déplacement permettrait une économie de 0,42 \$ / bac ;
- 10) nettoyer plus sommairement les bacs et les faux fonds utilisés pour la dépuración et la contention, particulièrement le récurage des parois. Une diminution de 50 % du temps de nettoyage permettrait une économie de 0,70 \$ / bac;

Le tableau 17 résume les économies potentielles entraînées par des modifications au procédé.

Si on exclut les économies que l'on pourrait réaliser au point 4, car elles sont peu probables, les économies minimales réalisées par les quelques modifications suggérées seraient de 13,88 \$ / bac, soit de 0,11 \$ le kg net. Le coût du procédé de dépuración et contention serait ramené à 0,31 \$ le kg brut et à 0,58 \$ le kg net (tableau 17).

Il est présentement difficile de se prononcer sur les coûts d'opération d'un procédé de dépuración et/ou de contention qui utiliserait la recirculation plutôt qu'un circuit ouvert. On pourrait s'attendre à une économie substantielle sur les coûts de pompage, mais selon les

résultats obtenus lors du projet expérimental (section 3.2), des coûts énergétiques pour le refroidissement de l'eau sont à prévoir. Des coûts d'entretien des équipements (pompe, refroidisseur, etc.) sont également à prévoir. Au-delà des aspects économiques, la faisabilité technique d'un tel système devra être démontrée.

Quoiqu'il en soit, le traitement de dépuración seul en usine constitue une étape de transformation supplémentaire qu'il sera difficile de rentabiliser. C'est pourquoi le traitement de dépuración des moules, pour être éventuellement rentable, devra être inséré dans un contexte de production qui comprend l'ensemble des étapes de traitement de la moule jusqu'à la mise de celle-ci sur le marché de la consommation.

Dans le cas où le procédé de dépuración et de contention était intégré à une usine de traitement, les coûts reliés à la réception des moules, à l'expédition et à l'entretien imputables au procédé lui-même seraient diminués d'environ 7,4 \$ le bac, soit une diminution de 0,03 \$ le kg brut et de 0,06 \$ le kg net (tableau 18).

Une intégration permettrait sans doute des économies d'échelle, des économies sur le transport, etc. Cela permettrait également au promoteur de ne plus être à la merci de l'acheteur pour la détermination du rendement net de sa production.

Une diminution du coût du procédé de dépuración et de contention est donc possible. En additionnant les économies potentielles présentées aux tableaux 17 et 18, le coût du procédé de dépuración et de contention passerait à 62,52 \$ / bac, soit 0,28 \$ le kg brut et 0,51 \$ le kg net (tableau 19).

5.0 QUALITÉS SENSORIELLES, RENDEMENT ET DURÉE DE CONSERVATION VIVANTE DES MOULES ENTREPOSÉES EN CHAMBRE FROIDE

5.1 OBJECTIFS

Un des objectifs poursuivis dans le cadre du projet était le suivant :

Déterminer si le processus de dépuración a une influence sur la qualité du produit au moyen d'une analyse organoleptique et d'un suivi de la vie étagère.

L'hypothèse posée est que le procédé de dépuración de courte durée en vrac n'a pas d'impact négatif sur les qualités sensorielles, le rendement et la durée de conservation des moules.

L'équipe du Centre de technologie des produits aquatiques (CTPA) a effectué des travaux afin de répondre à cet objectif et de confirmer l'hypothèse. Ces travaux et les résultats ont fait l'objet d'une publication par Coulombe et *al.* (2003). Nous ne ferons ici qu'un bref rappel de la méthodologie et nous reprendrons les grandes lignes des résultats et des conclusions. Le lecteur devra donc prendre connaissance de l'étude mentionnée pour connaître les méthodes et le détail des résultats.

5.2 MÉTHODOLOGIE

L'étude a porté sur des moules vivantes ensachés et entreposés en chambre froide, après avoir leur avoir fait subir le processus de dépuración tel que décrit plus haut (section 4.2.3.2) ou une période de contention humide. Pour vérifier l'effet de la dépuración, des moules de la baie de Cascapédia ont été utilisées, puisqu'il n'était pas possible de soumettre des moules de la baie de Gaspé non dépurées à un panel de dégustateurs. À titre de comparaison, un lot de moules de la baie de Gaspé a été soumis au processus de dépuración et analysé spécifiquement pour sa durée de conservation.

Le cycle de dépuración et de contention s'est déroulé du 5 au 7 décembre 2002, sur des moules qui furent récoltées le 4 décembre. L'étude sur la durée de vie étagère s'est déroulée du 10 décembre 2002 au 9 janvier 2003. Les moules ont été échantillonnées à 6 reprises.

Les longueurs et poids des moules ont été notés. La durée de vie étagère a été établie au moment où 10 % des moules conservées sont mortes.

Le rendement en chair a été déterminé à deux reprises pour les moules de la baie de Gaspé et de la baie de Cascapédia, et à une reprise sur des moules de l'Île-du-Prince-Édouard achetées sur le marché local. Les rendements ont été déterminés sur des moules cuites à la vapeur.

Les analyses de la qualité sensorielle ont été effectuées consécutivement aux évaluations des rendements en chair. Des panels de dégustateurs ont été réunis, et se sont vus offrir les moules des différents lots. Les évaluateurs ont donné leur appréciation personnelle sur l'apparence, l'odeur, la texture et le goût, en attribuant une cote d'acceptabilité selon une

échelle à 9 niveaux. Ils devaient également indiquer l'échantillon préféré, notamment entre les moules de la baie de Cascapédia dépurées et non dépurées (contention).

5.3 RÉSULTATS

Les caractéristiques biométriques (tableau 18) des lots de moules étaient similaires, bien que les moules de la baie de Gaspé présentaient un histogramme des fréquences de taille statistiquement différent et une taille modale inférieure à ce qui a été observé chez les deux lots de moules de la baie de Cascapédia (dépurées et contention), ces derniers ne présentant pas de différences significatives. Les tailles moyennes de ces moules ne présentaient pas non plus de différences significatives.

Au niveau de l'effet de la dépuration sur la survie (tableau 20), les 2 lots de moules de la baie de Cascapédia (dépuration et contention) se sont comportés similairement. Aucune mortalité n'a été observée chez les moules entre le 10 et le 27 décembre. En général, la mortalité dans les sacs n'est pas supérieure à 13,3 % sur l'ensemble de la période, que les moules aient été purifiées ou non. La durée de vie étagère des moules de la baie de Cascapédia, non débyssées, purifiées ou non, est d'au moins 17 jours et pratiquement de 27 jours.

L'évolution temporelle de la mortalité des moules de la baie de Gaspé est différente (tableau 20). Toutes les moules étaient mortes avant le dernier échantillonnage du 9 janvier. La durée de vie des moules de la baie de Gaspé, non débyssées et purifiées, est de moins de 17 jours.

Le rendement en chair des moules de la Gaspésie varie de 23,3 % à 29 %, valeur nettement supérieure à celle des moules de l'Île-du-Prince-Édouard avec un rendement de 16,6 %.

En ce qui concerne l'évaluation sensorielle (tableau 21), les cotes d'acceptabilité moyenne sont très satisfaisantes pour les moules de la Gaspésie, peu importe leur origine ou le traitement qu'elles ont subi, alors que celles des moules de l'Île-du-Prince-Édouard sont nettement plus faibles aux sens des panélistes

Quant à l'analyse de préférence commandée aux panélistes relativement aux moules de Cascapédia dépurées versus celles tenues en contention seulement, elle démontre que ces moules sont considérées égales entre elles.

5.4 DISCUSSION ET CONCLUSION

Selon les données, les conditions de purification ou de contention n'ont eu aucun effet sur la durée de conservation des moules de Cascapédia de même que sur leurs propriétés sensorielles. Dans les deux cas, les moules ont pleinement survécu jusqu'au 17^{ème} jour et la mortalité dépassait à peine les 10 % au 27^e jour. Rappelons cependant que les moules utilisées dans le cadre de ce projet n'étaient pas débyssées, traitement qui peut parfois réduire la vie étagère (Myrand et Richard, 1987). La durée de conservation observée est supérieure à celle suggérée habituellement par les producteurs commerciaux (10-14 jours) de moules via les dates de péremption annoncées sur les emballages.

Une réaction différente a été observée entre les moules de la baie de Cascapédia et celles de la baie de Gaspé, ces dernières montrant toujours quelques individus morts tout au long de l'expérience. Toutes les moules de la baie de Gaspé étaient mortes avant le 31^e jour. Cependant, ces moules présentaient tout de même un taux de survie de 97 % au 17^e jour de vie étagère.

Les cotes d'acceptabilité attribuées aux moules de la Gaspésie au moment de leur mise en chambre froide sont très acceptables et comparables aux scores accordés à des moules fraîches en vertu d'autres projets (Aye Lim et MacKinnon, 1992; Coulombe et Blais, 2002). Il apparaît donc que le séjour de 48 heures effectué par les moules dans les bassins de dépuración n'affecte en rien leurs qualités sensorielles.

Il est important de noter que les moules placées en vrac, en couche épaisse d'au moins 50 cm en bassins isothermes alimentés en eau de mer froide (entre 1,4 et 4,5 °C) stérilisée aux ultraviolets à des débits d'au moins 15 litres, ont montré une durée de vie étagère très acceptable au plan commercial. Il n'y a pas de raison pour que les moules purifiées se comportent mal dans la chaîne de mise en marché, une fois qu'elles quitteront les entrepôts de l'entreprise de dépuración. Ce résultat est en conformité avec les observations effectuées au Royaume-Uni où la dépuración des moules en vrac est un acte de routine (Coulombe *et al.* 2003)

6.0 CONCLUSION

La baie de Gaspé présente un potentiel important et indéniable pour la mytiliculture au Québec. Cependant, l'exploitation des sites de culture a été, jusqu'à maintenant, freinée par la difficulté des producteurs à récolter leurs moules au printemps et à l'automne en dehors des périodes de toxicité, la zone étant classée ouverte sous condition de purification avant la mise en marché.

Depuis quelques années, les mytiliculteurs de la baie de Gaspé en collaboration avec les organismes responsables, la Direction de l'innovation et des technologies (DIT) et la Direction régionale de la Gaspésie (DRG) du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM) et Développement économique Canada (DEC), se sont concertés afin de mettre au point une méthode de purification.

La dépuración de longue durée en milieu naturel, soit le reparcage des moules, a été antérieurement expérimentée mais n'a pas eu les résultats escomptés, car le procédé semblait affecter la qualité du produit, et les coûts de 0,51 \$ le kg brut, soit 0,68 le kg, ont été jugés prohibitifs (Cyr, 2002). C'est pourquoi la dépuración de courte durée en usine a été adoptée comme une solution potentielle à la purification des moules de la baie Gaspé.

Un projet en deux volets, soit un volet expérimental (été et automne 2002) et un volet pilote (automne 2002), a été effectué afin d'évaluer le potentiel et la faisabilité techno-économique de l'implantation d'une unité de dépuración de courte durée des moules de la baie de Gaspé.

L'objectif premier était de trouver des solutions qui permettent aux mytiliculteurs de récolter leurs moules tout en répondant aux critères de contrôle et de surveillance de mise en marché de l'ACIA. L'ACIA s'est d'ailleurs intéressée au projet dès le début et a participé activement à son montage et au suivi des résultats.

La technique de dépuración en vrac, retenue dans le cadre de cette étude, est un procédé élaboré par la Sea Fish Industry Authority et homologué par le CEFAS au Royaume-Uni depuis 1994. Son approche permettait, au départ, de dépuración des moules en vrac en requérant un minimum d'installations et de main d'œuvre. Il fallait toutefois démontrer que cette technique de dépuración pouvait s'appliquer au contexte bio-physique et réglementaire québécois.

Le projet « Implantation d'unité de dépuración de courte durée des moules de la baie de Gaspé », par ses deux volets, a permis d'établir les bases techniques et économiques qui serviront à l'implantation d'une future usine-pilote de dépuración dans la région. Le projet a permis de démontrer que le traitement de dépuración expérimenté a effectivement répondu aux exigences sur la qualité de l'eau du PCCSM, dans les conditions rencontrées, bien que la faible contamination de départ observée dans les moules de la baie de Gaspé n'a pas permis d'évaluer l'efficacité du procédé dans des conditions de contamination élevée, tel qu'il est requis par le plan d'homologation.

Le projet a également permis de traiter et de mettre sur le marché environ 30 000 kg de moules dépurées en vrac : une première au Canada. Le traitement de dépuración en vrac

s'est avéré effectivement une technique simple et mécanisée demandant un minimum de personnel. Elle peut facilement être appliquée si une usine de dépuración en vrac est mise en opération par un éventuel promoteur en association avec les mytiliculteurs. Le traitement de dépuración en vrac en usine entraîne toutefois des coûts de production supplémentaires de l'ordre de 0,37 \$ le kg brut ou de 0,69 \$ le kg net.

Il apparaît également que le séjour de 48 heures effectué par les moules dans les bassins de dépuración n'affecte en rien leurs qualités sensorielles.

L'analyse des résultats du projet permet de croire qu'il serait d'abaisser les coûts du procédé de dépuración et de contention. Selon les hypothèses envisagées, ces coûts pourraient alors varier entre 0,28 \$ et 0,34 \$ le kg brut, soit entre 0,51 \$ et 0,63 \$ le kg net. Des travaux supplémentaires devront cependant être menés afin d'optimiser le procédé, et de valider la faisabilité des hypothèses suggérées.

Chose certaine, compte tenu de la faible valeur du prix de vente de la moule en vrac sur le marché canadien et du profit marginal qu'il apporte aux producteurs, les frais engendrés par le traitement de dépuración et de contention en usine ne peuvent être absorbés par les mytiliculteurs. C'est pourquoi il apparaît que ce traitement devra, pour être éventuellement rentable, être intégré dans l'ensemble de la production et de la mise en marché du produit.

La faisabilité économique de la dépuración des moules de la baie de Gaspé passe donc par une approche de production qui comprend l'ensemble des étapes de production et ce, jusqu'à la mise des moules sur le marché de la consommation. Le succès de cette entreprise dépend désormais de la capacité des différentes parties intéressées (mytiliculteurs et promoteurs) à implanter une usine dans la région ainsi qu'à introduire ce nouveau produit sur le marché de la consommation.

D'autre part, la réaction des consommateurs devant un produit dépuré est présentement inconnue, mais elle devra être prise en compte dans un éventuel projet.

7.0 REMERCIEMENTS

Le succès du projet « Implantation d'unité de dépuración de courte durée des moules de la baie de Gaspé » est le résultat des efforts et de la collaboration de tous les acteurs impliqués dans le dossier. Les mytiliculteurs de la baie de Gaspé, M. Stéphane Morissette et M. Jocelyn Richard, l'entreprise « Les Pêcheries Marinard Ltée » ainsi que les intervenants de la DIT, de la DRG, de la SODIM, de DEC et de l'ACIA doivent être remerciés.

Plusieurs personnes ont lu et commenté, en tout ou en partie, les premières versions de ce document. Leurs commentaires furent fort appréciés. Mme Françoise Tétreault (Les Moules Forillon Ltée), ainsi que MM. Francis Coulombe (CTPA), Michel Desbiens (CTPA), Sylvain Lafrance (SODIM), Gilles Lapointe (DRIM), Stéphane Morissette (Les Moules Forillon Ltée), et Réjean Tremblay (SODIM) sont particulièrement remerciés.

Le personnel des équipes technique et régie du CAMGR doit aussi être remercié pour leur implication dans le projet.

Nos remerciements vont également à Mme Karine Bisson qui a effectué la mise en page et la révision du document, dans un temps record.

8.0 RÉFÉRENCES

- Aye Lim, J. et D. MacKinnon. 1992. Mussel storage, holding and transport. P.E.I. Department of fisheries and environment, Fisheries and aquaculture division. Technical report no. 206. 36 p. + Annexes.
- Bayne, B.L. et Widdows, J., 1978. The physiological ecology of two populations of *Mytilus edulis* L. *Oecologia* 37: 137-162
- Bernard, F.R., 1989. Uptake and elimination of coliforme bacteria by four marine bivalve mollusks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 1592-1599.
- Boulter, M. et Wilson, P., 1998. The use of physiological assessment techniques for determining the relative activity of bivalve shellfish during simulated depuration. *J. Shellf. Res.* 17(5): 1627-1631.
- Boulter, M. 1994. The development of a bulk bin, deep layer, down welling, mussel purification system. *Sea Fish Report No. SR456*, 50 p.
- Canzonier, W.J., 1988. Public health component of bivalve shellfish production and marketing. *J. Shellfish Res.* 7(2):261-266.
- Canzonier, W. J. 1991. Historical perspective on commercial depuration of shellfish. *in* Otwell, W.S., Rodrick, G.E. et Martin, R.E., (eds.). *Molluscan Shellfish Depuration*. CRC Press, Boca Raton, USA. pp. 7-15.
- Cerebral Marine Research. 1990. A guide to the design, construction & operation of a bivalve shellfish depuration facility for British Columbia, Ministry of Agriculture and Fisheries, Aquaculture and Commercial Branch, Province of British Columbia, Canada.
- Coulombe, F. et J. Blais. 2002. Évaluation des rendements et évaluation sensorielle des moules dépurées par reparquage de longue durée. Rapport d'analyse 2002/02 (confidentiel). MAPAQ – Pêcheries, Direction de l'innovation et des technologies. 31 p.
- Coulombe, F., Coulombe, N., Renaud, N. et J. Paradis. 2003. Projet pilote de purification des moules de la baie de Gaspé. Évaluation des qualités sensorielles, du rendement et de la durée de conservation vivante des moules entreposées en chambre froide. MAPAQ – Pêcheries. DIT – Doc. Rech. 2003/04. 15 p.
- Coulombe, F., Roussy, M., et Cyr, C. 2003. Contexte technologique et réglementaire de dépuración des moules au Royaume-Uni. MAPAQ – Pêcheries. DIT – Doc. Trav. 2003/01. 95 p.

