



SODIM

Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Évaluation de l'impact du système de récolte de
type venturi sur la qualité des moules d'élevage
vivantes de la baie de Caspédia au cours de
leur période de conservation*

Rapport final

Dossier n° 710.182

Rapport commandité par la SODIM

2010

**Évaluation de l'impact du
système de récolte de type
venturi sur la qualité des
moules d'élevage vivantes
de la baie de Cascapédia au
cours de leur période
de conservation**

Rapport de recherche-
développement n° 183

Francis Coulombe
Noëlla Coulombe
Michel Tremblay
Suzanne Bourget

Réalisation

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

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

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

ISBN (version imprimée) : 978-2-550-58218-2
ISBN (version PDF) : 978-2-550-58219-9

Dépôt légal – Bibliothèque et archives nationales du Québec, 2010

Évaluation de l'impact du système de récolte de type venturi sur la qualité des moules d'élevage vivantes de la baie de Cascapédia au cours de leur période de conservation

Francis Coulombe¹, Noëlla Coulombe¹, Michel Tremblay¹, Suzanne Bourget¹

1. Centre technologique des produits aquatiques

On doit citer ce document comme suit : COULOMBE, Francis, Noëlla COULOMBE, Michel TREMBLAY, Suzanne BOURGET. Évaluation de l'impact du système de récolte de type venturi sur la qualité des moules d'élevage vivantes de la baie de Cascapédia au cours de leur période de conservation. Les publications de la Direction de l'innovation et des technologies. 2010. Rapport de R-D n° 183, 25 pages.

Résumé

En novembre 2008, deux essais visant à comparer l'impact sur la qualité des moules récoltées avec le système par pompe venturi et le système standard avec convoyeur et dégrapeuse-trieuse ont été réalisés sur les navires *GRT-Synchro* et *GRT-Symbiose*. À chaque occasion, une quantité de moules équivalant au contenu de deux bacs isothermes ont été récoltées sur de longues lignes d'élevage de la baie de Cascapédia. Un bac a été rempli à l'aide du système venturi, le second, avec le système standard, sur un segment contigu de la ligne maîtresse de la même longue ligne d'élevage. Les moules ont été glacées de façon analogue : deux couches de moules intercalées entre trois couches de glace. Afin de démontrer que ce protocole expérimental a permis de standardiser au maximum les conditions de traitement des moules pour n'examiner que l'effet du système de récolte sur leur qualité, des variables comme la température des contenants et celle à cœur des moules durant les différentes étapes de la chaîne de valorisation, de la mer jusqu'à la fin de l'entreposage en chambre froide ont été enregistrées. À bord, les thermographes ont été installés dans les couches supérieures et inférieures des bacs. À l'usine, les moules différenciées selon le mode de récolte ont été traitées puis ensachées en sacs de 25 livres, emballés par deux dans des boîtes de carton ciré. Des thermographes ont été insérés de nouveau dans deux boîtes différenciées selon le système de récolte. Ces boîtes ont été transportées à Gaspé où elles ont été entreposées en chambre froide durant 11 jours. Par simulation de la chaîne de valeur, des données régulières ont été prises sur des indices de qualité comme les bris, le bâillement et la vitalité. En parallèle, des indices sensibles aux yeux des transformateurs et des acheteurs ont été évalués, par exemple : la perte de poids des sacs au long de l'entreposage, l'évolution quotidienne du nombre de moules à la livre, la calibration des tailles des moules ainsi que les rendements nets après transformation. En ce qui a trait à la qualité des moules, les bris ont été comparables à moins de 4 %. Les taux de bâillement pour les moules de surface, cinq minutes après leur prélèvement dans les sacs, étaient du même ordre de grandeur, environ 20 %, entre les

deux systèmes de récolte. L'utilisation du système venturi ne semble donc pas être un élément de solution au problème du bâillement des moules signalé antérieurement par les clients (grossistes/distributeurs, consommateurs). Par ailleurs, il convient de noter que, à l'automne 2008, dans les conditions imposées aux moules, leur martèlement suivi de leur immersion en eau douce froide à la sortie de la chambre froide ont provoqué la fermeture des moules, témoignage d'une vitalité élevée. En somme, la presque totalité des moules aurait été considérée comme consommable sur les marchés. Les pertes de poids dans les sacs sont acceptables au plan commercial et comparables, de même que le nombre de moules à la livre. Le rendement net après transformation à l'essai 1 était légèrement supérieur pour les moules du bac isotherme récoltées avec le système venturi (75,2 %) par rapport à celui avec le système standard (72,6 %). À l'essai 2, l'écart se creuse et le rendement commercial était de 69 % et 60 %, en faveur du bac récolté au système venturi. Somme toute, nous concluons que la décision de doter une ou des embarcations d'un système de récolte avec pompe venturi devra se prendre davantage sur le coût à l'achat et à l'opération, et les performances de récolte en mer que sur des indices de qualité.

Mots clés : Moules, qualité, système de récolte, pompe venturi, bâillement

Keywords: Mussels, quality, harvesting system, Venturi pump, gaping

Abstract

In November 2008, two trials were conducted to compare the impact of harvesting method on mussel quality. Using the vessels GRT Synchro and GRT Symbiose, two systems were compared: the Venturi pump system and the standard conveyor / declumper-grader system. For each trial, a quantity of mussels equal to the content of two insulated boxes was harvested from longlines at the Baie de Cascapédia rearing site. One box was filled using the Venturi system and the second using the standard system; the mussels were taken from contiguous areas along the headline of the same rearing longline. The mussels were iced in a substantially identical manner with two layers of mussels being placed between three layers of ice. To show that this experimental protocol standardised the mussel treatment conditions as fully as possible and thus ensured that only the effect of the harvesting system on quality would be examined, such variables as container temperature and mussel core temperature were recorded at various points in the valorisation chain from the moment the mussels were taken from the sea to the time they entered storage in the cold room. Aboard the vessel, thermographs were installed in the upper and lower layers of the boxes. At the plant, the mussels kept separate according to harvest method were treated, then bagged in 25-pound sacks and then packaged two sacks per waxed cardboard box. Thermographs were again inserted into two separate boxes, one for each harvesting system. These boxes were shipped to Gaspé where they were stored in a cold room for 11 days. All along the valorisation chain, quality-indicative data were gathered, including breakage, gaping and vitality. At the same time, indicators of interest to processors and buyers were evaluated; examples include sack weight loss during storage, daily evolution in the number of mussels per pound, mussel size calibration and post-processing net yield. As for mussel quality, breakage was negligible at less than 4%. Gaping rates in the top mussels five minutes after being removed from the sacks were about the same – 20% – for both harvesting systems. Consequently, the use of the Venturi system does not appear to be an element that would help resolve the gaping problem reported in the past by clients (wholesalers/distributors, consumers). Moreover, it is important to point out that in fall 2008, one of the conditions to which the mussels were exposed – tapping the mussels after the sacks had been removed from cold storage and immersed in cold fresh water – caused the gaping mussels to close, which is indicative of strong vitality. Weight loss in the sacks was acceptable from a commercial standpoint and comparable for both harvesting methods – as was the number of mussels per pound. Post-processing net yield in the first trial was slightly higher for the mussels from the insulated box harvested using the Venturi system (75.2%) than for those harvested using the conventional system (72.6%). In the second trial, the gap widened and the commercial yields were 69% and 60%, with the Venturi-harvested mussels performing better. On the whole, we conclude that the decision to outfit one or more vessels with a Venturi pump harvesting system should be founded on purchase and operating costs and on the performance of at-sea harvesting operations rather than on quality considerations

Table des matières

1. Introduction.....	1
2. Méthodologie.....	1
2.1 Généralités	1
2.1.1 En mer	1
2.1.2 À l'usine.....	2
2.2 Sortie en mer du 6 novembre 2008	2
2.3 Sortie en mer du 26 novembre 2008	3
2.4 À l'usine, les 8 et 27 novembre 2008.....	3
2.5 Entreposage au Centre technologique des produits aquatiques	4
3. Résultats	6
3.1 Environnement des moules	6
3.2 Sortie du 6 novembre 2008	6
3.2.1 La température ambiante	6
3.2.2 La température dans les bacs d'entreposage.....	6
3.2.3 La température dans les boîtes de 25 livres emballées le 7 novembre 2009	7
3.3 Sortie du 25 novembre 2008	7
3.3.1 La température ambiante	7
3.3.2 La température dans les bacs d'entreposage	8
3.3.3 La température dans les boîtes de 25 livres emballées le 27 novembre 2009	8
3.4 La température à cœur des moules	8
3.5 Caractérisation de l'état des moules échantillonnées.....	9
3.5.1 La composition en tailles et en poids	9
3.5.2 Bris de coquilles et moules vides	11
3.6 Le bâillement des moules	11
3.6.1 Bâillement de surface (anneau $\Phi= 20$ cm)	11
3.6.1.1 En mer.....	11
3.6.1.2 À l'usine, avant la transformation	11
3.6.1.3 En chambre froide durant la conservation.....	11
3.6.2 Bâillement résiduel en air ambiant et après chocs physiques	12
3.6.3 Perte de poids dans les sacs et nombre de moules à la livre.....	13
3.6.4 Bâillement et compte de moules à la livre.....	14
3.6.5 Le rendement commercial après transformation à l'usine	14
4. Discussion	16
4.1 Validation de la méthodologie et autres considérations d'importance	16
4.2 Comparaison de la qualité du produit	17
4.2.1 Bris des coquilles	17
4.2.2 Le bâillement des moules	17
4.2.3 Pertes de poids	17
4.3 Le rendement net après transformation.....	17
5. Conclusion.....	17
6. Bibliographie.....	18
7. Remerciements	18

Annexes

Annexe 1. Description du contexte des sorties en mer annulées les 13 et 17 novembre 2008.	21
Annexe 2. Exemple de formulaire d'enregistrement de l'évolution quotidienne du poids réel des sacs de 25 livres conservés en chambre froide.	22
Annexe 3. Exemple de formulaire d'enregistrement des données sur trois variables : (1) Le nombre de moules ouvertes à la surface des sacs après 5 minutes; (2) Le nombre de moules à la livre quotidien; (3) Évaluation de la vitalité et du bâillement quotidien des moules en vrac	23
Annexe 4. Exemple du formulaire d'enregistrement des tailles et des poids individuels des moules conservés en chambre froide.....	24
Annexe 5. Exemple du formulaire d'enregistrement des températures à cœur des moules conservés en chambre froide.	25

Liste des figures

Figure 1a. Vue en plongée du système de récolte standard avec convoyeur et dégrappeuse-trieuse à bord du GRT	1
Figure 1b. Vue en plongée du système de récolte venturi à bord du GRT Synchro (avec la permission de Halieutec)	2
Figure 2. Le GRT Synchro au quai de Carleton-sur-mer.....	2
Figure 3. Le GRT Symbiose, en route vers la baie de Cascapédia	2
Figure 4. Thermomètres numériques Oakton 00702-75 ou Barnant 100 modèle 600-2820 munis chacun d'un thermocouple P161- SENSE 08500-65 de type T pour mesurer la température à cœur des moules	3
Figure 5. Glaçage de surface d'un bac isotherme.....	3
Figure 6. Vue rapprochée d'un enregistreur de température en continu de type Minilog.....	3
Figure 7. Étiquettes identificatrices de récupération des Minilogs	3
Figure 8. Camion de transport des bacs de moules entre Carleton-sur-mer et Rivière-au-Renard.....	4
Figure 9. Le tensiomètre utilisé pour mesurer le poids des bacs isothermes avec et sans leur contenu de moules.....	4
Figure 10. Exemple de disposition de l'anneau d'échantillonnage du bâillement de surface dans un sac de 25 livres.....	4
Figure 11. Illustration de la chaîne de traitement des moules fraîches dans l'entreprise Menu-Mer Itée. L'intervalle entre les bacs expérimentaux traités a été calculé pour bien individualiser les lots	5
Figure 12. Sacs de 25 livres remplis de moules à l'usine prêts à être emballés dans les boîtes.....	5
Figure 13. Pesée d'un sac de 25 livres sur une balance à plateau électronique	5
Figure 14. Emballage dans des boîtes de carton ciré de 50 livres entreposées en chambre froide au Centre technologique des produits aquatiques de Gaspé	6
Figure 15. De la mer à l'usine : évolution de la température ambiante et de celle dans les parties supérieures et inférieures des bacs de moules entre les 6 et 7 novembre 2008.....	7
Figure 16. De l'usine à la chambre froide : évolution de la température ambiante et dans les sacs de moules entreposés en boîte de 50 livres entre les 7 et 12 novembre 2008	8
Figure 17. De la mer à l'usine : évolution de la température ambiante et de celle dans les parties supérieures et inférieures des bacs de moules entre les 25 et 27 novembre 2008.....	9
Figure 18. De l'usine à la chambre froide : évolution de la température ambiante et dans les sacs de moules entreposés en boîte de 50 livres entre le 27 novembre et le 8 décembre 2008	10
Figure 19. Température à cœur des moules en fonction du type de récolte et de l'étape postrécolte pour les deux essais de novembre 2008	11
Figure 20. Évolution de la perte de poids brut des sacs de moules entreposés en chambre froide en fonction du temps entre le 27 novembre et le 8 décembre 2008	14
Figure 21. Relation entre le compte de moules à la livre et le taux de bâillement quotidien après 5 minutes d'exposition en vrac à la température de la chambre froide pour les deux moyens de récolte à l'essai 1	15
Figure 22. Relation entre le compte de moules à la livre et le taux de bâillement quotidien après 5 minutes d'exposition en vrac à la température de la chambre froide pour les deux moyens de récolte à l'essai 2	15

