



SODIM
Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Programme d'amélioration des pratiques
mytilicoles – Phase 2*

Rapport final

Dossier n° 710.1

Rapport commandité par la SODIM

Mars 2007



CSP - CCTTP



PROGRAMME
D'AMÉLIORATION
DES PRATIQUES
MYTILICOLES – PHASE 2
RAPPORT FINAL

PRÉSENTÉ À LA SODIM

PAR

ÉRIC TAMIGNEAUX ET MARIE-JOELLE LEBLANC

CENTRE COLLÉGIAL DE TRANSFERT
DE TECHNOLOGIE DES PÊCHES
(CCTTP)

CENTRE SPÉCIALISÉ DES PÊCHES
CÉGEP DE LA GASPÉSIE ET DES ÎLES

Mars 2007

RÉSUMÉ

Au Québec, la culture de la moule est une jeune industrie. Les mytiliculteurs ont récemment adopté la technologie du boudinage en continu originaire de Nouvelle-Zélande. Cependant, cette technologie a besoin d'être ajustée au climat océanographique particulièrement rude du Québec et, au début, les rendements à la récolte ont diminué à 0,3 kg net /pied tandis que les rendements obtenus avec la méthode manuelle traditionnelle étaient de 1,3 kg net/pied. Un programme de R&D a donc été mis sur pied pour résoudre ces difficultés et augmenter les rendements.

La première phase du programme a permis de comparer l'efficacité et le coût des différentes cordes de culture disponibles sur le marché. Il est apparu que les différences de rendement à la récolte étaient minimes et plus influencées par le décrochage au moment de la récolte d'automne que par le type de corde-substrat. Les cordes usagées en polypropylène se sont révélées avoir le meilleur rapport efficacité-prix.

La seconde phase du programme, présentée ici, a permis d'évaluer l'impact de trois techniques de boudinage et de trois densités de boudinage différentes sur le rendement final à la récolte. Les techniques testées étaient la mise en boudin manuelle traditionnelle, la technique de boudinage mécanisé néo-zélandaise hybride et la technique de boudinage mécanisé espagnole. Les densités de boudinage testées étaient de 150, 250 et 350 moules par pied de boudin.

Les résultats des expériences indiquent que, pour la même densité de boudinage, les trois techniques de boudinage donnent des résultats comparables. Par contre, pour chacune des trois méthodes de boudinage testées, les rendements brut et net ainsi que le rendement en chair à la récolte sont plus élevés lorsque la densité initiale de boudinage est de 350 moules/pied. Par ailleurs, l'intensité de la fixation secondaire était plus élevée sur les boudins de faible densité (150 moules/pied).

Du point de vue économique, les résultats indiquent que la valeur des moules commerciales récoltées augmente proportionnellement à la quantité de naissain utilisée, donc au coût du naissain. Le rapport entre le coût du naissain utilisé et la valeur finale des moules récoltées est assez constant et se maintient entre 15 et 18 %. Pour les boudins de densité élevée (350 moules/pied), quelle que soit la méthode de boudinage utilisée, le bénéfice net par filière reste au-dessus de 3 500 \$, alors que, pour les boudins de plus faible densité, le bénéfice net par filière est resté inférieur à 2 500 \$.

Concernant la technologie espagnole, aux densités initiales de 350 moules/pied, les rendements obtenus avec les boudins espagnols sont similaires à ceux des boudins néo-zélandais. Étant donné la petite taille, le poids modéré (50-80 kg) et la compacité des machines, les équipements espagnols constituent donc une alternative intéressante à l'utilisation des équipements néo-zélandais, surtout pour des producteurs dont l'entreprise est en démarrage ou pour initier des producteurs qui disposent de petits bateaux.

Selon les résultats obtenus dans la Phase II, les mytiliculteurs auraient avantage à boudiner à des densités égales ou supérieures à 350 moules./pied. Pour réduire les salissures et la fixation secondaire des moules, il est également conseillé de soigner la mise en boudin du naissain de façon à mettre à l'eau, autant que possible, des boudins ayant une densité uniforme et dépourvus de déchets (salissures, coquilles vides ou brisées).

TABLE DES MATIÈRES	<u>Page</u>
RÉSUMÉ	i
TABLE DES MATIÈRES	ii
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES	v
1. INTRODUCTION	1
2. LE PROGRAMME	2
2.1 La Phase II	2
2.2 Les hypothèses testées dans la Phase II	4
3. MATÉRIELS ET MÉTHODES	4
3.1 Site expérimental	4
3.2 Caractéristiques du naissain utilisé	4
3.3 Boudinage des moules	7
3.4 Répartition des lots expérimentaux sur les filières	8
3.5 Mesures de rendement à la récolte	9
3.6 Analyses de laboratoire	9
3.7 Analyses statistiques	10
4. RÉSULTATS	15
4.1 Rendements net et brut	15
4.1.1 <i>Comparaison entre différentes techniques de boudinage</i>	15
4.1.2 <i>Comparaison entre différentes densités de naissain au moment du boudinage</i>	16
4.1.3 <i>Interactions entre densité initiale et technique de boudinage</i>	17
4.2 Rendement en chair des moules de taille commerciale	22
4.2.1 <i>Comparaison entre différentes techniques de boudinage</i>	22
4.2.2 <i>Comparaison entre différentes densités de naissain au moment du boudinage</i>	23
4.2.3 <i>Interactions entre densité initiale et technique de boudinage</i>	25
4.3 Nombre de moules de taille commerciale à la sortie de la trieuse	27
4.3.1 <i>Comparaison entre différentes techniques de boudinage</i>	27
4.3.2 <i>Comparaison entre différentes densités de naissain au moment du boudinage</i>	29
4.3.3 <i>Interactions entre densité initiale et technique de boudinage</i>	29
4.4 Densité de moules par pied de boudin	31
4.4.1 <i>Comparaison entre différentes techniques de boudinage</i>	31
4.4.2 <i>Comparaison entre différentes densités de naissain au moment du boudinage</i>	32
4.4.3 <i>Interactions entre densité initiale et technique de boudinage</i>	34
4.5 Performances de la dégrappeuse-trieuse espagnole	36
4.6 Comparaison des coûts pour différentes densités initiales de boudinage	37
5. DISCUSSION	41
5.1 Comparaison des méthodes de boudinage	41
5.2 Comparaison des densités initiales de boudinage	41
5.3 Technologie espagnole	42
6. RECOMMANDATIONS	43
7. BIBLIOGRAPHIE	44
8. CRÉDITS	45

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1. Design expérimental de la Phase II.....	3
Tableau 2. Paramètres initiaux et finaux de la Phase II.....	5
Tableau 3. Longueur, poids et rendement en chair du naissain utilisé dans la Phase II, en novembre 2002 (N = 49).....	5
Tableau 4. Résultats des mesures de densité de moules sur les échantillons prélevés au moment de la confection des boudins expérimentaux, en novembre 2002.....	8
Tableau 5. Les différents paramètres mesurés à la récolte des moules de la Phase 2.....	10
Tableau 6. Résultat des analyses de variance sur les rendements brut, calculées indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage.....	15
Tableau 7. Résultat des analyses de variance sur les rendements net, calculées indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage.....	16
Tableau 8. Résultat des analyses de variance sur les rendements brut, calculées indépendamment pour chaque méthode de boudinage.....	16
Tableau 9. Résultat des analyses de variance sur les rendements net, calculées indépendamment pour chaque méthode de boudinage.....	16
Tableau 10. Résultat des analyses de variance à deux facteurs croisés appliquées aux rendements brut.....	17
Tableau 11. Résultat des analyses de variance à deux facteurs croisés appliquées aux rendements net.....	17
Tableau 12. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures de rendements net et brut et du % de moules commerciales (poids net/poids brut). Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Rendements classés par densité de boudinage. N.D. : non déterminé.....	18
Tableau 13. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour chacune des densités initiales de boudinage testées (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures de rendements net et brut et du % de moules commerciales (poids net/poids brut). Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Rendements classés par densité de boudinage. N.D. : non déterminé.....	20
Tableau 14. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour chacune des densités initiales de boudinage testées (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures de rendement en chair commercial. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Rendements classés par densité de boudinage. N.D. : non déterminé.....	22
Tableau 15. Résultat des analyses de variance sur les rendements en chair, calculées indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage.....	23
Tableau 16. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures de rendement en chair	

commercial. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Rendements en chair classés par densité de boudinage. N.D. : non déterminé.....	24
Tableau 17. Résultat des analyses de variance sur les rendements en chair, calculées indépendamment pour chaque méthode de boudinage.....	24
Tableau 18. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures du nombre absolu de moules > 50mm et de moules <50 mm par pied de boudin au moment de la récolte. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Résultats regroupés par méthode de boudinage. N.D. : non déterminé.....	28
Tableau 19. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures du nombre relatif (%) de moules commerciales par pied de boudin au moment de la récolte. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Résultats regroupés par méthode de boudinage. N.D. : non déterminé.....	28
Tableau 20. Résultat des analyses de variance à deux facteurs croisés appliquées aux résultats des mesures de pourcentages de moules de taille commerciale par pied de boudin (% # indiv.).....	29
Tableau 21. Comparaison entre les différentes méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour trois densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures du nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Résultats regroupés par densité initiale de boudinage. N.D. : non déterminé.....	31
Tableau 22. Résultat des analyses de variance sur le nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte, calculées indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage.....	32
Tableau 23. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures du nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Résultats regroupés par méthode de boudinage. N.D. : non déterminé.....	33
Tableau 24. Résultat des analyses de variance sur les rendements en chair, calculées indépendamment pour chaque méthode de boudinage.....	33
Tableau 25. Résultat des analyses de variance à deux facteurs croisés appliquées aux résultats des mesures du nombre total de moules par pied de boudin.....	34
Tableau 26. Comparaison du rapport coût-bénéfice associé à différentes densités initiales de boudinage.....	40

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Emplacement du site expérimental, sur le site de mytiliculture de l'entreprise Les Moules Cascapédia Ltée, dans la baie de Cascapédia, au fond de la baie des Chaleurs (Crédit : Gilles Lapointe, MAPAQ). Les profondeurs sont indiquées en brasses.	6
Figure 2. Distribution des classes de taille du naissain utilisé dans les boudins de la Phase II, en novembre 2002 (N = 49).....	7
Figure 3. Vérification de la densité initiale du naissain dans les boudins de la Phase II, en novembre 2002 (N = 49).....	9
Figure 4. A) Disposition générale et code d'identification des filières de la phase 2; B) Détail de la répartition des lots par filière. E : boudin espagnol ; N : boudin néo-zélandais ; C : boudin classique ; Densité initiale visée : 150 = 150 moules par pied ; 250 = 250 moules par pied ; 350 = 350 moules par pied. S-O : sud-ouest ; N-E : nord-est.....	12
Figure 5. Illustration de la méthode utilisée pour mesurer le rendement brut bateau et le rendement net bateau.....	13
Figure 6. (A) Les six pannes de plastique disposées sous la trieuse; (B) Pesée des pannes pleines sur le bateau avec la balance Pesola.....	14
Figure 7. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures de rendements net et brut à la récolte et du % de moules commerciales (poids net/poids brut).....	19
Figure 8. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures de rendements net et brut à la récolte et du % de moules commerciales (poids net/ poids brut).....	21
Figure 9. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures de rendement en chair (méthode commerciale) à la récolte classés par densité initiale de boudinage (à gauche) et par méthode de boudinage (à droite).....	26
Figure 10. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures du nombre de moules de taille commerciale par pied de boudin à la récolte, classés par densité initiale de boudinage (à gauche) et par méthode de boudinage (à droite).....	30
Figure 11. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures du nombre total de moules par pied de boudin, à la récolte, classés par densité initiale de boudinage (à gauche) et par méthode de boudinage (à droite).....	35
Figure 12. Schéma de la dégrappeuse-trieuse espagnole.....	36

Figure 13. Distribution de tailles d'échantillons de moules traités avec la dégrappeuse-trieuse espagnole. A. Échantillon d'un pied prélevé sur un boudin espagnol, avant dégrappage-triage. B. Échantillon prélevé dans le bac des moules précommerciales sous la trieuse espagnole. C. Échantillon prélevé dans le bac des moules commerciales sous la trieuse espagnole.....

1. INTRODUCTION

Différentes approches de boudinage des moules pour la culture en suspension sont utilisées dans le monde. Au Québec, seules deux techniques de boudinage sont en usage : le boudinage traditionnel ou boudinage discontinu et le boudinage mécanisé ou boudinage en continu.