- Cyr, C. 2002. Programme d'intervention technologique sur la dépuration des moules de culture en Gaspésie. Rapport d'activités. Société de développement de l'industrie maricole. 7 p.
- Desbiens, M., Coulombe, F., Gaudreault, J., Cembella, A.D. et Larocque, R., 1990. PSP toxicity of wild and cultured blue mussels induced by *Alexandrium excavatum* in Gaspé Bay (Canada): implications for aquaculture., in Graneli, Sundstrom, Edler and Anderson, (eds.). Toxic Marine Phytoplankton. Elsevier Science Publishing, New York. pp. 459-462.
- Desbiens, M. et Cembella, A.D., 1993. Minimization of PSP toxin accumulation in cultured blue mussels (*Mytilus edulis*) by vertical displacement in the water column. In Smayda and Shimizu, (eds.). Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Elsevier Science Publishing, Netherlands. pp. 395-399.
- Desbiens, M., Imbeault, G. et Thibault, S., 2000. Relevés de pollution microbiologique dans la baie de Gaspé 1998 et 1999, MAPAQ – Pêcheries. DIT – Doc. Rech. 200/01.
- Furfari, S.A., 1966. Depuration plant design, National shellfish sanitation program. U.S. department of health, education and welfare, Washington. 119 p.
- Jorgensen, C. B. and K. Ockelmann. 1991. Beat frequency of lateral cilia in intact filter feeding bivalves: effect of temperature. *Ophelia*. 33(1): 67-70.
- Minet, J., Barbosa, T., Prieur, D. et Cormier, M., 1987. Mise en évidence du processus de concentration des bactéries par la moule *Mytilus edulis* (L). C. R. Acad. Sci. Paris, 305(III): 351-354.
- Myrand, B. et J. Richard. 1987. La moule bleue. Guide du Conseil des productions animales du Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. 107 p.
- Newell, C. R., Wildish, D. J. and B. A. MacDonald. 2001. The effects of velocity and seston concentration on the exhalant siphon area, valve gape and filtration rate of the mussel *Mytilus edulis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 262: 91-111.
- Perkins, F.O., Haven, D., Morales-Alamo, B. et Rhodes, M.W., 1980. Uptake and elimination of bacteria in shellfish. *J. Food Prot.* 43(2): 124-126.
- Power, E.F. et Collins, J.K., 1989. Differential depuration of Polivirus, *Escherichia coli*, and a coliphage by the common mussel, *Mytilus edulis*. *App. Environ. Microbiol.* 55(6): 1386-1390.
- Power, E.F. et Collins, J.K., 1990. Tissue distribution of a coliphage and *Escherichia coli* in mussels after contamination and depuration. *App. Environ. Microbiol.* 56: 803-807.
- Richards, G.P., 1988. Microbial purification of shellfish: A review of depuration and relaying. *J. Food Prot.* 51(3): 218-251.

- Sea Fish Technology. 1997. Guidelines for the facilities and equipment required for handling bivalve molluscs from harvesting through to distribution to retail outlets. Sea Fish Industry Authority guidelines. 146 p.
- Somerset, I. J. 1991. Current U.S. commercial shellfish depuration. *in* Otwell, W.S., Rodrick, G.E. et Martin, R.E., (eds.). Molluscan Shellfish Depuration. CRC Press, Boca Raton, USA. pp. 25-29.
- Throllope, D.R. et Webber, D.L., 1977. Shellfish bacteriology: coliform and marine bacteria in cockles (*Cardium edule*), mussels (*Mytilus edulis*) and *Scrobicularia plana*. *in* Nelson-Smith, A. and E.M. Bridge. (eds.). Problems of a small estuary. Swansea University College, U.K. pp. 1-18
- Tremblay, R., Roussy, M. 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, D.I.T., Cah. Info. 143. 34 p. En préparation.
- Widdows, J. 1978. Combined effects of body size, food concentration and season on the physiology of *Mytilus edulis*. J. Mar. Bio. Ass. 58:109-124
- Widdows, J. et P. Donkin. 1992. Mussels and environmental contaminants : bioaccumulation and physiological aspects. *in* E. Gosling (ed.). The mussel *Mytilus*: Ecology, physiology, genetics and culture. Developments in aquaculture and fisheries science, 25. Elsevier. pp. 383-424.

Tableau 1 : Détail des températures et des salinités des eaux de culture et des teneurs maximales en coliformes fécaux rencontrées dans la chair des moules lors des récoltes successives dans la baie de Gaspé pour approvisionner en moules les projets expérimental et pilote réalisés à l'été et l'automne 2002.

Date	Température (°C)		Salinité (o/oo)		Teneur maximale en coliformes (c.f./100 g)
	moyenne	É.-t.	moyenne	É.-t.	
3-juill.	11,4	6,1	24,9	3,3	< 20
11-juill.	12,5	0,6	25,0	2,0	< 20
15-juill.	15,0	1,4	24,3	1,3	< 20
3-sept.	14,3	5,3	-	-	< 20
16-sept.	10,9	0,3	26,4	1,1	< 20
23-sept.	12,0	2,6	-	-	130
30-sept.	9,3	0,5	28,5	1,0	20
15-oct.	6,5	1,0	29,5	2,1	< 20
23-oct.	5,0	0,9	29,8	1,3	20
31-oct.	4,0	0,0	28,8	0,5	< 20
1-nov.	4,3	0,5	28,8	0,5	130
4-nov.	2,5	0,6	27,5	0,6	20
5-nov.	2,5	0,6	27,5	0,6	20
6-nov.	-	-	27,5	0,6	80
8-nov.	2,5	0,6	27,5	0,6	< 20
11-nov.	3,8	1,0	27,3	1,0	< 20
20-nov.	1,5	0,6	27,5	0,6	80
22-nov.	1,0	0,8	26,8	1,0	< 20
28-nov.	1,0	0,8	27,0	1,2	20
2-déc.	1,5	0,6	27,0	1,2	20

Période Secteurs de récolte **Teneurs rencontrées dans la chair des moules :**

Été
automne
2002 baie de Gaspé
G257.E et G27.7 E Médiane : < 20 c.f./100 g
Maximum : 130 c.f./100 g
=> 20 c.f./100 g: fréquence 28 %

Tableau 2 : Exigences du PCCSM concernant la qualité des eaux de traitement de dépuración.

Paramètres	Exigences
Source d'eau	L'eau doit provenir d'une source agréée par l'ACIA ;
Teneur en coliformes	Le nombre de coliformes fécaux par 100 mL doit être nul après le traitement bactéricide ;
Oxygène	L'eau doit avoir une teneur en oxygène d'au moins 5 ppm ou en être saturée à 50 % ;
Salinité	La salinité doit correspondre à ± 20 % du régime de salinité médiane du secteur de récolte des bivalves, à moins qu'une plage de salinité différente soit établie à la suite de l'évaluation du processus de dépuración prévu ;
Turbidité	La turbidité doit être inférieure à 20 unités de turbidité Jackson (ou unités de turbidité néphélométrique équivalentes) ;
Température	La température doit se prêter à l'activité métabolique normale des bivalves, les limites devant être déterminées par l'évaluation du processus ;
Ammoniaque	Dans le cas de systèmes fermés ou de recirculation d'eau, la teneur en ammoniac dans l'eau de traitement doit être inférieure à 0,9 ppm ;
Produit chimique	Aucun produit chimique indésirable ou autre substance susceptible d'avoir des effets nocifs sur le pompage des mollusques bivalves ne doit être présent ;
Biotoxicité	Le taux de contamination par des biotoxines marines pendant la dépuración ne doit pas dépasser les normes indiquées au chapitre 11.'

Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques des eaux de traitement à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuración lors des expériences réalisées au CAMGR. * = débit non constant durant l'expérience.

A) Température (°C), salinité (o/oo), turbidité (NTU) et pH

Traitement	Essai	Température (°C)				Salinité (o/oo)				Turbidité (NTU)		pH	
		min	moy	max	collecte	min	moy	max	collecte	entrée	sortie	entrée	sortie
225 kg-40L/min	1*	12,2	12,6	13,5	12,5	26,6	27,1	27,5	25,0	0,07	0,17	8,7	-
	2	12,1	13,1	14,3	10,9	27,8	28,7	29,0	26,4	0,34	0,95	8,1	-
	3	11,2	11,4	11,7	-	28,5	28,8	29,1	-	0,36	1,06	8,2	7,9
	4	11,5	12,2	12,6	12,0	28,4	29,2	29,8	-	0,28	3,05	8,2	7,9
Effet poche	5	4,9	5,3	5,6		29,1	29,5	30,0		0,38	1,98	8,2	8,1
Effet bullage	6	3,2	3,4	3,6	1,5	28,8	29,1	29,3	27,5	0,60	1,44	8,2	8,2
365 kg-90 L/min	1	12,1	13,1	14,3	14,3	28,1	28,6	29,2	-	0,74	0,76	8,6	-
	2	11,2	11,3	11,5	9,3	28,7	29,1	29,3	28,5	0,18	0,85	8,3	8,1
	3	7,2	8,5	9,3	6,5	29,3	29,9	30,7	29,5	1,04	2,09	8,3	8,2
Recirculation	1	3,4	9,0	13,8	1,5	29,6	30,0	30,2	27,0	1,80	2,30	7,7	

B) Oxygène dissous (%) et ammoniac dissous (ppm)

Traitement	Essai	Oxygène dissous (%)						Ammoniac dissous (ppm)					
		entrée			sortie			entrée			sortie		
		min	moy	max	min	moy	max	min	moy	max	min	moy	max
225 kg-40L/min	1*	82,4	95,6	105,9	31,7	64,2	89,5	0,010	0,039	0,090	0,080	0,183	0,380
	2	91,0	92,8	98,1	53,2	59,8	69,3	-	-	-	0,160	0,020	0,460
	3	83,6	91,2	97,6	56,4	66,2	73,9	0,020	0,030	0,050	0,090	0,158	0,350
	4	87,2	95,6	101,2	53,9	62,7	72,3	0,016	0,037	0,179	0,134	0,220	0,555
Effet poche	5	97,9	101,1	103,1	82,0	87,3	90,5	0,000	0,000	0,020	0,000	0,020	0,080
Effet bullage	6	97,1	102,0	106,6	88,1	92,1	95,2	0,000	0,010	0,030	0,010	0,030	0,060
365 kg-90 L/min	1	83,3	94,4	101,3	68,4	74,6	79,5	0,002	0,004	0,008	0,010	0,017	0,100
	2	96,0	100,5	106,8	78,6	93,0	86,7	0,016	0,028	0,071	0,072	0,105	0,192
	3	96,8	101,9	105,2	86,1	90,3	94,7	0,011	0,022	0,035	0,040	0,081	0,137

Recirculation	1	97,7	101,9	108,4	77,9	88,9	102,6	0,470	5,900	11,900			
---------------	---	------	-------	-------	------	------	-------	-------	-------	--------	--	--	--

Tableau 4 : Résultats des analyses bactériologiques des moules lors des expérimentations sur l'effet des filets d'échantillonnage et du bullage.

			Expérimentation	
			Effet des filets	Effet du bullage
	Bassin	Niveau	c.f./100 g	
T 0			< 20, 80, 50	< 20, 40, 80
T 48	1	Surface	< 20	< 20
		Milieu	< 20	NIL
		Fond	< 20	< 20
	2	Surface	NIL	< 20
		Milieu	NIL	NIL
		Fond	NIL	< 20
	3	Surface	< 20	< 20
		Milieu	< 20	NIL
		Fond	< 20	< 20
T 120	1	Surface	NIL	< 20
		Milieu		NIL
		Fond		< 20
	2	Surface		< 20
		Milieu		NIL
		Fond		< 20
	3	Surface		< 20
		Milieu		NIL
		Fond		< 20

Tableau 5 : Résultats des analyses bactériologiques des boues lors des expérimentations sur l'effet des filets d'échantillonnage et du bullage.

Expérimentation				
		Effet des filets	Effet du bullage	
	Bassin	UFC / ml	UFC / ml	<i>E coli</i> /0,5 ml
T 48	1	< 10	< 10	Présence
	2	< 10	< 10	Absence
	3	< 10	< 10	Absence
T 120	1	NIL	< 10	Absence
	2	NIL	< 10	Absence
	3	NIL	10	Présence

Tableau 6 : Températures (°C) observées dans la chair des moules lors des différentes étapes du procédé à l'usine pilote de dépuración en vrac.

Température de l'eau de récolte et de dépuración, et température et écarts de température de la chair des moules (°C)					
	Récolte	ΔT	Chair	ΔT	Dépuración
Minimum	0	+0.8	0.8	-0.8	1.4
Moyenne	2.5	+1.9	5.3	-1.8	2.7
Maximum	5	+3.2	8.7	-4.1	4.5

Tableau 7 : Volumes de moules en vrac traités lors des différents cycles de dépuración et résultats du suivi bactériologique du processus de dépuración réalisé dans le cadre du projet pilote.

Cycle	Volume (kg)	Nombre de bacs	Date début	Teneurs en c. fécaux (c.f./100g de chair)	Date fin	Verdict Dépuración
des échantillons de moules prélevés à la surface, au milieu et au fond des bacs						
1	4 338	18	01/11	T0 : <20, <20, <20 T24 : <20, <20, <20 T48 : <20, <20, <20	03/11	Accepté
2	2 455	11	04/11	T0 : 130,20,50 T24 : <20, <20, <20 T48 : <20, <20, <20	06/11	Accepté
3	3 409	18	06/11	T0 : 20, <20, <20 T24 : <20, <20, <20 T48 : <20, <20, <20	08/11	Accepté
4	4 500	18	11/11	T0 : <20, <20, <20 T24 : <20, <20, <20 T48 : <20, <20, <20	13/11	Accepté
5	4 727	18	13/11	T0 : <20, <20, <20 T24 : <20, <20, <20 T48 : <20, <20, <20	15/11	Accepté
6	4 345	18	23/11	T0 : <20, <20, <20 T24 : <20, <20, <20 T48 : <20, <20, <20	25/11	Accepté
7	4 146	18	29/11	T0 : <20, <20, <20 T24 : <20, <20, <20 T48 : <20, <20, <20	01/12	Accepté
8a	767	5	05/12	T0 : <20, <20, <20 T24 : <20, <20, <20 T48 : <20, <20, <20	07/12	Accepté
8b	293		05/12	Tests organoleptiques		
		1		1 bac en dépuración	07/12	Accepté
		1		1 bac en contention		
Total	28 980	126	31/10	CSP : 99 analyses ACIA : 3 analyses	07/12	

Tableau 8 : Volumes de moules en vrac entreposés en contention humide et résultats des analyses bactériologiques réalisées sur les échantillons prélevés en contention avant leur sortie de l'usine dans le cadre du projet pilote.

Cycle	Volume (kg)	Nombre de bacs	Date début	Teneurs en coliformes fécaux (c.f./100g de chair) des échantillons de moules prélevés à la surface, au milieu et au fond des bacs	Date sortie
1	4 338	18	03/11	MB : 3400, 1700, 1700 ACIA (NB) : 230, 330, 80, 80, 50	07/11
2	2 455	11	06/11	MB : 5400,3500; pas <i>E. coli</i> CSP : <20, <20, <20 MB : <20, <20, <20 ACIA : <20, <20, <20 MB : <20, <20, <20 MB : <20, <20, <20	21/11
3	3 409	18	08/11	CSP : <20, <20, <20 MB : <20, <20, <20 ACIA : <20, <20, <20 MB : <20, <20, <20 MB : <20, <20, <20	9 bacs : 21/11 9 bacs : 26/11
4	4 500	18	13/11	MB : <20, <20, <20	13 bacs :26/11 5 bacs :01/12
5	4 727	18	15/11		14 bacs: 01/12 4 bacs: 03/12
6	4 345	18	25/11		03/12
7	4 146	18	01/12		1 bac : 03/12 17 bacs: 10/12
8	767	5	07/12		4 bacs : 10/12
8	293	2	07/12		10/12
Total	28 980	126	07/12		71 bacs

MB : Laboratoire Marinard Biotec

CSP : Laboratoire du CSP

ACIA : Laboratoire de l'ACIA

Tableau 9 : Paramètres physico-chimiques minimaux et maximaux de l'eau lors des différents cycles de dépuración réalisés dans le cadre du projet pilote.

Cycle	Temps	Température (°C)		Oxygène dissous (%)		Salinité (ppm)		pH	
		min.	max	min.	max	min.	max	min.	max
1	T0	4.5	4.5	91.1	94.5	29.8	29.9	8.2	8.3
	T24	3.5	3.7	100.1	103.0	29.9	-	8.5	-
	T48	3.3	3.5	103.0	104.1	29.1	29.9	8.5	8.6
2	T0	3.6	3.6	95.3	96.6	29.9	29.9	8.4	8.4
	T24	3.2	3.4	94.5	97.7	30.2	30.2	8.4	8.5
	T48	3.1	3.5	106.2	106.3	29.9	30.1	8.3	8.5
3	T0	-	-	-	-	-	-	-	-
	T24	2.9	2.9	101.6	103.5	31.0	31.0	8.6	8.6
	T48	2.8	2.9	102.9	103.0	29.5	30.4	8.5	8.6
4	T0	-	-	-	-	-	-	-	-
	T24	3.0	3.1	96.7	97.2	29.4	29.4	8.5	8.5
	T48	3.0	3.2	99.3	101.6	29.2	29.3	8.5	8.6
5	T0	2.9	3.1	92.2	92.8	28.9	29.1	8.5	8.5
	T24	2.8	2.8	90.1	92.2	28.7	28.8	8.5	8.6
	T48	2.8	2.9	94.6	94.5	27.8	29.4	7.2	7.4
6	T0	2.5	2.5	84.0	98.3	30.9	31.0	7.4	7.8
	T24	2.4	2.4	92.0	93.2	31.4	31.4	7.5	7.5
	T48	2.2	2.2	92.0	93.4	30.6	31.2	7.4	7.4
7	T0	1.8	2.0	91.8	93.2	29.9	30.1	7.4	7.5
	T24	1.9	1.9	95.2	95.2	25.4	25.7	7.7	7.8
	T48	2.0	2.0	96.4	96.9	26.6	26.6	7.8	7.8
8	T0	1.7	1.8	101.3	103.3	29.5	29.6	-*	-*
	T24	1.4	1.5	102.2	104.5	29.1	29.1	6,9*	6,9*
	T48	1.4	1.5	101.6	103.1	29.0	29.0	6,1*	6,1*
Total		1.4	4.5	84.0	106.3	27.8	31.4	7.2	8.6

* = problèmes techniques de l'appareil lors des lectures

Tableau 10 : Personnel et temps requis pour effectuer les différentes opérations sur un bac de 225 kg de moules en vrac :

A) Réception des moules à l'usine pilote.

