



SODIM

Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Projet d'optimisation des équipements de
récolte de moules en mer (pompe Venturi)*

Rapport final

Dossier n° 710.65

Rapport commandité par la SODIM

Février 2009

Projet d'optimisation des équipements de récolte de moules en mer (pompe Venturi)

Par
Marie-Joëlle Leblanc, Éric Tamigneaux et Daniel Bourdage
Halieutec
(Centre collégial de transfert de technologies des pêches)

Pour
Société de développement de l'industrie maricole Inc.
(SODIM)

Février 2009

RÉSUMÉ

La perte de moules par décrochage peut représenter une perte financière importante pour un mariculteur. Une recherche des technologies disponibles a permis d'identifier aux Pays-Bas un nouveau type de récolteuse qui est basée sur le principe du tube Venturi. Ce système de récolte aspire l'eau en même temps que le boudin de moules, décrochées du boudin et entraînées par l'eau jusque sur le pont du bateau. En 2008, un projet de recherche a été réalisé dans la baie de Cascapédia pour comparer deux méthodes de récolte des moules commerciales : la récolte par convoyeur combinée avec une dégrappeuse-trieuse à tambour qui est l'approche courante au Québec, et la récolte avec le système « Venturi » en association avec une trieuse à courroie. Le premier objectif du projet visait à vérifier les effets de la méthode de récolte sur l'intensité du décrochage. La grande hétérogénéité observée sur les boudins a rendu les analyses difficiles, mais les observations sous-marines ont confirmé que la méthode de récolte par Venturi entraîne moins de décrochage que la méthode de récolte par convoyeur. Toutefois, il a été remarqué que l'arrêt de la pompe Venturi en cours de récolte entraîne la perte des moules déjà engagées dans le tube d'aspiration des moules. Le deuxième objectif visait à comparer l'efficacité du tri des moules par la dégrappeuse-trieuse à tambour traditionnelle et par la trieuse à courroie du système Venturi. La méthode de récolte associée à la dégrappeuse-trieuse à tambour, s'est traduite par une meilleure efficacité du tri qu'avec la trieuse à courroie du système Venturi. Le pourcentage d'individus de taille commerciale dans les moules récupérées à l'extrémité de la trieuse était de 83% dans le cas de la dégrappeuse-trieuse à tambour et de 75 % dans le cas de la trieuse à courroie. En fait, les fortes turbulences de l'eau dans la cuve du système Venturi ne sont pas aussi efficace que la dégrappeuse à couteaux rotatifs. Il apparaît donc que la trieuse à courroie du système Venturi permet de réduire considérablement la quantité de déchets à transporter à l'usine sans toutefois atteindre l'efficacité d'une dégrappeuse-trieuse à tambour. Les résultats montrent aussi que le bris des coquilles de moule est très faible (1 à 2 %) quelle que soit la méthode de récolte et de tri utilisée et qu'aucune des deux méthodes de récolte ne provoque une augmentation détectable dans la quantité de moules brisées. Le troisième objectif visait à comparer les méthodes de récolte en terme de temps de travail. En extrapolant les mesures prises pendant les tests, la récolte d'une filière complète représenterait 4 heures de travail avec le système Venturi et sa trieuse tandis qu'il faudrait 9½ heures pour faire le même travail avec le convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour. Cela correspond à 3085 kg de moules triées à l'heure avec le système Venturi tandis que le convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour produit seulement 900 kg de moules triées à l'heure. Par conséquent le système Venturi est 3,4 fois plus efficace. Ces durées correspondent toutefois à des opérations de récolte menées en conditions expérimentales. Finalement, pour améliorer l'efficacité et la sécurité du travail ainsi que la stabilité du navire de récolte qui utiliserait le système Venturi, il est recommandé d'installer une pompe hydraulique dans la cale du bateau avec une prise d'eau découpée dans la coque. Ceci permettrait d'enlever le moteur diesel, la pompe centrifuge et une partie des tuyaux qui encombraient le pont avec la configuration utilisée pendant les tests.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	ii
Table des matières	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux	v
Liste des tableaux	v
1. Introduction	1
2. Objectifs visés.....	4
3. Méthodologie des tests effectués.....	5
3.1 Description du système Venturi.....	5
3.2 Tests préliminaires	6
3.3 Tests sur l'eau en situation de rodage.....	6
3.4 Tests sur l'eau en situation de récolte commerciale	9
3.4.1 Échantillonnage d'été.....	9
3.4.2 Échantillonnage d'automne	11
3.4.3 Analyses en laboratoire	12
3.4.4 Analyses statistiques	12
4. Résultats et discussion.....	14
4.1 Effets sur le décrochage	14
4.1.1 Échantillonnage d'été.....	14
4.1.2 Échantillonnage d'automne	15
4.2 Efficacité de la méthode de récolte	18
4.2.1 Efficacité du tri.....	18
4.2.2 État des moules.....	25
4.3 Durée de récolte et de tri.....	28
5. Conclusions	31
6. Bibliographie	34
Annexe 1 : système de chute.....	35
Annexe 2 : protocoles des tests en été 2008.....	36
Annexe 3 : protocole des tests en automne 2008.....	40
Annexe 4 : Tableau de données – échantillonnage d'été.....	43
Annexe 5 : Tableau de données – échantillonnage d'automne.....	44
Annexe 6 : photos des équipements de récolte Venturi.	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schéma de l'équipement de récolte Venturi.....	5
Figure 2. Comparaison du poids des moules commerciales, ramenés à 30 pieds, récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi en été 2008. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.....	14
Figure 3. Comparaison du poids des moules commerciales, ramenés à 30 pieds, récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi en automne 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.....	16
Figure 4. Comparaison du pourcentage de poids net dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.	20
Figure 5. Comparaison du pourcentage de poids net dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.....	21
Figure 6. Comparaison du pourcentage du 2nd set (poids du 2nd set/poids brut) dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.	22
Figure 7. Comparaison du pourcentage du 2nd set (poids du 2nd set/poids brut) dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.	24
Figure 8. Brassage de l'eau dans la cuve du système de récolte Venturi.....	25
Figure 9. Comparaison du pourcentage de moules brisées dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.....	26
Figure 10. Comparaison du pourcentage de moules brisées dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Performance du système de récolte Venturi d'après le fabricant et comparaison avec les rendements de récolte au Québec (Bolduc, 2006).....	2
Tableau 2. Observations lors des récoltes en situation de rodage pour des boudins de moules commerciales et des collecteurs à naissain.	8
Tableau 3. Caractéristiques de l'échantillonnage d'été.....	9
Tableau 4. Caractéristiques de l'échantillonnage d'automne.....	12
Tableau 5. Comparaison du poids des moules de taille commerciale récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008. Résultats des ANOVA (n=3 pour chaque sous-groupe). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.	17
Tableau 6. Observations sous-marines du décrochage des moules pendant les opérations de récolte de 3 boucles avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008.	17
Tableau 7. Moyennes des poids brut, poids net, % poids net (poids/poids), % de moules brisées (poids/poids) et % du 2nd set (poids/poids) mesurés après passage des moules dans la trieuse pour deux méthodes de récolte (convoyeur et Venturi) testées en été et en automne.....	18
Tableau 8. Comparaison du pourcentage de poids net dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.	20
Tableau 9. Comparaison du pourcentage de poids net dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri. En gras : différence significative.	21
Tableau 10. Comparaison du pourcentage du 2nd set (poids du 2nd set/poids brut) dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri. En gras : différence significative.....	23
Tableau 11. Comparaison du pourcentage du 2nd set (poids du 2nd set/poids brut) dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri. En gras : différence significative.	24

Tableau 12. Comparaison du pourcentage de moules brisées dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.....	26
Tableau 13. Comparaison du pourcentage de moules brisées dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.....	28
Tableau 14. Comparaison des durées de travail pour récolter et trier les moules sur 30 pieds de boudin avec le système de convoyeur standard et avec le système Venturi, en été et en automne 2008	29
Tableau 15. Comparaison des poids de moules récoltés à l'heure avec le système de convoyeur standard et avec le système Venturi, en été et en automne 2008.....	30

1. INTRODUCTION

Le phénomène de décrochage des moules au moment de la récolte a été identifié comme une source importante de pertes de revenus pour les producteurs mytilicoles québécois. La phase de développement de ce projet de recherche visant à quantifier les pertes par décrochage et à localiser les principales zones de chute a été menée durant l'été 2004 dans la baie de Cascapédia. Avec des boudins de moules bien remplis affectés par de la fixation secondaire, la quantité maximum de moules commerciales perdues a été de 14 %, soit 1,02 kg/m de boudin. Le décrochage avait lieu essentiellement au moment où le boudin de moule aborde la partie inférieure du convoyeur. Les pertes correspondraient à une perte financière de 900 \$ par filière (Taigneaux, 2006). Selon une autre étude sur le décrochage menée en milieu lagunaire aux Îles-de-la-Madeleine (Bourque et Myrand, 2006), les pertes en moules de taille commerciale ont varié entre 0,32 et 2,68 kg/m de boudin récolté. Le décrochage avait principalement lieu lors de la sortie de l'eau des boudins.

À la suite des résultats de ces études, différents concepts ont été élaborés afin de contrer les problèmes reliés à ce phénomène. Malheureusement, aucune des solutions proposées à ce jour ne semble répondre correctement aux besoins des producteurs. Pour cette raison, une extension des échéances pour effectuer une recherche plus approfondie a été nécessaire. Durant cette période, différents fournisseurs de machinerie maricole ont été contactés pour connaître les technologies disponibles pour remédier au problème.

La compagnie hollandaise W. Bakker B.V. Inc. a été approchée pour obtenir plus de détails sur un nouveau type de récolteuse qui est basée sur le principe du tube Venturi. Ce système de récolte est en fait une pompe qui aspire l'eau en même temps que le boudin de moules. Ainsi, les moules qui se décrochent du boudin sont entraînés par l'eau jusqu'à la trieuse sur le pont du bateau. *A priori*, le système semble éliminer complètement les pertes et permet aussi d'augmenter considérablement la vitesse de récolte (Tableau 1). Afin de mieux évaluer le potentiel de ce nouveau système, une mission en Irlande a été organisée par la Société de développement de l'industrie maricole Inc. (SODIM) durant l'été 2006 pour visiter un utilisateur du système de récolte Venturi. L'objectif principal de cette mission était de rassembler l'information nécessaire pour recommander ou non l'acquisition de cet équipement dans le cadre du programme de Développement Technologique Maricole (DTM). Un rapport de mission présenté à l'École des

pêches et de l'aquaculture du Québec (ÉPAQ) recommandait l'achat de cette récolteuse pour en évaluer les performances et l'impact sur la qualité des moules. Celle-ci a fait l'objet de plusieurs tests depuis 2006, dont des tests préliminaires en atelier et des tests sur l'eau en situation de rodage et en situation de récolte commerciale.

Tableau 1. Performance du système de récolte Venturi d'après le fabricant et comparaison avec les rendements de récolte au Québec (Bolduc, 2006).

Blackshell Farm Ltd. (Irlande)	Récolte avec convoyeur en Irlande	Récolte avec Venturi en Irlande	Récolte au Québec en 2006
Vitesse de récolte du naissain (tonnes/heure)	1-2	5-8	1
Vitesse de récolte des moules + 50 mm (tonnes/heure)	3-4	6-8	2
Décrochage	Jusqu'à 50%	Négligeable	

Vu le coût de cet équipement (109 000 \$ CAN), il était important de mettre en évidence les gains de productions potentiels par rapport aux coûts associés à son utilisation. Pour y arriver, il fallait non seulement évaluer la diminution du décrochage par rapport à la méthode de récolte actuelle, mais aussi mesurer les autres gains de production reliés aux qualités potentielles de ce nouvel outil. Pour déterminer le nombre et le type d'essais nécessaires pour évaluer le tube Venturi, il a fallu tout d'abord identifier les variables susceptibles d'affecter les coûts et les bénéfices du système.

Premièrement, la **période de récolte** a un effet important sur le décrochage. En effet, le printemps est une période où le décrochage n'est habituellement pas très prononcé. Les gains que procurerait le Venturi à cette période ne devraient pas être aussi importants que durant la récolte au milieu de l'été. C'est à ce moment de l'année que le décrochage est le plus important. Les pertes par décrochage diminuent ensuite quelque peu à l'automne. Il a donc été décidé de planifier trois séries de tests répartis sur toute la période de récolte de l'industrie, soit au printemps, en été et en automne.