Le boudinage traditionnel utilise des sections de filets tubulaires de 2 à 3 m de longueur, suspendus verticalement à la filière. Cette technique est utilisée en milieu protégé depuis une vingtaine d'années et est, de ce fait, bien maîtrisée. Elle a cependant l'inconvénient d'être peu mécanisée et de demander beaucoup de temps et de main-d'œuvre. En effet, les opérations de mise en boudins sont essentiellement manuelles et une partie des opérations de boudinage se fait parfois à terre. En outre, il faut laisser tremper les boudins quelques heures dans un réservoir alimenté en eau salée pour permettre aux moules de régénérer leur byssus avant de suspendre les boudins à la filière. Pour cela, il est nécessaire d'engager un surplus de main-d'œuvre pour des périodes de boudinage qui ne durent que quelques semaines et il est parfois difficile de trouver du personnel compétent et motivé en nombre suffisant (Darnell 2000). Par ailleurs, certains considèrent que le boudinage traditionnel poursuit deux objectifs apparemment contradictoires : utiliser un filet à mailles suffisamment petites pour que le naissain ne tombe pas, mais assez grandes pour qu'il puisse migrer à travers le filet (Darnell 2000). Même si cette façon de faire a largement fait ses preuves et reste, par conséquent, très répandue, ses inconvénients ont conduit certains producteurs à s'intéresser à d'autres méthodes.

Le boudinage en continu utilise des boudins continus de 500 à 1 000 mètres de longueur, disposés en boucles qui sont suspendues sous la filière de subsurface. Dans cette technique, importée de Nouvelle-Zélande, l'essentiel des opérations est mécanisé. Les machines hydrauliques qui injectent les moules dans le boudin continu sont installées sur le bateau, ce qui permet de réaliser toutes les étapes du travail au site de culture. Le boudinage en continu intéresse particulièrement les mytiliculteurs néo-écossais, mais gagne aussi en popularité à Terre-Neuve, au Nouveau-Brunswick et est rapidement devenu la norme au Québec. Dans cette technique, le filet de coton biodégradable qui entoure les moules du boudin possède des mailles suffisamment petites pour retenir les moules jusqu'à ce qu'elles se soient solidement accrochées à la corde-substrat, au centre du boudin. Au Québec, la boudineuse néo-zélandaise a été modifiée pour y incorporer une fileuse. Cet élément, inspiré de la technologie utilisée en Espagne, permet de conserver un diamètre de boudin plus régulier et de maintenir les moules serrées contre la corde-substrat. Il s'agit donc d'une boudineuse hybride néo-zélandaise-espagnole.

Cependant, cette technologie a besoin d'être ajustée au climat océanographique particulièrement rude du Québec et, dans les premiers temps après son adoption, les rendements à la récolte ont diminué à 0,3 kg/pied tandis que les rendements obtenus avec la méthode manuelle traditionnelle étaient de 1,3 kg/pied (poids net vendu à l'usine; R. Allard, comm. pers.). La méthode étant encore nouvelle au Canada, tout comme les équipements et les matériaux, les possibilités d'acquisition de connaissances en passant par un transfert technologique en provenance d'une autre province sont limitées. Il est

donc essentiel d'essayer de maîtriser cette technique de plus en plus populaire auprès de nos mytiliculteurs et d'en minimiser les coûts. Il convient, en particulier, de travailler à ajuster les équipements et la technique aux conditions du Québec afin de rendre cette méthode plus performante et plus rentable.

2. LE PROGRAMME

C'est à partir de ce constat qu'a été amorcé, en 2002, un programme d'amélioration des pratiques mytilicoles par l'optimisation systématique des opérations de production. L'objectif de ce programme est d'optimiser la méthode du boudinage mécanisé afin de la rendre rentable, opérationnelle et compétitive chez les mytiliculteurs gaspésiens.

Le succès de ce programme aura nécessairement des retombées économiques rapides et concrètes pour les entreprises mytilicoles québécoises, puisque les équipements ont été ciblés pour répondre aux difficultés exprimées par l'industrie elle-même. Ces équipements devraient permettre aux mytiliculteurs d'affiner leurs techniques et leurs stratégies de production et d'améliorer ainsi leur rentabilité. Avec ce programme et les données scientifiques qui seront récoltées et analysées, les entreprises associées au programme pourront acquérir des informations vitales pour leurs activités d'élevage. Cet apport sera particulièrement le bienvenu dans la période actuelle qui est une phase critique de consolidation pour la plupart des entreprises du secteur.

Les activités de ce programme sont le fruit de la réflexion concertée d'un groupe de travail associant des producteurs, des ressources du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et des conseillers techniques du Centre collégial de transfert de technologie des pêches (CCTTP). En rassemblant et en diversifiant les expertises, le groupe de travail est devenu un outil performant pour résoudre les problèmes identifiés, faire un suivi des rendements, assurer une veille technologique, diffuser l'information et faire du transfert technologique vers les entreprises. On doit également remarquer que les activités proposées dans le programme d'optimisation du boudinage mécanisé répondent à des objectifs identifiés comme étant des priorités numéro un dans le plan d'action de la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM).

2.1 La Phase II

Lors de la deuxième phase du programme, les facteurs « méthode de boudinage » et « densité du naissain dans les boudins » étaient ciblés (**Tableau 1**). Les techniques de boudinage utilisées étaient le boudinage en continu mécanisé avec la méthode néo-zélandaise hybride (N) et avec la méthode espagnole (E) ainsi que le boudinage classique discontinu (C).

Le boudinage classique a été choisi comme méthode de référence puisque c'est la méthode pour laquelle on dispose du plus grand recul, historiquement parlant. Le boudinage espagnol a été inclus dans les essais, car les Espagnols, qui sont les deuxièmes

producteurs mondiaux de moules après la Chine, utilisent une méthode de boudinage mécanisé différente de celle des Néo-Zélandais. Contrairement à la boudineuse néo-zélandaise, la machine espagnole permet d'utiliser des barrettes de plastique qui sont insérées à intervalle régulier dans la corde-substrat. Ces barrettes ou taquettes sont censées supporter le poids des moules en fin de production et réduire l'incidence du décrochage. D'autre part, les équipements espagnols sont de très petite dimension et peuvent être utilisés sur des barques pontées de 5 à 6 mètres. Leur faible encombrement peut donc être vu comme un avantage supplémentaire.

Les densités de boudinage testées dans la Phase II étaient de 150, 250 et 350 moules par pied (30,5 cm) de boudin (**Tableau 1**). La densité 225-250 moules par pied est celle utilisée par les mytiliculteurs qui pratiquent le boudinage mécanisé. Cependant, il reste des incertitudes sur la densité optimale de boudinage et on ignore si une densité inférieure permettrait d'atteindre le même rendement en économisant du naissain ou si une densité supérieure entrainerait des rendements plus intéressants.

Les lots expérimentaux de la Phase II ont été mis en place les 13 et 14 novembre 2002, à Carleton, sur le site de Moules Cascapédia (**Tableau 2**). Quatre filières ont été utilisées et les quatre répliques de chacun des lots de boudins expérimentaux étaient répartis sur des filières différentes. Chaque réplique était constituée d'un boudin continu de 125 m pour les techniques espagnole et néo-zélandaise, et de 25 boudins de 5 m chacun pour le boudinage classique.

Tableau 1. Design expérimental de la Phase II.

Traitements expérimentaux :	<ul style="list-style-type: none"> • Boudinage classique (150, 250 et 350 moules/pied) • Boudinage néo-zélandais hybride (150, 250 et 350 moules /pied) • Boudinage espagnol (150, 250 et 350 moules /pied)
Traitements de comparaison :	<ul style="list-style-type: none"> • Boudinage classique • Densité de 250 moules/pied
Réplication :	4 répliqués sur 4 filières différentes
Disposition sur les filières:	Systématique, en alternance

Les objectifs de la Phase II étaient les suivants :

- (1) Comparer le rendement à la récolte et le coût d'opération de deux techniques de boudinage mécanisé à ceux de la technique de boudinage manuel classique, utilisée comme point de comparaison;

- (2) Pour les trois techniques de boudinage testées, comparer le rendement à la récolte et le coût d'opération pour trois densités de boudinage différentes, en prenant la densité 250 moules par pied comme point de comparaison.

2.2 Les hypothèses testées dans la Phase II

Les hypothèses nulles testées par le protocole expérimental de la Phase II sont les suivantes :

- (1) Aucune des deux méthodes de boudinage mécanisé ne génère un rendement à la récolte supérieur à la méthode de boudinage manuelle classique.
- (2) Aucune des densités de boudinage testées ne permet des gains économiques (rendement supérieur ou économie de naissain) par rapport à la densité de 250 moules par pied actuellement en usage.
- (3) Aucune des combinaisons « densités de boudinage x technique de boudinage » testées ne permet des gains économiques (rendement supérieur ou économie de naissain) par rapport à la technique de boudinage classique avec 250 moules par pied.

3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Site expérimental

Les différentes activités de la Phase II ont été entièrement réalisées sur le site de mytiliculture de l'entreprise Les Moules Cascapédia Ltée, dans la baie de Cascapédia (**Figure 1**). Ce site a une profondeur de 23 mètres et se trouve à 3 km de la ligne de côte. Le courant dominant est parallèle à la ligne de côte avec des vitesses moyennes entre 10 et 25 cm/s et des vitesses maximales, en surface, de 150 cm/s. Les filières utilisées sont des filières subflottantes de 200 m de long avec 180 m de longueur utile. Les filières sont disposées parallèlement à l'axe de la côte, dans l'axe du courant dominant. Les filières de captage et de croissance du naissain sont maintenues en surface, tandis que les filières de grossissement des moules en boudins sont maintenues à 10 mètres sous la surface.

3.2 Caractéristiques du naissain utilisé

Le naissain utilisé provenait de lignes de capteurs immergés sur le site de mytiliculture de l'entreprise Les Moules Cascapédia Ltée, dans la baie de Cascapédia (**Tableau 2**). Les caractéristiques du naissain employé sont détaillées dans le **tableau 3** ainsi que dans la **figure 2**.

Les moules ont été boudinées en novembre 2002 avec du naissain de 5 mois. À ce moment, la classe de taille majoritaire sur les filières de captage de naissain était de 12-24 mm, représentant, en gros, les deux tiers du naissain disponible tel que prévu.

Toutes les moules employées pour le boudinage mesuraient entre 10 et 25 mm, la moyenne étant de 18,8 mm (**Figure 2**). La dispersion des classes de taille de naissain était très réduite. La cohorte de naissain utilisée était donc assez homogène, facilitant ainsi les comparaisons entre les traitements expérimentaux.

Tableau 2. Paramètres initiaux et finaux de la Phase II.

Origine du naissain :	Baie de Cascapédia
Date de captage du naissain :	Juin 2002
Taille du naissain utilisée :	12-24 mm
Densité de boudinage :	150 / 250 / 350 moules par pied
Date de mise en boudin :	13 et 14 novembre 2002
Date de récolte des boudins:	du 3 au 18 novembre 2004

Tableau 3. Longueur, poids et rendement en chair du naissain (scientifique) employé dans la Phase II, en novembre 2002 (n = 49). Valeur moyenne \pm écart-type.