Opérations	Personnel	Temps (min)	Commentaires
Débarquement du camion	1	2	Chariot-élévateur
Pesée et entrée des données	1	3	Chariot-élévateur Balance digitale
Transfert dans bacs de dépuración, étiquetage et prise de température	2	6,5	Chariot-élévateur Thermomètre
Total	1	18	

B) Dépuración.

Étapes	Opérations	Personnel	Temps (min)	Commentaires
TO	Rinçage des moules dans le bac avant la dépuración	1	7	Boyaux d'eau salée stérilisée
	Évaluation de la qualité de la matière première et prise de température	1	1	thermomètre
	Échantillonnage de moules pour analyse bactériologique	2	1,3	24 min pour 2 bacs / 18 bacs Chariot-élévateur
	Transfert du bac dans l'aire de dépuración	1	2	Chariot-élévateur
	Mise en place de l'arrivée d'eau	1	0,5	
	Mise en place du trop-plein	1	1,5	
	Ajustement du débit en dépuración	1	3	Manuel
	Mesures physico-chimiques	1	0,75	13,5 min pour 3 bacs / 18 bacs Sonde YSI 85 PH mètre
Total		1	18,35	

T24	Mesures physico-chimiques	1	0,75	13,5 min pour 3 bacs / 18 bacs Sonde YSI 85 PH mètre
	Retrait du trop-plein	1	0,1	
	Échantillonnage de moules	2	1,3	24 min pour 2 bacs / 18 bacs Chariot-élévateur
	Inclinaison des bacs	2	0,25	Chariot élévateur
	Mise en place du trop-plein	1	0,75	
	Ajustement du débit en dépuraton	1	3	
	Total	1	7,7	
T48	Mesures physico-chimiques	1	0,75	13,5 min pour 3 bacs / 18 bacs Sonde YSI 85 PH mètre
	Retrait du trop-plein	1	0,1	
	Retrait de l'arrivée d'eau	1	0,5	
	Échantillonnage de moules	2	1,3	24 min pour 2 bacs / 18 bacs Chariot-élévateur
	Déplacement vers point de rinçage	1	1,5	Chariot-élévateur
	Rinçage	1	7	Boyau d'eau salée stérilisée
	Déplacement vers station de contention	1	1,5	Chariot-élévateur
	Total	1	13,95	
TOTAL		1	40,0	

C) Contention.

Opérations	Personnel	Temps (min)	Commentaires
Mise en place de l'arrivée d'eau	1	1	
Mise en place du trop-plein	1	1	
Ajustement du débit en contention	2	9	3 min / jour * 3 jours
Mesures physico-chimiques	2	0,84	13,5 min pour 3 bacs / 48 bacs = 0,28 min / jour * 3 jours Sonde YSI 85 PH mètre
Abaissement du trop-plein	1	0,6	0,2 min / jour * 3 jours
Remise en place du trop-plein	1	0,6	0,2 min / jour * 3 jours
Retrait du trop-plein	1	0,2	
Retrait de l'arrivée d'eau	1	0,1	
Total	1	23,18	

D) Expédition.

Opérations	Personnel	Temps (min)	Commentaires
Déplacement vers aire de sortie	1	1	Chariot-élévateur
Transfert dans bac de transport	2	7	
Déplacement vers point de rinçage	1	1	Opérations simultanées
Rinçage	1	7	Chariot-élévateur à fourche pivotante
Pesée	1	2	Chariot-élévateur
Embarquement dans camion	1	2	Chariot-élévateur
Total	1	27	

E) Entretien sanitaire des différents bacs utilisés.

Opérations	Personnel	Temps (min)	Commentaires
Nettoyage d'un bac de transport	1	4	Laveuse pression et savon
Nettoyage d'une poche de transport	1	2	Boyau d'eau douce
Nettoyage d'un bac de contention et d'un faux fond	2	7	Laveuse à pression et savon
Total	1	20	

Tableau 11 : Coûts associés à l'approvisionnement et à la stérilisation des eaux de l'usine pilote de dépuración en vrac.

Origines	Coût à l'achat	Coûts d'opérations	Commentaires
Pompage Municipalité de Rivière-au-Renard	0,15 \$/ m ³		Les coûts de pompage peuvent varier considérablement en fonction du type et de l'emplacement des installations de pompage. Prix moyen estimé en fonction des tarifs établis selon le volume utilisé
Dépuración		21,6 \$/bac /48 h	Débit d'eau de 50 L/min en dépuración
Contention		2,16 \$/ bac /24 h	Débit d'eau de 10 L/min en contention
Stérilisateur U.V. PVC 15 000 mV 3600 L/min	12 000 \$	1 260 \$/an	Le coût à l'achat peut varier considérablement en fonction du modèle ainsi que des options choisies. Coûts d'opérations établis en fonction d'une utilisation de 365 jours/an du modèle utilisé.

Tableau 12 : Coûts associés à la manutention des bacs à l'usine pilote de dépuración en vrac.

Origines	Coût à l'achat	Coûts d'opérations	Commentaires
Chariot-élévateur électrique à fourche pivotante résistant à la corrosion	45 000 \$	0,48 \$/bac	Coût d'achat établi en fonction d'une soumission avec une entreprise privée. Coût d'opérations établis en fonction d'une utilisation de 40 min/bac compte tenu des coûts de maintenance de l'appareil soit : 145 \$ par 200 heures d'utilisation.

Tableau 13 : Coûts associés à l'achat des bacs de dépuración requis à l'usine pilote.

Origines	Coût à l'achat	Nombre	Commentaires
<i>Bac isothermique</i> SEAPLAST DX 327 (1 m ³) DX 335 (1.13 m ³)	415 \$	84	Le nombre de bacs, de faux fonds et de couvercles ont été établis en fonction des nombres respectifs utilisés lors du projet-pilote.
<i>Faux fond</i> SEAPLAST	80 \$	84	
<i>Trop plein</i> Tuyau ABS 1 1/2pouces	8 \$	66	
<i>Couvercle</i> SEAPLAST	(130 \$)		
<i>Coûts total</i>		42 108 \$	Bacs de transport et couvercles non inclus

Tableau 14 : Coûts associés au suivi du processus de dépuración et au suivi de la qualité des eaux de traitement à l'usine pilote par période de deux cycles de dépuración de 18 bacs de moule (5 jours ouvrables).

Origine	Coût à l'achat	Nombre	Coûts des analyses dans un laboratoire accrédité par l'ACIA \$ / semaine	Commentaires
Analyses bactériologiques (coliformes fécaux)				
Eau	28 \$	5 / semaine à la sortie du UV 2 / semaine à l'entrée du UV	196 \$	Il faut compter 1,5 fois le prix lorsque les analyses sont effectuées en fin de semaine.
Chair de moules	40 \$	9 / cycle	720 \$	
Total			916 \$	
Analyses phytotoxícologiques				
Chair de moules	40 \$	1 / semaine	40 \$	Coût assumé par l'ACIA
Total		36 bacs	956 \$	Les coûts / bac reliés aux analyses diminuant ainsi avec une augmentation du nombre de bacs opérés en usine à chaque cycle.
		1 bac	26,56 \$	
Mesures physico-chimiques				Il existe une multitude de fournisseurs sur le marché. Les prix varient en fonction des modèles ainsi que des options choisies.
Sonde multiparamétrique (incluant : oxymètre, pHmètre, salinomètre, thermomètre)		1 000 - 3 000 \$		

Il faut noter que les coûts de transport des échantillons vers les laboratoires d'analyse ne sont pas comptabilisés.

Tableau 15 : Coûts associés à l'entretien sanitaire du matériel de l'usine pilote de dépuración en vrac.

Origines	Coût à l'achat	Coûts d'opération	Commentaires
Laveuse à pression- vapeur Karcher modèle HDS 1055 3000 psi	5 500 \$ ^{+tx}	0,32 \$ / bac	Les frais d'opérations (diesel et électricité) sont d'environ 16 \$ pour 50 bacs et faux fonds Les coûts d'acquisitions élevés sont rentabilisés par les économies de temps lors du nettoyage
Produit nettoyant Sani Mark Blizzard (4L)	13,90 \$ ^{+tx}	1,39 \$ / bac	10 bacs nécessitent environ 4L de savon L'eau de Javel, plus efficace et 10 fois moins coûteuse, aurait pu être utilisée. Par contre, son pouvoir corrosif peut amener une usure prématurée des bacs.
Total		1,71 \$ / bac	

Tableau 16 : Coûts associés au procédé de dépuración en vrac et de contención lors du projet pilote, par bac de 225 kg et par kg de moule.

	Temps		Coût		
	minute / bac	\$ / bac	\$ / kg de moule		%
			Brut (225 kg/bac)	Net ⁶ (54 % du brut)	
Opérations					
Réception ¹	18,0	3,6	0,0160	0,0296	4,3
Dépuración ¹					
T 0	18,35	3,67	0,0163	0,0302	4,4
T 24	7,7	1,54	0,0068	0,0127	1,8
T 48	13,95	2,79	0,0124	0,0230	3,3
Contention ¹	23,18	4,64	0,0206	0,0382	5,5
Expédition ¹	27,0	5,40	0,0240	0,0444	6,4
Entretien sanitaire	20	4,00	0,0178	0,0329	4,8
Coordination ²	13,3	3,55	0,0158	0,0292	4,2
Sous-total	141,48	29,19	0,1297	0,2402	34,7
Matériel / équipement					
Eau dépuración ³		21,6	0,0960	0,1778	25,8
Eau contención ⁴		2,16	0,0096	0,0178	2,6
Stérilisation ⁵		2,10	0,0093	0,0173	2,5
Manutention		0,48	0,0021	0,0040	0,6
Bactériologie					
Eau		5,44	0,0242	0,0448	6,5
chair		21,12	0,0939	0,1738	25,2
Entretien sanitaire		1,71	0,0076	0,0141	2,0
Sous-total		54,61	0,2427	0,4496	65,2
TOTAL	141,48	83,80	0,3724	0,6898	

¹ : taux horaire de 12,00 \$

² : taux horaire de 16,00 \$

³ : pour un cycle de 48 heures

⁴ : pour une contención de 3 jours

⁵ : 1 260 \$ * an-1 * 40 jours * an-1 / 66 bacs

⁶ : S. Morissette, Les Moules Forillon Ltée,
com. pers.

Tableau 17 : Modifications au procédé de dépuración et économies potentielles.

Modifications		Économie		
		\$ / bac	\$ / kg	
			brut	net
1	Mettre plus de moules / bac	?	?	?
2	Réduire débit de dépuración à 40 l/min	4,32	0,0192	0,0356
3	Système de contention en cascade	?	?	?
4	Éliminer les manipulations des bacs à T24			
	rinçage	0,60	0,0027	0,0049
	échantillonnage et analyses	7,19	0,0320	0,0592
5	Homologation	?	?	?
6	Coût des analyses versus le nb de bacs en dépuración	6,64	0,0295	0,0547
7	Réduire le temps d'ajustement des débits	0,40	0,0018	0,0033
8	Réduction de 50 % du temps de transfert	1,40	0,0062	0,0115
9	Réduire le temps nécessaire aux déplacements de 30 %	0,42	0,0019	0,0035
10	Diminuer la durée de nettoyage de 50 %	0,70	0,0031	0,0058
Total		21,67	0,0964	0,1785
Total - 7,79 \$ (point 4)		13,88	0,0617	0,1144

Tableau 18 : Diminution des coûts du procédé de dépuration et de contention par une intégration à une usine de traitement de la moule.

Économie				
Opérations	Gain en temps¹	\$ / bac	\$ / kg	
			Brut	Net
Réception des moules	5	1,0	0,0044	0,0082
Expédition	26	5,2	0,0231	0,0428
Entretien sanitaire	6	1,2	0,0053	0,0099
Total		7,4	0,0328	0,0609

¹ : voir tableau 10 A, D et E.

Tableau 19 : Coût du procédé de dépuration et de contention selon différentes hypothèses.

Coût du procédé de dépuration et de contention			
Description	\$ / bac	\$ / kg	
		Brut	Net
Projet pilote ¹	83,80	0,3724	0,6898
Hypothèse 1 : Modifications au procédé ²	69,92	0,3107	0,5754
Hypothèse 2 : Intégration à une usine de traitement ³	76,40	0,3396	0,6289
Hypothèse 3 : Modifications et Intégration	62,52	0,2779	0,5145

¹ : tableau 16

² : tableau 17

³ : tableau 18

Tableau 20 : Données biométriques et de survie des moules utilisées dans l'étude sur la durée de conservation, le rendement en chair et les qualités sensorielles.

Origine	Taille moyenne mm	Taille modale mm	Poids moyen g	Durée de vie jour	Mortalité sur 31 jours %
Gaspé dépuración	60,6	55-60	16,1	< 17	100
Cascapédia dépuración	61,3	60-65	17,7	> 17	13,3
Cascapédia contención	61,9	60-65	18,0	> 17	13,3

Tableau 21 : Cotes d'acceptabilité des moules de provenance différente utilisées dans le cadre du projet pilote.

Origine	Date des analyses	Apparence Moyenne (et)	Odeur Moyenne (et)	Texture Moyenne (et)	Goût Moyenne (et)
Gaspé dépuración	2 décembre 2002	7,2 (1,4)	7,7 (0,9)	7,9 (0,8)	7,7 (0,9)
Cascapédia dépuración	11 décembre 2002	7,5 (0,9)	7,6 (1,2)	7,2 (1,6)	7,4 (1,5)
Cascapédia Contención	11 décembre 2002	7,7 (0,9)	7,9 (0,7)	7,2 (1,5)	7,5 (1,0)
Ile-du-Prince-Édouard	18 décembre 2002	5,5 (1,8)	5,7 (2,5)	6,2 (1,9)	6,3 (2,0)

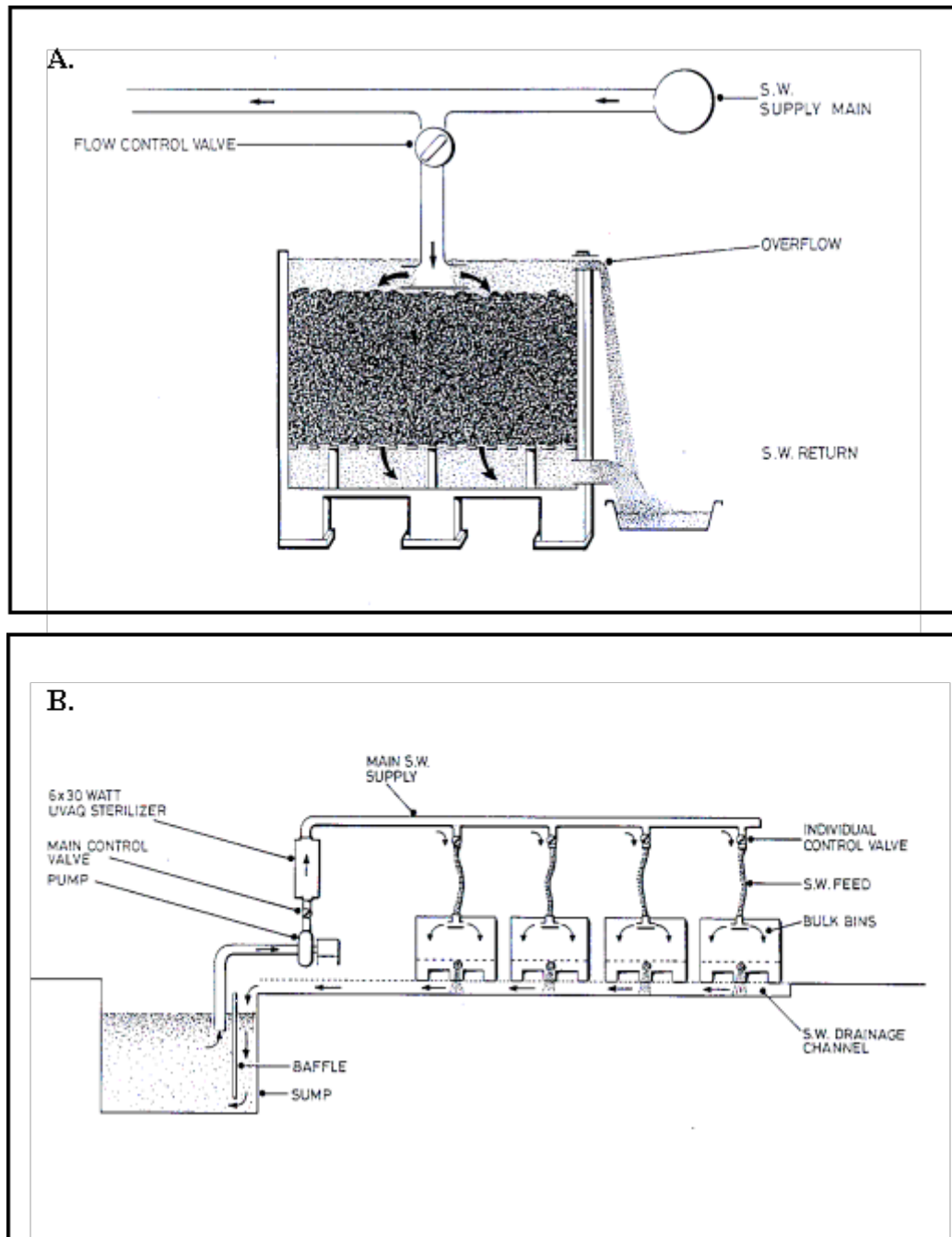


Figure 1 : Schémas représentant les différentes composantes du « Bulk Bin System for mussels » : A. Unité de déuration en vac. B. Système fonctionnant en recirculation (Boulter, 1994).