Un autre facteur qui influence les bénéfices et le décrochage est la **vitesse de récolte**. C'est un paramètre clé qui, selon le constructeur, devrait avantager le système Venturi par rapport à la récolte avec un convoyeur.

Enfin, deux autres paramètres qui peuvent influencer les rendements de récolte sont la **capacité du système de récolte à éliminer les déchets** et à réduire le **bris des coquilles**. Le système Venturi devrait normalement éliminer beaucoup de déchets lors de la récolte à la fois grâce au brassage des moules par l'eau dans la cuve de réception et aussi grâce à la courroie du convoyeur-trieur qui est conçue pour la récolte commerciale, avec des tiges souples qui ont un espacement de 16 mm. Ceci devrait avoir pour effet de diminuer les frais associés au transport vers l'usine de transformation et d'augmenter l'espace disponible sur le pont du bateau pour des bacs supplémentaires, du moins si la dégrappeuse-trieuse à tambour est retirée du pont du bateau. Si l'on ne considère pas de retirer cette pièce d'équipement, le Venturi devrait contribuer à désengorger la dégrappeuse-trieuse et augmenter à la fois la vitesse de récolte globale et la qualité du tri. Finalement, le système Venturi, plus délicat, devrait aussi diminuer le bris des coquilles lors de la récolte.

2. OBJECTIFS VISÉS

Pour mesurer les gains potentiels reliés à l'utilisation du système de récolte Venturi, plusieurs tests ont été réalisés sur des fermes marines de culture de moules. Le projet comportait les objectifs spécifiques suivants :

- 1. Vérifier l'effet de la méthode de récolte sur le décrochage** en comparant la perte des moules de taille commerciale lorsque la récolte a lieu avec le système Venturi et lorsqu'elle a lieu avec le convoyeur traditionnel.

- 2. Vérifier l'efficacité du traitement post-récolte sur le bateau**
 - a. en comparant l'efficacité du tri du système de récolte Venturi avec son convoyeur-trieur et celle de la méthode de récolte standard par convoyeur avec dégrappeuse-trieuse à tambour ;

 - b. en comparant l'état des coquilles de moules récoltées avec le système Venturi et celui des coquilles de moules récoltées avec la méthode de récolte standard.

- 3. Vérifier l'efficacité de la méthode de récolte en terme de temps de récolte**, soit en comparant la durée de récolte par Venturi à celle par convoyeur.

3. MÉTHODOLOGIE DES TESTS EFFECTUÉS

3.1 Description du système Venturi

Le système de récolte qui fait l'objet de ce projet utilise un tube Venturi pour aspirer l'eau et le boudin de moules jusqu'à la cuve de réception sur le pont du bateau. Une fois le système mis en marche et que le volume d'eau dans la cuve est stable, le treuil hydraulique est actionné et la récolte commence. Le boudin monte à l'intérieur du tube Venturi et les moules sont aspirées vers la cuve. Les moules qui sont toujours accrochées à la corde du boudin sont alors décrochées par la dénudeuse à ailettes (« strippeuse ») et tombent dans la cuve. Les moules sont ensuite triées par le convoyeur à courroie qui les achemine vers le bac d'entreposage (un « Xactic » ou une poche). La courroie du convoyeur est conçue pour la récolte commerciale, avec des tiges souples qui ont un espacement de 16 mm.

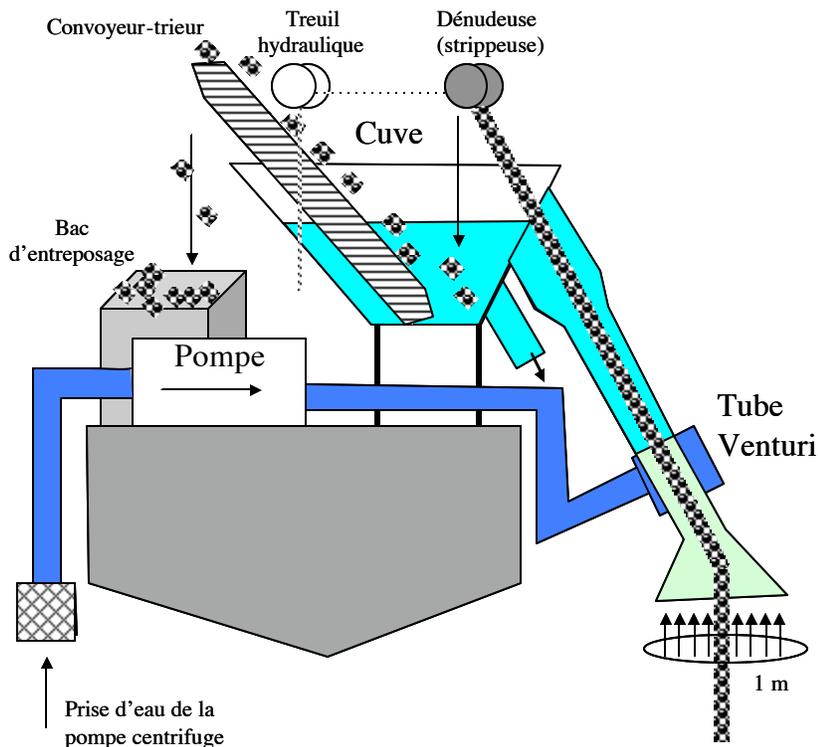


Figure 1. Schéma de l'équipement de récolte Venturi.

Le système acheté pour les tests devait pouvoir être déplacé facilement et installé sur le bateau de n'importe quel mariculteur, sans modification du bateau. Pour cette raison, la pompe centrifuge auto-amorçable est couplée à un moteur diesel de chantier, le tout, y compris la prise d'eau de la pompe, est posé sur le pont du bateau. Cette configuration, en plus d'être assez lourde, occupe beaucoup de place sur le pont. Bien entendu, si le système Venturi est adopté par l'industrie, en situation d'utilisation commerciale il serait recommandé d'installer une pompe hydraulique sous le pont du bateau avec une prise d'eau découpée dans la coque. On éliminerait ainsi le moteur diesel, la pompe centrifuge et une partie des tuyaux qui encombrent le pont.

3.2 Tests préliminaires

Une période d'ajustement a été nécessaire pour rendre le système Venturi complètement efficace et maîtriser son utilisation. La connexion de la pompe centrifuge auto-amorçable au tube Venturi ainsi que l'assemblage et le rodage des différents systèmes (convoyeur, courroie, bac, dénudeuse à brosse et treuil) ont été effectués après la livraison en hiver 2007. Ces opérations ont été faites dans l'atelier mécanique de l'ÉPAQ dès la réception de l'équipement avec l'aide du technicien en mécanique. De plus, un ajustement a été fait sur le tube Venturi pour ajuster le niveau de succion à l'entrée du tube.

3.3 Tests sur l'eau en situation de rodage

Les tests de rodage sur l'eau se sont déroulés en automne 2007 et au printemps 2008. À la suite de ces tests, plusieurs modifications ont été faites au système Venturi. Tout d'abord, le diamètre initial (8 pouces diam.) du tube Venturi s'est avéré trop étroit pour les boudins des mariculteurs. La partie inférieure du tube Venturi a donc été remplacée par une section de 10 pouces. Ensuite, une dénudeuse fixe (carré de caoutchouc fendu) a été installée derrière la dénudeuse à ailettes. Finalement, le tube de refoulement en plastique souple qui connectait la pompe au tube Venturi a été remplacé par un tuyau semi-rigide en caoutchouc renforcé par du fil métallique dans la masse. Lors d'une sortie en mer, il a aussi été constaté que la répartition du poids du système Venturi et de son moteur sur le bateau est à revoir car, lorsque le bateau naviguait, l'eau s'accumulait sur l'avant et n'était pas bien évacuée par les dalots. Le moteur-pompe diesel a alors été déplacé vers l'arrière.

La première récolte à l'aide du Venturi a eu lieu le 2 juin 2008 dans la baie de Cascapédia, sur des boudins contenant des moules de 3 ans et sur des collecteurs à naissain (Tableau 2). Cette récolte a permis de constater que le tube 10 pouces permettait la récolte des boudins commerciaux et du naissain sans blocage et quasiment sans décrochage. Un régime moteur de 2500 rpm, équivalant à une pression de refoulement de 1,45 bars dans le tube Venturi, était suffisant pour la récolte commerciale et la récolte de naissain. À la suite de ce test de récolte, les recommandations suivantes ont été formulées:

- Modifier le treuil (*hauteur*) pour améliorer sa prise sur la corde et libérer un homme d'équipage ; augmenter la force de traction du treuil et ajouter un couteau-guide qui force la corde contre la roue du treuil ou une seconde roulette comme sur les treuils des grues Hiab.
- Remplacer les anneaux-guides qui amènent la corde au *hauteur* par des roulettes en teflon afin de permettre le passage des fers à collecteurs.
- Mieux protéger le moteur diesel et de sa batterie contre l'eau salée.
- Faire en sorte de centraliser au même endroit les commandes hydrauliques de l'équipement Venturi et celles du moteurs diesel pour être capable d'ajuster le régime lors des interruptions dans les opérations de récolte.
- Acquérir un tube périscope (exemple : tube de PVC avec plexiglas) pour se rendre compte de ce qui se passe à l'entrée du tube Venturi sous l'eau (en remplacement de la caméra sous-marine).
- Percer un nouveau drain dans la cuve ou améliorer les drains existants pour augmenter leur capacité à évacuer l'eau.
- Modifier le tube d'aspiration de l'eau pour y installer un raccord à couplage rapide qui permette de le déconnecter facilement de la pompe lorsqu'elle n'est pas en fonction, au port ou pendant que le bateau se déplace.
- Rincer le moteur- pompe diesel à l'eau douce après chaque utilisation.

Tableau 2. Observations lors des récoltes en situation de rodage pour des boudins de moules commerciales et des collecteurs à naissain.

Récolte	Observations
Moules commerciales	<ul style="list-style-type: none"> - Le problème de l'évacuation de la fumée du moteur est réglé. - Pas de blocage du boudin dans le tube (voir séquence vidéo filmée). - À 2500 rpm, on obtient 1,45 bars de pression dans le tuyau de refoulement, ce qui est suffisant pour assurer la récolte du boudin quasiment sans pertes par décrochage. - Avec ce régime moteur, quand il n'y a pas de moules dans le tuyau, la pompe aspire parfois plus d'eau que les drains ne peuvent en évacuer et la cuve de réception déborde. - La glissière qui connecte le haut du convoyeur à courroie à la cuve de la dégrappeuse-trieuse à tambour est mal ajustée et il y a beaucoup de moules qui tombent sur le pont. Penser à un système de chute (proposition annexe 1). - La dénudeuse à palettes rotative originelle est très efficace et la dénudeuse ajoutée est inutile. - La corde du boudin glisse parfois dans le <i>hauteur</i> et il faut l'aider en maintenant la corde sous tension. - La machine récolte les moules plus vite que la dégrappeuse-trieuse à tambour ne peut les traiter ce qui oblige à interrompre la récolte fréquemment. - Les moules de 3 ans sont très fortement grappées et parfois il y a de grosses grappes qui n'arrivent pas monter en haut du convoyeur et retombent dans la cuve, ce qui nécessite l'intervention d'un homme d'équipage. - Étant donné la disposition des équipements, pendant les opérations il fallait un homme aux commandes hydrauliques du Venturi, un homme aux commandes du moteur diesel, un homme qui coupe les attaches (dropper) des boudins et un homme qui opère la dégrappeuse-trieuse. Un changement dans la disposition permettra l'économie en ressources humaines.
Naissain	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de problème de passage des collecteurs dans le tube Venturi (voir séquence vidéo filmée). Cinq fers récoltés. - Le naissain est bien lavé et bien dégrappé avec les remous dans la cuve. - La glissière qui connecte le haut du convoyeur à la cuve de la dégrappeuse est mal ajustée et il y a beaucoup de moules qui tombent sur le pont. - La dénudeuse rotative originelle est très efficace et la dénudeuse ajoutée est inutile. - La corde du boudin glisse parfois dans le hauteur et il faut l'aider. - Il faut interrompre les opération à chaque fois qu'un fer arrive en haut du tube Venturi car les anneaux qui guident la corde vers le treuil (hauteur) ne permettent pas le passage des fers.