Liste des tableaux

Tableau 1. Exemple de la procédure pour l'essai de la semaine du 27 novembre 2008.....	6
Tableau 2. Caractéristiques des moules avant et après transformation aux deux essais	10
Tableau 3. Les bris de coquilles et moules vides observés à diverses étapes de la chaîne de traitement	12
Tableau 4. Fréquence des moules ouvertes à la surface des sacs conservés en chambre froide-méthode estimative de l'anneau de diamètre égal à 20 cm.	12
Tableau 5 a. Évaluation de la proportion de moules bâillantes. Essai 1 du 5 au 16 novembre 2008	13
Tableau 5 b. Évaluation de la proportion de moules bâillantes. Essai 2 du 28 novembre au 8 décembre 2008	13
Tableau 6. Évolution temporelle du nombre de moules à la livre à l'essai 1	14
Tableau 7. Évolution temporelle du nombre de moules à la livre à l'essai 2	14

Évaluation de l'impact du système de récolte de type venturi sur la qualité des moules d'élevage vivantes de la baie de Cascapédia au cours de leur période de conservation

1. Introduction

L'industrie mytilicole québécoise utilise à ce jour des convoyeurs ou des rampes pour faire la récolte de moules en mer (figure 1a). Malgré le fait que cette méthode présente une bonne efficacité du point de vue du transport des boudins jusqu'à la dégrappeuse-trieuse, il demeure qu'elle présente certaines lacunes. Selon Bolduc (2007), la principale faiblesse rencontrée est le dégrappage lors de la sortie de l'eau des moules qui, sous leur poids et celui des épibiontes et autres matières associées, se détachent parfois du boudin et retombent à l'eau. Ce phénomène peut causer entre 5 et 20 % de pertes de moules commerciales selon la saison, la présence de salissures diverses, (incluant le second set ou fixation ultérieure à la première année de collecte et croissance) et les conditions climatiques lors des opérations de récolte. Présentement, le rendement de cet équipement est d'environ deux tonnes/heure (Bolduc, 2007) et peut difficilement augmenter sans apporter des modifications majeures de l'équipement même si le procédé peut être amélioré (Coulombe *et al.* 2009).

Un nouveau système de récolte, observé lors d'une mission en Irlande (figure 1b), utilise l'effet venturi pour aspirer l'eau et le boudin de moules jusqu'au convoyeur lors de sa sortie de l'eau. Ceci permet de ne pas émerger les boudins et d'aspirer les moules qui peuvent se détacher lors de l'entrée dans le tube (Bolduc, 2007). Une étape de familiarisation avec ce système, installé à bord d'une embarcation mytilicole de la baie de Cascapédia, a mené en novembre 2008 à la comparaison

de son efficacité par rapport aux opérations usuelles de convoyage-dégrappage, sur une embarcation dont les autres caractéristiques étaient analogues (Leblanc *et al.*, 2009).

L'impact de ce procédé de récolte sur la qualité commerciale des moules restait cependant à définir. En outre, il pouvait être intéressant d'évaluer si l'utilisation du système venturi permettait de réduire sensiblement le problème de bâillement des moules de la Gaspésie (Coulombe *et al.*, 2009), si celles-ci pouvaient être traitées avec plus de « douceur » à bord.

L'objectif de ce travail était d'établir un diagnostic des opérations de récolte par système venturi comparativement à l'opération standard et subséquemment d'évaluer l'impact sur la qualité des moules tout au long de leur période de conservation. Ces données complètent celles acquises par Leblanc *et al.* (2009) dans leur projet sur la mise au point et l'évaluation des performances de l'équipement.

2. Méthodologie

2.1 Généralités

2.1.1 En mer

Six sorties en mer avaient été prévues. Les deux premières ont eu lieu respectivement en juin et en août 2008 à bord du *Mydulis* et du *GRT-Symbiose* équipés, l'un du système de récolte avec convoyeur et dégrappeuse-trieuse standard, l'autre, du système de récolte par pompe venturi. Un dossier



Figure 1a. Vue en plongée du système de récolte standard avec convoyeur et dégrappeuse-trieuse à bord du GRT.



Figure 1b. Vue en plongée du système de récolte venturi à bord du GRT-Synchro (avec la permission de Halieutec).

sur les caractéristiques des deux embarcations et de leur système de récolte a été complété afin de mieux préparer les plans d'échantillonnage ultérieurs, notamment les postes de cueillette ainsi que le type de variables susceptibles d'être colligées. Le protocole d'échantillonnage a bénéficié des conseils de M. Stéphane Morissette, directeur de Moules Cascapédia inc., sur papier comme en mer.

Deux sorties ont été infructueuses en raison de mauvaises conditions climatiques (13 novembre) et d'un bris majeur au GRT-Symbiose (17 novembre). Ces sorties sont documentées à l'annexe 1. Une autre sortie a été annulée puisque la saison de récolte tirait à sa fin. L'entreprise Moules Cascapédia inc. a donc procédé à l'hivernage de ses lignes d'élevage. En conséquence, deux sorties ont permis de colliger la grande majorité des données prévues au plan d'échantillonnage.

2.1.2 À l'usine

Au début de l'automne, des contacts ont été pris avec l'usine de transformation et d'emballage Menu-Mer ltée, représentée par M^{me} Françoise Tétréault, afin de planifier et d'organiser l'échantillonnage aux divers points névralgiques de cette partie de la chaîne de mise en marché. En principe, le produit devait être surveillé jusque sur les marchés, mais cette étape a été abandonnée et remplacée par une évaluation du produit dans les locaux du Centre technologique des produits aquatiques à Gaspé.

2.2 Sortie en mer du 6 novembre 2008

Cette sortie s'est effectuée conjointement avec Halieutec afin de récolter en parallèle des données sur la performance du système venturi et du système de convoyeur-dégrappeuse-trieuse standard (Leblanc *et al.*, 2009.) tout en accumulant des données sur la qualité des moules à bord. Elle s'est faite à bord du GRT-Symbiose et du GRT-Synchro (figures 2 et 3)

Les observations sur les équipements et les moules ont été réalisées sur la même ligne d'élevage afin de réduire au minimum la variabilité entre les lots expérimentaux.



Figure 2. Le GRT-Synchro au quai de Carleton-sur-mer

Après leur arrivée à bord, la température à cœur de 10 moules a été mesurée au moyen de thermomètres numériques Oakton 00702-75 ou Barnant 100 modèle 600-2820 munis chacun d'un thermocouple P161-SENSE 08500-65 de type T (figure 4). De plus, le bâillement et les bris de coquilles ont été notés sur une centaine d'autres spécimens.

Subséquentement, un bac isotherme de moules récoltées au moyen du système venturi a été préparé et glacé (figure 5) selon les recommandations d'usage (Coulombe *et al.*, 2009)



Figure 3. Le GRT-Symbiose, en route vers la baie de Cascapédia.



Figure 4. Thermomètres numériques Oakton 00702-75 ou Barnant 100 modèle 600-2820 munis chacun d'un thermocouple P161- SENSE 08500-65 de type T pour mesurer la température à cœur des moules.

soit trois couches de glace en alternance avec deux couches de moules. Ce bac a été identifié spécialement pour faciliter son repérage à l'usine. La température interne du bac a été mesurée en continu, au moyen de deux enregistreurs Minilog (figure 6) toutes les 30 minutes, de la mer jusqu'à la transformation des moules à l'usine pour déterminer si les conditions postrécolte étaient comparables. Les enregistreurs ont été disposés dans les parties supérieures et inférieures (figure 7), respectivement, car des différences notables de température y avaient été constatées antérieurement (Coulombe *et al.*, 2009).



Figure 5. Glaçage de surface d'un bac isotherme.

Les mêmes procédures ont été répétées sur le *GRT-Synchro* avec un bac préparé pour le système de récolte standard.

Les deux bacs de moules ont été ramenés à quai, en fin de journée, où les attendait le camion (figure 8) chargé de transporter également les bacs de moules issues de la récolte commerciale, effectuée en parallèle des opérations expérimentales.



Figure 6. Vue rapprochée d'un enregistreur de température en continu de type Minilog



Figure 7. Étiquettes identificatrices de récupération des Minilogs

2.3 Sortie en mer du 26 novembre 2008

La seconde sortie en mer s'est réalisée le 26 novembre 2008. Le protocole précédent a été sensiblement respecté bien que des nuances ont dû être apportées, car un seul échantillonneur était disponible et il était à bord du bateau équipé du système venturi. De plus, les conditions climatiques étaient plus rigoureuses.

Dans ce contexte, l'échantillonneur s'est assuré que les conditions autres que celles liées à l'aspect récolte aient été respectées au mieux par l'équipage du second bateau qui récoltait avec le système standard. L'objectif était que les conditions soient également représentatives quant à leur impact sur la qualité du produit.

2.4 À l'usine, les 8 et 27 novembre 2008

L'échantillonnage s'est déroulé en matinée. Les bacs avaient été entreposés à sec, c'est-à-dire que les moules ne sont pas passées par l'entreposage humide avant transformation. La première étape a été de peser au kg près chacun des deux bacs avec son contenu. La pesée s'est faite au moyen d'un tensiomètre Dynafor LLXce 0502/040E (figure 9). Après la vidange du bac dans la trémie de la ligne de transformation, le



Figure 8. Camion de transport des bacs de moules entre Carleton-sur-mer et Rivière-au-Renard.



Figure 9. Le tensiomètre utilisé pour mesurer le poids des bacs isothermes avec et sans leur contenu de moules.

Le poids brut a été soustrait du poids du bac vide avec couvercle afin d'obtenir le poids net de moules dans le bac avant transformation. Ce dernier poids était comparé à celui calculé par l'usine, après le passage des moules dans la ligne de transformation, pour évaluer comment le rendement en moules commerciales variait selon le procédé de récolte.

Avant que les bacs ne soient transférés à l'aire de transformation, les moules bâillant en surface étaient dénombrées au moyen d'un anneau échantillonneur (figure 10) de 20 cm de diamètre (Coulombe *et al.*, 2009). Cette opération a été répétée trois fois en déplaçant l'anneau à la surface du bac. À l'instar de l'échantillonnage en mer, les bris de coquilles étaient notés sur une centaine d'individus, à moins d'indication contraire.



Figure 10. Exemple de disposition de l'anneau d'échantillonnage du bâillement de surface dans un bac.

Au moment de la transformation, les lots de moules vivantes étaient individualisés selon leur mode de récolte, par vidange complète des moules sur la ligne de transformation (figure 11) pour éviter toute possibilité de mélange au moment de l'ensachage et garantir que les estimations de rendement soient fiables.