Taille de la coquille (mm)	Poids humide total (g)	Poids de chair humide (g)	Rendement en chair (%)
18,8 \pm 2,5	0,62 \pm 0,2	0,34 \pm 0,14	55

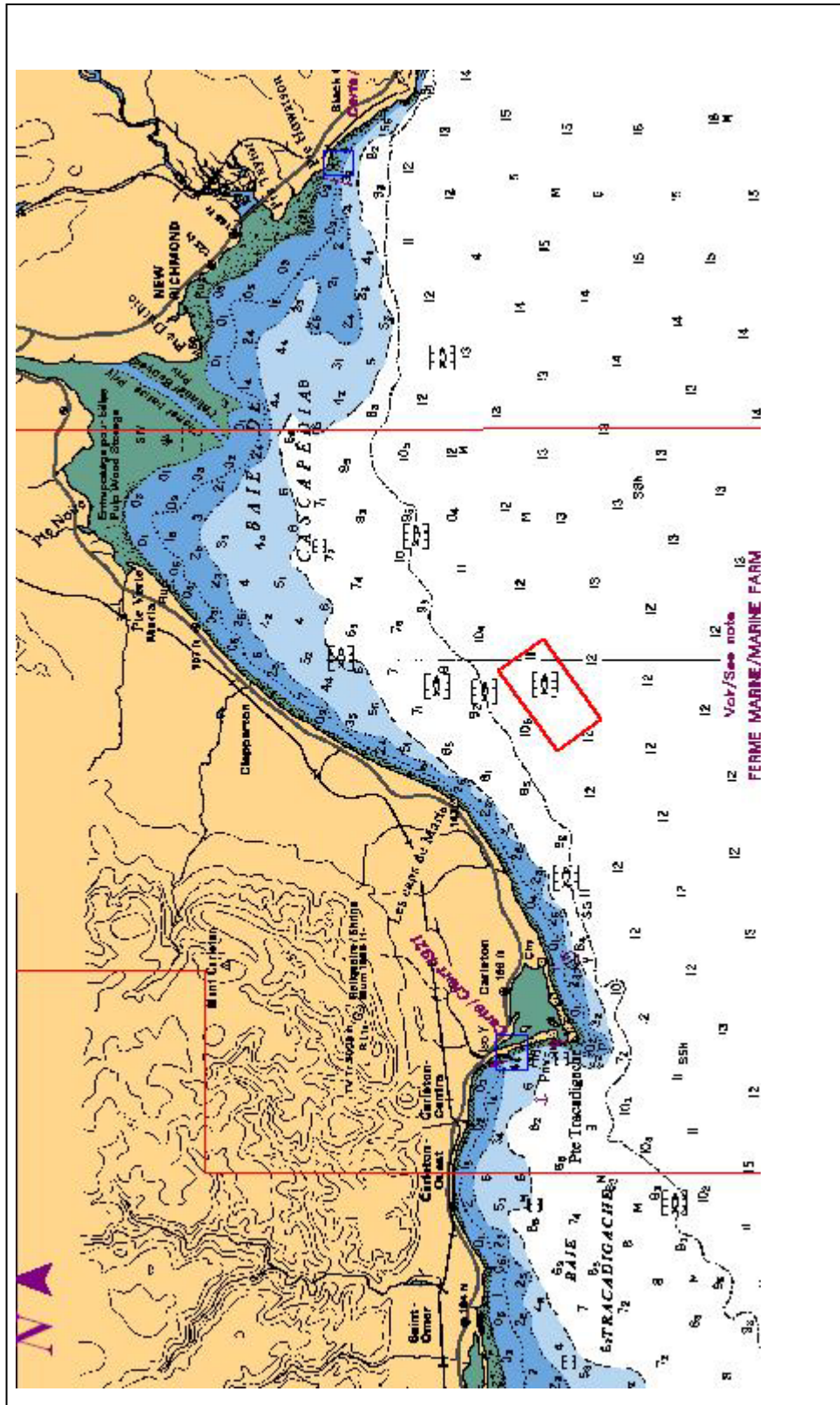


Figure 1. Emplacement du site expérimental, sur le site de mytiliculture de l'entreprise Les Moules Cascapédia Ltée, dans la baie de Cascapédia, au fond de la baie des Chaleurs (crédit : Gilles Lapointe, MAPAQ). Les profondeurs sont indiquées en brasses.

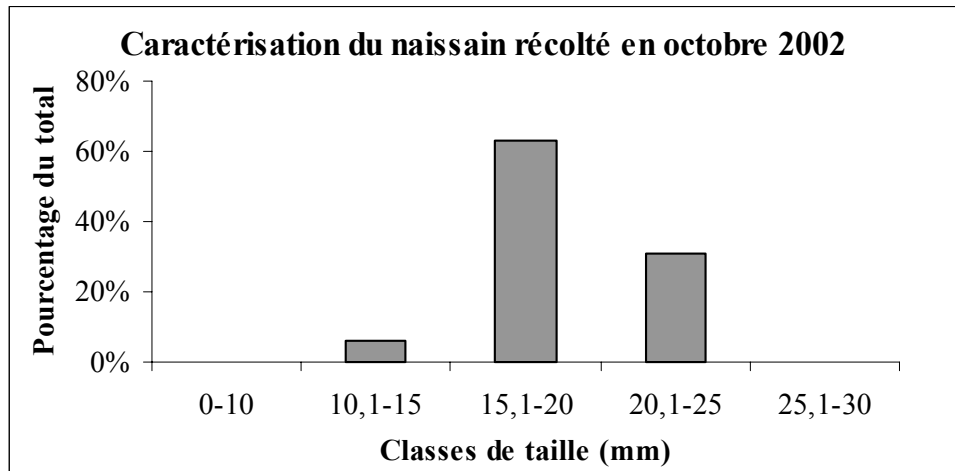


Figure 2. Distribution des classes de taille du naissain employé dans les boudins de la Phase II, en novembre 2002 (n = 49)

3.3 Boudinage des moules

Sur le bateau, le naissain récolté était trié en deux classes de tailles : 12-24 mm et 24-36 mm. Pour éviter un possible décrochage du naissain de grande taille, il a été décidé d'employer seulement le naissain de 12-24 mm pour la réalisation des boudins expérimentaux (**Tableau 2**).

Les opérations de récolte du naissain et de boudinage ont eu lieu les 13 et 14 novembre 2002. Le temps était clair et sans vent ; il y a eu quelques précipitations de neige fondue le 13 novembre et le temps était couvert toute la journée du 14. Le travail de boudinage s'est effectué en progressant sur les filières du nord-est au sud-ouest, le matin et du sud-ouest au nord-est, l'après-midi.

La boudineuse hybride du SYMBIOSE, avec le système torsadant un fil de lin autour du boudin, a été employée pour les lots de type « néo-zélandais ». La boudineuse espagnole du Centre collégial de transfert de technologie des pêches (CCTTP) a été employée pour les lots « espagnols ». Le support employé avec les deux modèles de boudineuses mécaniques était du fuzzy rope noir. Celui employé pour la machine espagnole avait des taquets en plastique de 22,5 cm, placés dans la corde à intervalle régulier de 40 cm, selon la technique espagnole d'origine. Les boudins traditionnels (manuels) de 5 m de long ont été préparés avec la table à boudiner appartenant à Éric Bujold et avec du filet à boudiner en plastique orange, de type italien, ayant des mailles en losange.

Des échantillons de moules ont été prélevés systématiquement au début de chaque lot expérimental pour s'assurer que la densité de moules correspondait au protocole. La densité de boudinage dans les différents lots est présentée dans le **tableau 4** et dans la **figure 3**.

Tableau 4. Résultats des mesure de densité de moules sur les échantillons prélevés au moment de la confection des boudins expérimentaux, en novembre 2002. Indiv. = individus.

Méthode de boudinage	Densité visée (# indiv/pied)	Densité moyenne mesurée (# indiv/pied) n = 4	Écart-type mesuré (# indiv/pied) n = 4	Écart moyen à la valeur visée (%) n = 4
C	150	116	17	- 23 %
N-Z	150	127	31	- 16 %
C	250	253	19	+ 1 %
E	250	310	n.d.	n.d.
N-Z	250	275	25	+ 10 %
C	350	358	28	+ 2 %
E	350	535	210	+ 53 %
N-Z	350	353	50	+ 1 %

N.B. Les équipements de boudinage espagnols ne permettent pas de boudiner des petites moules à faibles densités.

3.4 Répartition des lots expérimentaux sur les filières

Le **tableau 4** et la **figure 3** montrent que la machine espagnole produisait des boudins nettement plus gros que la boudineuse néo-zélandaise hybride ou que les boudins classiques, avec des densités très élevées. Nous avons observé que, avec la taille de naissain utilisée, la commande hydraulique qui contrôle le débit de moules ne permettait pas de diminuer la densité de boudinage en dessous de 300 moules par pied. En outre, les taquettes de plastique, en écartant le filet de coton sans le traverser, élargissait le diamètre du boudin tous les 40 cm. Il a donc fallu réduire le nombre de traitements expérimentaux des boudins espagnols. Pour la densité 150 moules par pied, aucun boudin espagnol n'a donc pu être réalisé. Les traitements correspondant à la densité théorique 350 indiv/pied ont tous été réalisés comme prévu. Pour ce qui est de la densité 250 moules par pied, un seul des répliqués du traitement espagnol a été conservé puisque, pour ce lot unique, la vérification de densité indiquait une moyenne de 253 moules par pied.

Chaque traitement a été répété quatre fois pour un total de 29 lots expérimentaux. Comme dans la phase 1, les répliqués ont été distribués en alternance, de façon systématique, sur les quatre filières attribuées au projet (**Figure 4**). Ces filières sont disposées sur un seul alignement.

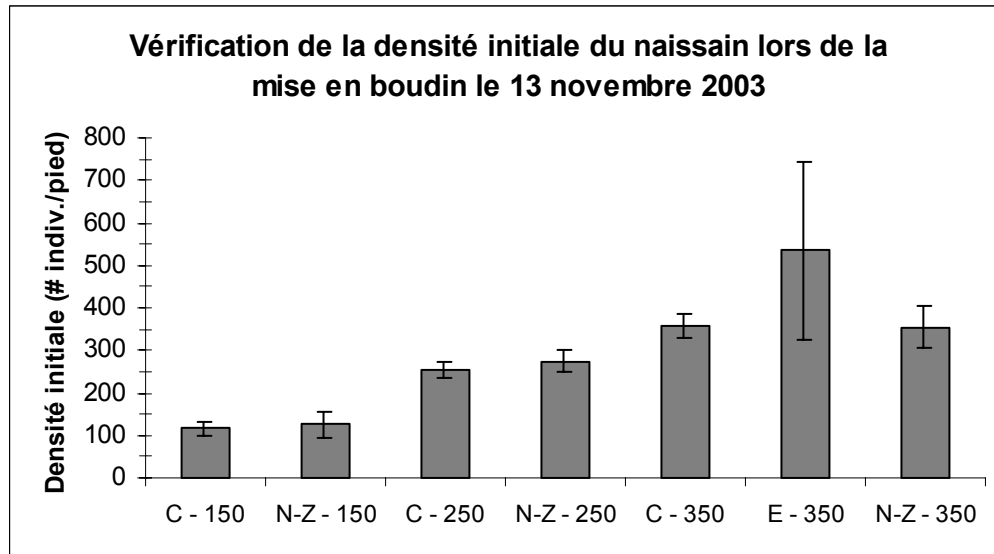


Figure 3. Vérification de la densité initiale du naissain dans les boudins de la Phase II, en novembre 2002 (n = 49).

3.5 Mesures de rendement à la récolte

La récolte des moules de la Phase 2 a eu lieu du 3 au 18 novembre 2004, soit au moment où les boudins avaient atteint 24 mois et les moules, 30 mois (**Tableau 2**). Un échantillon d'un pied a été prélevé sur chacun des lots expérimentaux, avant de procéder à la récolte pour évaluer la densité des moules.

Au moment de la récolte des boudins de moules, six bacs de plastique, ou pannes de 60 litres, ont été disposés sous la trieuse (**figures 5 et 6**). À chaque lot expérimental récolté, chacune des pannes pleine était pesée avec une balance Pesola 0-100 kg (précision : tolérance maximale $\pm 0,3\%$ de la charge). Des échantillons de 200 moules étaient prélevés dans les bacs 5 et 6 pour la mesure des tailles et du rendement en chair. Les échantillons étaient conservés au frais, dans une glacière refroidie avec des Ice-Packs jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

Dans la présente étude, le rendement brut « bateau » de chaque lot équivaut donc au poids total de matière vivante (moules et salissures) récoltée dans les six pannes, tandis que le rendement net « bateau » équivaut seulement au poids des moules de taille commerciale récoltées dans la panne déposée à l'extrémité de la trieuse (**Figures 5 et 6 ; Tableau 5**). La vase qui encrasse souvent les boudins arrivés à maturité était lavée et éliminée par les jets d'eau de lavage de la dégrappeuse-trieuse et sa contribution au poids brut bateau n'est donc pas prise en compte ici.

3.6 Analyses de laboratoire

Les échantillons de moules ont été placés en chambre froide. Le lendemain de la récolte, les moules des échantillons étaient nettoyées, mesurées (longueur) individuellement et

classées par taille au laboratoire pour établir la fréquence des tailles de moules dans l'échantillon.