3.4 Tests sur l'eau en situation de récolte commerciale

3.4.1 Échantillonnage d'été

La méthodologie retenue pour mesurer le gain de productivité consiste à comparer les rendements de récolte du système Venturi avec ceux de la méthode de récolte actuelle. Les rendements des deux méthodes sont également comparés avec une valeur de référence, sans perte, c'est-à-dire le boudin de moules intact, avant la récolte. L'échantillonnage d'été a été effectué le 30 juillet et le 6 août 2008 (Tableau 3).

Tableau 3. Caractéristiques de l'échantillonnage d'été.

Méthode	Convoyeur	Pompe Venturi
Date de récolte	30 juillet 2008	6 août 2008
Bateau	Les Pêcheries R. Allard inc.	Moules Cascapédia ltée
Météo	Ensoleillé, 18-25°C, Beaufort 1-2	Ensoleillé, 20°C, Beaufort 2-4
Filière	Maria, lot G4.4E	New Richmond, lot G7.3E, filières RB45 et RB59
Date de boudinage	2005	2005 et 2006
Densité des moules au boudinage	250 moules/pied	230 et 250 moules/pied
Longueur des boucles (1 grande + 1 petite boucle)	11,89 mètres (39 pieds)	7,75 mètres (25,4 pieds)

Le protocole de recherche élaboré par la SODIM (Annexe 2) a été quelque peu modifié dans la pratique. Premièrement, les valeurs de référence sans perte sur chaque filière devaient être obtenues en récupérant une grande et une petite boucle de boudin avec une poche de filet à fines mailles monté sur un berceau en aluminium. Lors des deux échantillonnages, il a été jugé inopportun d'utiliser le berceau car il y avait trop de courant. À la place, les boudins de référence ont été précautionneusement remontés sur le pont du bateau avec la grue sans qu'il y ait décrochage de moules pendant cette opération (Figure 1). Trois échantillons de 1 pied ont été prélevés sur le boudin de référence et la totalité des moules de ce boudin ont été pesées. Cette

opération se répétait 2 fois par échantillonnage, en début et en fin de journée de tests sur chacun des bateaux.

Deuxièmement, dans le protocole initial, il était prévu que les moules des deux systèmes de récolte soient triés dans la dégrappeuse-trieuse à tambour (Constructeur C.M.P. à Charlottetown, 12 po X 48 po au total, espacement progressif entre les barreaux de 4 mm à 16 mm). Lors des tests, en juillet et en août 2008, les moules récoltées avec le système Venturi n'ont pas été passées dans la dégrappeuse-trieuse à tambour. Ces décisions ont été prises conjointement avec Robert Vaillancourt (SODIM), Stéphane Morrissette (Moules Cascapédia ltée) et Réjean Allard (Les Pêcheries R. Allard inc.).¹

Troisièmement, les longueurs des boudins récoltés n'ont pas été mesurées systématiquement, puisque les mariculteurs nous ont informé que les boucles (1 grande + 1 petite boucle) avaient toujours la même longueur, soient 39 pieds dans le cas des Pêcheries R. Allard inc. et 30 pieds dans le cas de Moules Cascapédia ltée.

Quatrièmement, les vitesses de récolte n'ont pu être chronométrées pour les boudins échantillonnés, mais plutôt sur d'autres boudins, récoltés après la fin des prises de mesures. De plus, le nombre de données de vitesse est assez restreint, puisque dans les deux méthodes testées (convoyeur et Venturi), les boudins utilisés pour les tests étaient très emmêlés, faisant en sorte d'interrompre la récolte à plusieurs reprises et pendant un certain temps.

Cinquièmement, le protocole suggérait initialement de tester le convoyeur et le moteur du système Venturi avec plusieurs régimes de vitesse. Dans le cas du convoyeur, la vitesse n'est pas déterminée *a priori* en début de récolte, mais ajustée selon l'état des boudins à récolter (Réjean Allard, communication personnelle, 29 juillet 2008). Dans le cas du moteur du système Venturi, c'est un peu le même principe : le moteur tournait entre 2000 et 2500 rpm, car cette valeur est suffisante pour la récolte. Il a d'ailleurs été noté que la pression de refoulement était toujours située entre 1,2 et 1,4 bar, mais qu'à 1,5 bar l'eau débordait de la cuve de réception des moules.

¹ De façon à alléger le texte, le terme « convoyeur » inclut par conséquent la dégrappeuse-trieuse à tambour, tandis que « Venturi » n'inclut que la courroie de convoyeur de 16 mm d'espacement.

Finally, in the case of the harvest with the Venturi system, it was necessary to continue the tests on a second filière, since the first filière was harvested in total (it had already been harvested in part before the tests) (Tableau 3).

3.4.2 Échantillonnage d'automne

The autumn sampling was carried out on 6 November 2008 (Tableau 4). The harvest protocol evolved from the summer harvest and was therefore improved (Annexe 3). First, we carried out the sampling in a single day and on a single filière, eliminating thus the possible effect of the weather and of the variation between the filières.

Secondly, the major difference between the autumn sampling and that carried out in summer is the measurement of 9 reference samples, in order to better characterize a segment of filière *avant* the harvest. The idea was to use the same segment for the measurements of yield *avant* and *après* harvest (which was not the case for the summer sampling), in order to eliminate the variation between the boucles. Unfortunately, the state of the boudins did not allow us to proceed in this way for all the segments, as in certain cases, the taking of samples occasioned a detachment of the adjacent moulds. We then had to use another segment to characterize the boudin *après* harvest.

Thirdly, during the autumn tests, the length of the harvested boudins was measured systematically. Fourthly, in order to validate the efficiency of the trier, a tray was placed under the conveyor-trier belt of the Venturi to verify if commercial moulds could fall between the bars of the conveyor. On the contrary, we were not able to recover the moulds evacuated by the drain of the reception tank.

Finally, all the harvests were filmed by means of underwater cameras placed at the entrance of the conveyor or of the Venturi tube and the video sequences were recorded. These sequences could be analysed afterwards in order to establish the harvest durations and evaluate the losses by detachment under the surface.

Tableau 4. Caractéristiques de l'échantillonnage d'automne.

Méthode	Convoyeur	Pompe Venturi
Date de récolte	6 novembre 2008 (après-midi)	6 novembre 2008 (avant-midi)
Bateau	Moules Cascapédia ltée	
Météo	Ensoleillé, Beaufort 1-2	
Filière	New Richmond, lot 04, filière RB45	
Date boudinage	Printemps 2005	

3.4.3 Analyses en laboratoire

Pour les deux échantillonnages, les échantillons récupérés ont été transportés à l'ÉPAQ pour les analyses en laboratoire. Les mesures suivantes ont été faites sur les échantillons :

- **poids brut** : poids total de l'échantillon (g);
- **poids net** : poids des moules de taille commerciales intactes (g);
- **poids 2nd set** : poids des moules de moins de 25 mm issues de la fixation secondaire et des épibiontes (g) ;
- **poids net brisé** : poids des moules brisées de taille commerciales (g).

Ces mesures ont servi à calculer le rendement à la récolte en terme de :

- **pourcentage net** : $\text{poids net} / \text{poids brut} * 100$;
- **pourcentage 2nd set** : $\text{poids 2nd set} / \text{poids brut} * 100$;
- **pourcentage brisé** : $\text{poids net brisé} / \text{poids net} * 100$.

3.4.4 Analyses statistiques

Les différentes variables (poids linéaires des moules commerciales, pourcentage de poids net et pourcentage de poids brisées) ont été comparées par une ANOVA à deux facteurs croisés (la méthode de récolte et le traitement) dans Systat (SYSTAT Software Inc., 2000). Comme les facteurs sont fixes, le test non-paramétrique de Conover a été employé. Il est réalisé en attribuant

un rang aux données par rapport à l'ensemble de celles-ci, puis en effectuant l'analyse de variance paramétrique sur les rangs. Quand l'interaction était significative, des comparaisons multiples de Tukey permettent de voir où se situent les différences (Zar, 1999). Notons que le seuil de probabilité utilisé est toujours de 0,05, c'est-à-dire qu'une différence est significative si $p < 0,05$.

Pour l'échantillonnage d'été, les poids linéaires des moules commerciales n'ont pas fait l'objet d'analyses statistiques, car les résultats présentés sont des moyennes de deux données seulement, ce qui ne permet pas de faire de calcul de variance.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Effets sur le décrochage

4.1.1 Échantillonnage d'été

Comme la vitesse du convoyeur traditionnel et la vitesse de rotation du moteur qui alimentait la pompe du système Venturi n'ont pas été ajustées de façon systématique durant les essais, il n'y a pas de relation directe qui peut être faite entre la vitesse de récolte et le décrochage des moules. Nous pouvons tout de même comparer les deux méthodes de récolte des moules commerciales. La Figure 2 présente le poids des moules commerciales associées à 30 pieds de boudin (9 m), récoltées avec la méthode du convoyeur et avec le système Venturi. Dans le cas de la méthode de récolte avec convoyeur, il y a eu 10 % (poids/poids) de pertes de moules commerciales entre la valeur de référence, *avant* récolte (61,1 kg /30 pieds), et la valeur mesurée *après* la récolte et passage dans la dégrappeuse-trieuse à tambour (55,2 kg /30 pieds). Dans le cas de la méthode de récolte avec pompe Venturi, les pertes sont de 7% : on passe de 83,6 /30 pieds à 77,6 kg /30 pieds. Il faut noter que plusieurs éléments entraînent des incertitudes sur ces valeurs.

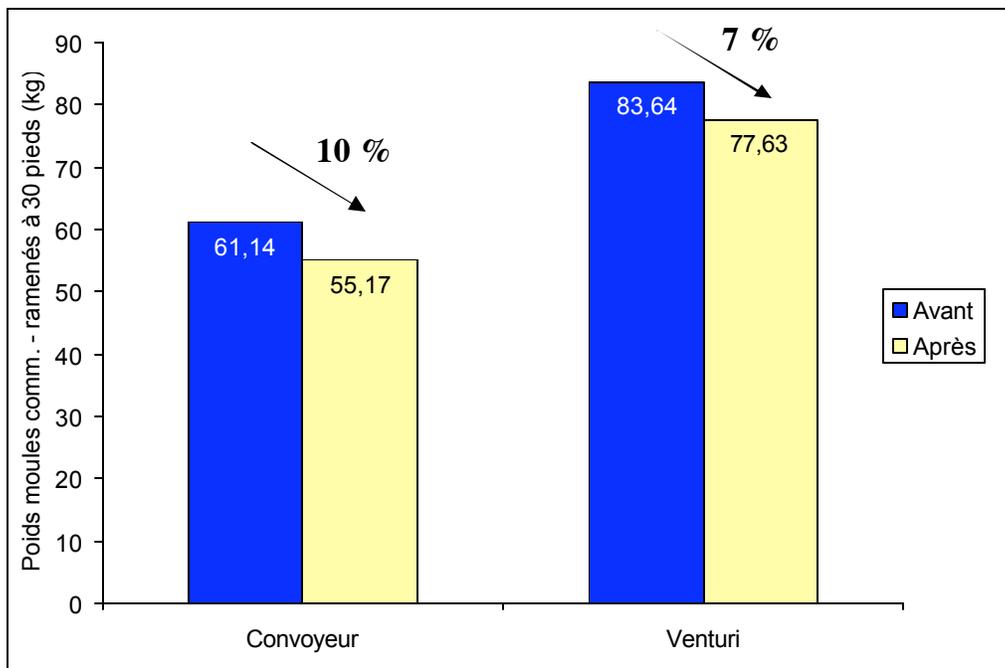


Figure 2. Comparaison du poids des moules commerciales, ramenés à 30 pieds, récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi en été 2008. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Tout d'abord, il n'y a que deux échantillons de référence pré-récolte dans le cas de la méthode de récolte par convoyeur et un seul dans le cas de la méthode par Venturi car les tests ont été écourtés. Il est alors difficile d'établir que les différences soient dues aux méthodes de récolte et non pas à l'hétérogénéité des boudins. En effet, la valeur de 61,1 kg de moules commerciales *avant* traitement (Figure 2) n'est pas une moyenne, c'est une donnée unique! De plus, il aurait idéalement fallu récolter des lots identiques, c'est-à-dire des filières de moules boudinées à la même date avec le même lot de naissain et au même endroit, ce qui n'a pas été le cas (Tableau 3). Un autre fait important est que lors de l'échantillonnage avec le Venturi, nous avons changé de filière en cours d'opérations, car le producteur avait fini de récolter la première filière (Tableau 3). Encore une fois, on ne peut pas savoir si ces différences sont dues aux différences entre les filières ou bien réellement à la différence entre les méthodes de récolte.