Pour permettre d'estimer si les deux bacs de moules étaient soumis à des conditions analogues, la température de la ligne d'eau de traitement des moules a été mesurée à la débyssieuse, de même que la température de l'air ambiant dans la salle d'emballage, au moyen d'un thermomètre comme ceux utilisés en mer pour les températures à cœur des moules.

Enfin la température à cœur des moules, avant et après leur transformation, a été notée sur 10 moules afin de déterminer, à nouveau, si les conditions de transformation différaient entre les moules récoltées avec les systèmes standard ou venturi.

Après la transformation des moules, celles-ci ont été emballées dans des sacs de filet (figure 12) de 11,4 kg (25 livres), car ils sont fréquemment utilisés par l'industrie. Ce format a été choisi comme unité d'échantillonnage puisqu'il permet également une comparaison des données avec des expériences antérieures.

Les sacs ont été pesés (figure 13) au moment de l'emballage afin de mesurer si la perte relative de poids différait, au fil du temps d'entreposage en chambre froide, selon le système de récolte.

Les sacs de 25 livres, à raison de 11 sacs par type de récolteur, ont été déposés, par deux, dans une boîte de carton ciré de 50 livres (figure 14). Les sacs ont été entourés systématiquement de glace. Un thermographe a été installé dans une boîte propre à chaque type de récolteur, choisie aléatoirement. Les onze boîtes ont été embarquées dans une camionnette pour être transportées, à ciel ouvert, de Rivière-au-Renard jusqu'à Gaspé, soit une durée de 30 à 45 minutes.

2.5 Entreposage au Centre technologique des produits aquatiques

Les boîtes ont été entreposées en chambre froide à température contrôlée nominale entre 0 et 4 °C selon un enregis-



Figure 11. Illustration de la chaîne de traitement des moules fraîches dans l'entreprise Menu-Mer Itée. L'intervalle entre les bacs expérimentaux traités a été calculé pour bien individualiser les lots.



Figure 12. Sacs de 25 livres remplis de moules à l'usine prêts à être emballés dans les boîtes.

treur continu, et ce, jusqu'au début des analyses, le 10 ou le 28 novembre, respectivement.

Les tests suivants ont été effectués chaque jour (sauf les fins de semaine) sur les sacs utilisés pour les analyses.

1. Pesée des sacs de 25 livres sur une balance
2. Dénombrement des moules ouvertes avec un anneau de diamètre égal à 20 cm.
3. Évaluation du nombre de moules à la livre.
4. Évaluation de la mortalité et du bâillement des moules hors de l'eau



Figure 13. Pesée d'un sac de 25 livres sur une balance à plateau électronique.

5. Les tests suivants sont effectués une fois seulement, à un temps propice, durant la période de conservation :
 - Calibration des tailles et des poids des moules.
 - Mesure de la température à cœur des moules



Figure 14. Emballage dans des boîtes de carton ciré de 50 livres entreposées en chambre froide au Centre technologique des produits aquatiques de Gaspé.

Tableau 1. Exemple de la procédure pour l'essai de la semaine du 27 novembre 2008. Une procédure analogue a été suivie le 8 novembre

Jour	Nov.-déc.	Nombre de sacs		Temps
		VENTURI	STANDARD	
Vendredi	28	2	2	1
Samedi	29	-	-	2
Dimanche	30	-	-	3
Lundi	1	1	1	4
Mardi	2	2	2	5
Mercredi	3	1	1	6
Jeudi	4	2	2	7
Vendredi	5	1	1	8
Samedi	6	-	-	9
Dimanche	7	-	-	10
Lundi	8	2	2	11

3. Résultats

3.1 Environnement des moules

Afin d'estimer si l'environnement des moules était analogue après l'étape de récolte et ne viendrait pas moduler leur durée de conservation, un suivi des variations de température a été réalisé aux grandes étapes du processus de traitement : dans les bacs de transport et d'entreposage; dans l'eau de mer qui alimente la débysseuse à l'usine; dans les boîtes entreposées en chambre froide.

La durée d'exposition et les régimes de température auxquels ont été exposés les moules dans les deux bacs comparés, à chacun des deux essais, étaient semblables.

3.2 Sortie du 6 novembre 2008

3.2.1 La température ambiante

Selon la figure 15, la sortie du 6 novembre s'est faite dans des conditions de navigation exceptionnelles pour cette période de l'année puisque la température extérieure n'a pas été inférieure à 13 °C et a même dépassé les 20 °C durant l'après-midi, sous un ardent soleil. Pendant le transport, la température dans la boîte du camion était légèrement au-dessus de 10 °C. Cela pourrait indiquer que le système de refroidissement n'était pas en opération entre le quai de Carleton-sur-mer et l'usine de MenuMer.

3.2.2 La température dans les bacs d'entreposage

Les moules étaient entreposées dans les bacs isothermes glacés, et cet environnement a continué à se refroidir jusqu'à la transformation des moules (Figure 15). L'effet du glaçage à bord est donc perceptible durant cette partie du processus. Il est intéressant de noter que le glaçage multicouche (fond, milieu, surface) entraîne un refroidissement rapide de l'environnement des moules dans la partie inférieure des bacs même si ceux-ci sont ouverts jusqu'à la fin du remplissage. La durée de ce dernier était plus longue qu'en condition de récolte commerciale en raison du protocole de Halieutec qui exigeait de sous-échantillonner et de peser des bacs de manutention individuels avant de les verser dans le bac isotherme.

Évolution de la température des bacs de moules de la mer à l'usine (6 et 7 novembre 2008)

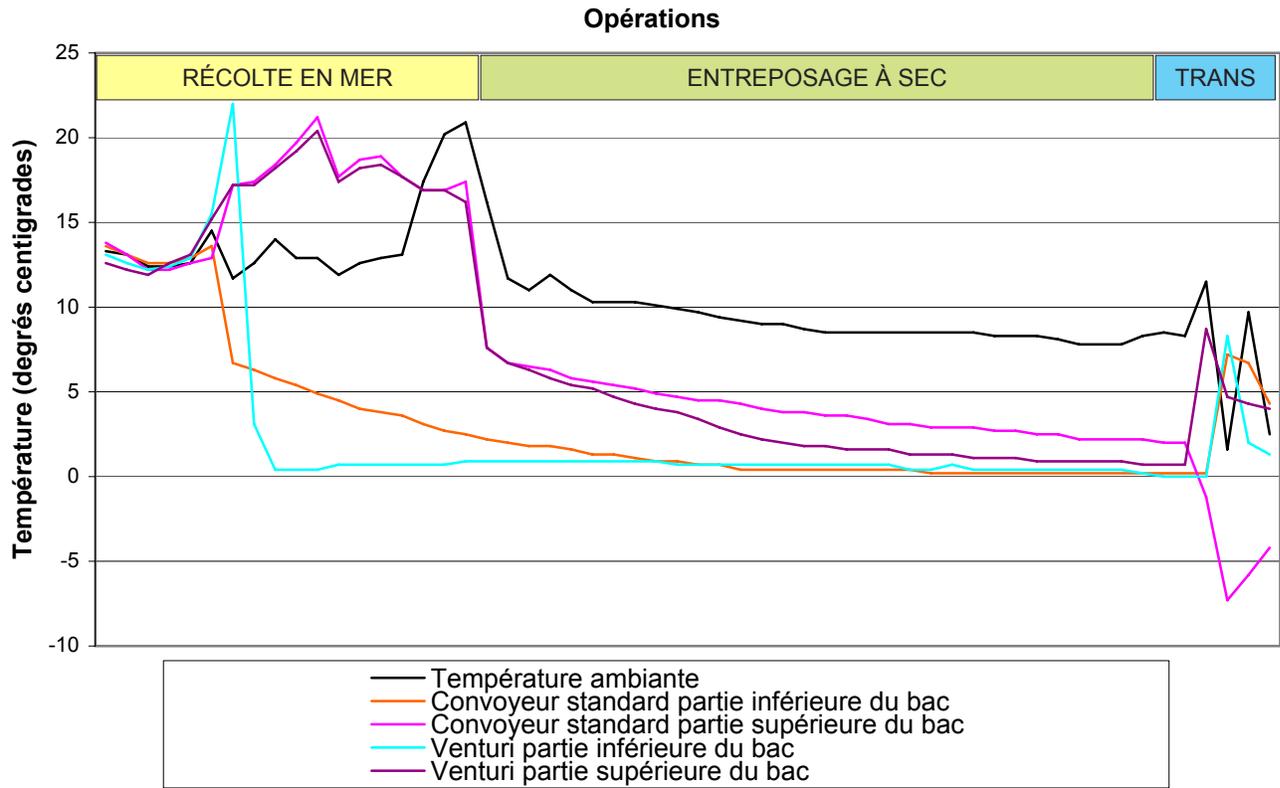


Figure 15. De la mer à l'usine : évolution de la température ambiante et de celle dans les parties supérieures et inférieures des bacs de moules entre les 6 et 7 novembre 2008.

La température de la partie supérieure des deux bacs comparés était aussi plus haute plus longtemps puisque soumise plus longtemps à l'ensoleillement et au réchauffement graduel quotidien qui régnait sur le pont. Elle était donc davantage influencée par la température ambiante en mer.

Lorsque le bac était refermé, la température de cette partie chutait de 16 à 6 degrés en moins d'une heure pour continuer à baisser lentement jusqu'à la transformation. Durant l'entreposage à sec, la température des bacs, peu importe le type de récolte ou l'emplacement des thermographes était sous les 5 degrés centigrades

3.2.3 La température dans les boîtes de 25 livres emballées le 7 novembre 2009

Cette description de l'environnement se poursuit à la figure 16 où les conditions environnantes sont mesurées après transformation et pendant l'entreposage en boîtes de 50 livres en chambre froide.

Sur le plan de la ligne de transformation, les températures enregistrées par les thermographes sont erratiques et variaient de ± 8 degrés, entre 6 et 14 °C. Résultat peu surprenant puisque, par définition, les thermographes mesuraient les conditions atmosphériques dans l'usine de la salle d'entreposage jusqu'à l'étape d'ensachage à la fin de la ligne de transformation.

L'effet du glaçage est immédiat dans les boîtes de format 50 livres. La température mesurée dans les quatre boîtes suit le même patron et reste près du point de congélation tout en augmentant légèrement au fil de l'entreposage. Cette dernière situation est normale puisque la température ambiante de la chambre froide varie entre 1 et 2 °C et que la glace qui entoure les sacs fond en parallèle, supprimant ainsi son propre pouvoir isolant, de telle sorte que la température enregistrée par le Minilog tend vers celle-ci..

3.3 Sortie du 25 novembre 2008

3.3.1 La température ambiante

La température ambiante en mer était beaucoup moins clémente durant cette sortie (figure 17). En effet, celle-ci a oscillé entre -8,8 °C au début de la récolte pour ensuite atteindre une pointe de 0 °C mais le plus souvent entre -3 et -4,4 °C

Au moment du transport dans le camion et au moment de l'entreposage à sec, la température initiale de ces environnements était, de façon régulière, sous le point de congélation. Dans le second cas, la lecture du thermographe s'aligne sur celle de l'environnement du local d'entreposage qui varie elle-même en fonction des conditions atmosphériques à l'extérieur de l'usine puisque cette aire n'est pas parfaitement régulée thermiquement. D'ailleurs, au milieu du processus d'entreposage, la température ambiante s'élève pour atteindre entre 4 et 6 °C, valeurs plus représentatives.