Un sous-échantillon de 25 moules était prélevé aléatoirement parmi les moules de taille commerciale (≥ 50 mm) pour la mesure du rendement en chair commercial (**Tableau 5**). Le poids vif total avant cuisson et, après dissection, le poids humide de la chair cuite ont été mesurés sur chacune des moules. Le rendement en chair commercial correspond au rendement en chair tel qu'il est mesuré par l'industrie de la mytiliculture (usines, grossistes) (Ibarra et Couturier 1998; Ibarra 2000) :

$$\text{Rendement en chair commercial (\%)} = [\text{poids de chair cuite} / \text{poids vif total avant cuisson}] \times 100$$

Tableau 5. Les différents paramètres mesurés à la récolte des moules de la Phase 2.

Rendement brut bateau	kg/ m
Rendement net bateau	kg/ m
Rendement en chair commercial	%
# total de moules par pied de boudin	# individus /pied
# total de moules > 25 mm par pied de boudin*	# individus /pied
# moules commerciales par livre	# moules / 454 g

* Au moment de la récolte, les moules <25 mm sont considérées comme de la fixation secondaire

3.7 Analyses statistiques

Pour chaque paramètre mesuré, les différents traitements expérimentaux ont été comparés par une ANOVA à deux facteurs croisés (méthode de boudinage x densité initiale) dans Systat (SYSTAT Software Inc. 2002). La condition d'indépendance des échantillons était toujours respectée, l'homogénéité des variances était vérifiée à l'aide du test de Levene et la normalité, par un test de Kolmogorov-Smirnov (Scherrer 1984). Lorsque ces conditions n'étaient pas respectées, les données ont été transformées au carré, en log ou en sinus. Les « outliers » identifiés par le logiciel (résidus de Student $\geq |4|$) étaient retirés de l'analyse. Quand l'interaction était significative, l'effet du type de boudin pour chaque densité initiale et l'effet de la densité initiale pour chaque type de boudin étaient vérifiés. Des comparaisons multiples de Tukey permettaient de voir où se situaient les différences (Zar 1999).

Les traitements expérimentaux ont également été comparés par une ANOVA à un facteur (le type de boudin d'abord puis la densité initiale) dans Systat (SYSTAT Software Inc.

2002). La condition d'indépendance des échantillons était toujours respectée, l'homogénéité des variances était vérifiée à l'aide du test de Levene et la normalité, par un test de Kolmogorov-Smirnov (Scherrer 1984). Lorsque ces conditions n'étaient pas respectées, les données ont été transformées en log. Lorsque les conditions de normalité ou d'homogénéité des variances n'étaient pas respectées même après transformation des données, un test non paramétrique confirmait les résultats de l'ANOVA, soit le test de Kruskal-Wallis (Scherrer 1984), qui effectue une analyse de variance sur les données transformées en rangs. Les « outliers » identifiés par le logiciel étaient retirés de l'analyse. Quand l'interaction était significative, l'effet du type de boudin pour chaque densité initiale et l'effet de la densité initiale pour chaque type de boudin étaient vérifiés. Des comparaisons multiples de Cochran permettaient de voir où se situaient les différences pour les tests paramétriques, tandis que les moyennes analysées par le test de Kruskal-Wallis ont été comparées à l'aide d'un test de Dunn (test de comparaison multiple non paramétrique permettant de comparer des groupes de tailles différentes) (Zar 1999).

Après discussion avec les mytiliculteurs, étant donné la variabilité spatiale élevée des rendements mesurés le long des boudins continus, il a été décidé de considérer les traitements expérimentaux comme significativement différents pour un seuil de $p = 0,1$.

A	S-0	<u>MB-104</u>	<u>MB-105</u>	<u>MB-106</u>	<u>MB-107</u>	N-E
MB-104						
B	S-O	E E N N N C C C	150 250 350 150 250 350	E N N N N C C C	150 250 350 150 250 350	N-E
MB-105						
MB-106						
S-O	E N N N C C C	150 250 350 150 250 350	E N N N N C C C	150 250 350 150 250 350	N-E	

Figure 4. A) Disposition générale et code d'identification des filières de la Phase 2; B) Détail de la répartition des lots par filière. E : boudin espagnol ; N : boudin néo-zélandais ; C : boudin classique ; Densité initiale visée : 150 = 150 moules par pied ; 250 = 250 moules par pied ; 350 = 350 moules par pied. S-O : sud-ouest ; N-E : nord-est.

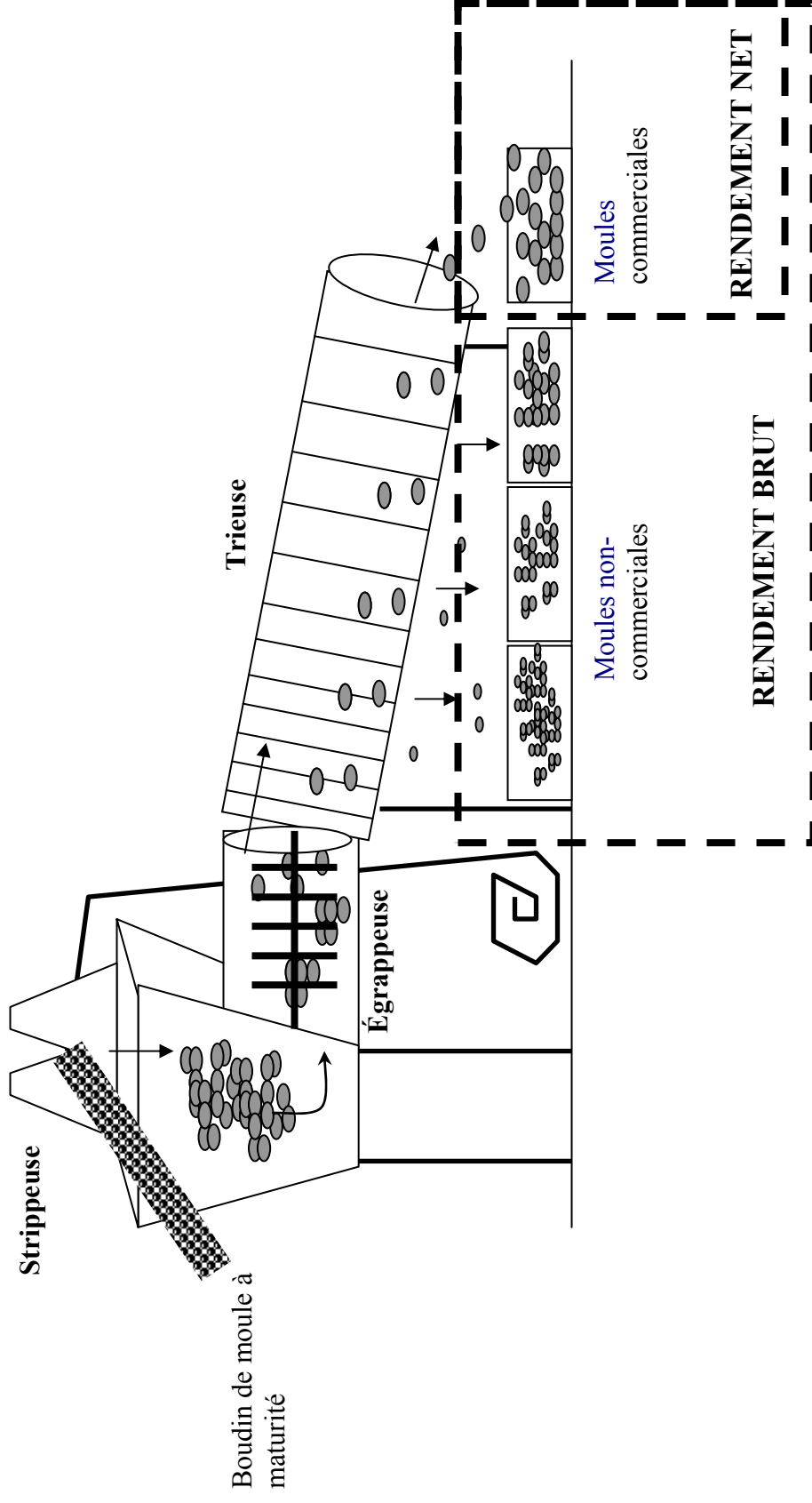


Figure 5. Illustration de la méthode utilisée pour mesurer le rendement brut bateau et le rendement net bateau.

A)



B)



Figure 6. (A) Les six pannes de plastique disposées sous la trieuse; (B) Pesée des pannes pleines sur le bateau avec la balance Pesola.

4. RÉSULTATS

4.1 Rendements net et brut

4.1.1 Comparaison entre différentes techniques de boudinage

Pour le boudinage classique, toutes densités initiales confondues, la fourchette de valeurs (min.-max.) de rendement brut, de rendement net et de la proportion de moules de taille commerciale à la récolte a été respectivement de 2,18 à 8,80 kg/m, de 0,88 à 6,08 kg/m et de 20 à 77 % (poids/poids) (résultats non présentés).

Pour le boudinage espagnol, dont les densités initiales sont toujours restées supérieures à 250 moules par pied, la gamme des valeurs de rendement brut, de rendement net et de la proportion de moules de taille commerciale à la récolte a été respectivement de 5,61 à 7,82 kg/m, de 4,06 à 5,87 kg/m et de 67 à 89 % (poids/poids) (résultats non présentés).

Pour le boudinage néo-zélandais, toutes densités initiales confondues, la gamme des valeurs de rendement brut, de rendement net et de la proportion de moules de taille commerciale à la récolte a été respectivement de 2,82 à 9,49 kg/m, de 1,48 à 7,02 kg/m et de 52 à 79 % (poids/poids) (résultats non présentés).

Les valeurs moyennes et les écarts-types de chacun des traitements expérimentaux sont présentés dans les **tableaux 12 et 13** et dans les **figures 7 et 8**.

Toutes densités initiales confondues, une analyse de variance des rendements bruts et des rendements nets indique qu'il n'y a pas eu de différences significatives entre les trois méthodes de boudinage ($p > 0,1$).

Lorsque l'analyse de variance est réalisée indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage, il apparaît que, dans les boudins réalisés avec une densité de naissain de 150 moules par pied, le rendement brut et le rendement net des boudins classiques étaient inférieurs au rendement brut et net des boudins néo-zélandais ($p = 0,067$ et $p = 0,01$; **Tableaux 6 et 7**). Pour les autres densités de boudinage, il n'y a pas eu de différences significatives entre les deux méthodes ($p > 0,1$; **Tableaux 6 et 7**).

Tableau 6. Résultat des analyses de variance sur les rendements bruts, calculées indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage.

Densités initiales de boudinage	Différences détectées dans les méthodes de boudinage	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
150 moules/pied	$C_{150} < NZ_{150}$	$p = 0,067$
250 moules/pied	$(C_{250} = E_{250}) = NZ_{250}$	$p > 0,1$
350 moules/pied	$(C_{350} = E_{350}) = NZ_{350}$	$p > 0,1$

Tableau 7. Résultat des analyses de variance sur les rendements nets, calculées indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage.

Densités initiales de boudinage	Différences détectées dans les méthodes de boudinage	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
150 moules/pied	$C_{150} < NZ_{150}$	$p = 0,01$
250 moules/pied	$(C_{250} = E_{250}) = NZ_{250}$	$p > 0,1$
350 moules/pied	$(C_{350} = E_{350}) = NZ_{350}$	$p > 0,1$

4.1.2 Comparaison entre différentes densités de naissain au moment du boudinage

Toutes méthodes de boudinage confondues, il n'y a eu aucune différence significative dans les rendements bruts des lots de boudins à 150, 250 et 350 moules par pied ($p > 0,1$). Par contre, lorsque l'analyse de variance est réalisée pour les rendements nets, il apparaît que les rendements des lots de boudins à 150 moules par pied étaient inférieurs à ceux des lots à 250 et 350 moules par pied ($p = 0,031$ et $0,002$ respectivement).

Lorsque l'analyse de variance est réalisée indépendamment pour chaque méthode de boudinage, des différences significatives apparaissent. Pour les moules boudinées avec la méthode manuelle classique, les rendements bruts et net des lots expérimentaux 150 moules par pied et 250 moules par pied étaient inférieurs à ceux des lots à 350 moules par pied (**Tableaux 8 et 9**). Pour les moules boudinées avec la méthode espagnole, il n'y a pas eu de différences significatives entre les lots expérimentaux correspondant à différentes densités initiales de boudinage ($p > 0,1$; **Tableaux 8 et 9**). Pour les moules boudinées avec la méthode néo-zélandaise, les rendements brut et net des lots expérimentaux à 150 moules par pied et 250 moules par pied étaient inférieurs à ceux des lots à 350 moules par pied (**Tableaux 8 et 9**).