Finalement, les observations visuelles (via la caméra sous-marine IAS) ont montré qu'il y a eu peu de décrochage pendant la récolte avec le convoyeur, mais la caméra n'était pas placée au meilleur endroit pour visionner tous les épisodes de décrochage. Pour la méthode de récolte par Venturi, on a observé quelques épisodes de décrochage causés principalement par la taille excessive des boudins. Comme l'entrée du tuyau fait 10 pouces de diamètre, tout boudin excédant ce diamètre en bloque l'entrée. Quand cela survient, il faut arrêter le treuil et laisser redescendre la corde du boudin tout en baissant le régime de la pompe. Cette opération provoque souvent des pertes de gros amas de moules .

4.1.2 Échantillonnage d'automne

Les faiblesses de l'échantillonnage d'été ont donné lieu à certains ajustements pour l'échantillonnage d'automne, ce qui rend les résultats plus représentatifs de la réalité. La Figure 3 montre une diminution de la quantité de moules commerciales beaucoup plus importante que lors de l'échantillonnage d'été. Dans le cas de la méthode de récolte avec convoyeur, les pertes de moules commerciales sont de 50% (poids/poids) entre la valeur mesurée *avant* la récolte (63,78 kg/30 pieds) et la valeur recueillie *après* la récolte, c'est-à-dire après passage dans la dégrappeuse-trieuse à tambour (31,83 kg/30 pieds). Dans le cas de la méthode de récolte Venturi, les pertes sont de 38% (poids/poids) : le poids de moules commerciales passe de 73,71 kg/30 pieds avant la récolte à 45,58 kg/30 pieds après passage par le convoyeur-trieur.

Malgré tout, ces différences ne sont pas significatives, certainement à cause de la très grande hétérogénéité des boudins (Tableau 5). En effet, les écart-types illustrés sur la Figure 3 pour les données *avant* révèlent une grande variance entre les données.

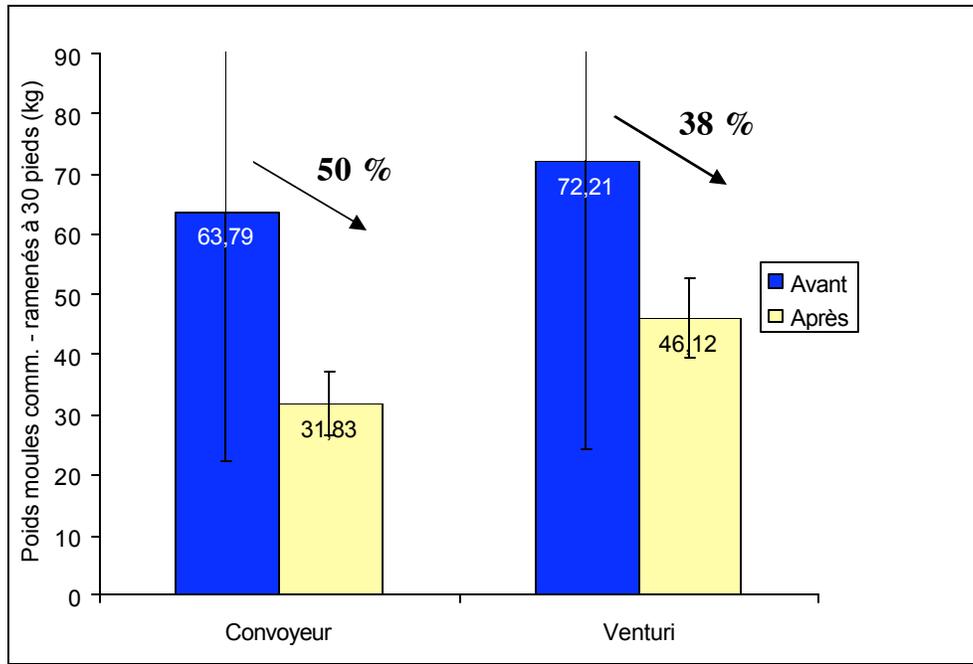


Figure 3. Comparaison du poids des moules commerciales, ramenés à 30 pieds, récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi en automne 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Les résultats des séquences filmées sous l'eau, à l'entrée du convoyeur ou de la pompe, sont présentés dans le Tableau 6. Le décrochage observé pendant la séquence de récolte de 3 boucles consécutives est un peu plus important lors de la récolte par convoyeur par rapport à la récolte par Venturi. Bien que, pour la première séquence, il n'y ait pas eu de décrochage, les deux autres séquences de récolte par convoyeur ont fait se décrocher 1 et 2 gros amas de moules. Par contre, sur les 3 séquences par Venturi, seulement 1 gros amas de moules s'est décroché. Ces valeurs montrent que, dans les mêmes conditions de récolte, la méthode par convoyeur provoque davantage de décrochage que la méthode de récolte par Venturi. Cependant, un élément essentiel à noter ici est le fait que lorsque la pompe Venturi devait être arrêtée pour des opérations de maintenance (déplacement des bacs isothermes, entretien des boudins sur la filière, etc.), les

moules engagées dans le tube Venturi retombaient toutes à l'eau, entraînant des pertes importantes de moules, non mesurées dans la présente étude.

Tableau 5. Comparaison du poids des moules de taille commerciale récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008. Résultats des ANOVA (n=3 pour chaque sous-groupe). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Comparaisons	Probabilité que la différence soit due au hasard (<i>p</i>)
Avant convoyeur – Avant Venturi	0,895
Après Convoyeur – Après Venturi	0,992
Avant convoyeur – Après convoyeur	0,424
Avant Venturi – Après Venturi	0,460

Tableau 6. Observations sous-marines du décrochage des moules pendant les opérations de récolte de 3 boucles avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008.

Séquence	Équipement de récolte	Décrochage
1	Convoyeur	Pas de décrochage
2	Convoyeur	2 gros amas
3	Convoyeur	1 gros amas
4	Venturi	1 moule
5	Venturi	1 amas
6	Venturi	3 moules

4.2 Efficacité de la méthode de récolte

4.2.1 Efficacité du tri

Le Tableau 7 présente les poids brut moyens ($n = 3$) et le poids net moyen ($n = 3$) pour chaque saison d'échantillonnage et chaque combinaison de traitement / méthode de récolte. Les valeurs absolues peuvent difficilement aider à comparer les deux méthodes de récolte, puisque la valeur de référence (*avant*) est prise sur 1 pied de boudin et que la valeur après traitement est prise sur un échantillon de 3 litres de moules prélevé au bout de la trieuse. Il faut donc concentrer l'analyse sur les valeurs relatives exprimées en pourcentage.

Tableau 7. Moyennes des poids brut, poids net, % poids net (poids/poids), % de moules brisées (poids/poids) et % du 2nd set (poids/poids) mesurés après passage des moules dans la trieuse pour deux méthodes de récolte (convoyeur et Venturi) testées en été et en automne.

Saison	Équipement de récolte	Traitement	Nb boucles	Échantillons	Poids brut (g)	Poids net (g)	% net	% brisé	% 2 nd set
Été	Convoyeur	Avant	1	3 x 1 pied	1885	1031	53 %	1,9 %	2,1 %
Été	Convoyeur	Après	3	3 x 3 litres	1933	1271	66 %	2,3 %	1,1 %
Été	Venturi	Avant	1	3 x 1 pied	4071	3160	77 %	1,1 %	3,8 %
Été	Venturi	Après	3	3 x 3 litres	1623	1335	83 %	1,2 %	3,6 %
Automne	Convoyeur	Avant	3	3 x 1 pieds	2920	1833	64 %	0,9 %	2,6 %
Automne	Convoyeur	Après	3	3 x 3 litres	1629	1356	83 %	0,8 %	0,7 %
Automne	Venturi	Avant	3	3 x 1 pieds	2631	1637	62 %	0,3 %	3,8 %
Automne	Venturi	Après	3	3 x 3 litres	1665	1238	75 %	0,9 %	2,3 %

Pendant l'échantillonnage d'été, les mesures correspondant à la récolte avec le convoyeur standard ont montré que le pourcentage de moules commerciales passe de 53% sur le boudin intact à 66% dans les moules récupérées au bout de la dégrappeuse-trieuse à tambour (Figure 4).

Il y a donc eu une hausse de 25% du poids de moules commerciales après le traitement post-récolte. Dans le cas de la récolte avec le système Venturi, le pourcentage de moules commerciales est passé de 77% sur le boudin intact à 83% dans les moules récupérées au bout de la trieuse à courroie, soit une hausse de 8 %. Toutefois, aucune des différences mesurées n'est significative, probablement à cause du faible nombre de données et de la grande hétérogénéité sur les boudins (Tableau 8).

Le 66% de moules de taille commerciale obtenu après traitement par la dégrappeuse-trieuse à tambour, lors de l'échantillonnage d'été, est une valeur assez faible. Une partie de l'explication tient sans doute à l'âge des boudins utilisés pour les tests de récolte avec le convoyeur standard puisque ceux-ci dataient de 4 ans, alors que les boudins des filières récoltées avec le Venturi étaient des boudins de 2 et de 3 ans (Tableau 3). De plus, cela montre que, lors de l'échantillonnage d'été, les deux méthodes de récolte ont été testées avec des lots de moules ayant des caractéristiques très différentes : 53% de moules commerciales dans le premier cas et 77% dans l'autre.

Pour l'échantillonnage d'automne, le pourcentage de moules commerciales avant la récolte est plus homogène : il représente 62% et 64% dans le cas des tests avec le convoyeur et avec le système Venturi, respectivement (Tableau 7 et Figure 5). D'ailleurs, cette différence initiale n'est pas significative, alors que les différences dues au passage dans le système de récolte et de tri le sont (Tableau 9). En effet, après les opérations de récolte et de tri, ces pourcentages montent à 83% dans le cas du convoyeur (hausse de 30 %, $p = 0,000$) et à 75 % dans le cas du Venturi (hausse de 21%, $p = 0,009$).

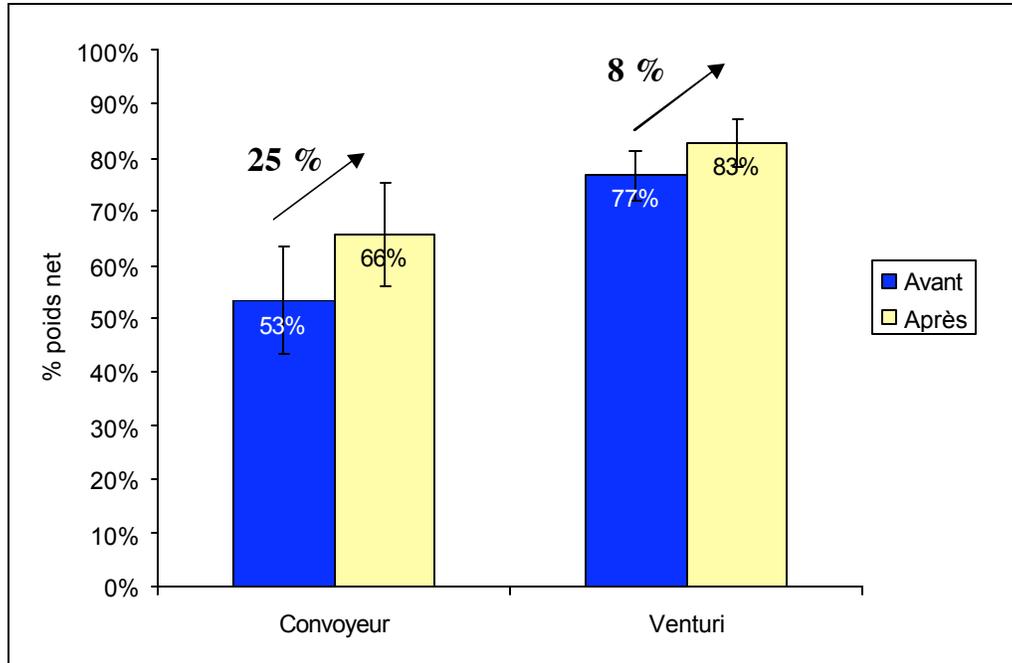


Figure 4. Comparaison du pourcentage de poids net dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Tableau 8. Comparaison du pourcentage de poids net dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Comparaisons	Probabilité que la différence soit due au hasard (<i>p</i>)
Avant convoyeur – Avant Venturi	0,103
Après convoyeur – Après Venturi	0,127
Avant convoyeur – Après convoyeur	0,750
Avant Venturi – Après Venturi	0,943