Évolution de la température des sacs de moules de l'usine à la chambre froide (7 au 12 novembre 2008)

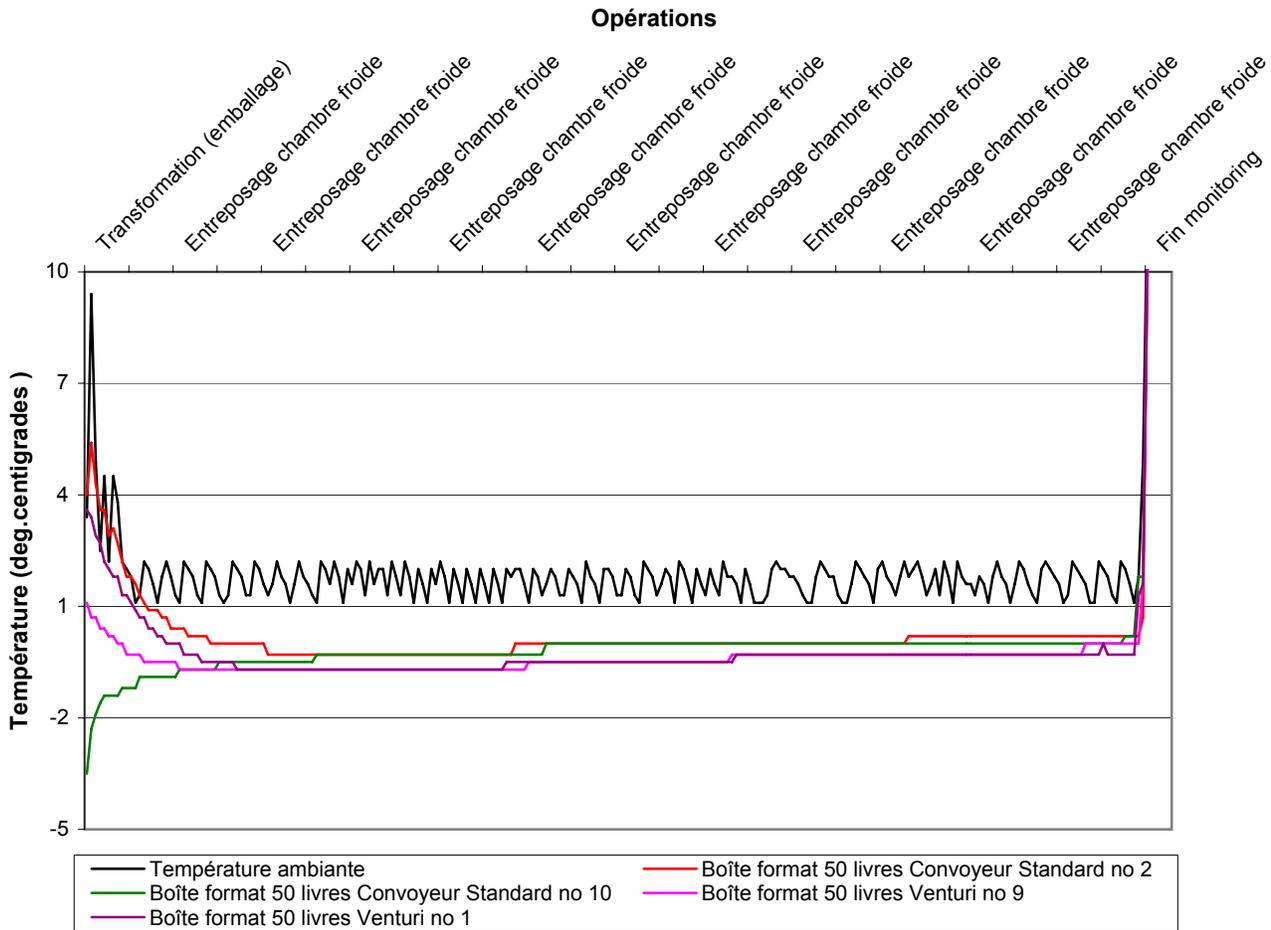


Figure 16. De l'usine à la chambre froide : évolution de la température ambiante et dans les sacs de moules entreposés en boîte de 50 livres entre les 7 et 12 novembre 2008.

3.3.2 La température dans les bacs d'entreposage

Durant cette sortie, au moment de la récolte, la température des bacs remplis avec le système venturi est plus élevée que celle des bacs remplis avec le système avec convoyeur. Les premiers ont atteint entre 2,5 et 3,6 °C alors que les seconds se maintiennent plutôt de -0,3 à -1,2 °C (figure 17).

Lors de cette sortie, il n'y a pas de différence significative de température entre les parties inférieures et supérieures des deux bacs, nonobstant le type de récolteur. L'effet de refroidissement de la glace sur la température interne des bacs est moins accentué qu'à la sortie précédente. La température est, la plupart du temps, sous le point de congélation pour les deux bacs sous monitoring.

3.3.3 La température dans les boîtes de 25 livres emballées le 27 novembre 2009

Au départ, les températures ambiantes sur la ligne de transformation à l'usine, tout comme celles mesurées dans les quatre boîtes de 25 livres, sont élevées (figure 18), mais elles fléchissent rapidement avec l'addition de glace pour atteindre ou descendre sous le point de congélation.

Comme durant la phase de transformation et d'entreposage en chambre froide de la sortie précédente, la température mesurée dans les quatre boîtes suit le même patron. Elle reste également près du point de congélation tout en augmentant légèrement au fil de l'entreposage

3.4 La température à cœur des moules

La température à cœur des moules est un indice supplémentaire qui permet de confirmer si celles-ci subissent le même régime de température tout au long d'un processus qui s'apparente à des activités industrielles.

L'état de cette variable depuis la récolte jusqu'à la fin de l'entreposage en chambre froide pour la récolte avec venturi comme avec le système standard avec convoyeur pour les deux essais est illustré à la figure 19. Les données sont ponctuelles, mais un simple coup d'œil montre qu'à six des huit étapes post-récolte, la température à cœur des moules est comparable.

Première exception : celles des moules enregistrées juste avant la transformation pour l'essai 1. La température à cœur moyenne des moules récoltées au système standard avec

Évolution de la température des bacs de moules de la mer à l'usine (25 au 27 novembre 2008)

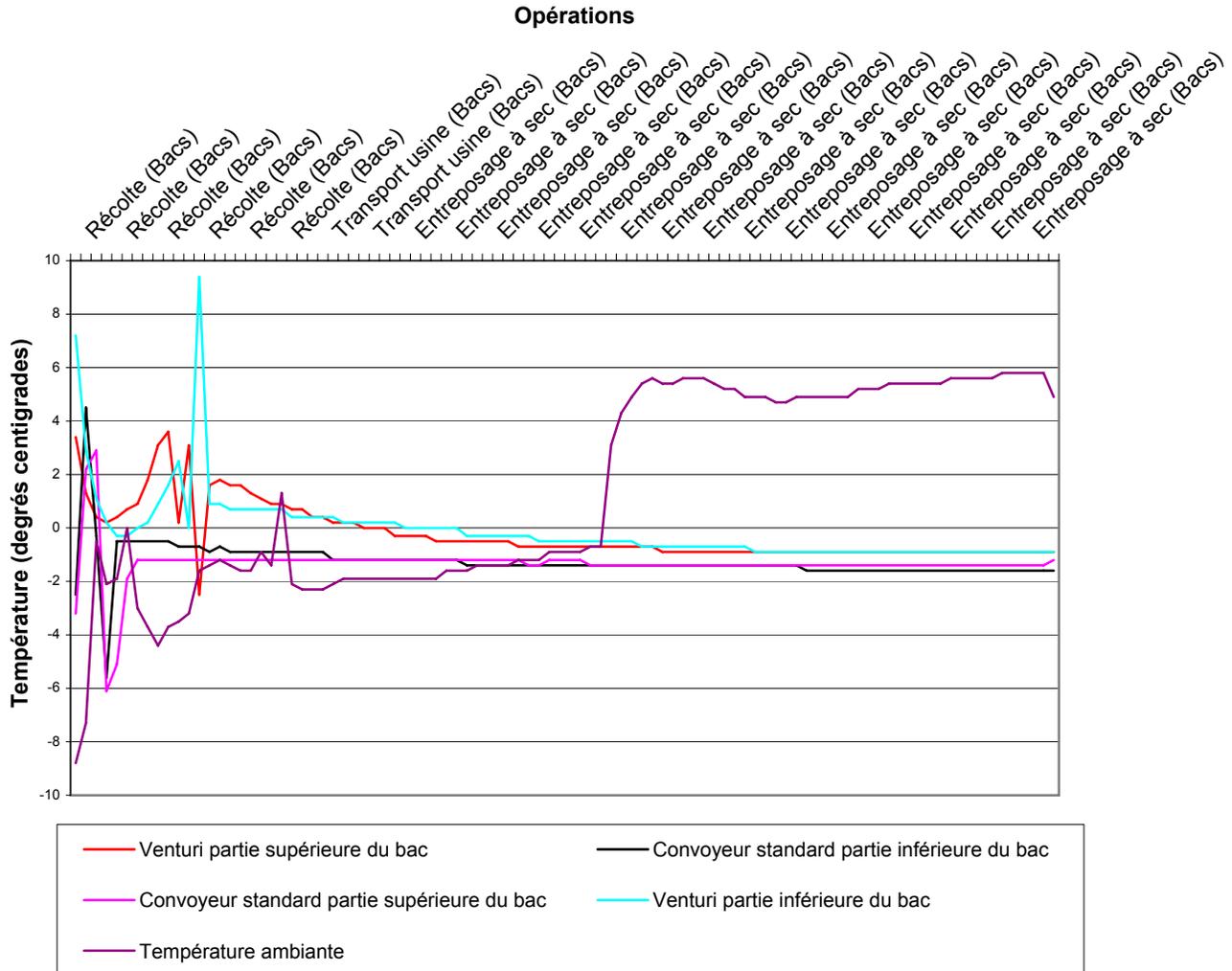


Figure 17. De la mer à l'usine : évolution de la température ambiante et de celle dans les parties supérieures et inférieures des bacs de moules entre les 25 et 27 novembre 2008.

convoyeur est d'environ 1,7 °C alors que celle des moules « venturi » est de 4,2 °C

La seconde exception : à l'essai 2, l'absence de données pour la température à cœur des moules à leur sortie de l'eau pour le système standard. L'absence d'un observateur indépendant sur le bateau récolteur avec convoyeur en est responsable.

3.5 Caractérisation de l'état des moules échantillonnées

3.5.1 La composition en tailles et en poids

Afin d'évaluer si les deux modes de récolte créaient des profils de sélectivité des tailles analogues, on a mesuré la longueur des moules dans les bacs expérimentaux après passage dans les équipements à bord des embarcations de même qu'après la chaîne de transformation, sur un échantillon prélevé sur le

tapis d'inspection, afin de voir s'il y avait une répercussion sur le produit commercial à cette étape de la chaîne de procédés.

Au premier essai, en mer, la longueur moyenne des moules récoltées au système standard avec convoyeur était de 57,3 mm, inférieure à celle des moules du système venturi qui était de 60,2 mm (tableau 2). L'écart-type est élevé.

Au deuxième essai, on observe un résultat inverse puisque la longueur moyenne des moules récoltées au système venturi est de 53,9 mm alors que celle au convoyeur standard est de 58,7 mm. Encore une fois, l'écart-type est important et se chevauche. La dispersion des tailles autour de la moyenne est plus élevée avec le venturi qu'avec le système standard avec convoyeur.