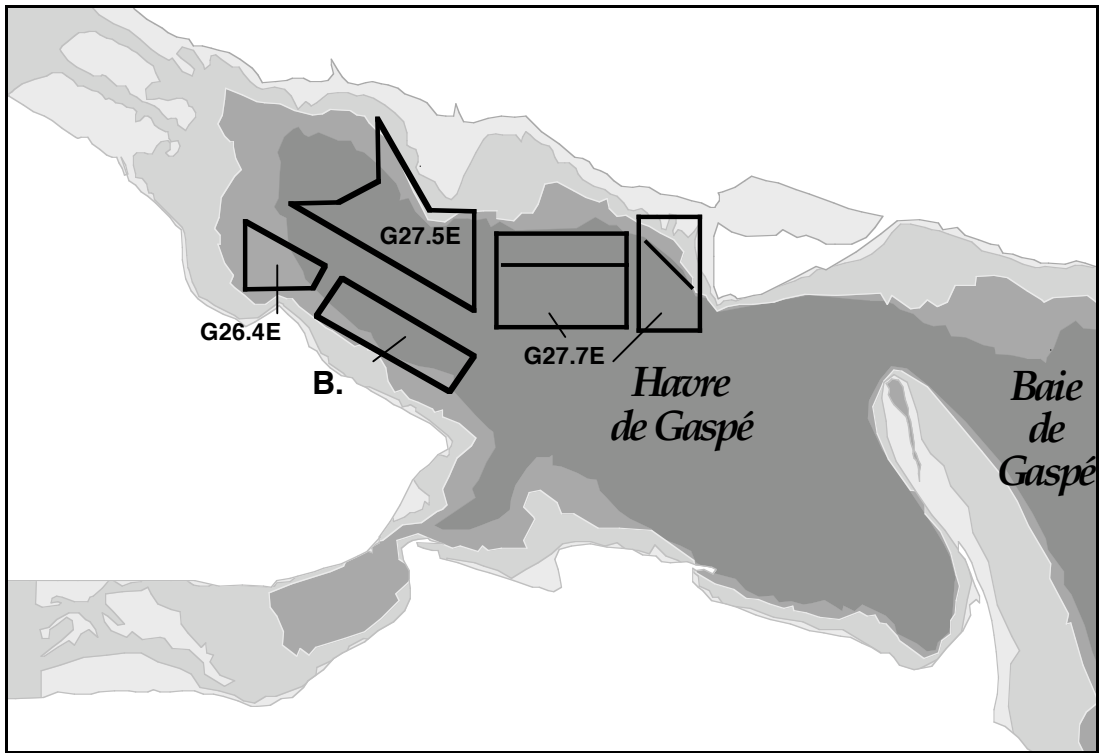


Figure 2 : Les différents secteurs de mytiliculture du Havre de la baie de Gaspé où les moules utilisées dans les volets expérimental et pilote de dépuración en vrac ont été récoltées dans les zones G27.5 E et G27.7 E à l'été et l'automne 2002.

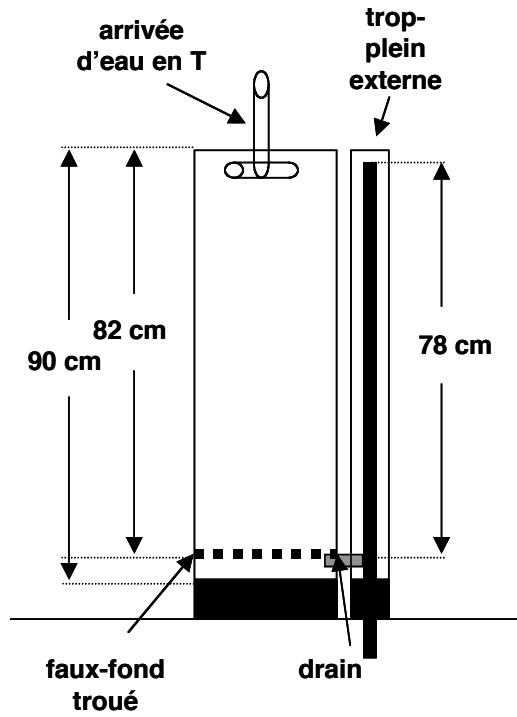


Figure 3 : Schéma d'une colonne d'observation utilisée lors des expériences portant sur l'activité de filtration des moules.



Surface

Fond

Figure 4 : Observations effectuées sur les moules dans les colonnes d'observation en acrylique lors de l'expérience sur l'activité de filtration. On peut voir les moules situées dans la section du haut de la colonne d'observation et la section du fond, quelques minutes après l'immersion dans l'eau de mer.

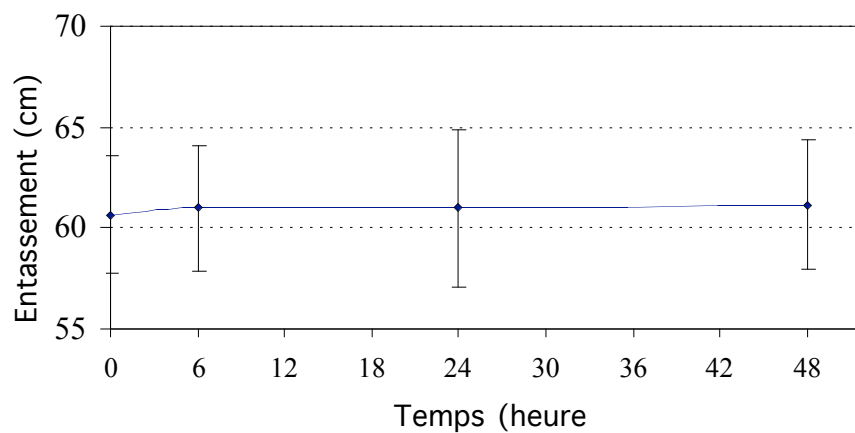
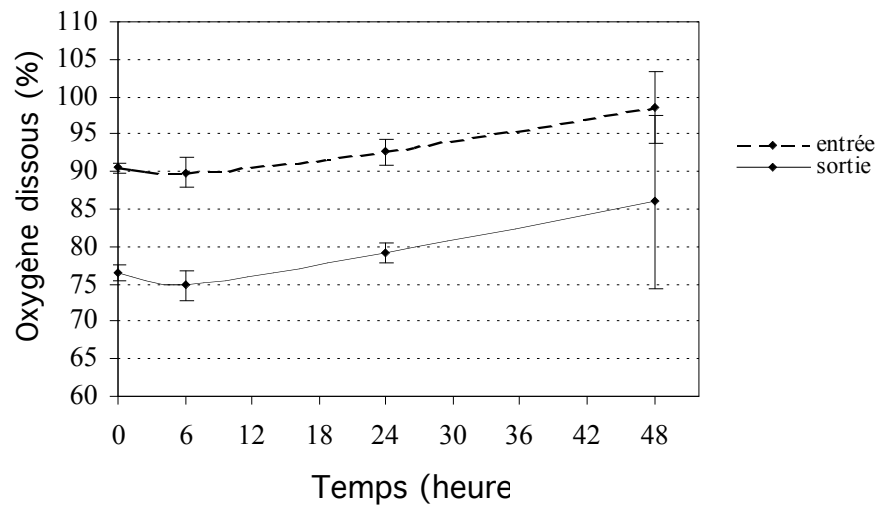
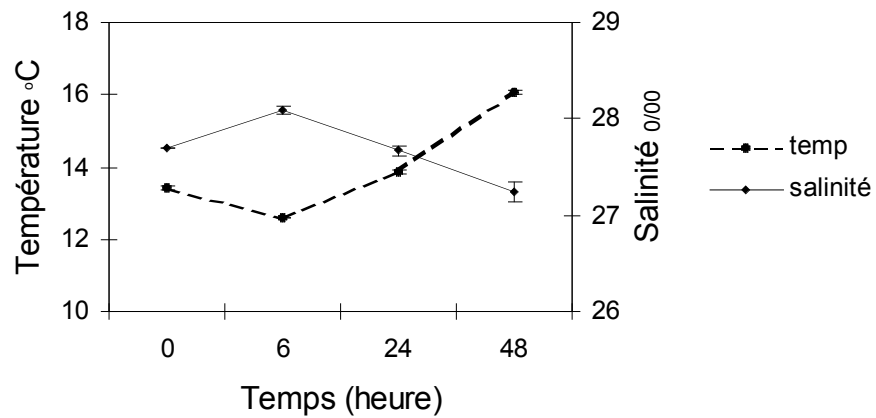
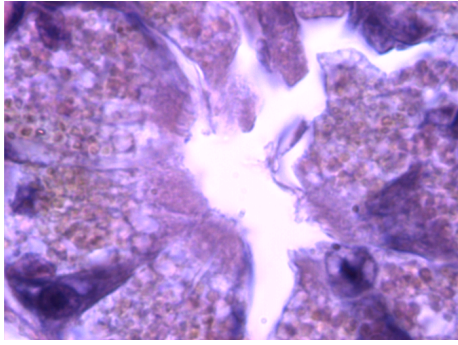
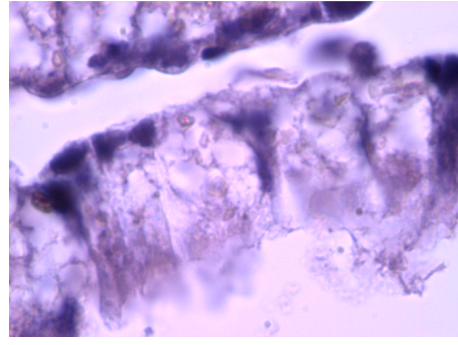


Figure 5 : Température (°C), salinité (0/00), oxygène dissous (%) et entassement (cm) moyens des moules lors de l'expérience de comportement.



A) moules à T 0, « beaucoup »



B) moules à jeun à T 168, « aucune »

Figure 6 : Contenu des cellules des tubules digestifs des moules à jeun lors de l'expérience portant sur l'activité digestive. A) moules à T 0. B) moules à jeun à T 168.

A.



B.



C.



D.



Figure 7 : A. Arrivée des moules à l'unité expérimentale de dépuración en vrac du CAMGR. B. Sortie des poches de transport des bacs isothermes à l'aide d'un

chariot-élévateur. C. et D. Transfert des moules dans un des bacs de dépuration.

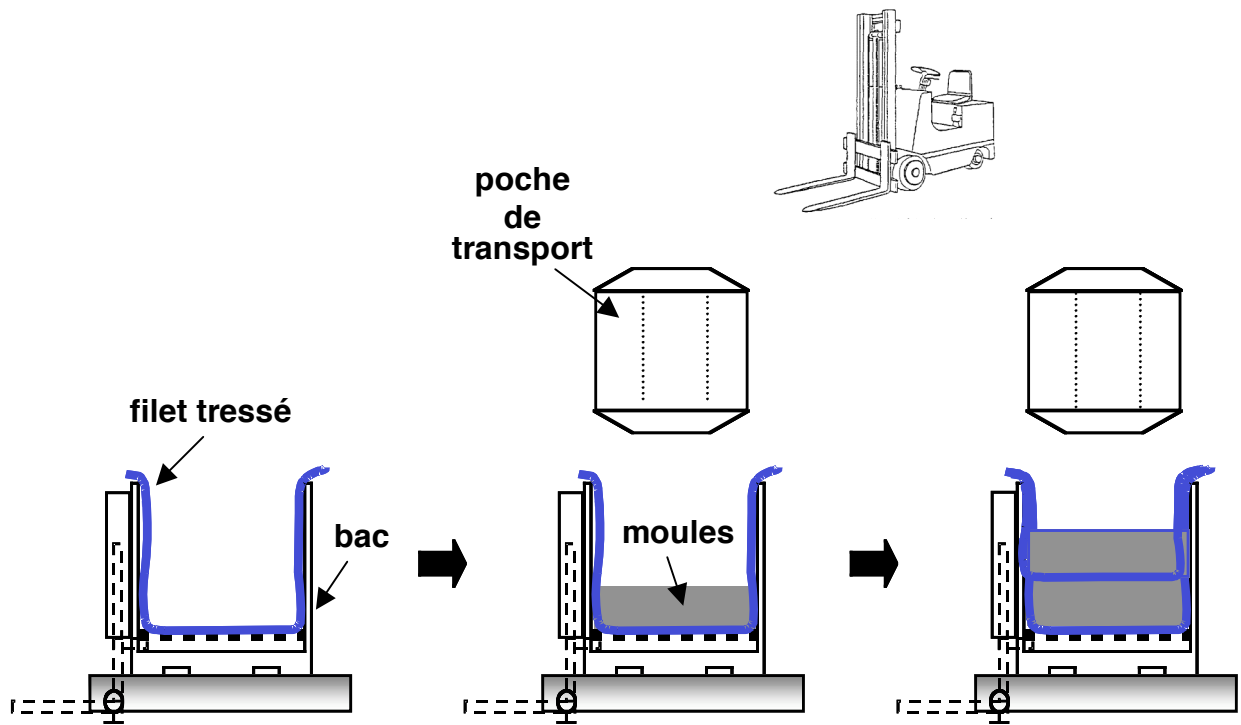


Figure 8 : Transfert des moules dans un bac de dépuration muni de filets d'échantillonnage.

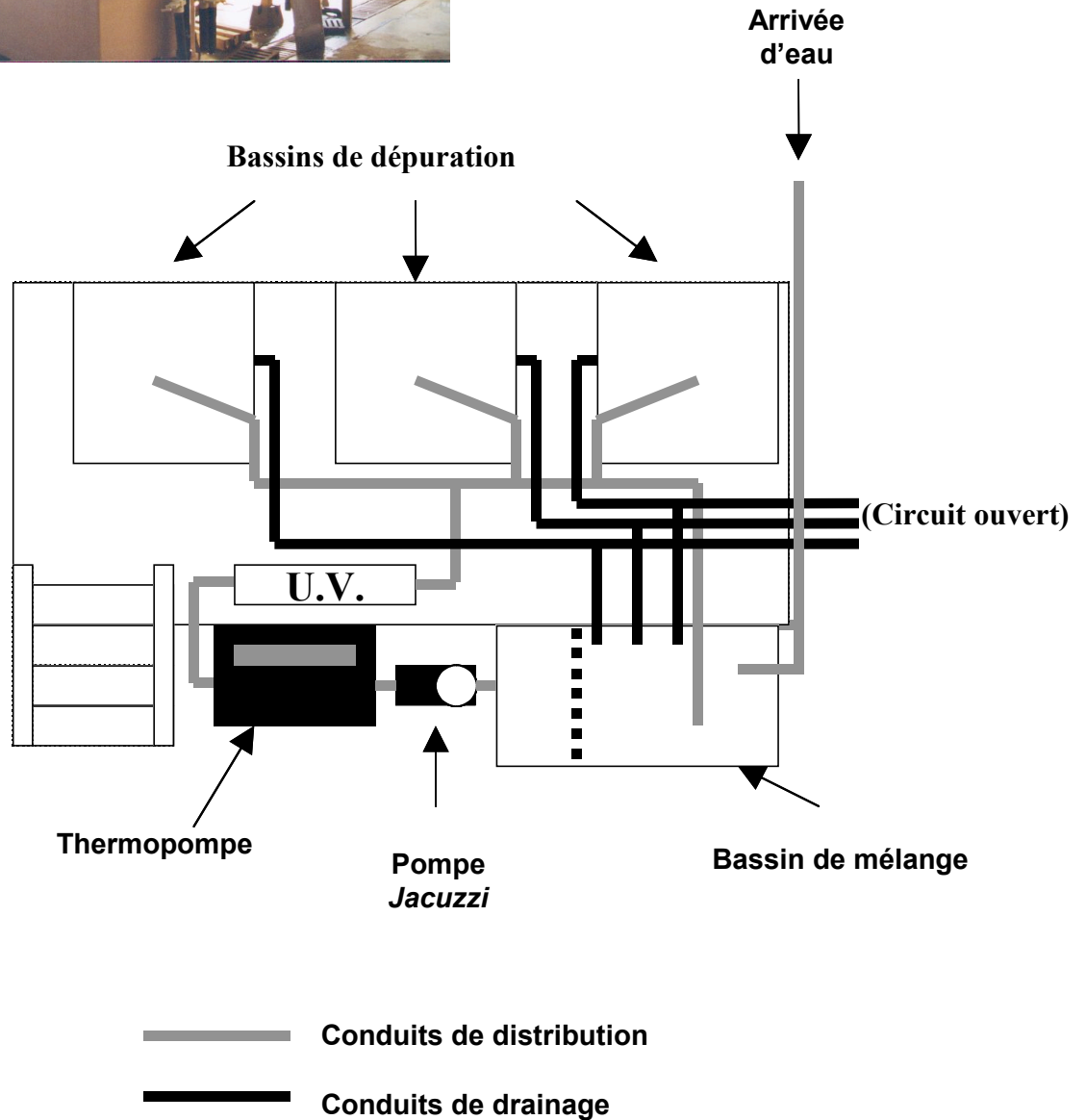
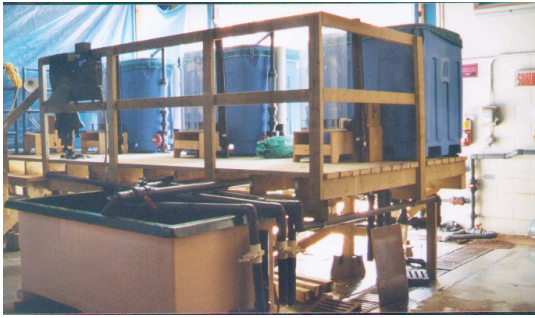


Figure 9 : Vue en plan de dessus du système d'approvisionnement en eau et de drainage des bacs de dépuración utilisés lors des expérimentations au CAMGR. Du bac de mélange, l'eau était pompée et pouvait passer par une thermopompe et/ou une unité de stérilisation U.V. avant d'être acheminée vers les bacs. Les drains indépendants permettaient alors de diriger l'eau usée vers le caniveau (circuit ouvert) ou vers le bac de mélange (recirculation).