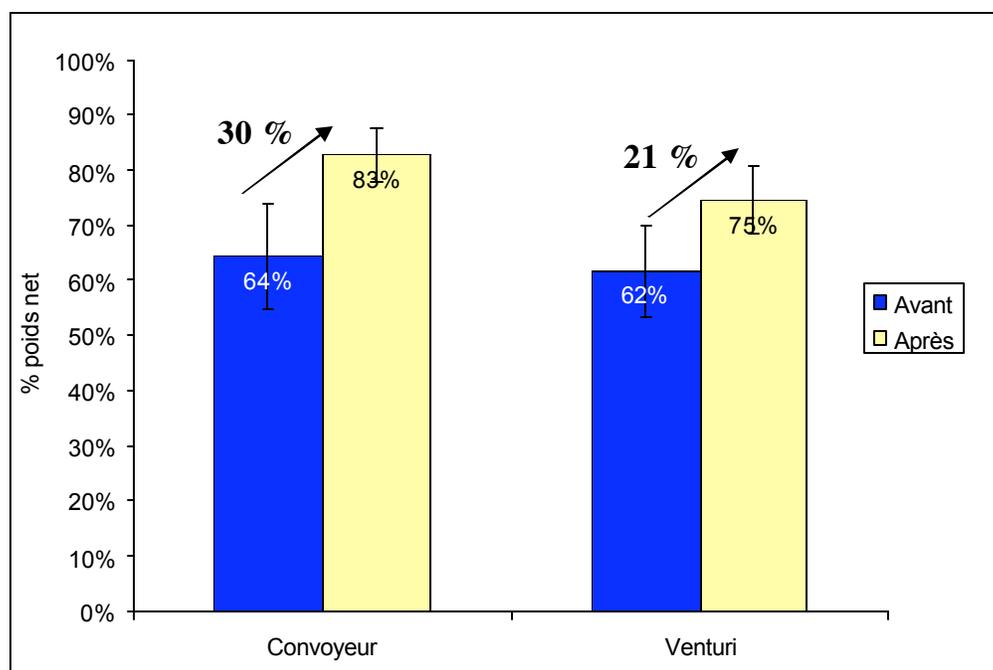


Figure 5. Comparaison du pourcentage de poids net dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Tableau 9. Comparaison du pourcentage de poids net dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri. En gras : différence significative.

Comparaisons	Probabilité que la différence soit due au hasard (<i>p</i>)
Avant convoyeur – Avant Venturi	0,972
Après convoyeur – Après Venturi	0,036
Avant convoyeur – Après convoyeur	0,000
Avant Venturi – Après Venturi	0,009

Concernant l'efficacité des deux systèmes de récolte et de tri pour ce qui est d'éliminer les moules plus petites que 25 mm (2nd set), la Figure 6 montre que la récolte avec le convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse a permis d'éliminer 48% du 2nd set lors de l'échantillonnage d'été, tandis que la pompe Venturi couplée à sa trieuse à courroie a pu en éliminer seulement 5%. Toutefois, le pourcentage de 2nd set (poids du 2nd set/poids brut) était particulièrement faible sur les boudins testés et, d'un point de vue statistique, ces différences ne sont pas significatives (Tableau 10).

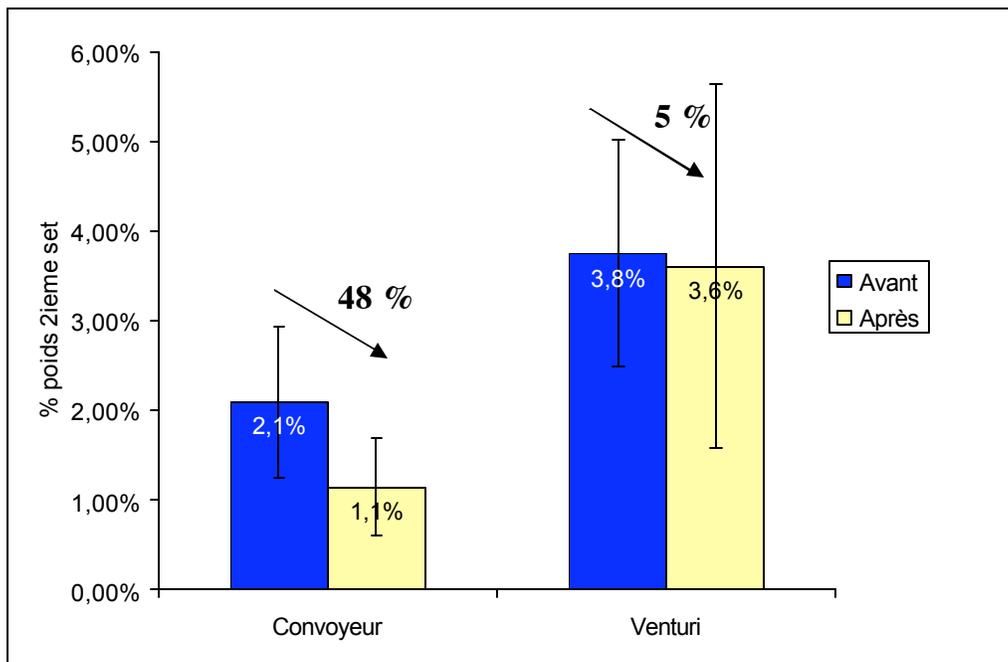


Figure 6. Comparaison du pourcentage du 2nd set (poids du 2nd set/poids brut) dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Tableau 10. Comparaison du pourcentage du 2nd set (poids du 2nd set/poids brut) dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri. En gras : différence significative.

Comparaisons	Probabilité que la différence soit due au hasard (<i>p</i>)
Avant convoyeur – Avant Venturi	0,200
Après convoyeur – Après Venturi	0,007
Avant convoyeur – Après convoyeur	0,384
Avant Venturi – Après Venturi	0,881

Lors de l'échantillonnage d'automne, le pourcentage du 2nd set (poids du 2nd set/poids brut) était à nouveau particulièrement faible sur les boudins testés (Figure 7). L'efficacité du tri semblait s'être améliorée pour les deux méthodes de récolte mais, d'un point de vue statistique, il semble que le système Venturi ne permet pas de gain significatif dans l'élimination du 2nd set ($p = 0,118$; Tableau 11). Contrairement aux résultats de la Venturi, la différence entre le pourcentage en poids du 2nd set avant et après tri par la dégrappeuse-trieuse à tambour est significative ($p = 0,000$; Tableau 11). En outre, le tri des moules récoltées avec le convoyeur standard couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour est plus efficace que celui par le système Venturi puisqu'il a permis d'éliminer 73% du 2nd set, contre 39% pour le Venturi ($p = 0,000$; Tableau 11).

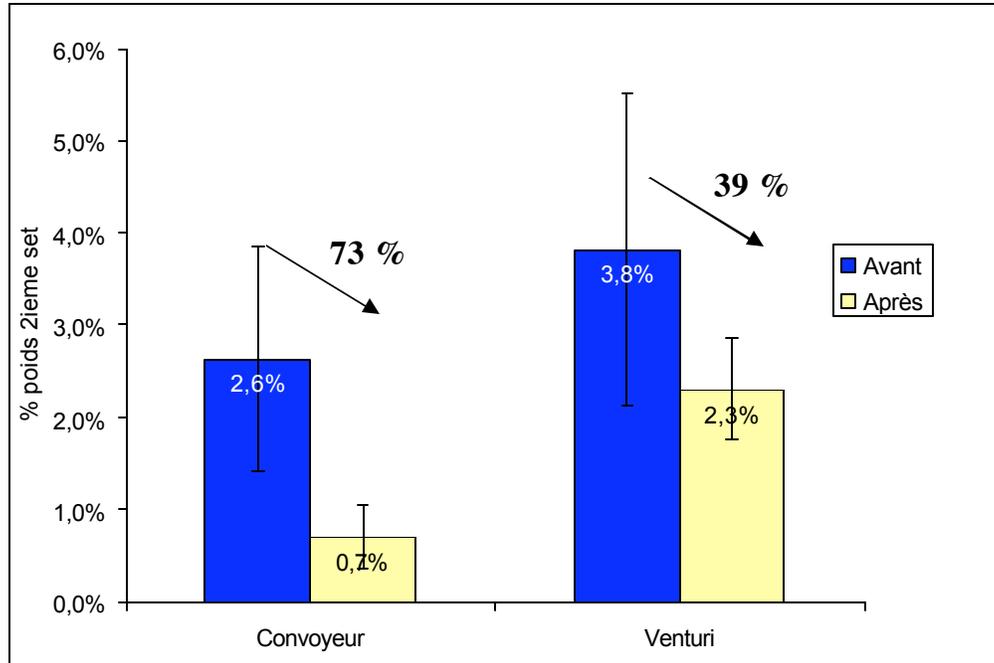


Figure 7. Comparaison du pourcentage du 2nd set (poids du 2nd set/poids brut) dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Tableau 11. Comparaison du pourcentage du 2nd set (poids du 2nd set/poids brut) dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri. En gras : différence significative.

Comparaisons	Probabilité que la différence soit due au hasard (<i>p</i>)
Avant convoyeur – Avant Venturi	0,551
Après convoyeur – Après Venturi	0,000
Avant convoyeur – Après convoyeur	0,000
Avant Venturi – Après Venturi	0,118

Ces résultats nous montrent que la dégrappeuse-trieuse à tambour a fait un meilleur tri que le convoyeur à courroie du système Venturi. Le système de récolte Venturi ne possède pas de dispositif mécanique pour le dégrappage des moules. Ce sont essentiellement les turbulences de l'eau dans le système qui contribuent à détacher les moules de la corde du boudin. Les observations montrent d'ailleurs que, lorsque les moules sont fortement « grappées » entre elles par leur byssus, les turbulences de l'eau dans le tube et la cuve du système Venturi ne sont pas suffisantes pour séparer convenablement les moules (Figure 8). On peut conclure que le système de récolte Venturi et sa trieuse à courroie permettent de réduire raisonnablement la quantité de déchets à transporter à l'usine sans toutefois atteindre l'efficacité d'une dégrappeuse-trieuse à tambour.



Figure 8. Brassage de l'eau dans la cuve du système de récolte Venturi.

4.2.2 État des moules

Le pourcentage de moules à coquilles brisées (poids / poids) mesurées pendant la récolte en été 2008 est illustré à la Figure 9. Tout d'abord il apparaît que le pourcentage de moules abimées par les opérations de récolte et de tri est de 1 à 2 %, ce qui est très faible. On voit que ce pourcentage passe de 1,9% sur le boudin accroché à la filière à 2,3% chez les moules récoltées avec le convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour. Dans le cas de la récolte avec le système

Venturi et la trieuse à courroie le nombre de coquille brisées passe de 1,1% à 1,2%. Les analyses statistiques montrent cependant qu'il n'y a aucune différence significative entre les résultats (Tableau 12). Encore une fois il existe une grande variabilité d'un échantillon à l'autre (voir les écart-types sur les Figures 9 et 10).