Évolution de la température des sacs de moules
de l'usine à la chambre froide (27 novembre au 8 décembre 2008)

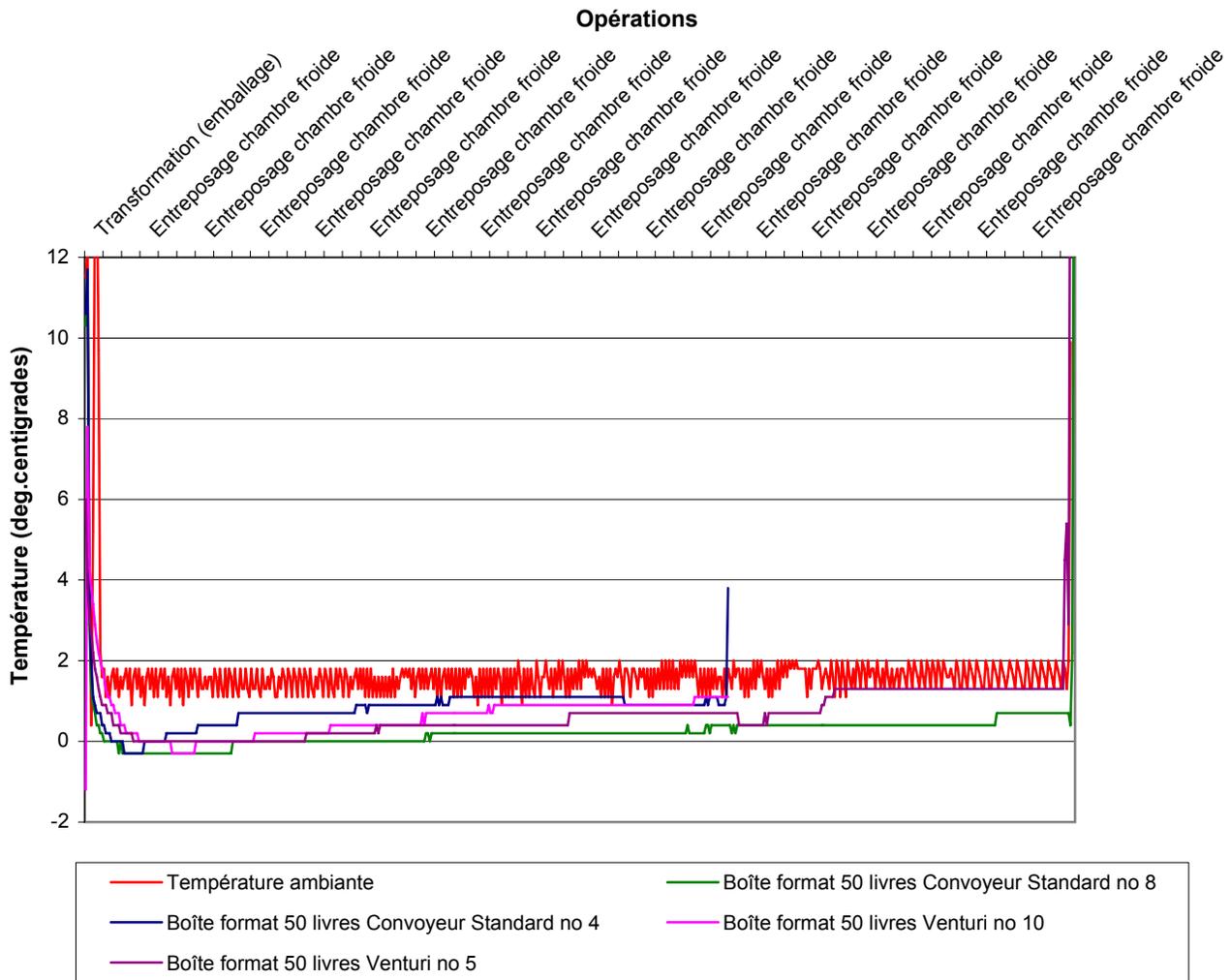


Figure 18. De l'usine à la chambre froide : évolution de la température ambiante et dans les sacs de moules entreposés en boîte de 50 livres entre le 27 novembre et le 8 décembre 2008.

Tableau 2. Caractéristiques des moules avant et après transformation aux deux essais

	Essai 1 Avant transformation		Essai 1 Après transformation		Essai 2 Avant transformation		Essai 2 Après transformation	
	Convoyeur standard	Venturi	Convoyeur standard	Venturi	Convoyeur standard	Venturi	Convoyeur standard	Venturi
Nombre	97	10	40	40	100	100	40	40
Longueur moyenne	57,32	60,23	66,44	64,12	58,67	53,95	61,20	60,89
Écart-type	14,24	12,49	6,98	7,65	8,87	15,88	7,31	7,53
Poids moyen	-	-	22,84	20,78	-	-	19,55	20,18
Écart-type	-	-	7,97	8,19	-	-	6,56	7,61

Température à cœur des moules en fonction du type de récolte et de l'étape post-récolte

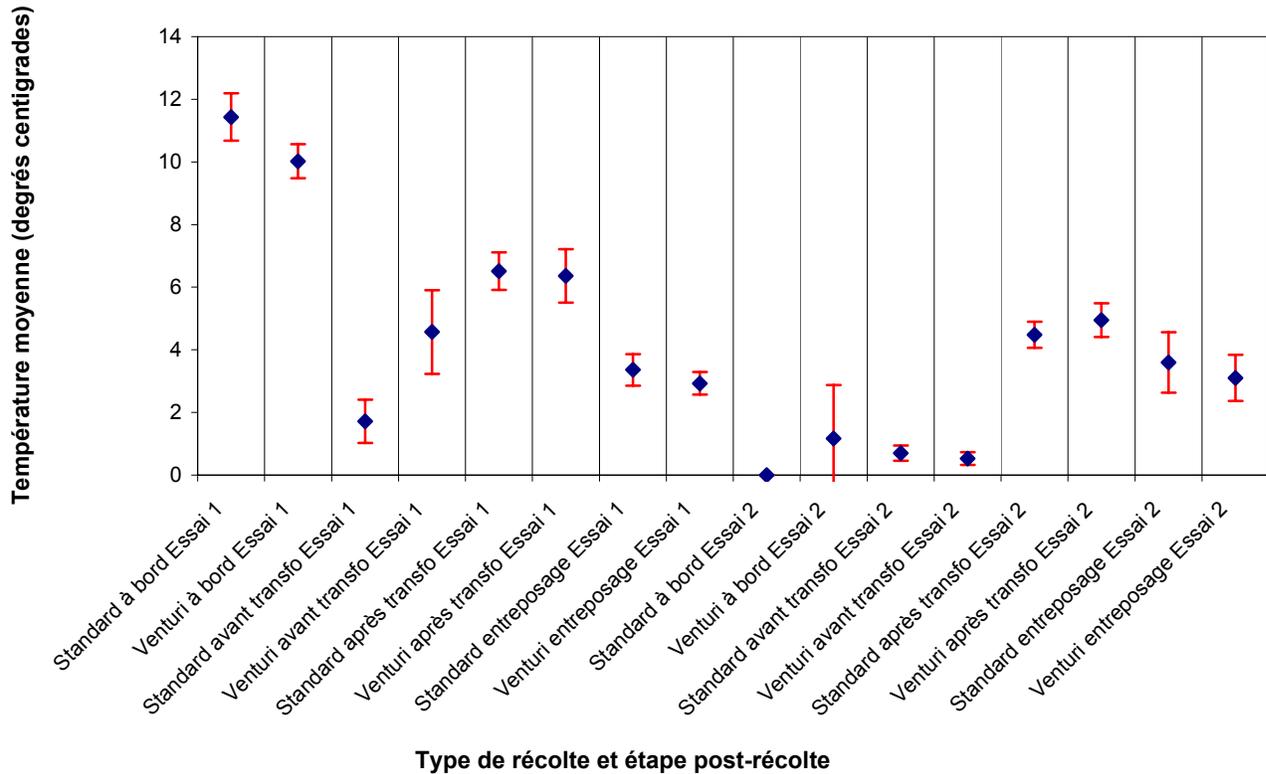


Figure 19. Température à cœur des moules en fonction du type de récolte et de l'étape post-récolte pour les deux essais de novembre 2008.

En ce qui a trait à la longueur moyenne des moules après transformation, à l'essai 1, elle s'élève, respectivement, à 66,4 et à 64,1 mm pour les moules récoltées au système standard avec convoyeur et au système venturi. Les poids moyens correspondants sont de 22,8 et 20,8 g. Les valeurs sont voisines et les écarts-types sont équivalents.

Pour l'essai 2, après transformation, la longueur moyenne des moules est de 61,2 et 60,9 mm récoltées respectivement, au système standard avec convoyeur et au système venturi. L'écart-type est de valeur voisine. Les poids moyens correspondants sont de 19,6 et 20,2 g et leur écart-type est également analogue.

3.5.2 Bris de coquilles et moules vides

Les bris de coquilles et les moules vides sont rarement observés après le passage des mollusques dans les équipements de récolte en mer (tableau 3).

À l'essai 1, le taux de moules brisées est de moins de 2 % pour le système standard avec convoyeur et moins de 1 % avec le système venturi. Cette évaluation a été répétée à l'usine, avant la transformation, dans un contexte moins urgent qu'en mer. Les données acquises corroborent les premières puisque le taux de moules brisées au système standard avec convoyeur est nul alors qu'il est de 4 % pour celles récoltées avec le système venturi.

À l'essai 2, le taux n'a pas été évalué en mer, faute d'observateur à bord du *GRT-Synchro*. À l'usine, le taux de bris est

légèrement plus élevé au système standard avec convoyeur à 6 % alors qu'il est du même ordre pour le système venturi à 4 %.

3.6 Le bâillement des moules

3.6.1 Bâillement de surface (anneau $\Phi = 20$ cm)

3.6.1.1 En mer

En mer, le bâillement des moules est infime à la surface des bacs. Au premier essai, aucune des moules ne bâillait après le passage dans l'un ou l'autre des systèmes de récolte alors qu'au deuxième essai, une seule moule sur les 100 observées était ouverte après passage dans le système venturi. Durant cet essai, rappelons qu'il n'y a pas eu d'observation indépendante pour le bac récolté au convoyeur standard.

3.6.1.2 À l'usine, avant la transformation

Le bâillement observé à l'usine avant la transformation des moules, donc ayant intégré l'effet potentiel du séjour en mer, du transport et finalement de l'entreposage à sec, était nul dans tous les échantillons.

3.6.1.3 En chambre froide durant la conservation

Surface des sacs de 25 livres

Durant l'entreposage de 11 jours, le bâillement de surface des moules dans les sacs, évalué à l'intérieur de l'anneau de 20 cm,

Tableau 3. Les bris de coquilles et moules vides observés à diverses étapes de la chaîne de traitement

	Essai 1 En mer		Essai 1 Avant transformation		Essai 2 en mer		Essai 2 Avant transformation*	
	Convoyeur standard	Venturi	Convoyeur standard	Venturi	Convoyeur standard	Venturi	Convoyeur standard	Venturi
Taille échantillon	100	100	100	100	100	100	-	-
Moules brisées	2	1	0	4	0	4	-	-
Moules vides	2	0	1	3	6	5	-	-

* Il n'y avait pas d'observateur en mer sur le GRT Synchro pour la majeure partie de la récolte.

Tableau 4. Fréquence des moules ouvertes à la surface des sacs conservés en chambre froide-méthode estimative de l'anneau de diamètre égal à 20 cm.

Fréquence standardisée Essai 1					Fréquence standardisée Essai 2				
Jour	N° du sac	Récolte au convoyeur standard	N° du sac	Récolte au venturi	Jour	N° du sac	Récolte au convoyeur standard	N° du sac	Récolte au venturi
1					1	S3	5	S1	0
						S2	1	S2	1
3	S3	1	S1	4					
	S6	1	S2	0					
4	S1	3	S4	1	4	S1	1	S11	2
5	S2	1	S3	2	5	S6	1	S4	2
	S11	2	S5	2		S7	0	S3	0
6	S5	2	S9	9	6	S5	1	S9	1
	S10	0	S8	2					
7	S4	4	S5	5	7	S4	0	S10	2
						S10	0	S6	1
8					8	S11	0	S7	0
10	S8	3	S10	3	10				
	S7	1	S7	0					
11	S4	3	S6	0	11	S9	0	S5	3
						S8	0	S8	2
Fréquence cumulée		21		28			9		14

à la sortie de la chambre froide, est modeste dans l'ensemble pour les moules récoltées au convoyeur standard comme au système venturi, bien que le nombre de moules ouvertes soit plus élevé pour ce dernier aux deux essais (tableau 4).

À l'essai 1, globalement, le nombre cumulé de 29 moules qui bâillaient dans les sacs de moules récoltées au venturi durant les 11 jours d'entreposage est supérieur aux 20 moules ouvertes recensées dans les sacs récoltés avec le convoyeur standard.

Plus précisément, pour le système venturi, trois sacs présentaient une quantité de moules ouvertes plus élevée : 4 moules au jour 3, sac 1; 9 au jour 6, sac 9; 7 au jour 7, sac 11. Cette valeur n'a pas dépassé quatre moules ouvertes pour les moules récoltées au système standard avec convoyeur, surtout entre les jours 7 et 11.