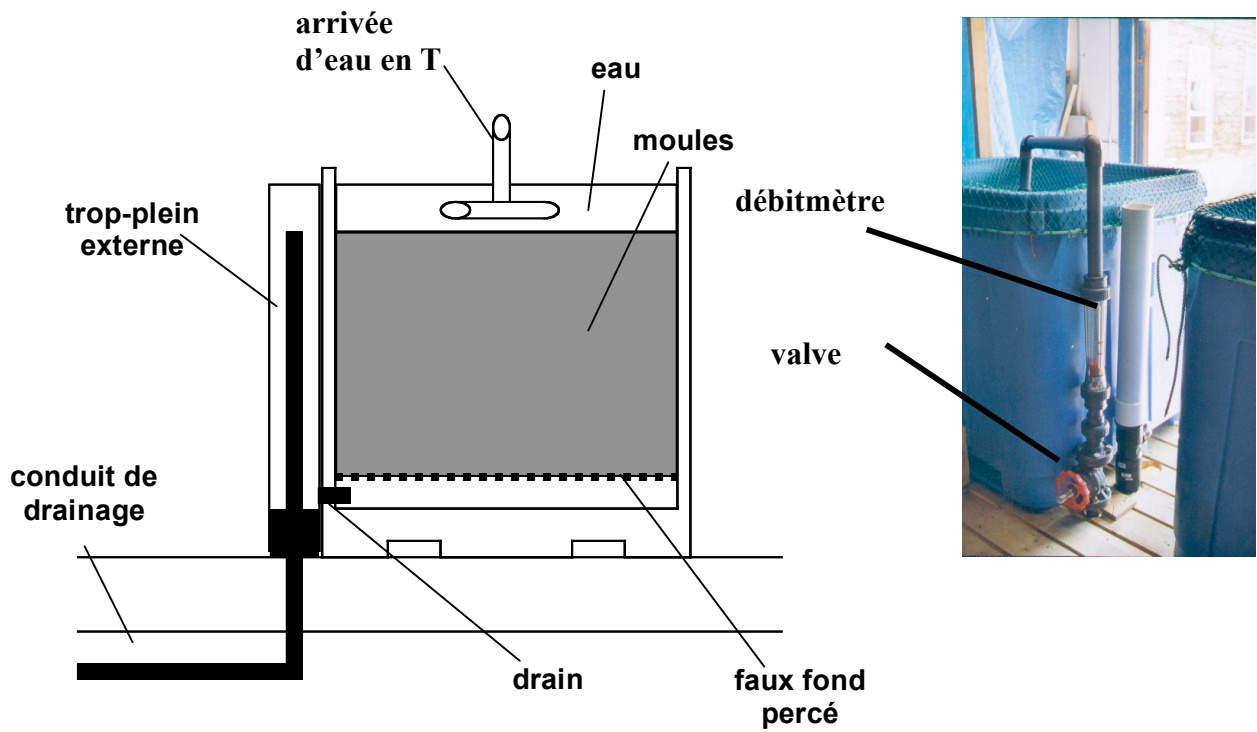


Figure 10 : Coupe transversale d'un des bacs de dépuration utilisés lors des expérimentations au CAMGR. Le débit d'eau était lu à l'aide d'un débitmètre vertical et ajusté par une valve à l'entrée de chaque bac.

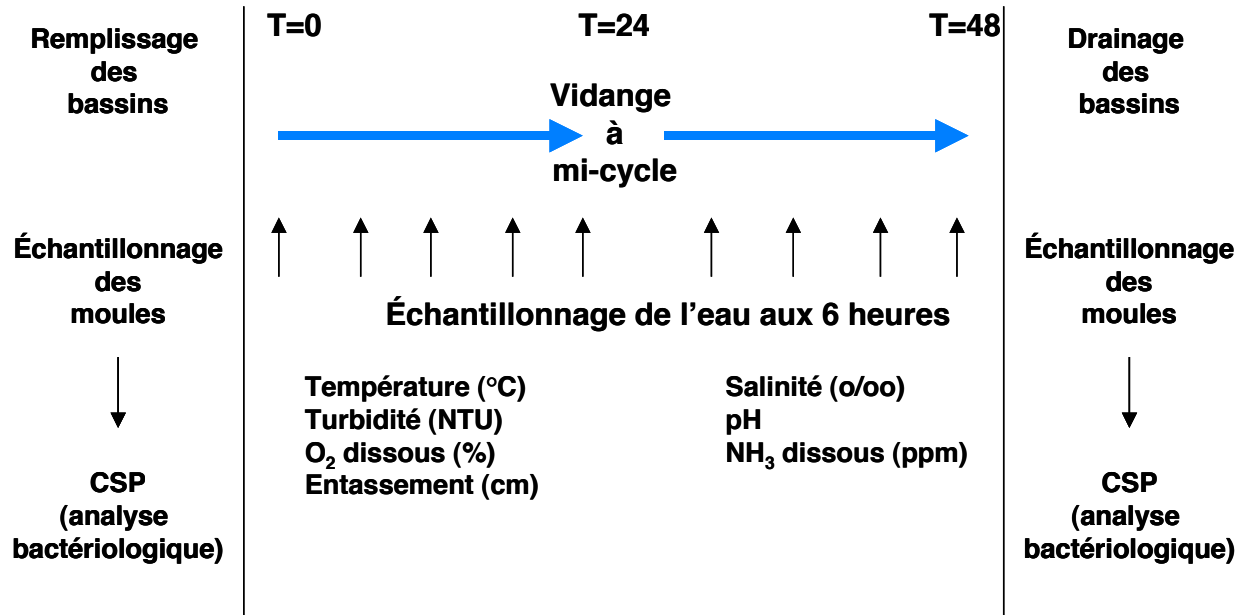


Figure 11 : Les différentes étapes d'un cycle de dépuración, du suivi du processus de dépuración et du suivi de la qualité des eaux de traitement tel qu'effectuées lors des expérimentations au CAMGR.

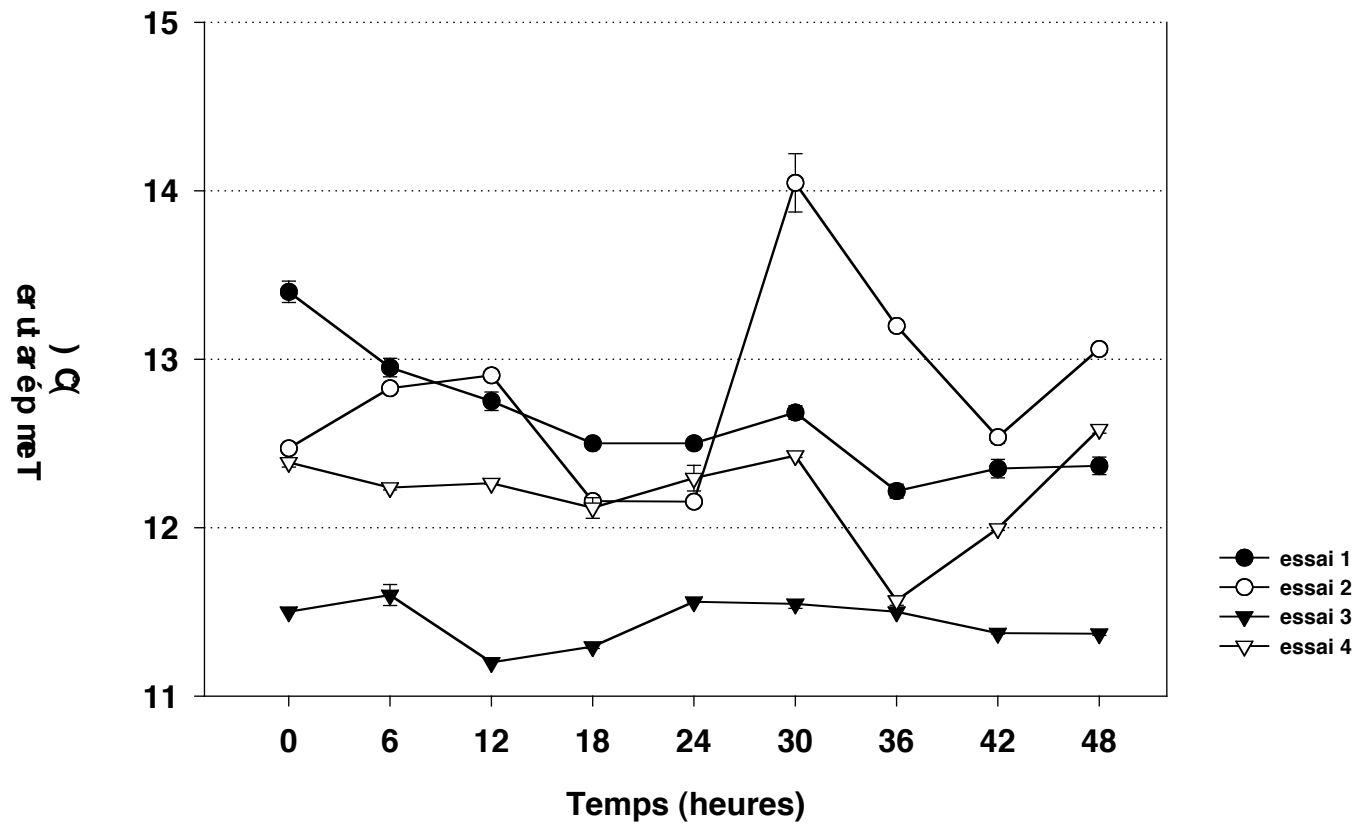


Figure 12 : Températures moyennes (°C) de l'eau dans les bacs de dépuración lors des 4 expérimentations utilisant un débit de 40 litres par minute pour dépuración un volume de 225 kg de moules en vrac.

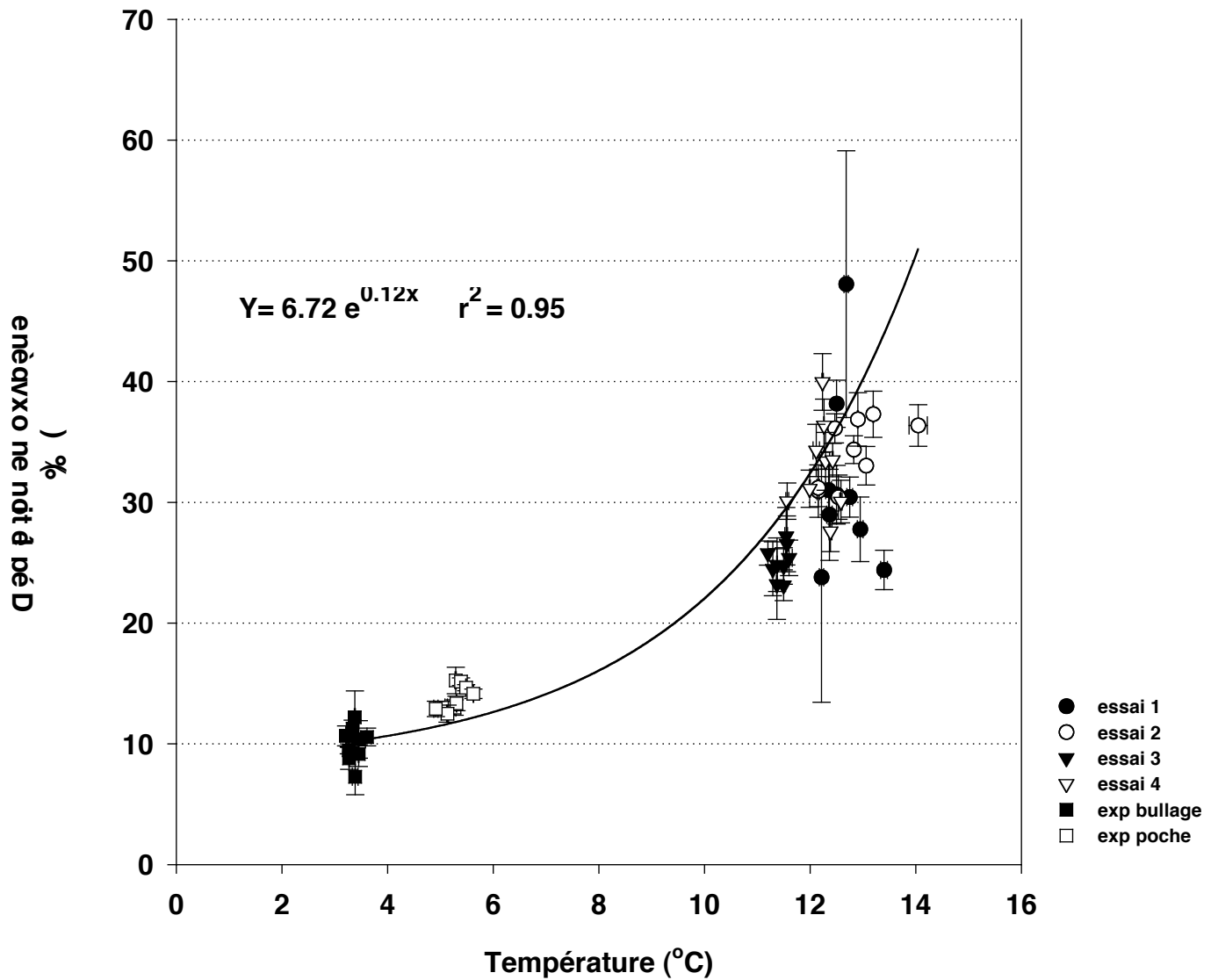


Figure 13 : Déplétion en oxygène dissous moyenne (%) en fonction de la température moyenne de l'eau dans les bacs de dépuración lors des 3 expérimentations utilisant un débit constant de 40 litres par minute pour dépuración un volume de 225 kg de moules en vrac, incluant les 2 expériences sur le potentiel de recontamination par les boues.

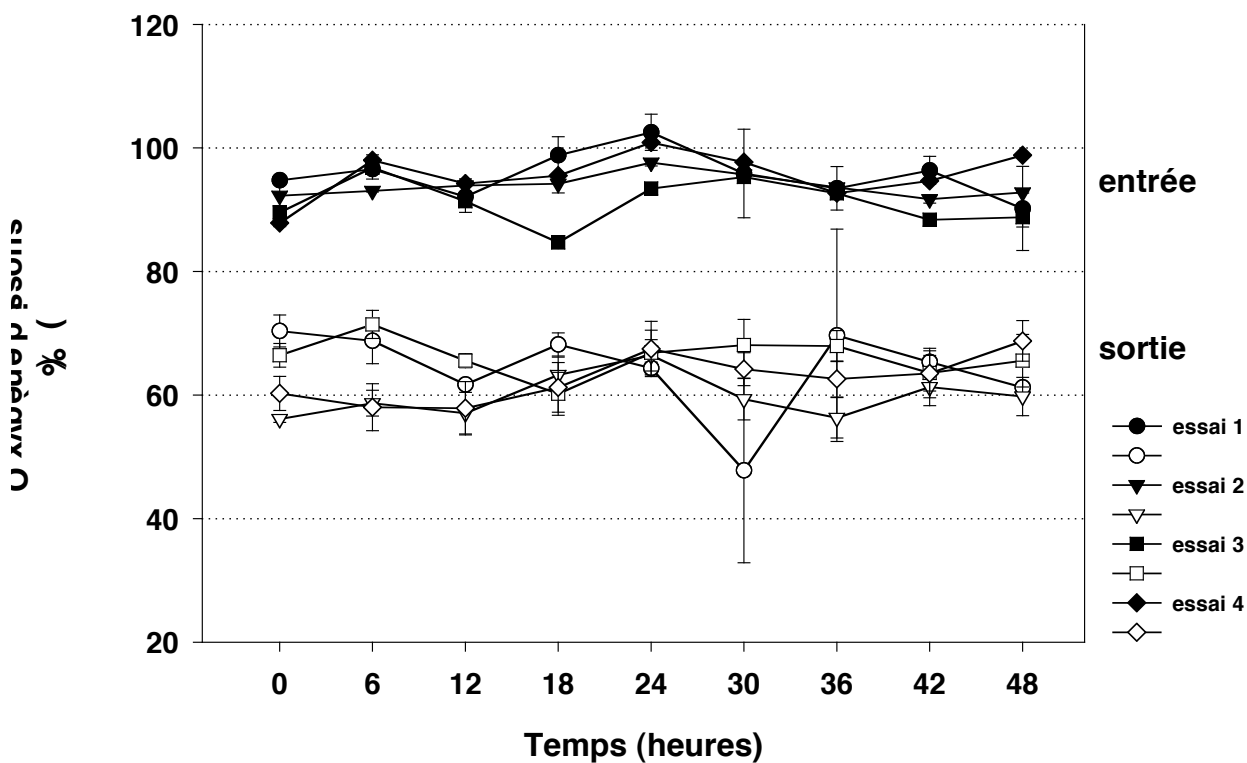


Figure 14 : Teneurs moyennes de l'eau en oxygène dissous (%) à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuration lors des 4 expérimentions utilisant un débit de 40 litres par minute pour dépurier un volume de 225 kg de moules en vrac.