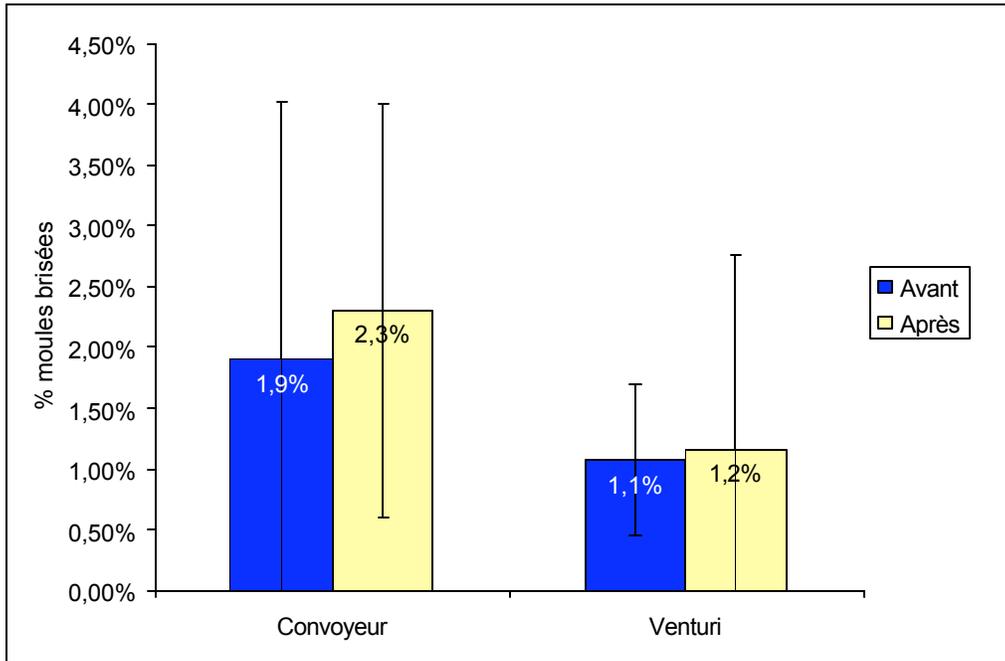


Figure 9. Comparaison du pourcentage de moules brisées dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Tableau 12. Comparaison du pourcentage de moules brisées dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en été 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Comparaisons	Probabilité que la différence soit due au hasard (p)
Avant convoyeur – Avant Venturi	0,953
Après convoyeur – Après Venturi	0,535
Avant convoyeur – Après convoyeur	0,990
Avant Venturi – Après Venturi	0,983

Pour l'échantillonnage d'automne, les résultats sont similaires. Le pourcentage de moules abimées par les opérations de récolte et de tri est inférieur à 2 %. Malgré que la Figure 10 semble suggérer que la méthode de récolte par convoyeur associé à la dégrappeuse-trieuse à tambour entraîne une diminution du nombre de moules brisées, il n'y a en fait aucune différences significative étant donné la grande variabilité dans les mesures (Tableau 13). Il ressort des résultats des test de l'été et de l'automne qu'aucun des deux systèmes de récolte et de tri n'a provoqué d'augmentation détectable dans le nombre de coquilles brisées.

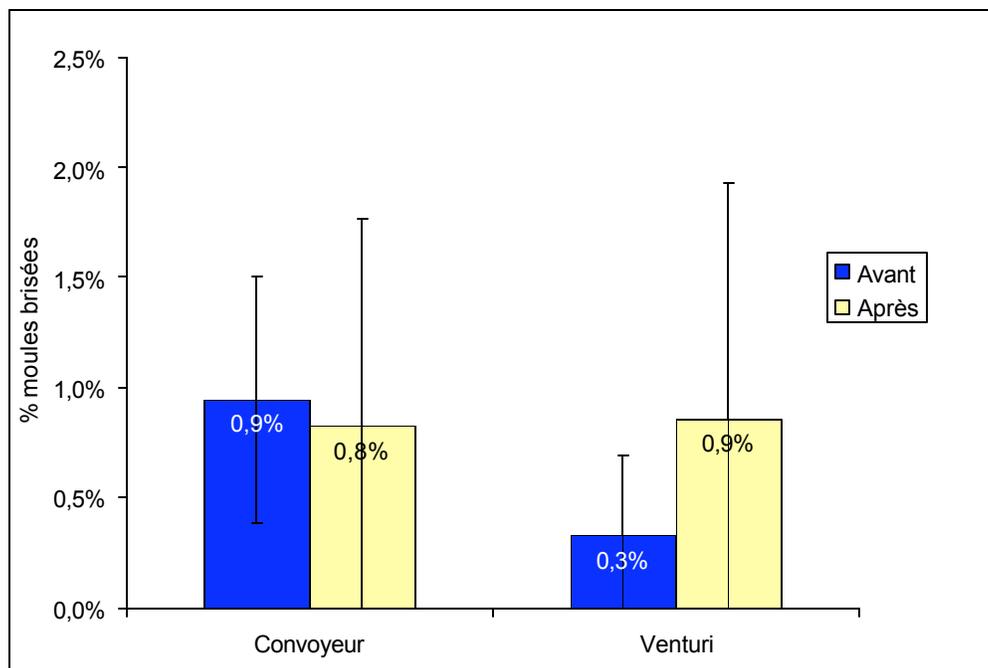


Figure 10. Comparaison du pourcentage de moules brisées dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008 (moyenne \pm écart-type). Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Tableau 13. Comparaison du pourcentage de moules brisées dans les lots de moules récoltées avec le convoyeur standard et avec le système Venturi, en automne 2008. Résultats des ANOVA. Avant : valeur de référence sur le boudin accroché à la filière avant la récolte ; Après : valeur mesurée après la récolte et le tri.

Comparaisons	Probabilité que la différence soit due au hasard (<i>p</i>)
Avant convoyeur – Avant Venturi	0,270
Après convoyeur – Après Venturi	1,000
Avant convoyeur – Après convoyeur	0,707
Avant Venturi – Après Venturi	0,776

4.3 Durée de récolte et de tri

La Tableau 14 présente la durée des opérations de récolte, chronométrées lors des différentes sorties en mer. Si la durée de récolte est ramenée à l'équivalent d'un boudin de 30 pieds (1 grande + 1 petite boucle), cela a pris en moyenne 4 minutes et 16 secondes avec la méthode du convoyeur associé à la dégrappeuse-trieuse à tambour lors de l'échantillonnage d'été. Avec le système Venturi et sa trieuse à courroie, la récolte de 30 pieds de boudin a nécessité 1 minute et 14 secondes. Pour l'échantillonnage d'automne, les durées moyennes de récolte ont été de 2 minutes et 37 secondes avec la méthode du convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour, contre 1 minutes et 39 secondes avec la méthode du Venturi. Ces temps correspondent à la moyenne de 3 chronométrage, démarrés au début de la récolte d'une boucle et arrêtés lorsque toutes les moules des 3 boucles complètes (grandes et petites) étaient dans le bac d'entreposage (« Xactic » ou poche).

En faisant abstraction de la saison d'échantillonnage, la durée de récolte moyenne pour 30 pieds de boudin est de 3 minutes et 26 secondes avec la méthode du convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse, contre 1 minute et 26 secondes avec la méthode du Venturi associé à la trieuse à courroie. Selon ces résultats, la méthode de récolte par Venturi est en moyenne 2,4 fois

plus rapide que celle du convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse. Lorsque ces chiffres sont extrapolés à une filière complète (1516 mètres ou 4974 pieds de boudins), il faudrait 4 heures pour récolter la filière avec le système Venturi et sa trieuse, contre 9½ heures avec le convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour (en excluant les opérations de manutention à bord). Il faut toutefois garder à l'esprit que ces durées correspondent à des opérations menées en conditions expérimentales, c'est-à-dire avec des séquences de récolte courtes, interrompues par des arrêts fréquents, et non pas à une récolte en conditions commerciales normales, avec une routine de travail bien établie.

Tableau 14. Comparaison des durées de travail pour récolter et trier les moules sur 30 pieds de boudin avec le système de convoyeur standard et avec le système Venturi, en été et en automne 2008

Saison d'échantillonnage	Méthode de récolte	Longueur corde (pieds)	Durée (minutes)	Durée pour 30 pieds de boudin (minutes)	Moyenne (minutes)
Été	Convoyeur	39	5 : 00	3 : 50	3 : 26
Été	Convoyeur	39	5 : 00	3 : 50	
Été	Convoyeur	39	6 : 40	5 : 07	
Automne	Convoyeur	66,46	7 : 23	3 : 19	
Automne	Convoyeur	74,71	5 : 32	2 : 13	
Automne	Convoyeur	77,43	6 : 00	2 : 19	
Été	Venturi	26,3	0 : 56	1 : 04	1 : 26
Été	Venturi	26,3	1 : 03	1 : 12	
Été	Venturi	26,3	1 : 15	1 : 26	
Automne	Venturi	78,44	4 : 07	1 : 34	
Automne	Venturi	57,28	3 : 22	1 : 45	
Automne	Venturi	75,46	4 : 11	1 : 39	

Les résultats peuvent également être exprimés en terme de rendement horaire (kg/h). Pour ce faire, le poids des moules récoltées et triées est mis en relation avec la durée de récolte (Tableau 15). Les résultats nous montrent que le système Venturi produit en moyenne 3085 kg de moules triées par heure tandis que le convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour produit 900 kg de moules triées à l'heure. En termes de poids récolté et trié par heure, le système Venturi est par conséquent 3,4 fois plus rapide en moyenne que le convoyeur standard couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour. Accessoirement, lors des opérations de récolte commerciale réalisées par les équipages de Moules Cascapédia ltée entre deux essais expérimentaux, il a été observé que le système de récolte Venturi permettait de remplir un bac isotherme « Xactic » toutes les 4 minutes, soient 15 bacs /h s'il n'y a pas d'interruption dans les opérations de récolte.

Tableau 15. Comparaison des poids de moules récoltés à l'heure avec le système de convoyeur standard et avec le système Venturi, en été et en automne 2008

Saison d'échantillonnage	Méthode de récolte	Poids récolté - trié (kg)	Durée (minutes)	Poids récoltés / heure (kg/h)	Moyenne (kg/h)
Été	Convoyeur	n.d.	5 : 00	n.d.	900,36
Été	Convoyeur	n.d.	5 : 00	n.d.	
Été	Convoyeur	n.d.	6 : 40	n.d.	
Automne	Convoyeur	92,50	7 : 23	751,69	
Automne	Convoyeur	106,00	5 : 32	1149,40	
Automne	Convoyeur	80,00	6 : 00	800,00	
Été	Venturi	88,30	0 : 56	5676,43	3085,49
Été	Venturi	n.d.	1 : 03	n.d.	
Été	Venturi	n.d.	1 : 15	n.d.	
Automne	Venturi	155,00	4 : 07	2259,00	
Automne	Venturi	137,00	3 : 22	2441,58	
Automne	Venturi	137,00	4 : 11	1964,94	

5. CONCLUSIONS

Les conclusions ci-dessous sont limitées et organisées autour de chacun des objectifs du projet.

Objectif 1. Effets de la méthode de récolte sur le décrochage

Malgré l'ajustement du protocole entre l'échantillonnage d'été et celui d'automne, la grande hétérogénéité sur les boudins de moules ne permet pas de statuer définitivement sur les pertes de moules commerciales associées à l'utilisation de l'une ou l'autre des deux méthodes de récolte. Avec les mesures réalisées, les écart-types sont très grands et il n'y a pas de différence significative. La tendance qui ressort des mesures suggère toutefois que le système Venturi entraîne moins de décrochage que la méthode de récolte par convoyeur. Cette tendance est confirmée par les prises de vue des caméras sous-marines qui ne montrent pratiquement pas de décrochage de moules lors de la récolte avec le système Venturi, tandis que de gros amas de moules se sont décrochés lors de la récolte par convoyeur. Toutefois, un élément essentiel à noter est que lorsque la pompe Venturi doit être arrêtée en cours de récolte, les moules engagées dans le tubes Venturi retombent à l'eau, entraînant des pertes sans doute importantes, mais non mesurées dans la présente étude.

Objectif 2.a) Efficacité de la méthode de récolte en terme de rendement : efficacité du tri

Dans l'absolu, la méthode de récolte traditionnelle avec un convoyeur associé à une dégrappeuse-trieuse à tambour a trié les moules plus efficacement que la méthode de récolte par Venturi avec son convoyeur à courroie. Après les opérations de récolte et de tri, en automne 2008, le pourcentage d'individus de taille commerciale dans les moules récupérées à l'extrémité de la trieuse était de 83% dans le cas du convoyeur standard couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour et de 75 % dans le cas du Venturi couplé à la trieuse à courroie. En fait, les fortes turbulences de l'eau dans la cuve du système Venturi ne sont pas aussi efficaces que la dégrappeuse à couteaux rotatifs lorsque les moules sont fortement grappées par leur byssus. Par contre, le système de récolte Venturi et sa trieuse à courroie permettent de réduire raisonnablement la quantité de déchets à transporter à l'usine sans toutefois atteindre l'efficacité d'une dégrappeuse-trieuse à tambour.

Objectif 2.b) Efficacité de la méthode de récolte en terme de rendement : état des moules

Encore une fois, la grande hétérogénéité sur les boudins rend les comparaisons difficiles et aucune différence n'est significative. Toutefois, les résultats montrent d'une part que le bris des coquilles de moule est très faible (1 à 2 %) quelle que soit la méthode de récolte et de tri utilisées et d'autre part, qu'aucune des deux méthodes de récolte ne provoque une augmentation détectable dans la quantité de moules brisées.