À l'essai 2, la fréquence totale de moules ouvertes observées dans les sacs dont le contenu provenait du système venturi est de 14 individus contre 9 pour les sacs contenant des moules récoltées au système standard avec convoyeur. Exception faite du sac 3 au jour 1, contenant des moules récoltées au système standard, où cinq moules bâillaient, la fréquence de celles-ci est relativement uniforme au fil de l'entreposage nonobstant le système de récolte.

3.6.2 Bâillement résiduel en air ambiant et après chocs physiques (N.B. procédure standardisée « inspirée » des instructions fournies aux clients sur les sacs de 2 livres des principales entreprises de l'Î.-P.-É. en 2005)

Lors de l'essai 1, après 5 minutes à l'air ambiant de la chambre froide pour le convoyeur standard, le taux de bâillement observé dans les moules entreposées en vrac a varié quotidiennement de 14 à 24 %. Ce taux était aléatoire et ne montrait pas de tendance au fil des jours (tableau 5a).

Pour le système venturi, le taux de bâillement était plus variable, avec un minimum de 6 % au jour 8 et un maximum de 50 % au jour 11. Il était fréquemment au dessus de 20 %, notamment durant les jours 1 à 6.

Le martèlement des moules et, successivement, leur immersion dans l'eau douce froide, entraînait une chute importante du taux de moules ouvertes quelque soit le mode de récolte. Le taux résiduel de moules ouvertes a varié de 0 à 2 % sans qu'une tendance quotidienne ne soit observée selon la durée d'entreposage.

À l'essai 2, après 5 minutes d'exposition à température ambiante, le taux de moules ouvertes, entreposées en vrac en chambre froide, était plus élevé en moyenne et plus variable au fil du temps quelque soit le mode de récolte initial (tableau 5b).

Tableau 5 a. Évaluation de la proportion de moules bâillantes-Essai 1 du 5 au 16 novembre 2008

Durée d'entrepos. (j)	Convoyeur standard					Venturi			
	Nombre de sacs	Taux 5 min	Taux martèlement	Taux eau douce 1 min	Nombre de sacs	Taux 5 min	Taux martèlement	Taux eau douce 1 min	
3	2	3,5	0,5	0					
4	1	4	1	1	2	6	0,5	0,5	
5	2	7,5	0	0	1	6	0	0	
6	2	4,5	0	0	2	13,5	0,5	0,5	
7	1	21	2	1	2	17,5	1,5	1	
8					1	23	0,5	0	
9									
10	2	13	0	0					
11	1	18	1	1	2	14	0	0	
					1	13	0	0	

Tableau 5 b. Évaluation de la proportion de moules bâillantes- Essai 2 du 28 novembre au 8 décembre 2008

Durée d'entrepos.(j)	Convoyeur standard					Venturi			
	Nombre de sacs	Taux 5 min	Taux martèlement	Taux eau douce 1 min	Nombre de sacs	Taux 5 min	Taux martèlement	Taux eau douce 1 min	
1	2	8,5	1	1	2	10,5	2	1,5	
4	1	6	0	0	1	13	1	1	
5	2	9,5	0,5	0,5	2	14	0,5	0,5	
6	1	12	0	0	1	10	0	0	
7	2	9,5	0	0	2	8,5	1,5	1,5	
8	1	7	1	0	1	3	0	0	
9	0				0				
10	0				0				
11	2	7	0	0	2	12,5	0	0	

Pour le système standard avec convoyeur, ce taux a varié de 8 % au jour 4, pour atteindre un sommet de 42 % au jour 7. Aux jours 10 et 11, le taux est plus faible, mais demeure élevé à 26 et 36 %, respectivement.

Pour le système venturi, le taux de moules ouvertes a varié de 12 % au jour 4 jusqu'à 46 % au jour 7. Encore une fois, il fléchissait aux jours 10 et 11 avec 28 et 26 % de moules ouvertes, respectivement.

L'effet du martèlement sur les moules récoltées au système standard avec convoyeur n'est pas aussi prononcé qu'à l'essai précédent, car des moules restaient ouvertes dans des proportions de 17 et 9 % aux jours 3 et 5 d'entreposage. Toutefois, la plongée de ces moules dans une eau douce froide a réduit le taux de moules ouvertes à moins de 2 % sans tendance temporelle nette. Pour le système venturi, les taux de moules ouvertes après martèlement suivi d'immersion en eau douce froide chutent à moins de 1,5 %. Les taux demeurent constants entre le martèlement et l'immersion en eau froide.

3.6.3 Perte de poids dans les sacs et nombre de moules à la livre

La perte de poids des sacs de moules entreposés et le nombre de moules par livres peuvent être des indicateurs supplémentaires que les moules sont ouvertes et perdent une partie de leur liquide interstitiel au fil du temps

À l'essai 1, pour les deux moyens de récolte, le nombre de moules à la livre est semblable et variable du jour 3 au jour 7 (tableau 6). Après la fin de semaine (jours 8 et 9), le nombre de

moules récoltées au venturi à la livre apparaît plus élevé bien que l'un des décomptes soit semblable à celui du convoyeur standard au jour 10.

À l'essai 2, le nombre de moules à la livre est équivalent pour les deux moyens de récolte et ne montre pas de tendance au fil de l'entreposage (tableau 7) en chambre froide.

La perte de poids brut (moules plus glace) durant la période de conservation est illustrée aux figures 20 et 21.

À l'essai 1, la perte de poids augmente graduellement au fil du temps. La perte apparaît plus forte pour les moules récoltées au système standard avec convoyeur que celles récoltées au système venturi. Cette évolution fait qu'au moment de la sortie de la chambre froide, 2 et 6 sacs de moules récoltées, provenant respectivement du système venturi et du système standard avec convoyeur, sont sous la valeur nominale de 11,4 kg (25 livres).

À l'essai 2, le portrait est passablement différent. La perte de poids brut des sacs de moules récoltées au système venturi augmente encore avec le temps et d'une façon linéaire ($R^2 = 0,86$) alors que la perte de poids des sacs récoltés avec le système standard avec convoyeur est plus anarchique, les pertes les plus significatives apparaissent entre les jours 4 et 6. Toutefois, peu importe le système de récolte, aucun des sacs de moules ne présente un poids inférieur à la valeur nominale.

Tableau 6. Évolution temporelle du nombre de moules à la livre à l'essai 1.

Date	Temps	Convoyeur standard	Venturi
2008-11-10	3	26	26
2008-11-10	3	24	26
2008-11-11	4	24	21
2008-11-12	5	24	25
2008-11-12	5	21	26
2008-11-13	6	25	24
2008-11-13	6	24	25
2008-11-14	7	22	21
2008-11-17	10	24	28
2008-11-17	10	23	23
2008-11-18	11	19	29

Tableau 7. Évolution temporelle du nombre de moules à la livre à l'essai 2.

Date	Temps	Convoyeur standard	Venturi
2008-11-28	1	29	24
2008-11-28	1	27	20
2008-12-01	4	25	24
2008-12-02	5	23	26
2008-12-02	5	24	23
2008-12-03	6	22	22
2008-12-04	7	29	25
2008-12-04	7	27	23
2008-12-05	8	26	23
2008-12-08	11	23	24
2008-12-08	11	27	23

Perte de poids brut des sacs de 25 livres

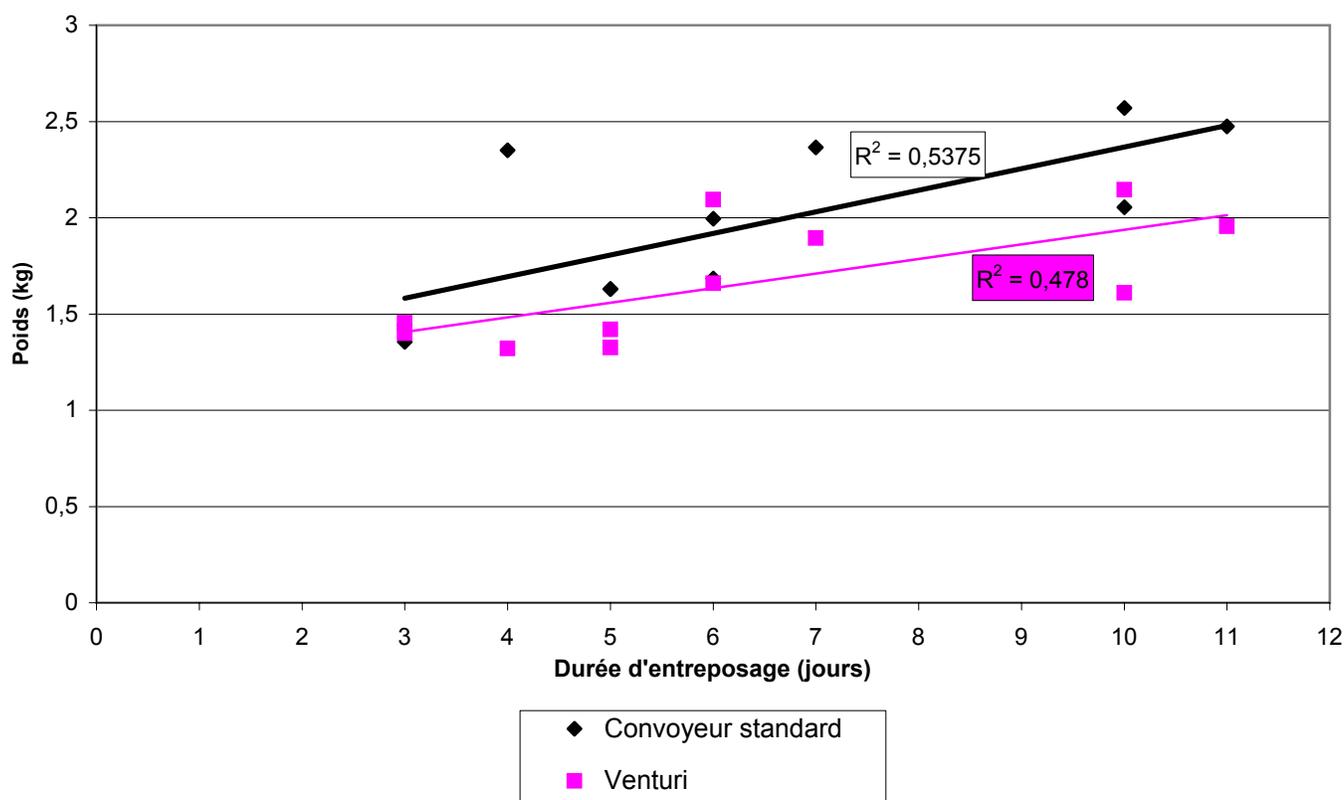


Figure 20. Évolution de la perte de poids brut des sacs de moules entreposés en chambre froide en fonction du temps entre le 27 novembre et le 8 décembre 2008.

3.6.4 Bâillement et compte de moules à la livre

La relation entre le bâillement et le compte de moules à la livre est illustrée à la figure 22. Les données journalières pour les deux moyens de récolte et pour les deux essais montrent qu'il n'y a aucune tendance temporelle entre ces deux indicateurs. Les coefficients de corrélation sont d'ailleurs très bas, valant moins que 0,34 dans le meilleur des cas.