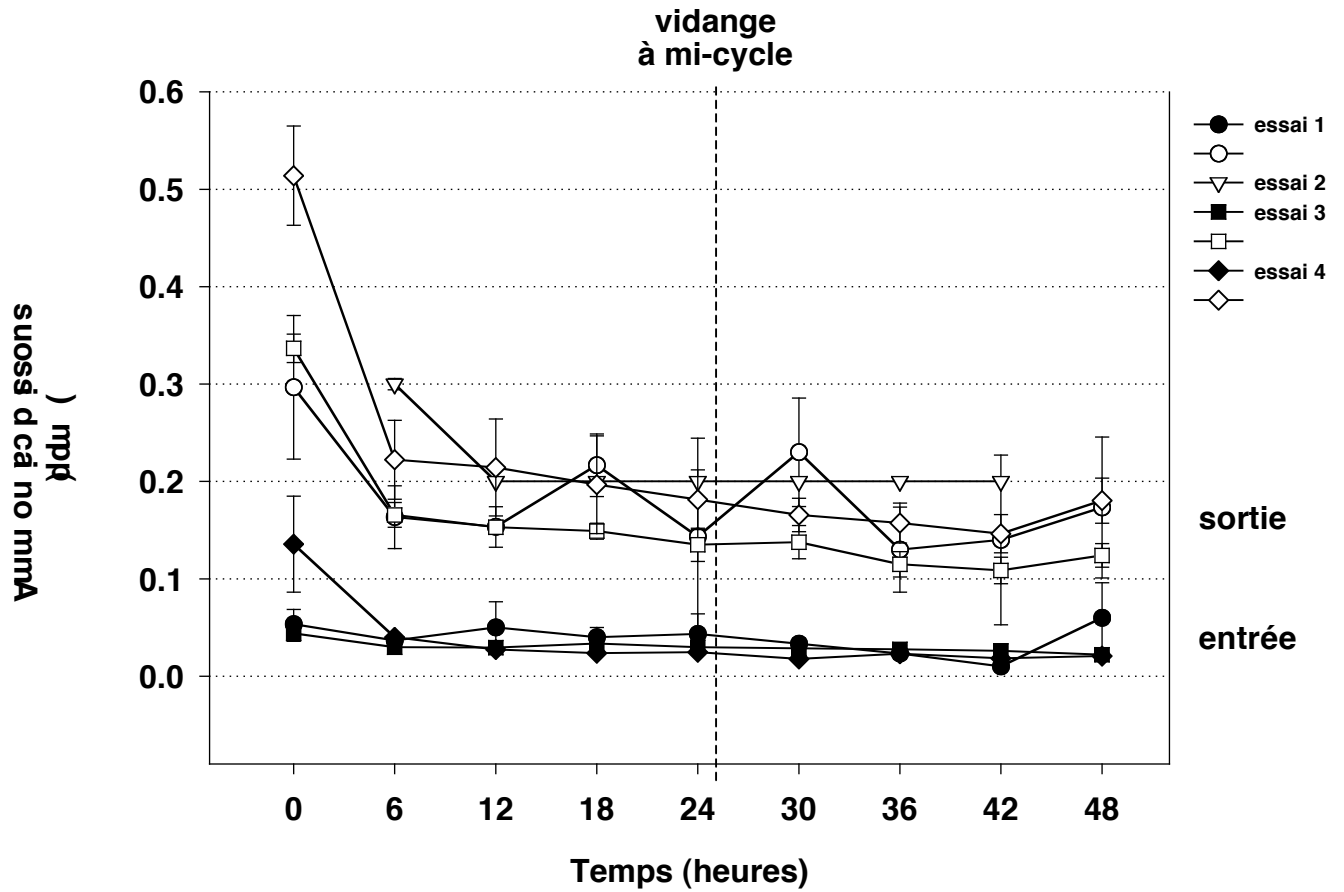


Figure 15 : Teneurs moyennes de l'eau en ammoniac dissous (ppm) à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuración lors des 4 expérimentations utilisant un débit de 40 litres par minute pour dépuración un volume de 225 kg de moules en vrac.

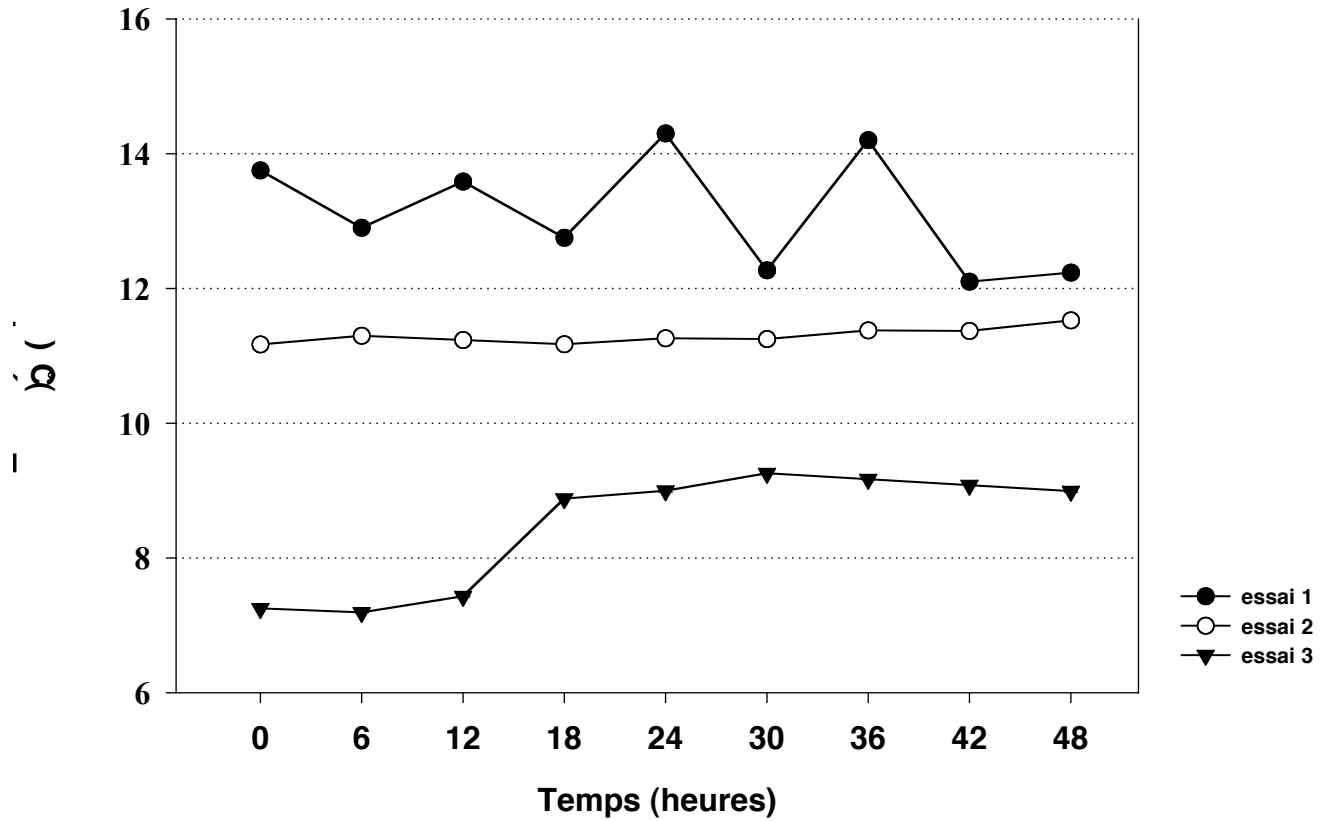


Figure 16 : Températures moyennes (°C) de l'eau dans les bacs de dépuración lors des 3 expérimentations utilisant un débit de 90 litres par minute pour dépuración un volume de 365 kg de moules en vrac.

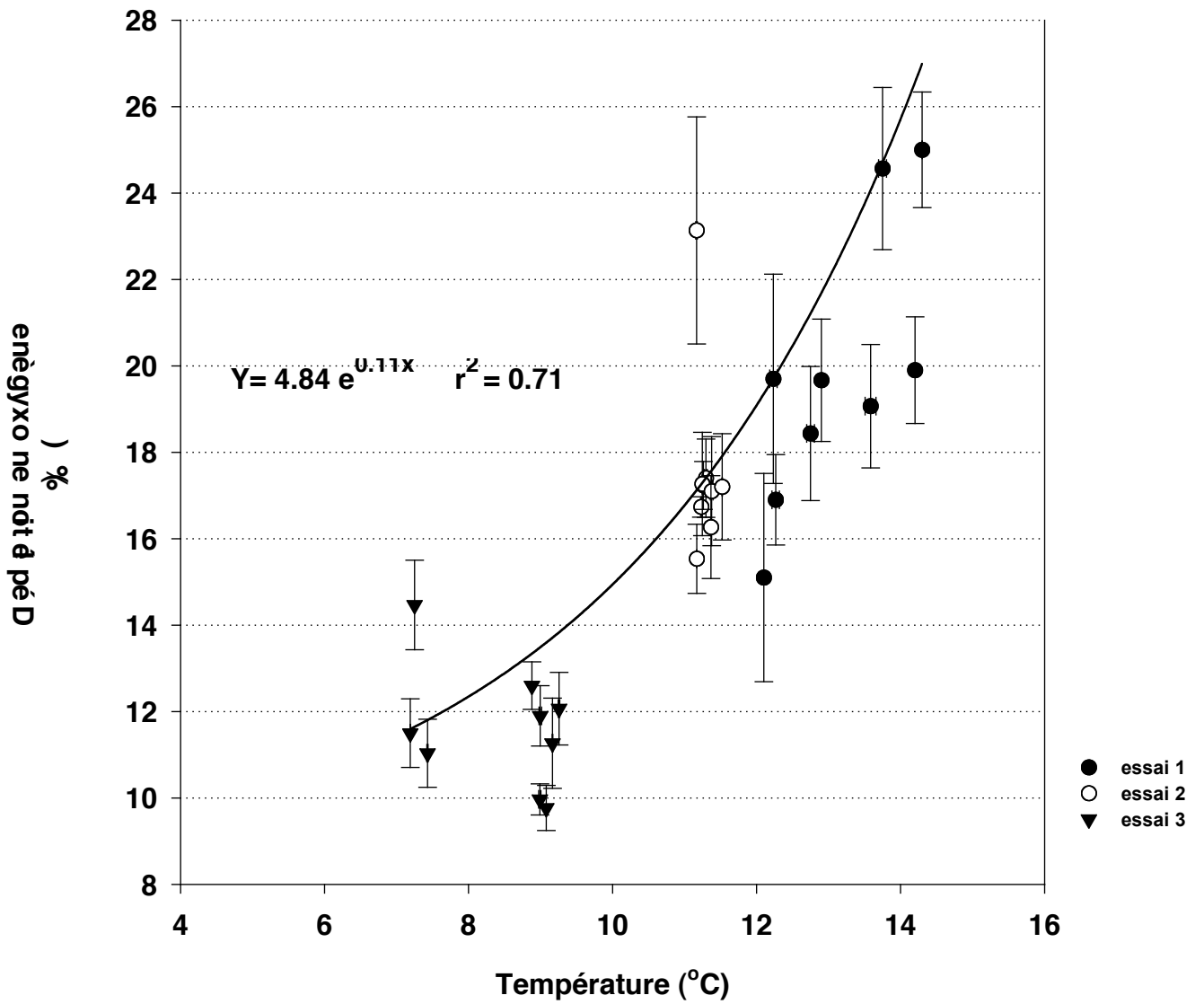


Figure 17 : Déplétion moyenne en oxygène dissous (%) en fonction de la température moyenne de l'eau dans les bacs de dépuración lors des 3 expérimentations utilisant un débit constant de 90 litres par minute pour dépuración un volume de 365 kg de moules en vrac.

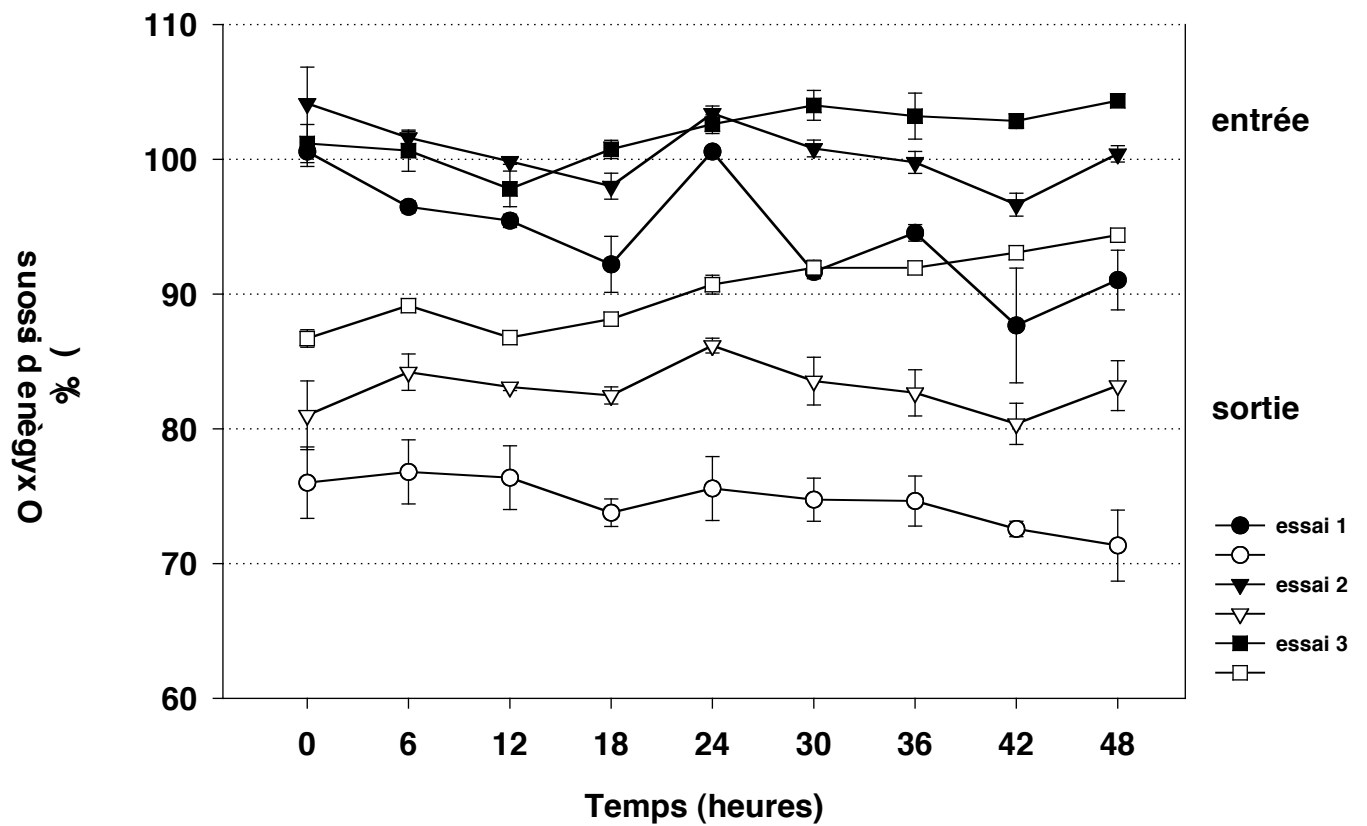


Figure 18 : Teneurs moyennes de l'eau en oxygène dissous (%) à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuration lors des 3 expérimentations utilisant un débit de 90 litres par minute pour dépurier un volume de 365 kg de moules en vrac.

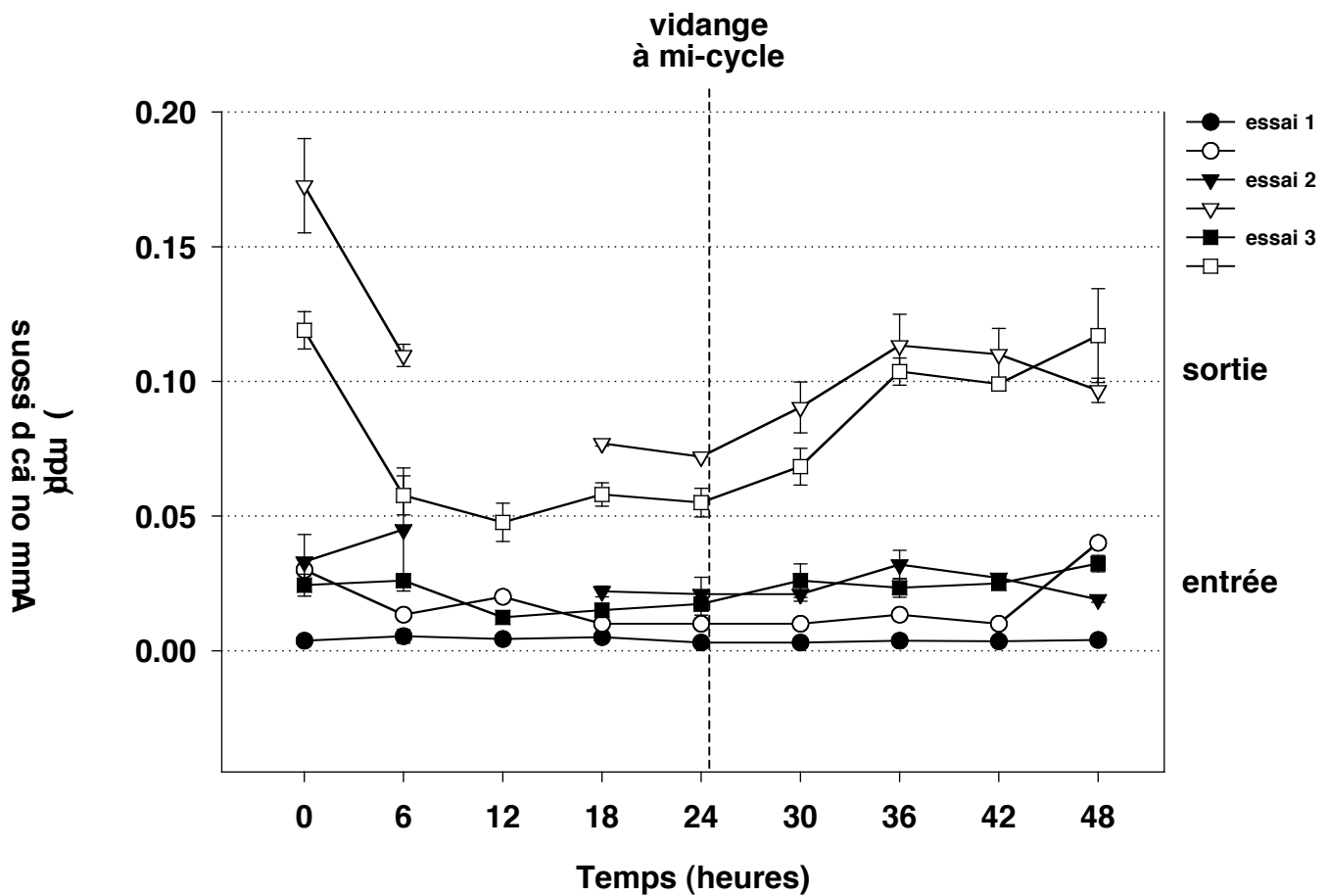


Figure 19 : Teneurs moyennes de l'eau en ammoniac dissous (ppm) à l'entrée et à la sortie des bacs de dépuración lors des 3 expérimentations utilisant un débit de 90 litres par minute pour dépuración un volume de 365 kg de moules en vrac.