Objectif 3. Efficacité de la méthode de récolte en terme de temps de récolte

Les durées de récolte avec le système Venturi ont toutes été inférieures à celles de la récolte par convoyeur. En extrapolant les mesures prises pendant les tests, la récolte d'une filière complète (1516 mètres ou 4974 pieds de boudins) représenterait 4 heures de travail avec le système Venturi et sa trieuse à courroie tandis qu'il faudrait 9½ heures pour faire le même travail avec le convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour. Les temps d'opération moyens mesurés lors des essais correspondent à 3085 kg de moules triées à l'heure avec le système Venturi tandis que le convoyeur couplé à la dégrappeuse-trieuse à tambour produit seulement 900 kg de moules triées à l'heure. Sous cet angle, le système Venturi est 3,4 fois plus efficace. Ces durées correspondent toutefois à des opérations menées en conditions expérimentales, c'est-à-dire avec des séquences de récolte courtes, interrompues par des arrêts fréquents, et non pas à une récolte en continu dans des conditions commerciales normales, avec une routine de travail bien établie.

Il faut également considérer que ces résultats ne tiennent pas compte des opérations de manutention des bacs d'entreposage isothermes. Dans le cas de la récolte avec le convoyeur standard, le remplissage des bacs d'entreposage se faisait en continu, à l'arrière de la dégrappeuse-trieuse. Dans le cas de la récolte avec le système Venturi par contre, tout le système devait être mis à l'arrêt lorsque le bac isotherme placé à l'extrémité du trieur était plein et qu'il devait être déplacé, ce qui se traduisait par une perte de temps et des moules qui retombaient du tube Venturi. Dans le cadre d'une utilisation commerciale du système Venturi, il est fortement recommandé de réorganiser le travail sur le pont et d'installer un système de chute qui permettrait de changer de bac d'entreposage isotherme sans interrompre la récolte (Annexe 1).

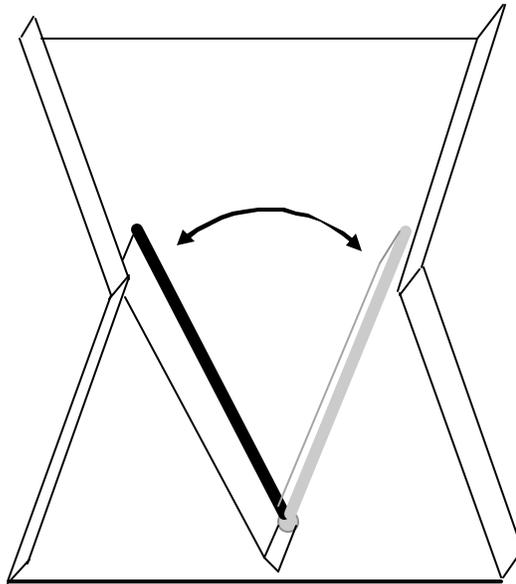
Enfin, pour améliorer l'efficacité et la sécurité du travail ainsi que la stabilité du navire de qui utiliserait le système Venturi en situation de récolte commerciale, il est recommandé d'installer une pompe hydraulique dans la cale avec une prise d'eau découpée dans la coque. Ceci permettrait d'enlever le moteur diesel, la pompe centrifuge et une partie des tuyaux qui encombraient le pont avec la configuration utilisée pendant les tests.

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.
- Bourque, F. et B. Myrand (2006). Étude descriptive du dégrappage en milieu lagunaire aux Îles-de-la-Madeleine. MAPAQ, DIT, Rapport de R-D N°152, 9 pages.
- SYSTAT Software Inc. (2000). SYSTAT, Version 10. SYSTAT Software Inc., Richmond, CA.
- Tamigneaux, É. (2006). Programme d'amélioration des pratiques mytilicoles : caractérisation du décrochage des moules pendant la récolte. Centre collégial de transfert de technologie des pêches, rapport présenté à la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM). 27 pages.
- Zar, J. H. (1999). Biostatistical analysis, 4 ed. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall. 663 p. + appendices.

ANNEXE 1 : SYSTÈME DE CHUTE.

SYSTÈME DE CHUTE PERMETTANT DE DIRIGER LES MOULES TRIÉES VERS UNE NOUVELLE POCHE OU UN NOUVEAU BAC D'ENTREPOSAGE VIDE, SANS INTERROMPRE LES OPÉRATIONS DE RÉCOLTE. La figure ci-dessous est issue d'une discussion avec Stéphane Morrissette (Moules Cascapédia Ltée) lors des tests en mer en 2008.



ANNEXE 2 : PROTOCOLES DES TESTS EN ÉTÉ 2008.

Protocole des tests comparatifs sur l'eau en situation de récolte commerciale en été (tel que proposé a priori par la SODIM)

Deux bateaux récoltent 2 filières de boudins commerciaux du même lot.

Un bateau avec Venturi (Stéphane) + un bateau avec convoyeur (méthode standard, Réjean)

Filmer le bas du convoyeur et le bas du tube Venturi pendant les opérations de récolte + enregistrer sur cassette

Plongeurs prévus pour positionner le berceau de filet sous les boucles à prélever – peut-être les caméras IAS seront suffisantes pour orienter la manœuvre. Il me semble que les caméras fixes IAS sont suffisante pour documenter les pertes par décrochage à l'entrée du convoyeur ou du tube Venturi.

A. Commencer la journée avec le bateau Venturi.

Déplacer la dégrapeuse pour que les moules qui sortent de la Venturi tombent dans un bac (Xactic)

Activité a1. Au début de la filière, descendre berceau en filet avec les plongeurs qui placent le berceau sous les boucles de boudin.

Couper 1 grande boucle et une petite boucle

Remonter le berceau contant les boucles de boudin.

Prélever 1 pied de moules en haut, au milieu et en bas de la grande boucle et placer ces 3 échantillons dans 3 sacs plastiques avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Peser le poids du boudin + poids 3 échantillons = poids brut de moules avant récolte

Mesurer la longueur totale de ces 2 boucles, en mètres.

Activité a2 Récolter l'équivalent de 3 grandes boucles (6 attaches) avec la récolteuse Venturi.

Régler la machine à 2300 RPM (gamme de régimes moteurs à discuter)

Chronométrer le temps de récolte

Peser la quantité totale de moules obtenues dans le Xactic

Prélever 3 échantillons de moules dans 3 sacs plastiques de 3 litres avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Mesurer la longueur totale de boudin récolté, en mètres (mesure la corde).

Activité a3 Récolter l'équivalent de 3 grandes boucles (6 attaches) avec la récolteuse Venturi.

Régler la machine à 2500 RPM

Chronométrer le temps de récolte

Peser la quantité totale de moules obtenues dans le Xactic

Prélever 3 échantillons de moules dans 3 sacs plastiques de 3 litres avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Mesurer la longueur totale de boudin récolté, en mètres (mesure la corde).

Activité a4 Récolter l'équivalent de 3 grandes boucles (6 attaches) avec la récolteuse Venturi.

Régler la machine à 2800 RPM

Chronométrer le temps de récolte

Peser la quantité totale de moules obtenues dans le Xactic

Prélever 3 échantillons de moules dans 3 sacs plastiques de 3 litres avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Mesurer la longueur totale de boudin récolté, en mètres (mesure la corde).

Activité a5 Récolter l'équivalent de 3 grandes boucles (6 attaches) avec la récolteuse Venturi.

Régler la machine à 3000 RPM

Chronométrer le temps de récolte

Peser la quantité totale de moules obtenues dans le Xactic

Prélever 3 échantillons de moules dans 3 sacs plastiques de 3 litres avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Mesurer la longueur totale de boudin récolté, en mètres (mesure la corde).

Retirer le Xactic et installer la dégrappeuse-trieuse sous la Venturi

Activité a6 Récolter l'équivalent de 3 grandes boucles (6 attaches) avec la récolteuse Venturi.

Régler la machine à 2300 RPM

Chronométrer le temps de récolte

Peser la quantité totale de moules obtenues dans les différents bacs en dessous de la dégrappeuse + les moules qui sortent au bout de la trieuse (50 +mm)

Dans la panne au bout de la trieuse, prélever 3 échantillons de moules commerciales (50+ mm) dans 3 sacs plastiques de 3 litres avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Mesurer la longueur totale de boudin récolté, en mètres (mesure la corde).

Activité a7 Récolter l'équivalent de 3 grandes boucles (6 attaches) avec la récolteuse Venturi.

Régler la machine à 2500 RPM

Chronométrer le temps de récolte

Peser la quantité totale de moules obtenues dans les différents bacs en dessous de la dégrappeuse (= moules inférieures à 50 mm). Inscrive les valeurs des pesées de chaque bac (ne pas pooler)

Peser les moules qui sortent au bout de la trieuse (= moules 50 +mm)

Dans la panne au bout de la trieuse, prélever 3 échantillons de moules commerciales (50+ mm) dans 3 sacs plastiques de 3 litres avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Mesurer la longueur totale de boudin récolté, en mètres (mesurer la corde).

Activité a8. Descendre berceau en filet avec plongeurs qui place le berceau sous les boucles de boudin.

Couper 1 grande boucle et une petite boucle

Remonter le berceau contant les boucles de boudin.

Prélever 1 pied de moules en haut, au milieu et en bas de la grande boucle et placer

ces 3 échantillons dans 3 sacs plastiques avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Peser le poids du boudin + poids 3 échantillons = poids brut de moules avant récolte
Mesurer la longueur totale de ces 2 boucles, en mètres.

B. Poursuivre les tests sur le bateau de Réjean, avec la méthode de récolte standard (convoyeur).

Déplacer la dégrapeuse pour que les moules qui sortent du convoyeur tombent dans un bac (Xactic)

Activité b1. Au début de la filière, descendre le berceau en filet avec les plongeurs qui placent le berceau exactement sous les boucles de boudin.

Couper 1 grande boucle et une petite boucle

Remonter le berceau contant les boucles de boudin.

Prélever 1 pied de moules en haut, au milieu et en bas de la grande boucle et placer ces 3 échantillons dans 3 sacs plastiques avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Peser le poids du boudin + poids 3 échantillons = poids brut de moules avant récolte
Mesurer la longueur totale de ces 2 boucles, en mètres.

Activité b2 Récolter l'équivalent de 3 grandes boucles (6 attaches) avec le convoyeur.

Viser une vitesse de récolte de 2 tonnes/h

Chronométrer le temps de récolte

Peser la quantité totale de moules obtenues dans le Xactic

Prélever 3 échantillons de moules dans 3 sacs plastiques de 3 litres avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Mesurer la longueur totale de boudin récolté, en mètres (mesure la corde).

Activité b3 Récolter l'équivalent de 3 grandes boucles (6 attaches) avec le convoyeur.

Viser une vitesse de récolte de 3 tonnes/h

Chronométrer le temps de récolte

Peser la quantité totale de moules obtenues dans le Xactic

Prélever 3 échantillons de moules dans 3 sacs plastiques de 3 litres avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Mesurer la longueur totale de boudin récolté, en mètres (mesure la corde).

Retirer le Xactic et diriger les moules du convoyeur vers la dégrapeuse-trieuse

Activité b4 Récolter l'équivalent de 3 grandes boucles (6 attaches) avec le convoyeur.

Viser une vitesse de récolte de 2 tonnes/h

Chronométrer le temps de récolte

Peser la quantité totale de moules obtenues dans le Xactic

Prélever 3 échantillons de moules dans 3 sacs plastiques de 3 litres avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Mesurer la longueur totale de boudin récolté, en mètres (mesure la corde).

Activité b5. Descendre berceau en filet avec les plongeurs qui placent le berceau exactement sous les boucles de boudin.

Couper 1 grande boucle et une petite boucle

Remonter le berceau contenant les boucles de boudin.

Prélever 1 pied de moules en haut, au milieu et en bas de la grande boucle et placer ces 3 échantillons dans 3 sacs plastiques avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ. Garder au frais)

Peser le poids du boudin + poids 3 échantillons = poids brut de moules avant récolte

Mesurer la longueur totale de ces 2 boucles, en mètres.

ANNEXE 3 : PROTOCOLE DES TESTS EN AUTOMNE 2008.