3.6.5 Le rendement commercial après transformation à l'usine

À l'essai 1, le poids initial brut du contenu des bacs, soit les moules et la glace, était voisin à 472 kg pour le venturi et 476 kg pour le convoyeur standard. À la fin du processus, avec le bac de moules récolté au système venturi, les employés ont réussi à préparer 26 sacs dont le poids moyen, par interpolation avec

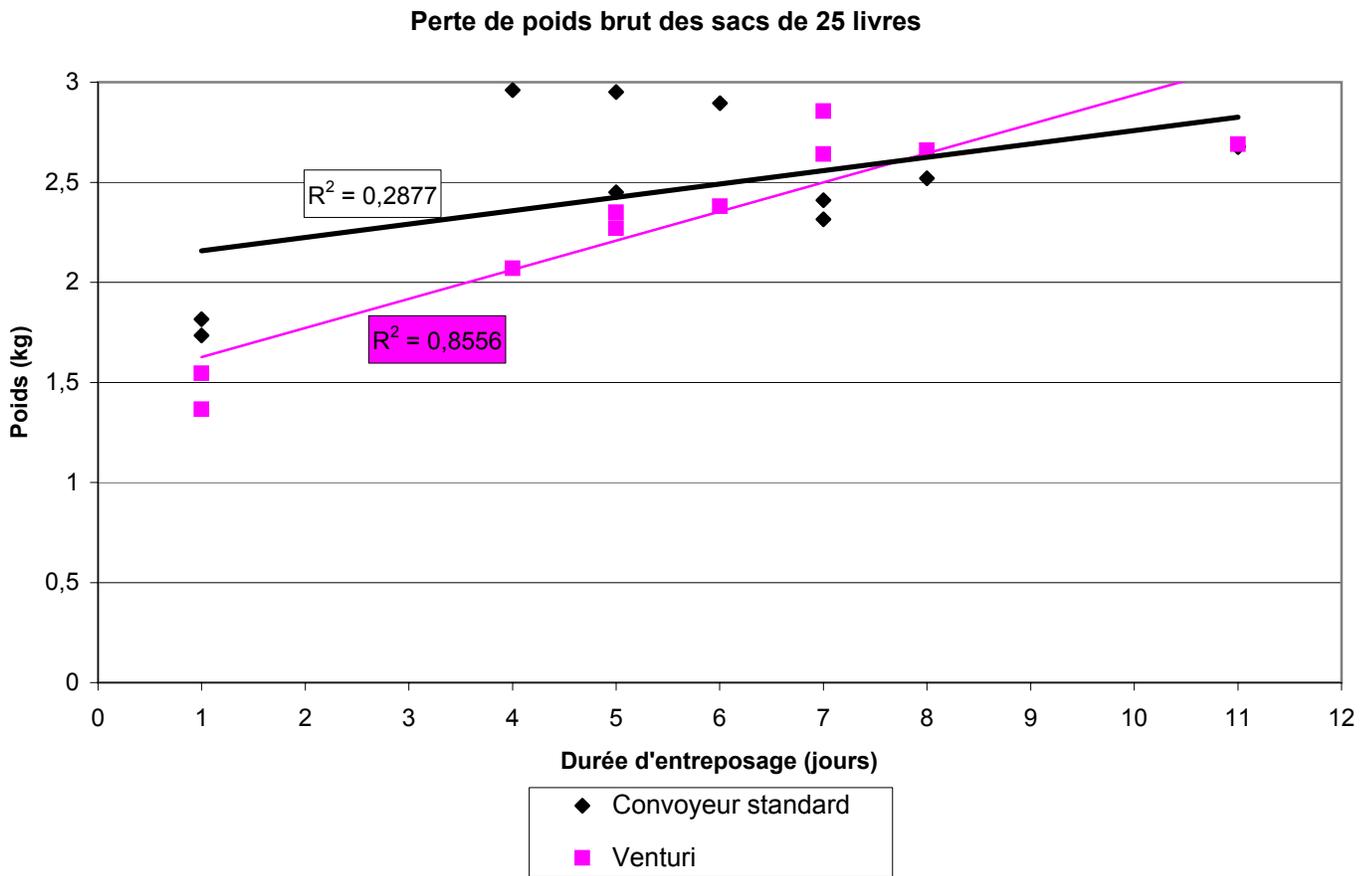


Figure 21. Relation entre le compte de moules à la livre et le taux de bâillement quotidien après 5 minutes d'exposition en vrac à la température de la chambre froide pour les deux moyens de récolte et les deux essais.

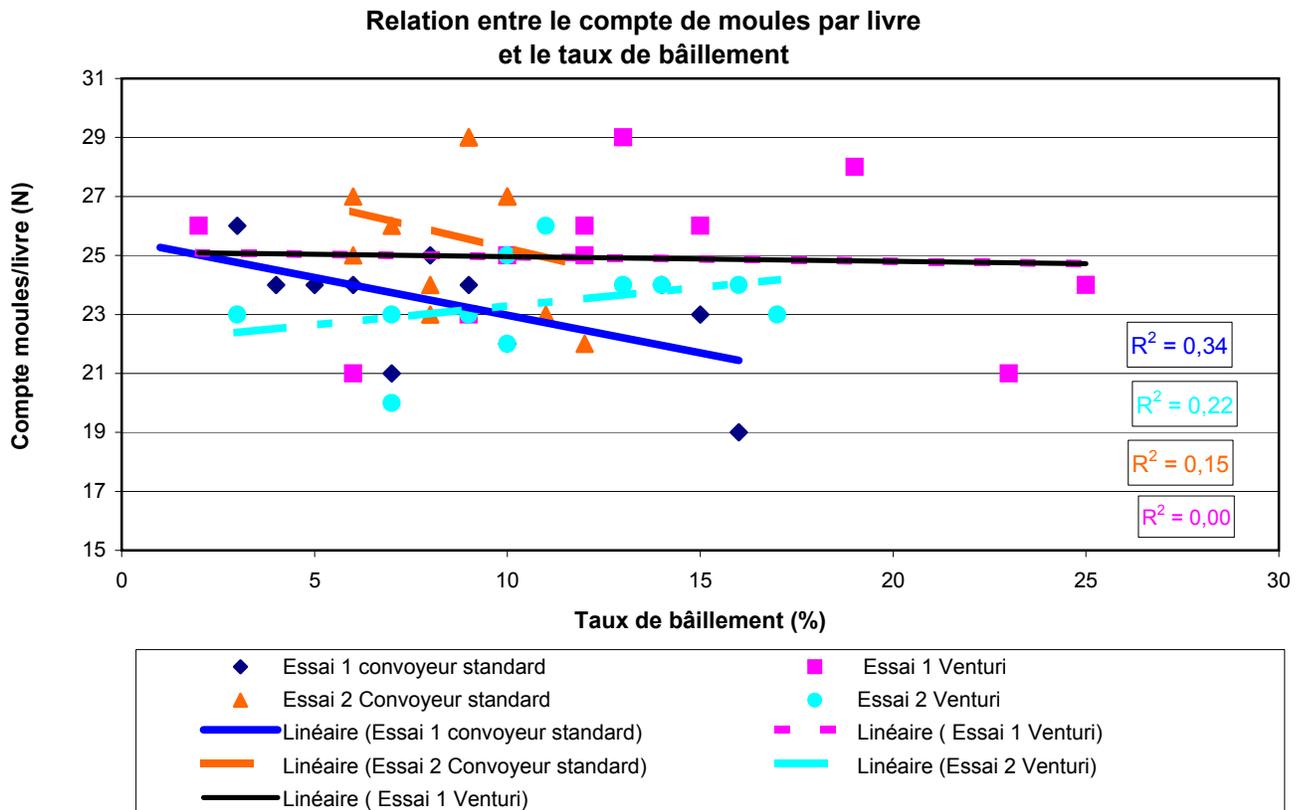


Figure 22. Relation entre le compte de moules à la livre et le taux de bâillement quotidien après 5 minutes d'exposition en vrac à la température de la chambre froide pour les deux moyens de récolte et les deux essais.

le poids individuel mesuré des sacs, prévus pour le suivi, suite à l'entreposage en chambre froide, était de 13,65 kg ou 30,03 livres. Le poids total de moules commercialisable dans le bac en observation était donc estimé à 355 kg. Pour les moules récoltées au convoyeur standard, ils ont emballé 25 sacs de moules d'un poids moyen de 13,82 kg ou 30,40 livres. Le poids total de moules bonnes pour le marché était donc de 345,50 kg.

Pour obtenir le rendement commercial du processus de transformation, il faut soustraire du poids brut le poids des moules commerciales plus les rejets et les moules trop petites. Nous obtenons la part équivalente à la perte de la glace plus les autres matières contenues dans les paquets de moules lors des opérations de dégrappage et de débyssage à l'usine. Pour le venturi, ce rendement est de 75,2 % alors qu'il est quelque peu inférieur pour le convoyeur standard à 72,6 %.

À l'essai 2, le poids brut des bacs isothermes était respectivement de 484 kg pour celui contenant des moules récoltées au système venturi alors qu'il atteignait 464 kg pour celles récoltées au système standard avec convoyeur. À l'emballage les employés ont préparé 24 sacs de moules récoltées au système venturi contre 20 avec le convoyeur standard. Le poids moyen de ces sacs, estimés de la même manière que précédemment, est égal à 13,9 kg peu importe le moyen de récolte.

Enfin, le rendement commercial était de 69 % pour le bac isotherme récolté au système venturi et de 60 % pour le bac récolté au système standard avec convoyeur.

4. Discussion

4.1 Validation de la méthodologie et autres considérations d'importance

En mer, même si les deux essais ont eu lieu en novembre, ils se sont déroulés dans un large spectre de conditions météorologiques (été et fin d'automne), susceptibles d'être vécues lors de la récolte commerciale par les mytiliculteurs.

Les données accumulées sur les conditions physiques auxquelles étaient exposées les moules récoltées avec le système venturi en comparaison avec le système standard convoyeur-dégrappeur-trieur et entreposées en bacs isothermes sont analogues. Elles montrent que celles qui sont déterminantes pour l'apparence du produit et sa durée de conservation, hors de l'eau, telles que la température et la durée d'exposition, sont apparentées, à quelques nuances près, lors des deux essais et à toutes les étapes post-récolte inventoriées.

Lorsque ces conditions différaient, nous avons vu que l'entreposage se faisait à un régime de température favorable, régulièrement sous les 4 °C ou moins. De même, les moments où la température enregistrée dans les contenants fléchissait sous le point de congélation, les moules semblaient peu affectées parce que la glace jouait un rôle d'isolant (Coulombe *et al.*, 2009).

Plus spécifiquement, à l'essai du début novembre, on a soupçonné que la « boîte » du camion de transport n'était pas réfrigérée, mais la température dans les bacs isothermes a diminué significativement au fil du temps bien que celles de la couche supérieure étaient plus élevées pour les quatre bacs examinés. L'influence de la glace sur le refroidissement des contenants est notable et favorable au bien-être des moules.

À l'essai de la fin novembre, la température ambiante lors du transport était sous le point de congélation, probablement dans un camion à boîte frigorifiée ou encore parce que la température de l'air était froide comme nous avons pu l'observer en mer. Plus en aval, dans la chaîne de mise en valeur, curieusement, la température ambiante durant la deuxième partie de l'entreposage à sec négative au départ, est montée aux environs de 5 °C. Il semble impossible d'expliquer ce changement. Toutefois, la température dans les deux bacs expérimentaux est restée froide et constante démontrant le caractère isotherme de ceux-ci. On peut croire que cette situation a eu peu d'impact sur la qualité globale des moules.

Il est intéressant de noter qu'au début de novembre, la différence de température entre les couches supérieures et inférieures de chaque bac est plus forte qu'à la fin du mois. La différence de température entre les parties supérieures et inférieures des bacs isothermes avait été notée à diverses saisons dans le passé lorsque la température ambiante était relativement élevée (Coulombe *et al.*, 2009).

Au deuxième essai, comme on pouvait l'attendre, le refroidissement dans les bacs, par glaçage, est proportionnellement moindre puisque la température de l'air ambiant était initialement froide.

Enfin, mis à part le début de la récolte, l'autre étape où les moules ont subi des changements brusques de température est lors de la transformation. Ces deux étapes sont de courte durée. Elles sont donc peu susceptibles de stresser des moules qui ont été immergées et acclimatées sur les boudins d'élevage à la température fraîche ou encore froide de l'eau de mer (Cusson *et al.*, 2004).

Les suivis ponctuels de température à cœur des moules réalisés à plusieurs étapes ont confirmé que l'influence des conditions ambiantes était semblable pour les deux moyens de récolte au début comme à la fin novembre. L'unique exception, survenue au début novembre, concerne les moules de surface prélevées avant transformation dans le bac venturi qui est en moyenne de 4,2 °C comparativement à 1,7 °C pour le bac standard convoyeur. Il est possible que le couvercle du premier bac ait été moins étanche que celui du second et que la température des moules se soit alignée sur celle de l'air ambiant. On a régulièrement observé ce défaut sur les bacs isothermes usagés. Même différentes, ces valeurs confirment que les moules étaient bien traitées puisque sous les 4 degrés.