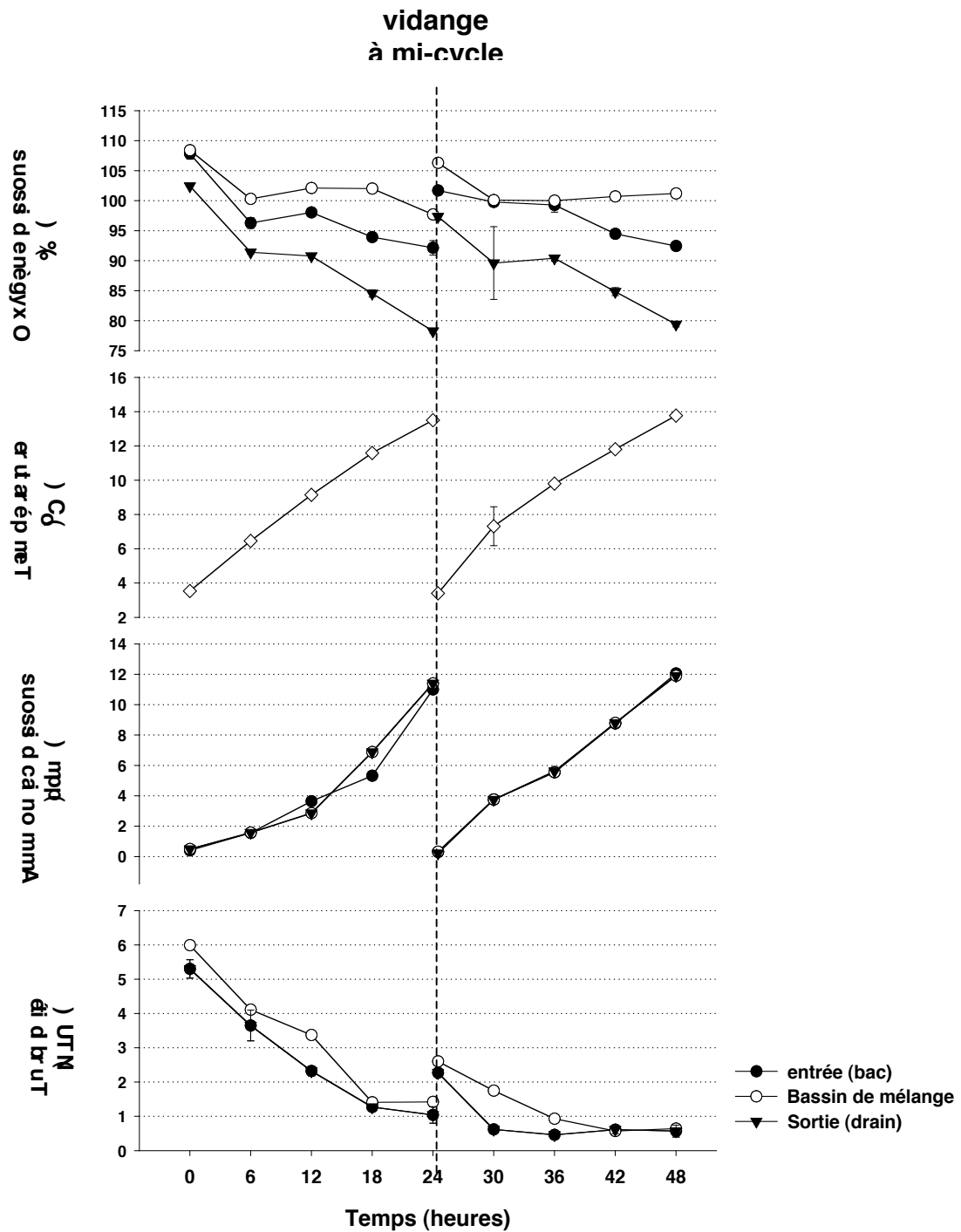


Figure 20 : Paramètres physico-chimiques de l'eau observés lors du cycle de dépuración expérimental réalisé en circuit fermé et utilisant un ratio de 3,9 litres d'eau par kg de moule pour dépuración 225 kg de moules en vrac.

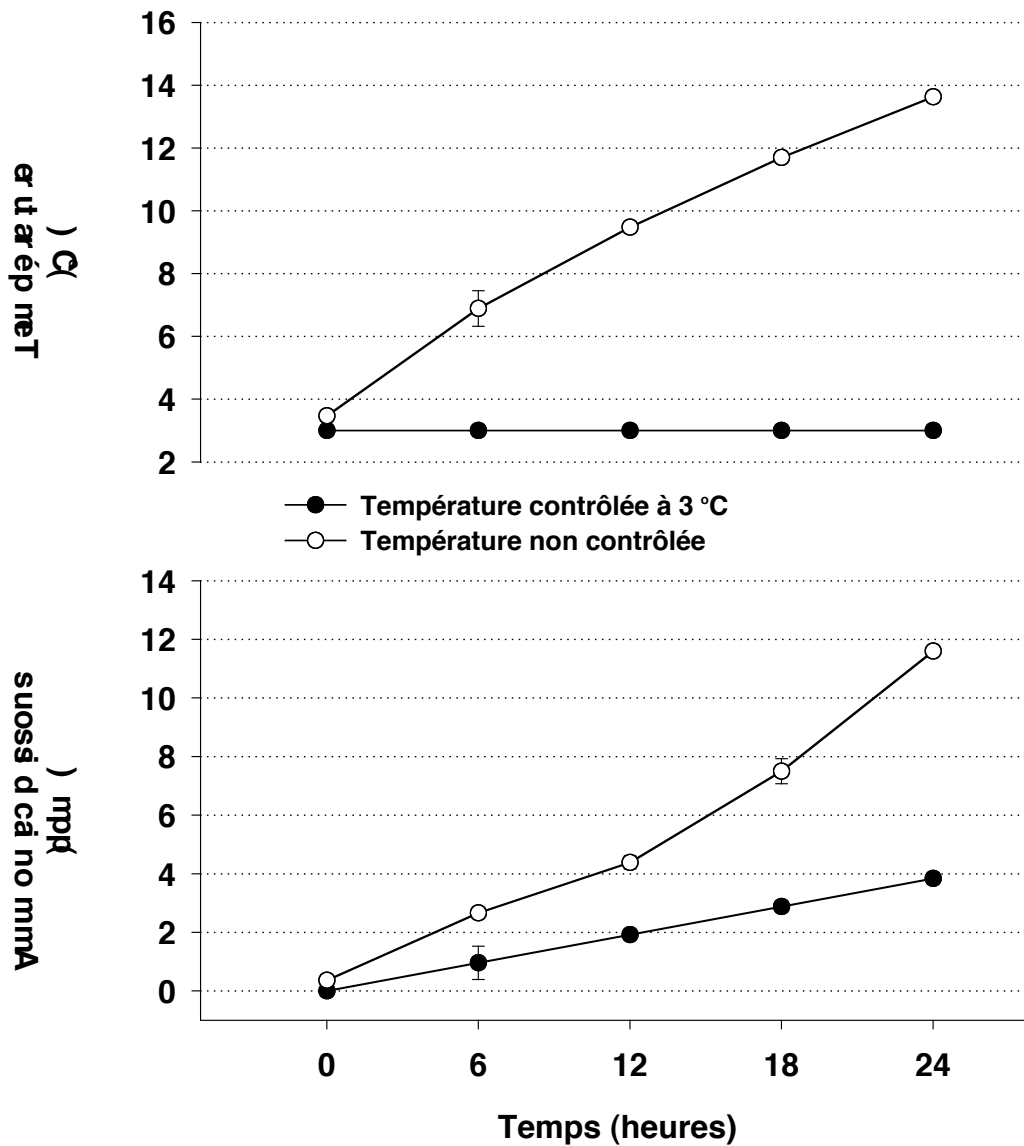


Figure 21 : Températures (°C) et teneurs de l'eau en ammoniac dissous (ppm) observées dans les bacs de dépuración (à température contrôlée et non contrôlée) lors du cycle de dépuración expérimental en circuit fermé utilisant un ratio de 3,9 litres d'eau par kg de moule pour dépuración 225 kg de moules en vrac.

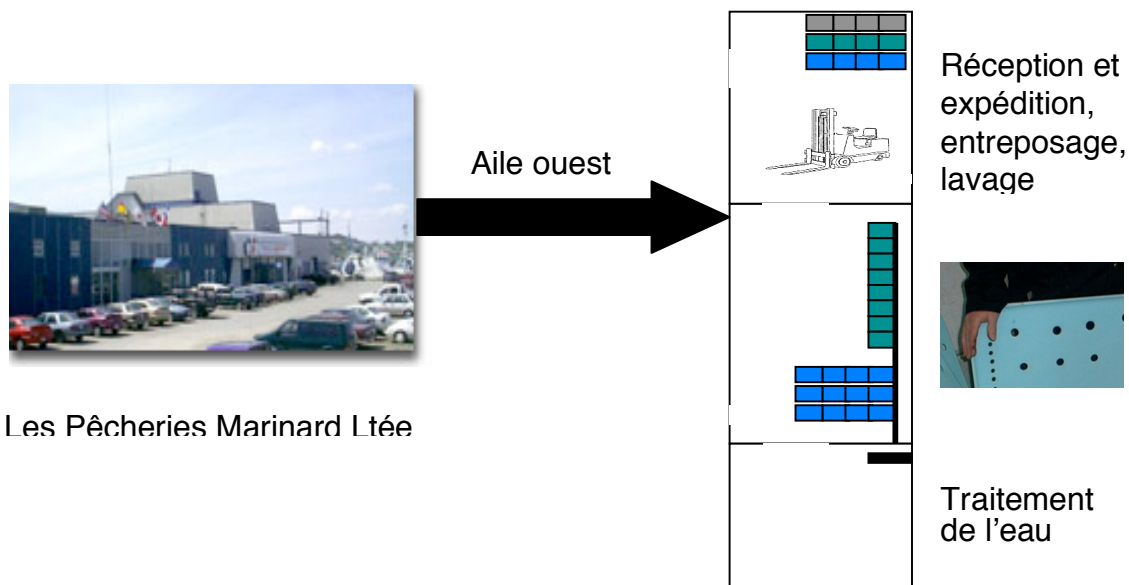


Figure 22 : Schéma de l'installation de l'unité pilote de dépuración et de contención dans l'usine de « Les Pêcheries Marinard Ltée ».

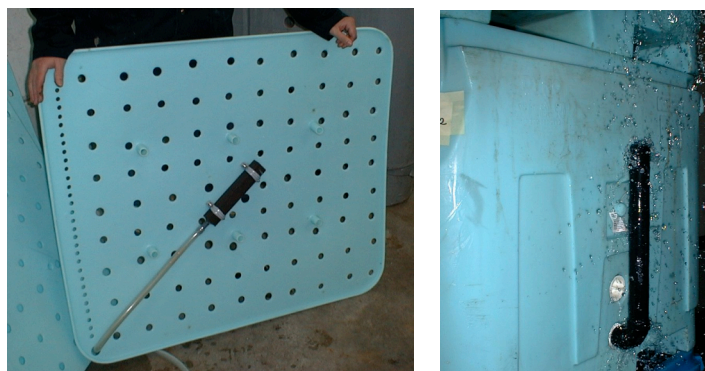


Figure 23 : Faux fond et trop-plein externe utilisés lors des opérations de dépuración et de contención (ici en contención). Les faux fonds utilisés dans les bacs de dépuración ne portaient pas de bulleur sur leur face inférieure. (Les blocs de téflon faisant office de pattes n'étaient pas installés au moment de la photo)

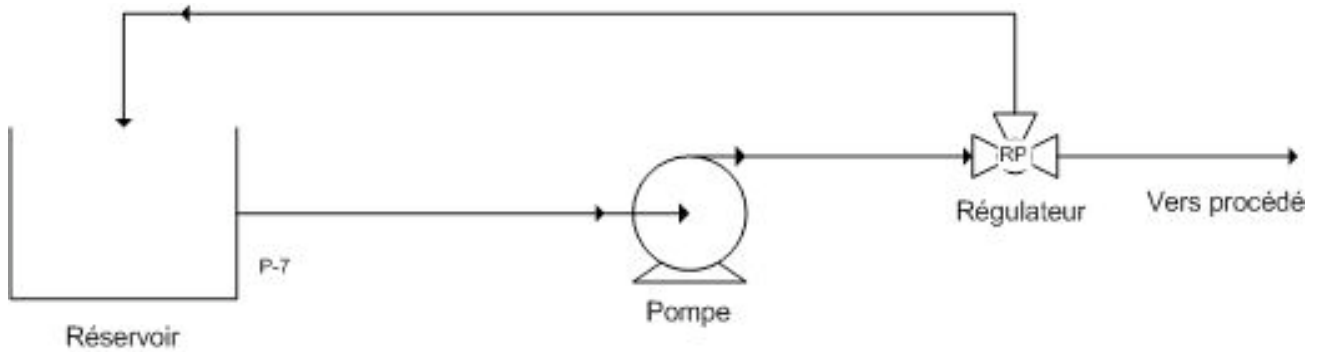


Figure 24 : Schéma d'un système de pompage utilisant un régulateur de pression mécanique.

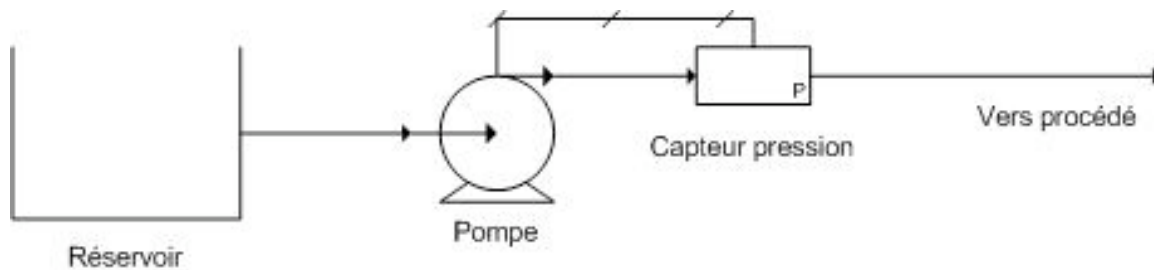


Figure 25 : Schéma d'un système de pompage utilisant un moteur à vitesse variable.

A.



B.



Figure 26 : A. Stérilisateur U.V. unique de grande capacité installée dans les locaux de Pêcheries Marinard et utilisé lors du projet pilote. B Unité à trois stérilisateurs U.V. utilisée à l'usine de déuration en vrac *Myti Mussels* homologuée par la CEFAS au Pays de Galles.

ANNEXE 1 : SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS

La présente section a pour objet de rassembler les différentes recommandations émises dans le document, afin d'en faciliter la lecture par un promoteur intéressé à un projet de dépuración et de contention de la moule bleue. Certaines recommandations supplémentaires sont également émises. Cette section ne doit cependant pas être considérée comme un « guide » en bonne et due forme, ni une « recette » pour faire de la dépuración et de la contention de moule. Ce n'est pas son objectif.

A) STRUCTURATION ET PLANIFICATION D'UN PROJET :

- 1) Le promoteur désirant lancer un projet de dépuración et de contention des moules doit prendre connaissance du PCCSM, particulièrement le chapitre 10, et doit présenter sa proposition de projet à l'ACIA qui est chargée de l'application du PCCSM. Le personnel de l'ACIA pourra diriger le promoteur vers les autres organismes responsables d'aspects légaux et réglementaires dont il devra tenir compte. Le Règlement sur l'inspection du poisson (RIP) par exemple, énonce les exigences relatives au traitement, au transport et à l'entreposage des mollusques.
- 2) Il devrait aussi s'adjoindre des ressources qui sauront le conseiller et l'orienter dans la structuration et la planification de son projet. Le CTPA et la SODIM possèdent une expertise technique au niveau des procédés et de la conception des installations. Le CSP possède une expertise dans l'élaboration de « Programme de gestion de la qualité » (PGQ). Le CTPA et la DRG peuvent aussi donner de précieux conseils techniques et biologiques.
- 3) Le promoteur devra déterminer ses objectifs de production. Cela lui permettra de mieux structurer son projet : taille de l'usine, disponibilité de la matière première, gestion du transport, écoulement sur le marché, etc. Évidemment, selon des considérations techniques, il devra peut-être ajuster ses objectifs.
- 4) Il semble évident sur le plan de la faisabilité économique qu'un projet de dépuración et de contention devrait s'intégrer à un projet plus vaste de traitement de la moule. Le promoteur devra en tenir compte.

B) CHOIX D'UN SITE :

- 5) Le choix d'un site est déterminant. Il y a trois considérations importantes : l'approvisionnement en eau, la présence d'une usine de transformation pouvant recevoir le projet et la proximité des lieux de production et des marchés. Le choix d'un site sera forcément un compromis entre ces facteurs.

Approvisionnement en eau :

- 6) L'approvisionnement en eau doit évidemment respecter des normes de qualité prescrites par le PCCSM. Que la source d'eau soit une station de pompage d'eau de mer ou un puits d'eau salée, elle doit être agréée par l'ACIA.
- 7) Outre la qualité, la source d'eau doit aussi être en mesure de fournir les débits nécessaires au projet. D'où l'importance d'établir les objectifs de production. Par exemple, un projet de 18 bacs en dépuración avec un débit de 40 l/min, nécessite un débit minimal de 720 l/min.
- 8) La façon dont l'eau est distribuée doit aussi être vérifiée. Des variations de pression ou de débit seraient à éviter car cela complique le travail et peut entraîner des coûts supplémentaires de surveillance et d'ajustement des débits.
- 9) En cas de variations de pression ou de débit occasionnées par le système de pompage, la configuration du système de distribution de l'eau à l'intérieur de l'usine de dépuración et de contention devra être conçue de façon à amoindrir ces variations. L'utilisation d'une réserve d'eau avec une alimentation en boucle peut être une solution acceptable, mais cela suppose l'achat d'équipements supplémentaires (pompe, réservoir, etc.). Des équipements comme des régulateurs de pression peuvent aussi être envisagés.
- 10) L'installation d'une station de pompage d'eau de mer ou encore le forage d'un puits entraînent un certain coût qu'il faudrait évaluer et comparer aux coûts d'achat de l'eau. A priori, la rentabilité ne semble pas évidente.