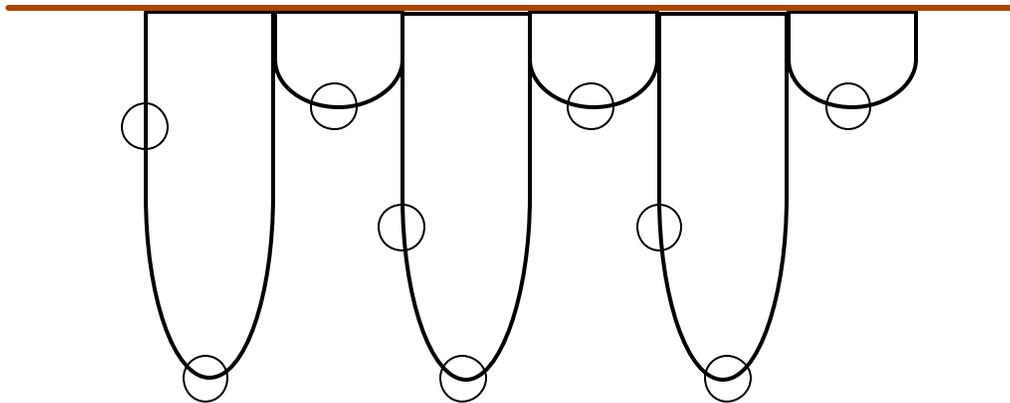
Protocole des tests comparatifs sur l'eau en situation de récolte commerciale en automne (tel que modifié par Halieutec)

- Deux bateaux récoltent sur 1 filière de boudins commerciaux.
- Un bateau avec Venturi + un bateau avec convoyeur (bateaux de Stéphane)
- À l'aide d'une caméra IAS + enregistrer sur cassette : filmer le bas du convoyeur et le bas du tube Venturi pendant les échantillonnages qui seront chronométrés.
- Prévoir un bac (ou panne) sous le convoyeur du Venturi pour récupérer les moules tombant entre les barres du convoyeur (s'il y a lieu) et ce, pour la durée d'un segment d'échantillonnage (afin de valider l'efficacité du tri).
- Prévoir un système pour récupérer, s'il y a lieu, les moules rejetées dans le drain de la pompe Venturi et ce, pour la durée d'un segment d'échantillonnage.
- N.B. Il est important de déterminer la sélectivité des deux procédés comparés afin de comprendre leur fonctionnement et leur effet sur les moules (e.g. les barres d'espacement du cylindre de la trieuse ne sont pas analogues à celui du tapis-convoyeur du Venturi)

A. Commencer la journée avec le bateau Venturi (sans dégrappeuse-trieuse)

Activité A1. AVANT RÉCOLTE

- Au début de la filière, câbler les trois boucles à échantillonner en identifiant le début et la fin à l'aide de ruban orange.
- Prélever 9 échantillons de 1 pied de moules (haut, milieu et bas sur les trois boucles) et les peser séparément (= poids brut de moules avant récolte par pied linéaire).
- Garder 3 échantillons parmi ceux-ci dans des sacs plastiques avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ). Garder au frais pour de la caractérisation biométrique individuelle.



Activité A2. APRÈS VENTURI

- Récolter ces 3 boucles.
- Chronométrer le temps de récolte total.
- Filmer l'intégralité de cet échantillon.
- Peser la quantité totale de moules obtenues dans le bac de manutention.
- Prélever 3 échantillons de moules de 3 litres dans des sacs plastiques avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ). Garder au frais.
- Mesurer la longueur totale de ces 3 boucles (mesurer la corde).

Répéter ces activités 3 fois (le matin)

Continuer avec le bateau Venturi (sans dégrappeuse-trieuse) pour le projet Venturi – Impact sur la qualité

Après l'évaluation de performance précédente qui aura également permis aux deux équipages d'atteindre une vitesse de croisière, 3 bacs de moules seront récoltés selon l'approche commerciale, le troisième des bacs sera glacé selon le protocole de glaçage multicouche (3) puis monitoré au moyen de thermographes mini-logs placés dans les moules (voir protocole détaillé).

-----*Fin de la matinée-lunch*-----

B. Poursuivre les tests sur le bateau équipé du convoyeur et de la dégrappeuse-trieuse à tambour(méthode de récolte standard)

Activité B1. AVANT RÉCOLTE

- Au début de la filière, cibler les trois boucles à échantillonner en identifiant le début et la fin à l'aide de ruban orange.
- Prélever 9 échantillons de 1 pied de moules (haut, milieu et bas sur les trois boucles) et les peser séparément (= poids brut de moules avant récolte par pied linéaire).
- Garder 3 échantillons parmi ceux-ci dans des sacs plastiques avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ). Garder au frais.

Activité B2. APRÈS CONVOYEUR

- Récolter ces 3 boucles.
- Chronométrer le temps de récolte total.
- Filmer l'intégralité de cet échantillon.
- Peser la quantité totale de moules obtenues dans le bac à la fin de la chaîne de transformation.
- Prélever 3 échantillons de moules de 3 litres dans des sacs plastiques avec un tag numéroté (pour analyse au labo de l'ÉPAQ). Garder au frais.
- Mesurer la longueur totale de ces 3 boucles (mesurer la corde).

Répéter ces activités 3 fois (l'après-midi)

ANNEXE 4 : TABLEAU DE DONNÉES – ÉCHANTILLONNAGE D'ÉTÉ.

Équipe ment	Traitement *	Réplique	# tag	Poids brut (g)	Poids net (g)	% poids net	Poids net brisé (g)	% brisé	Poids 2nd set (g)	% 2nd set
Convoyeur	Avant	1	331	2382,60	1297,20	54%	7,4	0,57%	73,2	3,07%
Convoyeur	Avant	1	584	1284,20	550,60	43%	24,0	4,36%	20,6	1,60%
Convoyeur	Avant	1	336	1987,80	1244,20	63%	9,6	0,77%	31,8	1,60%
Convoyeur	Après	1	174	1913,20	1324,40	69%	51,0	3,85%	17,0	0,89%
Convoyeur	Après	1	396	2015,20	1602,00	79%	3,8	0,24%	12,2	0,61%
Convoyeur	Après	1	385	1767,00	1283,60	73%	25,0	1,95%	12,0	0,68%
Convoyeur	Après	2	815	2126,80	1238,80	58%	55,2	4,46%	28,6	1,34%
Convoyeur	Après	2	349	1872,60	1007,20	54%	6,2	0,62%	25,0	1,34%
Convoyeur	Après	2	811	1905,60	1170,00	61%	32,2	2,75%	38,8	2,04%
Venturi	Avant	1	81	5569,60	4672,30	84%	23,2	0,50%	203,3	3,65%
Venturi	Avant	1	377	2557,80	1886,80	74%	37,0	1,96%	142,4	5,57%
Venturi	Avant	1	394	2410,60	1726,00	71,60%	28,0	1,62%	45,0	1,87%
Venturi	Avant	2	391	4974,00	3654,20	73%	45,2	1,24%	187,0	3,76%
Venturi	Avant	2	392	3516,80	2768,00	79%	14,6	0,53%	111,0	3,16%
Venturi	Avant	2	390	5398,80	4253,80	78,79%	27,4	0,64%	245,2	4,54%
Venturi	Après	1	79	2163,20	1635,80	76%	14,8	0,90%	119,2	5,51%
Venturi	Après	1	73	1653,83	1339,60	81%	52,8	3,94%	108,6	6,57%
Venturi	Après	1	82	1705,80	1487,60	87%	31,4	2,11%	26,2	1,54%
Venturi	Après	2	393	1443,20	1257,60	87%	0,0	0,00%	27,8	1,93%
Venturi	Après	2	864	1261,80	1053,00	83,45%	0,0	0,00%	32,2	2,55%
Venturi	Après	2	11	1511,80	1236,80	81,81%	0,0	0,00%	53,6	3,55%

* Les données prises avant correspondent à des échantillons de 1 pied pris directement sur le boudin, ceux après correspondent à des échantillons de 3 litres pris dans le bac isotherme (moules triées).

ANNEXE 5 : TABLEAU DE DONNÉES – ÉCHANTILLONNAGE D'AUTOMNE.

Équipe-ment	Traite-ment	Répli-que	# tag	Poids brut (g)	Poids net (g)	% poids net	Poids net brisé (g)	% brisé	Poids 2nd set (g)	% 2nd set
Convoyeur	Avant	1	913	1973,6	949,4	48,10%	8,8	0,93%	91,6	4,64%
Convoyeur	Avant	1	917	4693	2923,6	62,30%	52,4	1,79%	89	1,90%
Convoyeur	Avant	1	123	0	0		0		0	
Convoyeur	Avant	2	902	6568	3998	60,87%	2,8	0,07%	152,4	2,32%
Convoyeur	Avant	2	906	1857,2	1302,8	70,15%	5,6	0,43%	69,4	3,74%
Convoyeur	Avant	2	901	1554	1220	78,51%	14	1,15%	13,8	0,89%
Convoyeur	Avant	3	909	6442,6	3889,6	60,37%	37	0,95%	157	2,44%
Convoyeur	Avant	3	903	3188,2	2213,8	69,44%	28,4	1,28%	81,2	2,55%
Convoyeur	Avant	3	949	0	0		0		0	
Convoyeur	Après	1	128	1285,4	922	71,73%	9,8	1,06%	18,8	1,46%
Convoyeur	Après	1	140	1509,8	1267	83,92%	0	0,00%	12,8	0,85%
Convoyeur	Après	1	925	1553,6	1346,4	86,66%	0	0,00%	10,8	0,70%
Convoyeur	Après	2	910	2104,2	1859,4	88,37%	14	0,75%	5,4	0,26%
Convoyeur	Après	2	907	1615,2	1297,8	80,35%	0	0,00%	10,2	0,63%
Convoyeur	Après	2	908	1625,2	1358	83,56%	11,2	0,82%	9,6	0,59%
Convoyeur	Après	3	914	1872,6	1602,4	85,57%	36	2,25%	6,4	0,34%
Convoyeur	Après	3	960	1558	1247	80,04%	2	0,16%	12,8	0,82%
Convoyeur	Après	3	961	1534,2	1303,8	84,98%	31,2	2,39%	11,4	0,74%
Venturi	Avant	1	952	5616,6	3637,8	64,77%	5	0,14%	186,4	3,32%
Venturi	Avant	1	956	4855,8	2984,8	61,47%	22,6	0,76%	165,2	3,40%
Venturi	Avant	1	141	0	0		0		0	
Venturi	Avant	2	996	3500	2179,6	62,27%	0	0,00%	105,8	3,02%
Venturi	Avant	2	992	3485,8	2587,6	74,23%	0	0,00%	57,8	1,66%

Venturi	Avant	2	979	0	0		0		0	
Venturi	Avant	3	154	3184,8	1555,4	48,84%	3,6	0,23%	160,2	5,03%
Venturi	Avant	3	153	3040	1786	58,75%	14,8	0,83%	198,4	6,53%
Venturi	Avant	3	182	0	0		0		0	
Venturi	Après	1	144	1743,4	1146	65,73%	0	0,00%	35,8	2,05%
Venturi	Après	1	923	1794	1281,2	71,42%	43,8	3,42%	42,6	2,37%
Venturi	Après	1	942	1876	1364,2	72,72%	17,6	1,29%	38,8	2,07%
Venturi	Après	2	155	1335,2	1141,6	85,50%	12,2	1,07%	27,6	2,07%
Venturi	Après	2	186	1450	1081	74,55%	0	0,00%	28,2	1,94%
Venturi	Après	2	151	2132	1656,8	77,71%	11,6	0,70%	44	2,06%
Venturi	Après	3	198	1522,2	1236	81,20%	6	0,49%	56,8	3,73%
Venturi	Après	3	180	1497,8	1072,2	71,58%	8,4	0,78%	34,4	2,30%
Venturi	Après	3	183	1637,6	1160,4	70,86%	0	0,00%	36	2,20%

* Les données prises avant correspondent à des échantillons de 1 pied pris directement sur le boudin, ceux après correspondent à des échantillons de 3 litres pris dans le bac isotherme (moules triées).

ANNEXE 6 : PHOTOS DES ÉQUIPEMENTS DE RÉCOLTE VENTURI.



Figure A1. Photo de l'équipement de récolte Venturi à bord d'un bateau de la compagnie les Moules Cascapédia ltée. La dégrappeuse-trieuse à tambour n'a pas encore été retirée du pont du bateau.



Figure A2. Photo du convoyeur-trieur à courroie associé au système Venturi, à bord d'un bateau de la compagnie les Moules Cascapédia ltée.