Tableau 8. Résultat des analyses de variance sur les rendements bruts, calculées indépendamment pour chaque méthode de boudinage.

Méthode de boudinage	Différences détectées dans les densités de boudinage	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
Classique	$(C_{150} = C_{250}) < C_{350}$	$p = 0,005$; $p = 0,032$
Espagnole	$E_{250} = E_{350}$	$p > 0,1$
Néo-zélandaise	$(NZ_{150} = NZ_{250}) < NZ_{350}$	$p = 0,009$; $p = 0,044$

Tableau 9. Résultat des analyses de variance sur les rendements nets, calculées indépendamment pour chaque méthode de boudinage

Méthode de boudinage	Différences détectées dans les densités de boudinage	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
Classique	$(C_{150} = C_{250}) < C_{350}$	$p = 0,003$; $p = 0,019$
Espagnole	$E_{250} = E_{350}$	$p > 0,1$
Néo-zélandaise	$(NZ_{150} = NZ_{250}) < NZ_{350}$	$p = 0,007$; $p = 0,037$

4.1.3 Interactions entre densité initiale et technique de boudinage

Une analyse de variance à deux facteurs croisés a été appliquée aux rendements pour vérifier s'il y avait des interactions entre la méthode de boudinage et la densité initiale de boudinage. Les résultats de l'analyse montrent que les traitements expérimentaux classiques 150 moules par pied avaient des rendements brut et net significativement inférieurs aux traitements expérimentaux classiques, néo-zélandais et espagnols 350 moules par pied. De même, les traitements expérimentaux néo-zélandais 150 moules par pied ont des rendements brut et net inférieurs aux traitements expérimentaux néo-zélandais 350 moules par pied (**Tableaux 10 et 11**).

Tableau 10. Résultat des analyses de variance à deux facteurs croisés appliquées aux rendements bruts.

Différences détectées entre les traitements expérimentaux	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
$C_{150} < (C_{350} = E_{350} = NZ_{350})$	$p = 0,051; p = 0,042; p = 0,024$
$NZ_{150} < NZ_{350}$	$p = 0,063$

Tableau 11. Résultat des analyses de variance à deux facteurs croisés appliquées aux rendements nets.

Différences détectées entre les traitements expérimentaux	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
$C_{150} < (C_{350} = E_{350} = NZ_{350})$	$p = 0,01; p = 0,018; p = 0,004$
$NZ_{150} < NZ_{350}$	$p = 0,053$

Tableau 12. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures de rendements net et brut et du pourcentage de moules commerciales (poids net / poids brut). Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Rendements classés par densité de boudinage. N.D. : non déterminé. Ind. : individus.

Type de boudin	Densité (ind./pied)	Rendement brut		Rendement net		Proportion de moules >50 mm	
		Moyenne kg/m	Écart-type kg/m	Moyenne kg/m	Écart-type kg/m	Moyenne %	Écart-type %
Néo-zélandais	150	3,44	0,42	2,19	0,51	63%	8%
Néo-zélandais	250	4,29	1,24	2,93	1,18	66%	10%
Néo-zélandais	350	6,69	1,66	5,02	1,26	75%	3%
Espagnol	150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Espagnol	250	5,61	-	4,98	-	89%	-
Espagnol	350	6,84	0,90	4,82	0,94	70%	4%
Classique	150	2,63	0,51	0,84	0,31	32%	11%
Classique	250	5,31	3,07	3,24	2,63	55%	22%
Classique	350	6,46	1,22	4,82	0,96	75%	2%

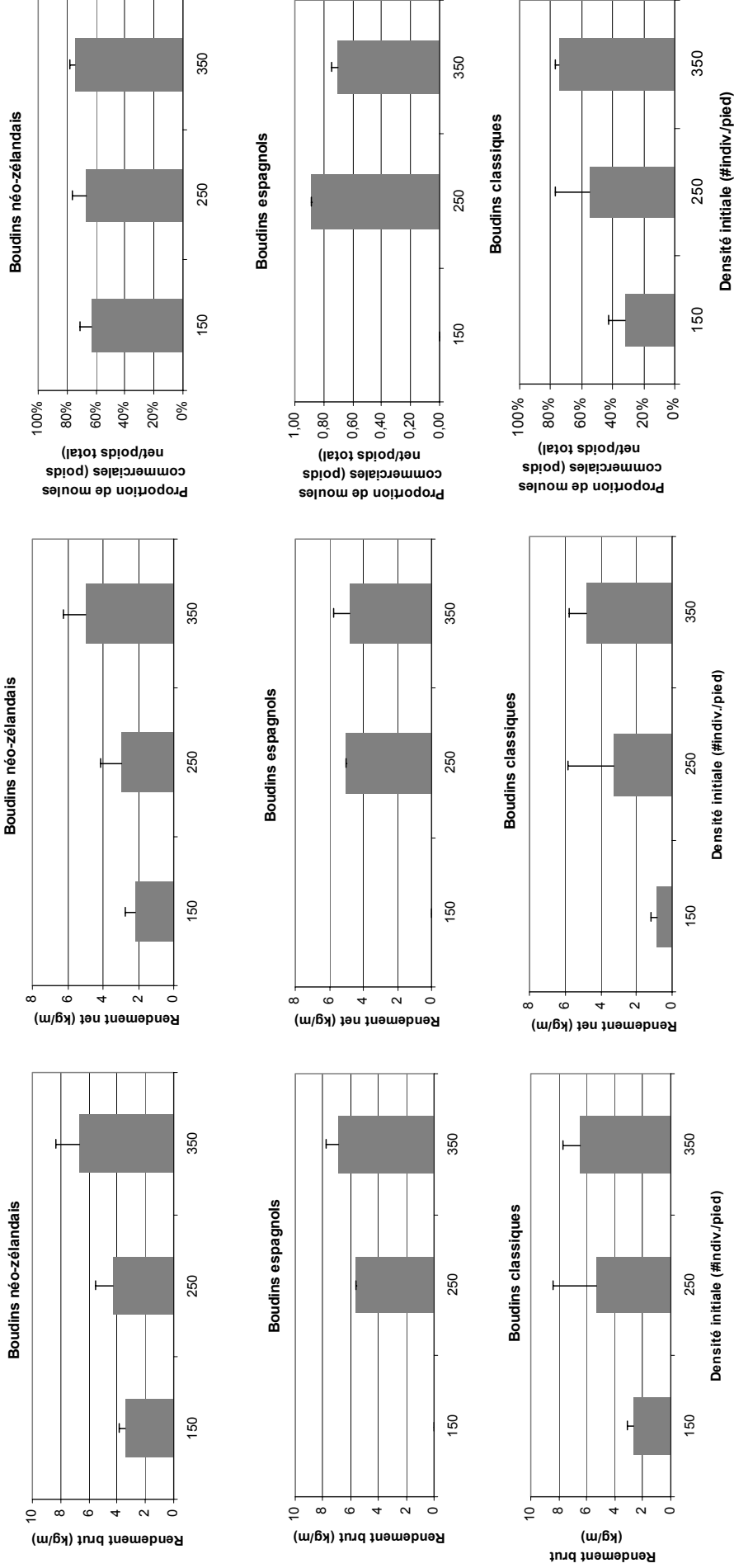


Figure 7. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures de rendements net et brut à la récolte et du % de moules commerciales (poids net/poids brut). Ind. : individus.

Tableau 13. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour chacune des densités initiales de boudinage testées (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures de rendements net et brut et du % de moules commerciales (poids net/poids brut). Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Rendements classés par densité de boudinage. N.D. : non déterminé. Ind. : individus.

Type de boudin	Densité (ind./pied)	Rendement brut		Rendement net		Proportion de moules >50 mm	
		Moyenne kg/m	Écart-type kg/m	Moyenne kg/m	Écart-type kg/m	Moyenne %	Écart-type %
Classique	150	2,63	0,51	0,84	0,31	32%	11%
Espagnol	150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Néo-zélandais	150	3,44	0,42	2,19	0,51	63%	8%
Classique	250	5,31	3,07	3,24	2,63	55%	22%
Espagnol	250	5,61	-	4,98	-	89%	-
Néo-zélandais	250	4,29	1,24	2,93	1,18	66%	10%
Classique	350	6,46	1,22	4,82	0,96	75%	2%
Espagnol	350	6,84	0,90	4,82	0,94	70%	4%
Néo-zélandais	350	6,61	1,77	5,02	1,26	75%	3%

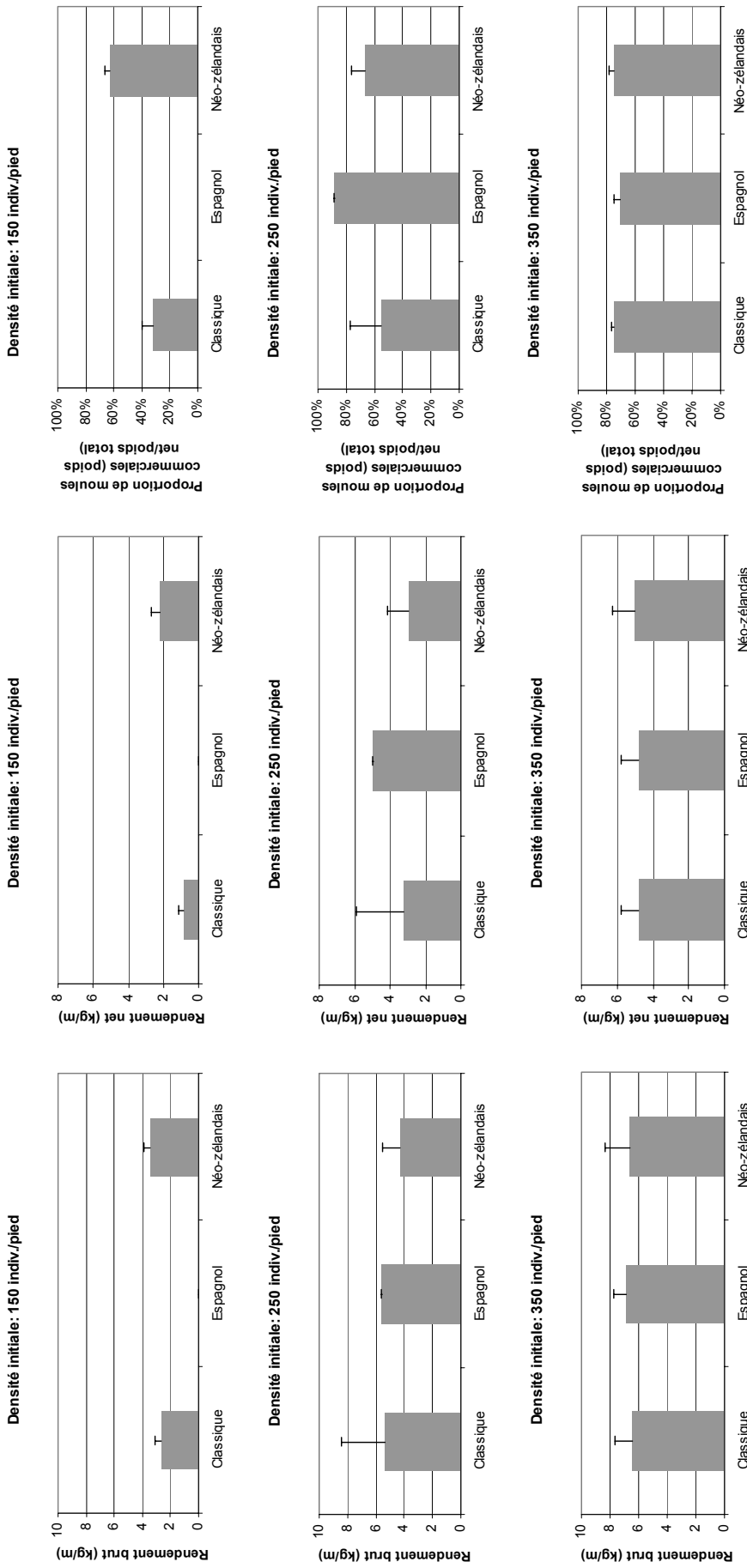


Figure 8. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures de rendements net et brut à la récolte et du % de moules commerciales (poids net/poids brut). Indiv. : individus.

4.2 Rendement en chair des moules de taille commerciale

4.2.1 Comparaison entre différentes techniques de boudinage

Pour le boudinage classique, toutes densités de boudinage confondues, la gamme des valeurs de rendement en chair au moment de la récolte a varié entre 20% et 30 % (résultats non présentés).