Présence d'une usine :

- 11) Plusieurs usines de transformation du poisson existent sur le territoire. Il pourrait être avantageux d'installer un projet de dépuración et de contention dans des locaux déjà existants. La construction d'une usine spécialement pour le traitement de la moule ne semble pas économiquement rentable.

Proximité des lieux de production et du marché :

- 12) Il y a évidemment une économie à faire sur les coûts de transport, et les délais de livraison peuvent être plus courts.

C) INSTALLATIONS :

- 13) Les installations doivent être conformes au RIP et à certaines prescriptions du PCCSM.
- 14) Idéalement, elles devraient être suffisamment grandes pour permettre de créer des aires de travail physiquement séparées entre elles : entreposage à sec, dépuración (cette aire devra obligatoirement être physiquement séparée), contention, etc. Une visite des lieux avec un expert du CTPA et/ou de la SODIM est recommandée.
- 15) Comme l'empilement des bacs, particulièrement en contention, permet d'optimiser l'espace plancher, la hauteur du plafond devient un critère de choix important.

- 16) La capacité de drainage de l'eau (pente et capacité des caniveaux et capacité du drain dimensionné selon les besoins) est aussi un élément important à considérer. Le drainage des bacs de dépuración et de contención peut entraîner une accumulation d'eau assez importante sur le plancher de l'usine.

D) TRAITEMENT DE L'EAU :

- 17) La stérilisation UV de l'eau est généralement utilisée au Canada. Le dimensionnement du stérilisateur dépendra des débits à traiter et de la puissance recherchée, l'idée étant de respecter les normes du PCCSM. Il serait souhaitable de contacter un spécialiste pour choisir le modèle qui répondra le mieux au besoin.
- 18) Il pourrait être souhaitable d'utiliser plusieurs petites unités de stérilisation UV plutôt qu'une seule unité plus puissante. Les coûts d'achat et d'installations peuvent être plus importants, mais la sécurité des opérations est plus grande.
- 19) Un compteur d'heures est une option intéressante car elle facilite la gestion de l'appareil.
- 20) Des analyses bactériologiques de l'eau sont obligatoires. Le coût des analyses peut être plus élevé avec plusieurs petites unités qu'avec une seule, selon la configuration du montage. Ce point devrait être discuté avec l'ACIA.
- 21) La turbidité de l'eau est un facteur qui affecte l'efficacité d'un stérilisateur. L'installation d'un système de filtration peut être nécessaire selon la turbidité.
- 22) Il est possible que l'utilisation d'une colonne de dégazage soit nécessaire. Le diagnostic de la qualité de l'eau devrait permettre de statuer sur cette question.

E) OPÉRATIONS :

- 23) Le promoteur devra préparer une procédure normalisée d'exploitation (PNE), qui fait partie du PGQ, et qui lui permettra d'organiser de façon efficace les activités en usine.
- 24) Il devra aussi tenir un registre contenant les informations qui lui seront exigées par l'ACIA et qui lui permettront une gestion adéquate. L'annexe 3 présente les formulaires et les fiches utilisés dans le cadre du projet pilote.

Approvisionnement en moules :

- 25) Le promoteur devra s'entendre avec les mytiliculteurs sur la disponibilité de la matière première et l'organisation de la livraison en fonction des contraintes et impératifs des deux parties.
- 26) Le promoteur devra trouver, en collaboration avec les mytiliculteurs, la façon optimale d'égrapper et de trier les moules sur le bateau de façon à atteindre un niveau de propreté acceptable (à déterminer avec l'ACIA) tout en minimisant les bris de coquille, qui sont probablement responsables d'odeur nauséabonde à la fin du procédé.

- 27) Un rinçage abondant sur le bateau est fortement recommandé, de façon à éliminer le plus de vase possible.
- 28) La quantité de moules par bac de transport devrait être la même que celle des bacs de dépuración.
- 29) En raison des fluctuations possibles de l'approvisionnement (mauvais temps, bris, etc.) une marge de manœuvre pour absorber les délais est fortement recommandée (contention à sec ou humide).
- 30) Les règles prescrites par le PCCSM concernant l'étiquetage et le transport des moules devront être respectées.

Réception des moules à l'usine :

- 31) L'inspection de la matière première est une exigence de l'ACIA. Le promoteur devra s'entendre avec cette dernière sur les critères d'acceptabilité des lots de moules. Il peut aussi se donner ses propres critères.
- 32) Une aire permettant l'entreposage à sec (maximum 3 jours) des moules est fortement recommandée. Idéalement, la température de cette aire devrait être contrôlée de façon à éviter les chocs thermiques.
- 33) L'entreposage à sec dans les poches de transport n'est pas recommandé.
- 34) L'utilisation d'une balance commerciale à affichage digital est recommandée, car elle accélère la prise de données.
- 35) L'emploi d'un thermomètre alimentaire électronique est recommandé pour la lecture de la température des moules.
- 36) L'emploi de filets d'échantillonnage dans les bacs de dépuración est fortement recommandé.
- 37) Un rinçage des moules avant de débiter le cycle de dépuración est recommandé.

Mise en dépuración :

- 38) L'aire de dépuración devra être physiquement séparée des autres aires. D'autres normes s'appliquent également. Le PCCSM et le RIP devront être consultés.
- 39) Bien qu'un débit de 50 l/min ait été utilisé lors du projet pilote, un débit de 40 l/min devrait suffire pour dépuración une quantité de moules correspondant à 225-270 kg. À vérifier avec l'ACIA.
- 40) Un système d'étiquetage devra être conçu et utilisé. Voir le PCCSM et consulter l'ACIA.

- 41) La superposition des bacs est permise, à condition d'éviter la contamination croisée entre les bacs.
- 42) Un système à deux valves pour l'adduction d'eau, une pour l'ouverture/fermeture (type à guillotine) et une pour l'ajustement des débits peut faciliter le travail. Cette dernière aurait avantage à être précise (robinet à vanne, mieux connu sous le nom de « gate valve »).
- 43) L'emploi d'un débitmètre pour la lecture des débits est fortement recommandé. Il s'agira de trouver le type de débitmètre qui conviendra le mieux au montage. Les débitmètres à bille doivent généralement être installés à la verticale, ce qui ne conviendrait pas nécessairement à tous les montages.
- 44) Un certain nombre d'analyse bactériologique sera exigé par l'ACIA. Le promoteur devra tenir compte de ces coûts dans le montage de son projet.
- 45) L'utilisation d'une sonde multiparamétrique de type YSI est fortement recommandé pour effectuer le suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau. D'autres marques existent, ainsi que plusieurs modèles.
- 46) Les bacs utilisés dans le cadre du projet pilote étaient fabriqués et commercialisés par la compagnie Saeplast. D'autres types de bac isotherme pourraient probablement faire l'affaire, s'ils sont dimensionnés de façon similaire. L'ACIA pourrait être consultée à ce sujet. Le promoteur aura également soin de s'informer que les accessoires comme des faux fonds et des raccords filetés « NPT » sont disponibles pour le type de bac qu'il choisit.
- 47) Les faux fonds utilisés dans le cadre du projet pilote avaient tendance à s'écraser sous le poids des moules. Des pattes supplémentaires devront être rajoutées. Des tuyaux d'ABS de 4" fendus dans le sens de la longueur et perforés pour faciliter la circulation de l'eau font très bien l'affaire. Des blocs de téflon peuvent aussi être utilisés.
- 48) Il est recommandé de percer un petit trou à la base des trop-pleins externes (par exemple dans le coude qui est situé entre le drain et le tuyau vertical) afin que le bassin soit auto-drainant en cas de panne de l'arrivée d'eau.
- 49) L'inclinaison des bacs lors du rinçage est fortement recommandée pour faciliter le drainage des sédiments. Un coin de métal (10 cm) glissé à l'arrière du bac fait l'affaire.
- 50) Un rinçage abondant entre la dépuración et la contention humide est recommandé.

Mise en contention :

- 51) L'aire de contention devrait permettre la circulation sécuritaire des chariots élévateurs. Elle devrait aussi permettre une disposition systématique des bacs provenant de la dépuración pour faciliter le suivi des lots.
- 52) L'espace minimal entre les bacs devrait être discuté avec l'ACIA.

- 53) Un débit de 10-15 l/min devrait suffire à la contention d'une quantité de moules correspondant à 225-270 kg. À vérifier avec l'ACIA.
- 54) Un système de contention utilisant un approvisionnement en cascade pourrait être utilisé. Cependant, les paramètres d'utilisation d'un tel système ne sont pas connus. L'ACIA devra être consultée.
- 55) Le promoteur devra discuter avec l'ACIA à propos de l'injection d'air dans les bacs de contention, pratique qui avait été proscrite lors du projet pilote. Dans le cas où l'ACIA revient sur cette décision, le promoteur devra s'équiper de soufflantes ou de compresseurs.
- 56) Un suivi des paramètres physico-chimiques est recommandé.

Transfert de moules d'un bac à l'autre :

- 57) Le transfert des moules d'un bac à un autre pourrait se faire plus facilement si un « bec verseur » ou un entonnoir était utilisé. Le promoteur devrait évaluer la faisabilité d'une telle option.

Expédition :

- 58) Mettre de plus grande quantité de moules (> 225 kg) dans les bacs de transport est recommandé, en ayant soin de ne pas mélanger les lots.
- 59) Un dernier rinçage dans les bacs de transport est recommandé.
- 60) L'étiquetage des bacs de transport est obligatoire pour assurer la traçabilité des lots. L'ACIA devrait être consultée.
- 61) Un mémo d'expédition devrait être constitué par le promoteur, afin de faciliter la gestion des lots et la facturation.
- 62) Les moules dépurées doivent demeurer en possession du promoteur jusqu'à ce qu'un verdict d'acceptabilité ait été rendu.

Entretien sanitaire :

- 63) Le plancher et les installations doivent être systématiquement rincés après chaque transfert ou opération salissante.
- 64) Les moules tombées au sol doivent être systématiquement ramassées.
- 65) Les bacs et les faux fonds souillés doivent être retirés et entreposés dans une aire de nettoyage isolée.
- 66) Les bacs et les faux fonds devraient être rincés immédiatement et/ou mis à tremper dans une solution nettoyante.

- 67) Les bacs et les faux fonds doivent être grattés et frottés avec des brosses et rincés à l'eau douce.
- 68) Un critère de propreté acceptable devra être déterminé pour éviter de perdre du temps en nettoyage. Le type de savon devra aussi être déterminé (voir le PCCSM). L'ACIA devrait être consultée.

ANNEXE 2 : FORMULAIRES ET FICHES UTILISÉS DANS LE CADRE DU PROJET PILOTE DE DÉPURATION

Fiche de contrôle pour la récolte et le transport

Espèce : Moule bleue sp.

Identification du lot sur les lieux de récolte		
€ Date:	_____	€ Heure: début _____ fin _____
€ N° Zone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
€ Condition :	_____	
€ Permis de cueillette (MPO) de la zone d'élevage où la récolte a été effectuée	oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>	
	N° permis : _____	
€ Échantillonnage hebdomadaire des moules pour les toxines	oui <input type="checkbox"/> date _____ non <input type="checkbox"/>	
€ Nom du mariculteur :	€ Adresse du mariculteur :	
_____	_____ _____	
€ Nom du bateau :	€ Maître-Cueilleur	
_____	_____	
€ Quantité récoltée:	€ Nb bacs: _____ (identifiés avec étiquette)	
€ lb/kg: _____		
€ N° du scellé	_____	
€ Profil de température et salinité		
Profondeur	Température	Salinité
0 m	_____	_____
5 m	_____	_____
10 m	_____	_____
15 m	_____	_____

Fiche de contrôle pour la réception à l'usine de dépuration

N° du lot : _____
(zone et date)

Espèce : Moule bleue sp.

Arrivée à l'usine de dépuration

€ Date : _____

T° moule _____

€ Heure: _____

Superviseur _____

Inspection sensorielle de la matière première

€ Date : _____

T° moule _____

€ Odeur : _____

€ Propreté : _____

€ Apparence générale :

(observations)

€ Moules vivantes :

(mortalité < 10%)

Acceptation du lot :

Refus du lot :

(rapport de mesures correctives à remplir)

€ Contrôleur de qualité :

Fiche de contrôle pour l'entreposage à sec avant la dépuración

Espèce : Moule bleue sp.

N° de tous les lots (zone et date) :

1 _____	3 _____	5 _____
2 _____	4 _____	6 _____

Entreposage à sec (maximum de 3 jrs à partir de la récolte)				
	Date	Heure	Température (moule)	Superviseur (initiale)
€ Récolte	_____	_____	_____	_____
€ Réception	_____	_____	_____	_____
€ Transfert pour dépuration	_____	_____	_____	_____

Fiche de contrôle de la dépuración

Cycle de dépuración		
€ N° du Cycle :	_____	
€ Numéros des stations de dépuración		
Lot :	Stations :	
Lot :	Stations :	
Lot :	Stations :	
Lot :	Stations :	
Lot :	Stations :	
Lot :	Stations :	
	Date	Heure
T=0	_____	_____
T=24	_____	_____
	Rinçage	oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>
T=48	_____	_____

Fiche de contrôle de la dépuración

Espèce : Moule bleue sp.

N° de tous les lots (zone et date) :

1 _____	3 _____	5 _____
2 _____	4 _____	6 _____

N° Cycle de dépuración _____

Analyses bactériologiques de la chair de moule							
		Date d'échantillonnage	Station	Résultat (Col. fécaux #/100g)			
Emplacement	Surface	T=0	_____	_____	_____	Accept. <input type="checkbox"/>	Refus <input type="checkbox"/>
		T=24	_____	_____	_____	Accept. <input type="checkbox"/>	Refus <input type="checkbox"/>
		T=48	_____	_____	_____	Accept. <input type="checkbox"/>	Refus <input type="checkbox"/>
Milieu		T=0	_____	_____	_____	Accept. <input type="checkbox"/>	Refus <input type="checkbox"/>
		T=24	_____	_____	_____	Accept. <input type="checkbox"/>	Refus <input type="checkbox"/>
		T=48	_____	_____	_____	Accept. <input type="checkbox"/>	Refus <input type="checkbox"/>
Fond		T=0	_____	_____	_____	Accept. <input type="checkbox"/>	Refus <input type="checkbox"/>
		T=24	_____	_____	_____	Accept. <input type="checkbox"/>	Refus <input type="checkbox"/>
		T=48	_____	_____	_____	Accept. <input type="checkbox"/>	Refus <input type="checkbox"/>
Superviseur	_____						

Identification des sacs :

- € date
- € heure
- € lot
- € cycle
- € station
- € emplacement
- € sac #/##

Fiche quotidienne des installations de l'usine de dépuración

Qualité des eaux de dépuración (Vérifier les stations les plus critiques)			
€ Cycle de dépuración :	_____		
€ Échantillonnage de l'eau	T=0	T=24	T=48
Date :	_____	_____	_____
Heure :	/	/	/
Station de dépuración :	/	/	/
Température (°C) :	/	/	/
Salinité (ppm) :	/	/	/
Oxygène dissous (%) :	/	/	/
(dans le drain; >50%)			
pH :	/	/	/
(dans le drain)			
Débit de l'eau (L/min):			
1er	/	/	/
2e	/	/	/
(utilisation d'un bac 88 l et d'un chronomètre; < 2.12 min.= >40 l/min.)			
€ Superviseur:	_____		

Fiche de contrôle pour l'entreposage humide après la dépuración

N° de lots (zone et date) : _____

Stations : _____

N° Cycle de dépuración _____

Date de début : _____

Contention en milieu humide					
Date	Nb Bacs	Saturation O ²	T°	Débit	Rinçage quotidien
					oui non
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
_____	_____	/	/	/	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Fin Date/heure _____					
Nb bacs _____					
Superviseur : _____					

Fiche des expéditions

Transfert et sortie de l'usine		
€ Date d'envoi :	_____	€ Heure: _____
€ Destinataire :	_____	
€ Date de fin de traitement :	_____	€ T° produit : _____
€ Quantité		
Lot : _____	Nb bacs : _____	kg-lb/bac _____
Lot : _____	Nb bacs : _____	kg-lb/bac _____
Lot : _____	Nb bacs : _____	kg-lb/bac _____
Lot : _____	Nb bacs : _____	kg-lb/bac _____
Lot : _____	Nb bacs : _____	kg-lb/bac _____
Lot : _____	Nb bacs : _____	kg-lb/bac _____
		TOTAL
€ Bacs correctement identifiés	oui <input type="checkbox"/>	non <input type="checkbox"/>
€ Superviseur :	_____	

Objet : Échantillons d'eau pour fin d'analyses bactériologiques et turbidité

Projet pilote de dépuratation de moules

Lieu :

Responsable :

Veillez nous retourner les résultats par télécopieur le plus tôt possible et inscrire les informations apparaissant dans le tableau suivant.

Identification des échantillons

Date	Heure	Nb de sacs	Cycle	Analyse (bact. ou turb.)	Emplacement

ANNEXE 3 : LISTE DES ACRONYMES UTILISÉS DANS LE DOCUMENT

ACIA :	Agence canadienne d'inspection des aliments.
CAMGR :	Centre aquacole marin de Grande-Rivière
CEFAS :	Centre for environment, fisheries and aquaculture science
CSP :	Centre spécialisé des pêches
CTPA :	Centre technologique des produits aquatiques
DEC :	Développement économique Canada
DIT :	Direction de l'Innovation et des Technologies
DRG :	Direction régionale de la Gaspésie
EC :	Environnement Canada
MPO :	Pêches et océans Canada
PCCSM :	Programme canadien de contrôle de la salubrité des mollusques
RIP :	Règlement sur l'inspection du poisson
SFIA :	Sea Fish Industry Authority
SODIM :	Société de développement de l'industrie maricole