En mer, les caractéristiques biométriques moyennes de longueur et de poids mesurées sur les moules des deux bacs au début novembre sont comparables. À la fin de novembre, la longueur moyenne des moules récoltées au convoyeur standard est de 5 mm de plus que celles mesurées après le passage dans le venturi. La dispersion chevauchante des valeurs autour de la moyenne, exprimée par l'écart-type, ne permet pas de conclure que cette différence est significative.

Cette section démontre bien que, hormis les aléas reliés au fait que les diverses mesures se font dans des conditions de récolte commerciale, le protocole suivi a permis de standardiser les conditions auxquelles étaient soumises les moules et que les caractéristiques biométriques de celles-ci étaient initialement comparables. En somme, nous pouvons être confiants que ce sont bien les impacts des deux moyens de récolte sur les indices de qualité des moules qui ont été mesurés.

4.2 Comparaison de la qualité du produit

4.2.1 Bris des coquilles

Sur le plan du bris des coquilles, les données montrent qu'elles sont faibles et comparables pour les deux moyens de récolte. Ils sont sous la barre des 4 %, régulièrement à moins de 2 %. Ce taux est très acceptable en condition de récolte commerciale.

4.2.2 Le bâillement des moules

Le bâillement des moules à la surface des différents contenants est négligeable ou nul pour les étapes qui précèdent leur transformation. Nous avons observé cette situation antérieurement (Coulombe *et al.*, 2009, Coulombe et Tremblay, données inédites).

Durant l'entreposage en chambre froide, les observations faites 5 minutes après que les moules soient sorties des sacs et placées en vrac librement dans les plateaux, montrent que le taux de bâillement apparent était quotidiennement significatif au début et à la fin novembre.

Au début de novembre, la proportion de moules ouvertes qui avaient été récoltées avec la méthode standard avec convoyeur variait de 14 à 24 % sans tendance temporelle nette. Pour celles récoltées au système venturi, les valeurs minimales et maximales sont plus élevées, mais la proportion quotidienne la plus fréquente oscillait autour de 20 %.

À la fin de novembre, les moules récoltées aux systèmes de récolte standard et venturi ont montré des taux de bâillement variables dont les maximums respectifs étaient de 42 et 46 % à la fin de la première semaine d'entreposage. Les taux de bâillement progressifs observés durant la première semaine pourraient témoigner de la vigueur des moules qui, en s'ouvrant, cherchent à extraire l'oxygène de l'air (pour revue du phénomène, voir Coulombe *et al.*, 2007). Ce serait un signe de bonne santé. Ce taux serait plus élevé à la fin novembre parce que les chocs thermiques subis par les moules, de leur sortie de l'eau jusqu'à l'entreposage en chambre froide, sont moindres. L'effet d'un stress thermique aigu (Cusson *et al.*, 2004) serait ainsi amené.

Ce taux semble chuter aux dixième et onzième jours d'entreposage. Cette diminution du taux de bâillement au fil du temps avait été observée par Girault *et al.* (2005). Elle exprime probablement une réduction du tonus musculaire des moules et pourrait être un indice avant-coureur de morbidité.

Pour les deux moyens de récolte et pour les deux périodes, les opérations subséquentes de martèlement et d'immersion en eau froide font réagir les moules et diminuent fortement la proportion de moules qui bâillent. C'est un indice supplémentaire de leur vitalité, même en fin d'entreposage, du moins pour celles qui étaient encore ouvertes après une semaine.

En somme, dans les conditions de l'expérimentation, pour les moules élevées sur longues lignes dans la baie de Cascapédia, la récolte au moyen du système venturi ne diminue pas significativement le taux de moules qui bâillent par rapport à celles traitées au système standard avec convoyeur. Par ailleurs, le taux de moules bâillantes résiduelles est peu significatif pour ces moules récoltées en automne si elles sont choquées comme il est suggéré dans la commerce de détail.

4.2.3 Pertes de poids

La relation entre le nombre ou la proportion de moules qui bâillent selon les méthodes anneaux et chambre froide après 5 minutes avec le nombre de moules à la livre est plus difficile à établir. Dans ce projet, les données ne permettent pas de conclure que le bâillement cause une perte de liquide intravalvaire donc, une perte de poids individuelle qui augmente au fil du temps causant ainsi une augmentation du nombre de moules à la livre. La perte de liquide intravalvaire est souvent mentionnée comme un irritant par les grossistes et détaillants. Elle peut être également cause de dessèchement des branchies donc, d'une détérioration prématurée de la qualité (Uglow, 1997). En conséquence, le poids des sacs ne montre pas de tendance au fil du temps. S'il y avait lieu, la fonte de la glace masquerait la perte en liquide intravalvaire.

4.3 Le rendement net après transformation

En ce qui a trait aux autres indices de performance, tels le rendement en termes de proportion de moules commerciales et la taille moyenne de celles produites avec l'un ou l'autre des systèmes de récolte, les quelques valeurs recueillies dans le cadre de ce projet montrent que le rendement en moules commerciales obtenu à l'usine pour les moules récoltées au système venturi est supérieur aux deux essais, mais l'écart est variable, le plus important étant obtenu au deuxième essai.

Si cet écart est réel et constant, il peut se traduire par une réduction significative de moules à vendre par unité de poids brut transporté de la mer à l'usine. Des données supplémentaires devraient être acquises pour appuyer cette observation préliminaire.

5. Conclusion

En ce qui a trait à la sélectivité des deux modes de récolte, les tailles moyennes observées avant la transformation montrent des résultats contradictoires aux deux essais. Il faudrait donc plus d'observations pour avancer une hypothèse.

La qualité des moules récoltées avec un système venturi est comparable à celles récoltées avec le système standard de convoyeur dans les conditions automnales de la baie de Cascapédia. En corollaire, la décision d'équiper une ou des embarcations pour récolter des moules sur longue ligne d'élevage avec un tel système devra être basée sur des variables tels le coût d'achat, la réduction des coûts d'opération, en souhaitant que les investissements nécessaires pour adapter lesdites embarcations ou en construire une dédiée à la récolte ne compromettent pas la rentabilité de cette phase à moyen terme.

Les données antérieures (Coulombe *et al.*, 2009) ont montré qu'un système standard avec convoyeur, intégré et optimisé, permettait d'atteindre des rendements étonnants et, probablement suffisants pour répondre aux commandes habituelles du centre de traitement de Rivière-au-Renard. Toutefois, la problématique de la perte de moules à l'embouchure du convoyeur reste entière. Leblanc *et al.* (2009) font une étude plus approfondie sur la performance du système et les solutions potentielles.

6. Bibliographie

- Bolduc, D. 2006. Rapport de mission : observation et évaluation d'un nouveau système de récolte de moules avec tube venturi. SODIM, 8 pages + annexes.
- Coulombe, F. et M. Tremblay. 2007. Appui technique à la première campagne de commercialisation des moules du Québec. Données inédites.
- Coulombe, F., M. Tremblay, J. Paradis, A. Samuel, N. Coulombe. 2009. Analyse systémique de la chaîne d'opérations post-récolte de la moule bleue de la Gaspésie : Incidence potentielle sur la qualité du produit sur les marchés. Direction de l'innovation et des technologies. Rapport de R-D n° 172.
- Cusson, M., R. Tremblay, G. Daigle, M. Roussy. 2004. Modeling the depuration potential of blue mussels (*Mytilus* spp.) in response to thermal shock. *Aquaculture*, Volume 250, Issues 1-2, 14 November 2005, Pages 183-193.
- Girault, L., M.J. Leblanc, K. Berger. 2005. Programme de développement et de structuration de la transformation pour l'industrie mytilicole (D-STRIM) : Phase II, Identification des causes possibles de bâillement chez la moule bleue de la Gaspésie et des Îles-de-la-Madeleine. Compte rendu d'activités. Centre spécialisé des pêches de Grande-Rivière. 13 pp. + Annexes.
- Girault, L., M.J. Leblanc, É. Tamigneaux, D. Bourdages. 2009. Projet d'optimisation des équipements de récolte de moules en mer (pompe venturi). Rapport final présenté à la Société de développement maricole (SODIM). 34 pages + annexes.
- Uglow, R.F. 1997. Maintaining the intrinsic quality of live-marketed shellfish by supplying their physiological needs. Pp. 167-171. In *Proceeding from Marketing and shipping live aquatic products*, 96. Seattle, USA, October 13-15.

7. Remerciements

Notre reconnaissance va à tout le personnel des entreprises du groupe RT. Précisément, nous pensons à M^{me} Françoise Tétreault de Menu-Mer Ltée, M. Stéphane Morissette de Moules Cascapédia, les équipages du *GRT-Synchro* et du *GRT-Symbiose* et tous les employés affectés à l'opération de la ligne de traitement des moules à Rivière-au-Renard pour leur soutien direct à la planification ou la réalisation de l'échantillonnage. Nos remerciements vont également à M. Réjean Allard et son équipage qui, par leur accueil à bord de leur embarcation, nous ont permis de roder notre plan d'échantillonnage à l'été 2008. Nous aimerions aussi signaler la contribution de Marie-Joëlle Leblanc (planification) et Marion Voegtlin (réalisation) de Halieutec et pour le prêt du tensiomètre. Nous voulons souligner la qualité du travail de Julie Rousseau et Marc Veillet dans la production des divers éléments du rapport final. Enfin, un merci particulier va à la SODIM pour son engagement à couvrir une partie des frais encourus pour réaliser ce travail.

ANNEXES

Annexe 1

Description du contexte des sorties en mer annulées les 13 et 17 novembre 2008.

Rapport de sortie en mer du 13 novembre 2008

Le 12 novembre après confirmation de la sortie pour le jeudi 13 novembre 2008, départ pour Carleton-sur-mer en après-midi.

Le jeudi matin à 6 h 30 au quai, préparatif de départ. Stéphane Morissette arrive tôt. Les deux embarcations quittent le quai tôt. Le navire équipé du système venturi charge 1 bac de glace et des bacs vides (trois) et quitte dans un premier temps pour flotter des lignes. À bord du conventionnel, nous quittons à 7 h pour une récolte standard sur les lignes du secteur de New-Richmond.

Le plan de récolte est de remplir le conventionnel et par la suite, sur la même ligne, de continuer la récolte avec le venturi pour remplir les exigences du projet.

Malheureusement, l'embarcation équipée du venturi est victime d'une vibration importante au moteur. Une intervention d'urgence est entreprise à bord. Tout le système d'entraînement des accessoires, pompe hydraulique principale, alternateur et celle de la conduite sont hors service. L'embarcation retourne à terre pour réparation. Elle sera immobilisée au minimum 12 à 24 heures selon la disponibilité des pièces.

Nous retournons donc à terre. Arrivée vers 12 h 45. Retour au bureau 18 h.

Mardi le 18 novembre, contact avec Stéphane Morissette. Récolte aujourd'hui, mais le bateau venturi n'est toujours pas en état de marche. Il devrait être prêt demain midi.

Les prévisions météo ne sont pas favorables pour le reste de la semaine.

Michel Tremblay

19 novembre 2008

Suite au rapport de sortie en mer - semaine du 17 novembre 2008

Température déplorable toute la semaine. Pas de récolte effectuée dû au mauvais temps.

Le bateau venturi n'a finalement été réparé que le 21 novembre 08

Un essai de récolte doit avoir lieu samedi le 22 avec le conventionnel avant le mauvais temps prévu ce week-end

Stéphane doit être avisé dimanche s'il y a récolte lundi matin.

Sortie annulée en raison du mauvais temps

Michel Tremblay

21 novembre 2008

Annexe 2

Exemple de formulaire d'enregistrement de l'évolution quotidienne du poids réel des sacs de 25 livres conservés en chambre froide.

Poids réel des sacs de 25 lb (11,350 g) de moules						
			VENTURI			
			Une boîte de carton ciré contenant les 2 sacs de 25 lb			
Numéro du sac	Poids du sac au jour 0	Poids du sac au jour	Perte			Remarques
	le 2008-11-07					
	kg	jour	kg	g	%	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
Moyenne						

Annexe 5

Formulaire d'enregistrement des températures à cœur des moules conservées en chambre froide.

Moules Standard

Température interne des moules

Date des analyses :

Temps :

# Moules	Température °c	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Moyenne		