Pour le boudinage espagnol, toutes densités de boudinage confondues, la gamme des valeurs de rendement en chair a varié entre 20% et 28 % (résultats non présentés).

Pour le boudinage néo-zélandais, toutes densités de boudinage confondues, la gamme des valeurs de rendement en chair a varié entre 21% et 34 % (résultats non présentés).

Les valeurs moyennes et les écarts-types de chacun des traitements expérimentaux sont présentés dans les **tableaux 14 et 16**.

Tableau 14. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour chacune des densités initiales de boudinage testées (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures de rendement en chair commercial. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Rendements classés par densité de boudinage. N.D. : non déterminé. Ind. : individus.

Type de boudin	Densité initiale (ind./pied)	REC commercial (%)	
		Moyenne	Écart-type
Classique	150	23,17	2,32
Espagnol	150	N.D.	N.D.
Néo-zélandais	150	24,18	2,32
Classique	250	23,17	2,21
Espagnol	250	18,27	-
Néo-zélandais	250	28,59	5,37
Classique	350	24,61	3,84
Espagnol	350	23,77	3,31
Néo-zélandais	350	29,28	3,71

Toutes densités initiales confondues, une analyse de variance des rendements en chair indique qu'il y a des différences significatives entre les trois méthodes de boudinage. Les rendements en chair des boudins de la méthode espagnole sont inférieurs à ceux des boudins de la méthode classique ($p < 0,001$) qui, eux, sont inférieurs à ceux de la méthode néo-zélandaise ($p < 0,001$).

Lorsque l'analyse de variance est réalisée indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage, il apparaît que, dans les boudins réalisés avec une densité de naissain de 150 individus par pied, le rendement en chair des boudins classiques était inférieur à celui des boudins néo-zélandais (**Tableau 15**). Dans les boudins réalisés avec une densité de naissain de 250 individus par pied, le rendement en chair des boudins espagnol était inférieur à celui des

boudins classiques et néo-zélandais tandis que le rendement en chair des boudins classiques était inférieur à celui des boudins néo-zélandais (**Tableau 15**). Finalement, dans les boudins réalisés avec une densité de naissain de 350 individus par pied, le rendement en chair des boudins espagnols était inférieur à celui des boudins classiques et néo-zélandais tandis que le rendement en chair des boudins classiques était inférieur à celui des boudins néo-zélandais (**Tableau 15**).

Tableau 15. Résultat des analyses de variance sur les rendements en chair, calculées indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage.

Densités initiales de boudinage	Différences détectées dans les méthodes de boudinage	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
150 moules/pied	$C_{150} < NZ_{150}$	$p = 0,007$
250 moules/pied	$E_{250} < C_{250} < NZ_{250}$ $E_{250} < NZ_{250}$	$p < 0,001$; $p < 0,001$ $p < 0,001$
350 moules/pied	$E_{350} < C_{350} < NZ_{350}$ $E_{350} < NZ_{350}$	$p = 0,005$; $p = 0,035$; $p < 0,001$

4.2.2 Comparaison entre différentes densités de naissain au moment du boudinage

Pour le boudinage à 150 moules par pied, toutes méthodes de boudinage confondues, la gamme des valeurs de rendement en chair (méthode de mesure commerciale) au moment de la récolte a varié entre 23% et 32 % (résultats non présentés).

Pour le boudinage à 250 moules par pied, toutes méthodes de boudinage confondues, la gamme des valeurs de rendement en chair a varié entre 20% et 32 % (résultats non présentés).

Pour le boudinage à 350 moules par pied, toutes méthodes de boudinage confondues, la gamme des valeurs de rendement en chair a varié entre 20% et 34 % (résultats non présentés).

Les valeurs moyennes et les écarts-types de chacun des traitements expérimentaux sont présentés dans le **tableau 16** et dans la **figure 9**.

Tableau 16. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures de rendement en chair commercial. Moyenne et écart-type calculés sur les répliqués. Rendements en chair classés par densité de boudinage. N.D. : non déterminé. Ind. : individus.

Type de boudin	Densité initiale (ind./pied)	REC commercial (%)	
		Moyenne	Écart-type
Néo-zélandais	150	24,63	4,06
Néo-zélandais	250	28,59	5,37
Néo-zélandais	350	29,28	3,71
Espagnol	150	N.D.	N.D.
Espagnol	250	18,27	-
Espagnol	350	23,77	3,31
Classique	150	24,18	2,32
Classique	250	23,17	2,21
Classique	350	24,61	3,84

Toutes méthodes de boudinage confondues, une analyse de variance des rendements en chair indique qu'il y a des différences significatives entre les trois densités initiales de boudinage. Les rendements en chair des boudins à 350 moules par pied sont supérieurs à ceux des boudins réalisés avec 250 moules par pied ($p < 0,001$) et à ceux des boudins réalisés avec 150 moules par pied ($p = 0,051$).

Lorsque l'analyse de variance est réalisée indépendamment pour chaque méthode de boudinage, il apparaît que, dans les boudins classiques, le rendement en chair des boudins à 150 et 250 moules par pied était inférieur à celui des boudins à 350 moules par pied ($p = 0,057$ et $p = 0,020$; **Tableau 17**). Dans les boudins espagnols, le rendement en chair des boudins à 250 moules par pied était inférieur à celui des boudins à 350 moules par pied ($p < 0,001$; **Tableau 17**). Dans les boudins néo-zélandais, le rendement en chair des boudins à 150 moules par pied était inférieur à celui des boudins à 250 moules par pied ($p = 0,05$; **Tableau 17**) tandis que le rendement en chair des boudins à 250 moules par pied n'était pas significativement différent à celui des boudins à 350 moules par pied ($p = 0,772$; **Tableau 17**)

Tableau 17. Résultat des analyses de variance sur les rendements en chair, calculées indépendamment pour chaque méthode de boudinage.

Méthode de boudinage	Différences détectées dans les densités de boudinage	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
Classique	$(C_{150} = C_{250}) < C_{350}$	$p = 0,057$; $p = 0,020$
Espagnole	$E_{250} < E_{350}$	$p < 0,001$
Néo-zélandaise	$NZ_{150} < NZ_{250} = NZ_{350}$ $NZ_{150} = NZ_{350}$	$p = 0,05$; $p = 0,772$ $p = 0,223$

4.2.3 Interactions entre densité initiale et technique de boudinage

Une analyse de variance à deux facteurs croisés a été appliquée aux rendements en chair pour vérifier s'il y avait des interactions entre la méthode de boudinage et la densité initiale de boudinage. Les résultats de l'analyse croisée sont semblables à ceux des ANOVA à un facteur présentés plus hauts.

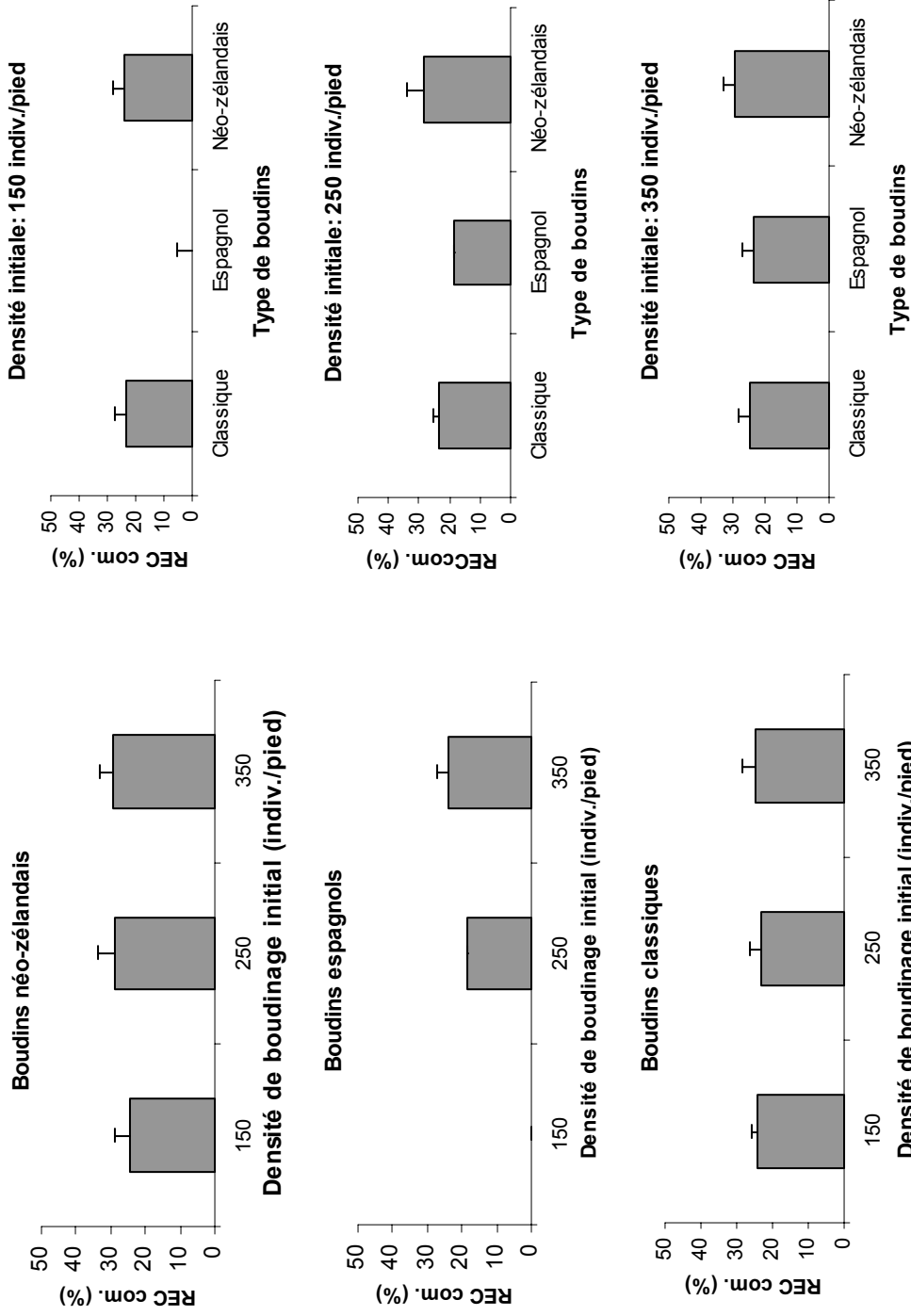


Figure 9. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) . Résultats des mesures de rendement en chair (méthode commerciale) à la récolte classés par densité initiale de boudinage (à gauche) et par méthode de boudinage (à droite). Indiv. : individus.

4.3 Nombre de moules de taille commerciale à la sortie de la trieuse

4.3.1 *Comparaison entre différentes techniques de boudinage*

Pour le boudinage classique, toutes densités de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre absolu de moules de taille commerciale (≥ 50 mm) par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 2 et 122 individus / pied (résultats non présentés). La gamme des valeurs du nombre relatif (% nb. indiv.) de moules commerciales par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 0% et 90 % (résultats non présentés).

Pour le boudinage espagnol, toutes densités de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre absolu de moules commerciales par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 85 et 147 individus / pied (résultats non présentés). La gamme des valeurs du nombre relatif (% nb. indiv.) de moules commerciales par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 13% et 54 % (résultats non présentés).

Pour le boudinage néo-zélandais, toutes densités de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre absolu de moules commerciales par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 29 et 133 individus / pied (résultats non présentés). La gamme des valeurs du nombre relatif (% nb. indiv.) de moules commerciales par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 5% et 84 % (résultats non présentés).

Les valeurs moyennes et les écarts-types de chacun des traitements expérimentaux sont présentés dans les **tableaux 18 et 19** et dans la **figure 10**.

Toutes densités initiales confondues, une analyse de variance des pourcentages de moules de taille commerciale par pied de boudin indique qu'il n'y a pas de différences significatives entre les trois méthodes de boudinage ($p > 0,1$).

Tableau 18. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures du nombre absolu de moules > 50mm et de moules <50 mm par pied de boudin au moment de la récolte. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Résultats regroupés par méthode de boudinage. N.D. : non déterminé. Indiv. : individus.

Type de boudin	Densité initiale (# indiv./pied)	# moules <50 mm /pied		# moules >50 mm /pied	
		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Classique	150	878	410	26	24
Classique	250	307	372	70	62
Classique	350	52	32	79	24
Espagnol	150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Espagnol	250	115	N.D.	120	N.D.
Espagnol	350	258	206	110	30
Néo-zélandais	150	238	235	83	43
Néo-zélandais	250	196	240	99	39
Néo-zélandais	350	36	18	107	22

Tableau 19. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures du nombre relatif (%) de moules commerciaux par pied de boudin au moment de la récolte. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Résultats regroupés par méthode de boudinage. N.D. : non déterminé. Indiv. : individus.

Type de boudin	Densité initiale (# indiv./pied)	Proportion de moules <50 mm /pied		Proportion de moules >50 mm /pied	
		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Classique	150	96%	4%	4%	4%
Classique	250	57%	45%	43%	45%
Classique	350	38%	14%	62%	14%
Espagnol	150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Espagnol	250	49%	N.D.	51%	N.D.
Espagnol	350	64%	18%	36%	18%
Néo-zélandais	150	59%	29%	41%	29%
Néo-zélandais	250	52%	31%	48%	31%
Néo-zélandais	350	25%	13%	75%	13%

4.3.2 Comparaison entre différentes densités de naissain au moment du boudinage

Pour le boudinage à 150 moules par pied, toutes méthodes de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre absolu de moules de taille commerciale (≥ 50 mm) par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 11 et 133 individus / pied (résultats non présentés). La gamme des valeurs du nombre relatif (% nb. indiv.) de moules commerciales par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 1% et 65 % (résultats non présentés).

Pour le boudinage à 250 moules par pied, toutes méthodes de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre absolu de moules de taille commerciale (≥ 50 mm) par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 2 et 132 individus / pied (résultats non présentés). La gamme des valeurs du nombre relatif (% nb. indiv.) de moules commerciales par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 0% et 90 % (résultats non présentés).

Pour le boudinage à 350 moules par pied, toutes méthodes de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre absolu de moules de taille commerciale (≥ 50 mm) par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 46 et 147 individus / pied (résultats non présentés). La gamme des valeurs du nombre relatif (% nb. indiv.) de moules commerciales par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 13% et 81 % (résultats non présentés).

Les valeurs moyennes et les écarts-types de chacun des traitements expérimentaux sont présentés dans les **tableaux 18 et 19**.

Toutes méthodes de boudinage confondues, une analyse de variance des pourcentages de moules de taille commerciale par pied de boudin indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les trois densités initiales de boudinage ($p > 0,1$).

4.3.3 Interactions entre densité initiale et technique de boudinage

Une analyse de variance à deux facteurs croisés a été appliquée aux résultats des mesures de pourcentages de moules de taille commerciale par pied de boudin, ceci afin de vérifier s'il y avait des interactions entre la méthode de boudinage et la densité initiale de boudinage. Les résultats de l'analyse montrent seulement que, au moment de la récolte, les traitements expérimentaux classiques 150 moules par pied ont significativement moins de moules commerciales par pied de boudin que les traitements expérimentaux néo-zélandais 350 moules par pied ($p = 0,045$). (**Tableau 20**).

Tableau 20. Résultat des analyses de variance à deux facteurs croisés appliquées aux résultats des mesures de pourcentages de moules de taille commerciale par pied de boudin (% nb. indiv.).

Différences détectées entre les traitements expérimentaux	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
$C_{150} < NZ_{350}$	$p = 0,045$

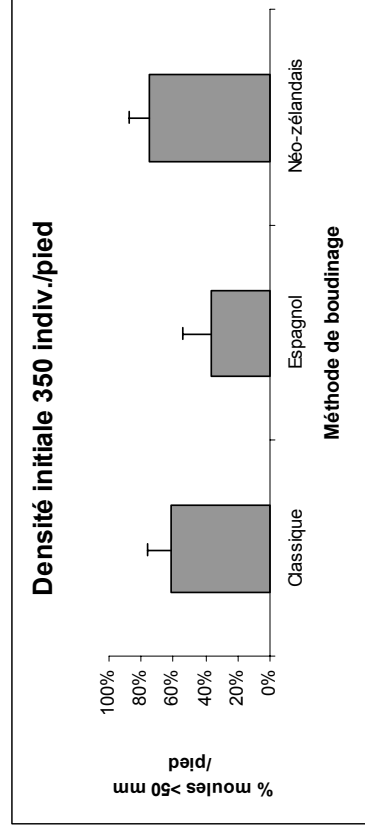
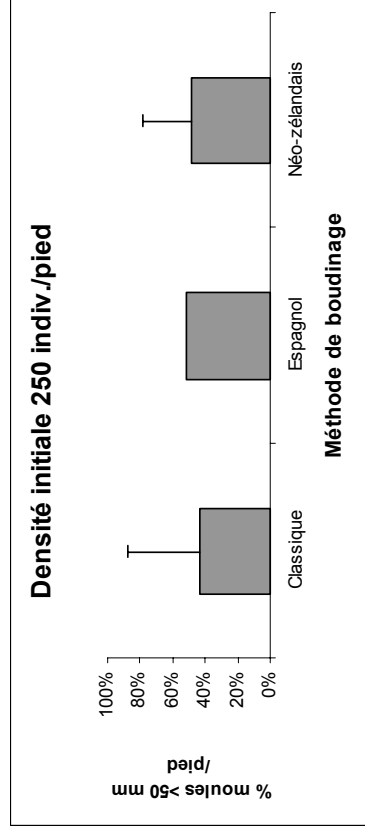
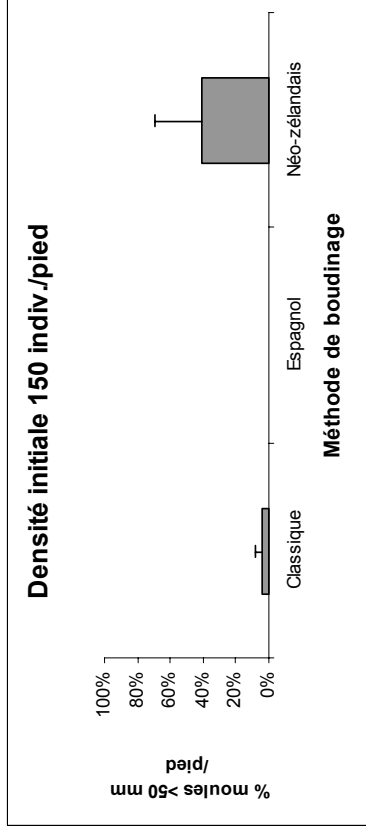
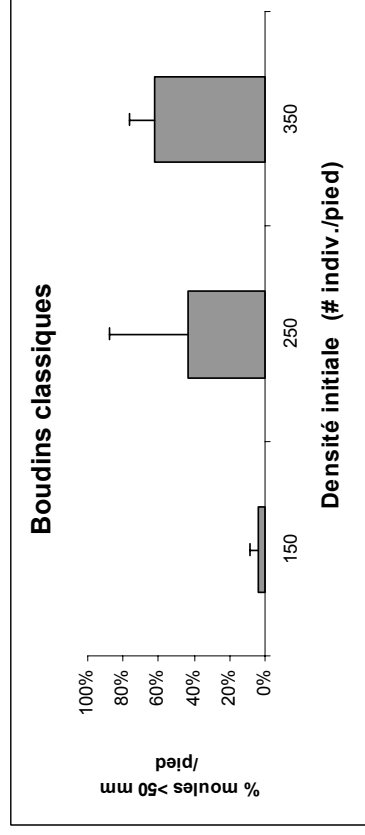
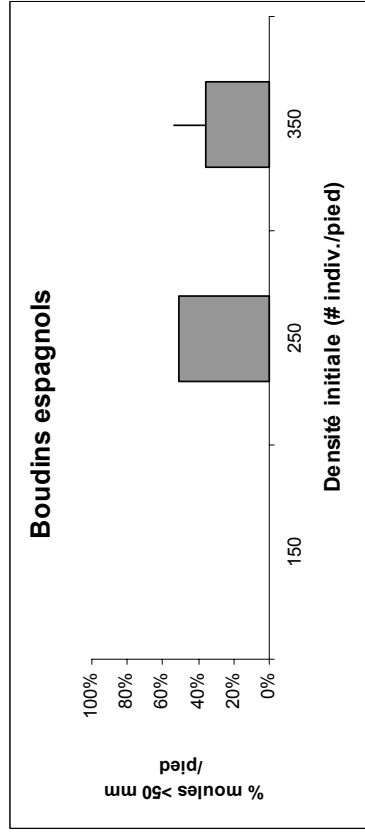
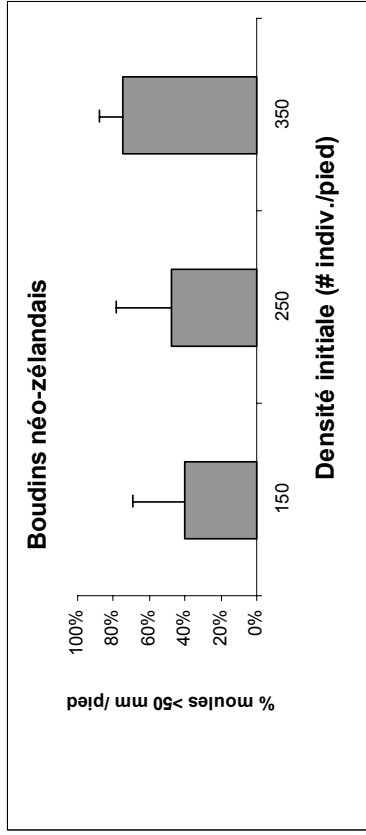


Figure 10. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures du nombre de moules de taille commerciale par pied de boudin à la récolte, classés par densité initiale de boudinage (à gauche) et par méthode de boudinage (à droite). Indiv. : individus.

4.4 Densité de moules par pied de boudin

4.4.1 Comparaison entre différentes techniques de boudinage

Pour le boudinage classique, toutes densités de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 71 et 1355 individus / pied (résultats non présentés).

Pour le boudinage espagnol, toutes densités de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 193 et 639 individus / pied (résultats non présentés).

Pour le boudinage néo-zélandais, toutes densités de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 122 et 626 individus / pied (résultats non présentés).

Les valeurs moyennes et les écarts-types de chacun des traitements expérimentaux sont présentés dans le **tableau 21** et dans la **figure 11**.

Tableau 21. Comparaison entre les différentes méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour trois densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied). Résultats des mesures du nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Résultats regroupés par densité initiale de boudinage. N.D. : non déterminé. Indiv. : individus.

Type de boudin	Densité initiale (# indiv./pied)	Densité à la récolte (# indiv./pied)	Écart-type (# indiv./pied)
Classique	150	905,3	396,5
Espagnol	150	N.D.	N.D.
Néo-zélandais	150	324,0	224,9
Classique	250	377,3	321,0
Espagnol	250	235,0	N.D.
Néo-zélandais	250	301,5	217,6
Classique	350	131,0	43,7
Espagnol	350	367,3	194,7
Néo-zélandais	350	143,0	14,4

Toutes densités initiales confondues, une analyse de variance du nombre de moules par pied de boudin indique qu'il n'y a pas de différences significatives entre les trois méthodes de boudinage ($p > 0,1$).

Lorsque l'analyse de variance est réalisée indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage, il apparaît que, dans les boudins réalisés avec une densité de naissain de 150 individus par pied, le nombre total de moules par pied de boudin classique au moment de la récolte était supérieur à celui des boudins néo-zélandais ($p = 0,055$; **Tableau 22**). Dans les

boudins réalisés avec une densité de naissain de 250 individus par pied, il n’y avait pas de différences significatives dans le nombre total de moules par pied entre les trois méthodes de boudinage testées ($p > 0,1$; **Tableau 22**). Finalement, dans les boudins réalisés avec une densité de naissain de 350 individus par pied, le nombre total de moules par pied des boudins espagnols était inférieur à celui des boudins classiques et néo-zélandais ($p = 0,025$ et $p = 0,049$; **Tableau 22**).

Tableau 22. Résultat des analyses de variance sur le nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte, calculées indépendamment pour chaque densité initiale de boudinage.

Densités initiales de boudinage	Différences détectées dans les méthodes de boudinage	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
150 moules/pied	$C_{150} > NZ_{150}$	$p = 0,055$
250 moules/pied	$(E_{250} = C_{250}) = NZ_{250}$	$p > 0,1$
350 moules/pied	$(C_{350} = NZ_{350}) < E_{350}$	$p = 0,025$; $p = 0,049$

4.4.2 Comparaison entre différentes densités de naissain au moment du boudinage

Pour le boudinage à 150 moules par pied, toutes méthodes de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 122 et 1355 individus / pied (résultats non présentés).

Pour le boudinage à 250 moules par pied, toutes méthodes de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 96 et 727 individus / pied (résultats non présentés).

Pour le boudinage à 350 moules par pied, toutes méthodes de boudinage confondues, la gamme des valeurs du nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte a varié entre 68 et 215 individus / pied (résultats non présentés).

Les valeurs moyennes et les écarts-types de chacun des traitements expérimentaux sont présentés dans le **tableau 23** et dans la **figure 11**.

Tableau 23. Comparaison entre les différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) pour trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise). Résultats des mesures du nombre total de moules par pied de boudin au moment de la récolte. Moyenne et écart-type calculés sur les réplicats. Résultats regroupés par méthode de boudinage. N.D. : non déterminé. Indiv. : individus.

Type de boudin	Densité initiale (# indiv./pied)	Densité à la récolte (# indiv./pied)	Écart-type (# indiv./pied)
Néo-zélandais	150	324,0	224,9
Néo-zélandais	250	301,5	217,6
Néo-zélandais	350	143,0	14,4
Espagnol	150	N.D.	N.D.
Espagnol	250	235,0	N.D.
Espagnol	350	367,3	194,7
Classique	150	905,3	396,5
Classique	250	377,3	321,0
Classique	350	131,0	43,7

Toutes méthodes de boudinage confondues, une analyse de variance du nombre de moules par pied de boudin indique qu'il n'y a pas de différences significatives entre les trois densités initiales de boudinage ($p > 0,1$).

Lorsque l'analyse de variance est réalisée indépendamment pour chaque méthode de boudinage, il apparaît que, dans les boudins classiques, le nombre total de moules par pied des boudins à 150 individus par pied au moment de la récolte était significativement supérieur à celui des boudins à 350 individus par pied ($p = 0,018$; **Tableau 24**). Dans les boudins espagnols, le nombre total de moules par pied des boudins à 250 individus par pied n'était pas différent de celui des boudins à 350 individus par pied (**Tableau 24**). Dans les boudins néo-zélandais, au moment de la récolte, il n'y avait pas de différences significatives dans le nombre total de moules par pied entre les trois densités initiales testées ($p > 0,1$; **Tableau 24**).

Tableau 24. Résultat des analyses de variance sur les rendements en chair, calculées indépendamment pour chaque méthode de boudinage.

Méthode de boudinage	Différences détectées dans les densités de boudinage	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
Classique	$C_{150} = C_{250} = C_{350}$	$p > 0,1$
	$C_{150} > C_{350}$	$p = 0,018$
Espagnole	$E_{250} = E_{350}$	$p > 0,1$
Néo-zélandaise	$(NZ_{150} = NZ_{250}) = NZ_{350}$	$p > 0,1$

4.4.3 Interactions entre densité initiale et technique de boudinage

Une analyse de variance à deux facteurs croisés a été appliquée aux résultats des mesures du nombre total de moules par pied de boudin, ceci afin de vérifier s'il y avait des interactions entre la méthode de boudinage et la densité initiale de boudinage. Les résultats de l'analyse indiquent que, dans les boudins classiques 150 individus par pied, le nombre total de moules par pied au moment de la récolte est significativement plus élevé que dans les boudins classiques 350 individus par pied ($p = 0,011$) et que dans les boudins néo-zélandais à 350 moules par pied ($p = 0,034$) (**Tableau 25**).

Tableau 25. Résultat des analyses de variance à deux facteurs croisés appliquées aux résultats des mesures du nombre total de moules par pied de boudin.

Différences détectées entre les traitements expérimentaux	Probabilité que la différence soit un effet du hasard
$C_{150} > C_{350}$	$p = 0,011$
$C_{150} > NZ_{350}$	$p = 0,034$

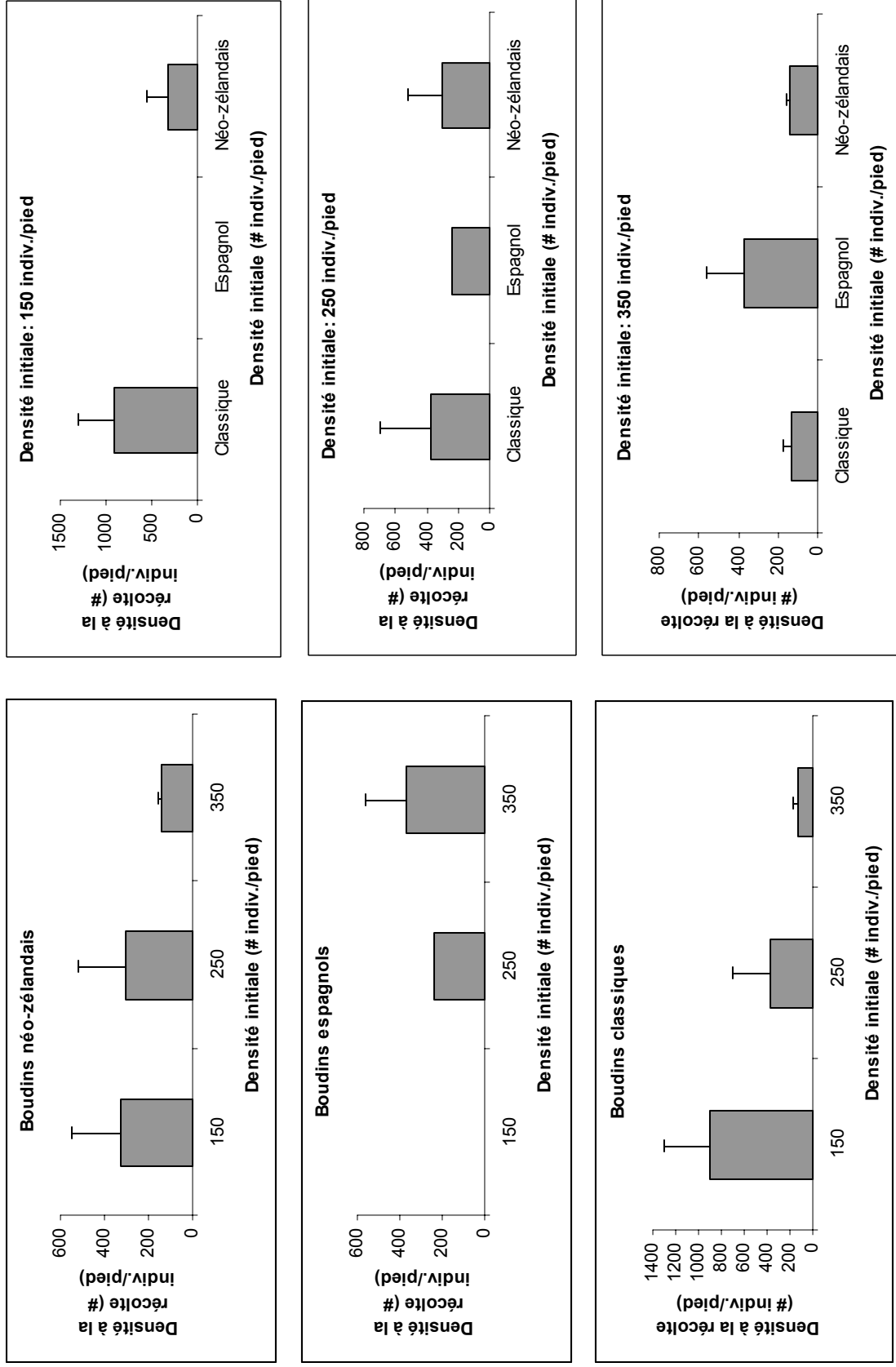


Figure 11. Comparaison entre les trois méthodes de boudinage (classique, espagnole, néo-zélandaise) pour différentes densités initiales de boudinage (150, 250 et 350 moules par pied) . Résultats des mesures du nombre total de moules par pied de boudin, à la récolte, classés par densité initiale de boudinage (à gauche) et par méthode de boudinage (à droite). Indiv. : individus.

4.5 Performances de la dégrappeuse-trieuse espagnole

L'efficacité de la dégrappeuse-trieuse espagnole a été testée avec l'unique lot espagnol (lot 305) dont la densité initiale visée était de 250 moules/pied. Pour ce lot, la densité réelle mesurée au moment de la mise en boudin est de 310 moules/pied. Par la suite, les autres traitements expérimentaux espagnols (densité initiale visée de 350 moules par pied) ont été dégrappés et triés avec la dégrappeuse-trieuse néo-zélandaise.

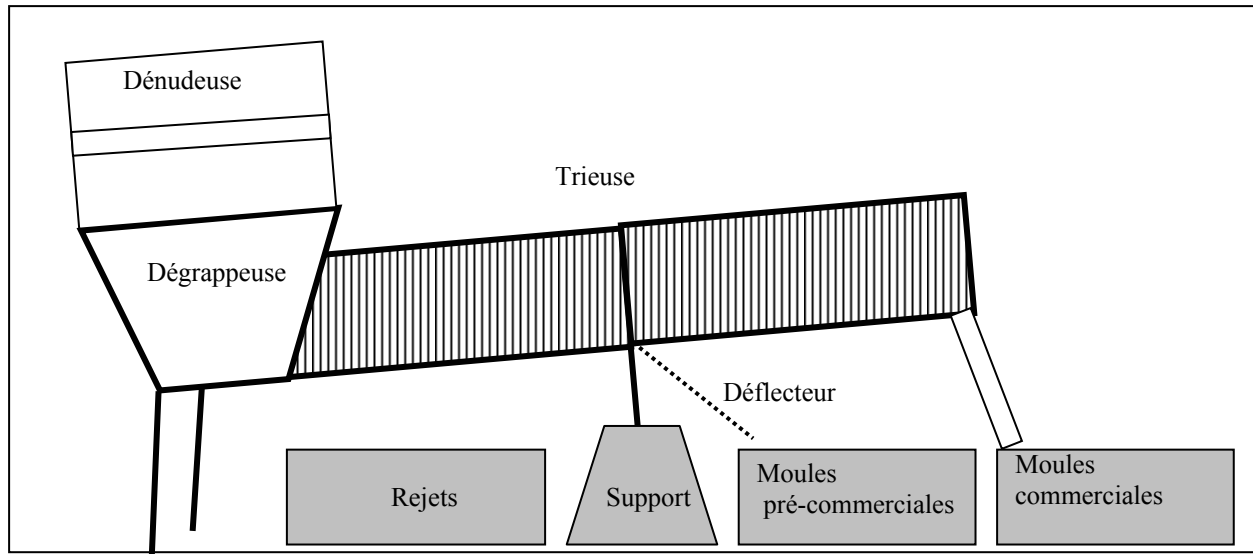


Figure 12. Schéma de la dégrappeuse-trieuse espagnole.

Comme la dégrappeuse-trieuse espagnole ne dispose pas d'une guillotine à la sortie du compartiment de dégrappage, la partie antérieure de la trieuse doit être relevée afin de prolonger le séjour des moules dans le caisson de la dégrappeuse (**Figure 12**). En outre, une partie (environ 1/10) des moules commerciales tombent dans la panne de moules précommerciales. Un couvercle de glacière a donc été installé comme déflecteur pour diriger les moules dans la bonne panne.

Sur la machine, il a été observé que la vitesse de dégrappage et de triage est inférieure à la vitesse de dénudage (strippage) du boudin. Ceci, combiné au petit volume de la cuve-réservoir au-dessus de la dégrappeuse, nécessite des arrêts fréquents pour diminuer l'engorgement de la machine.

D'autre part, comme la machine espagnole est plus basse que la machine néo-zélandaise, le cordage dénudé qui sort du treuil (hauler) s'accumule assez vite sur le côté de la machine. Ceci fini par nuire au bon déroulement du cordage à la sortie du treuil.

La glissière qui supporte le boudin entre sa sortie de l'eau et son arrivée dans la dénudeuse semble être efficace. Le décrochage des moules a surtout lieu au moment où le boudin entre dans la dénudeuse et ces moules dévalent alors la glissière, ce qui oblige l'équipage à intervenir pour

les retenir à la main. Généralement, il n'y avait pas beaucoup de décrochage de moules au bas de la glissière, lorsque le boudin aborde celle-ci. Par contre, lorsque le bas de la glissière ne touchait pas la surface de l'eau, le décrochage à cet endroit était plus important.

À la différence de la trieuse néo-zélandaise, dans la trieuse espagnole, le tambour annelé qui réalise le tri est fixe. Les moules sont mises en mouvement et entraînées par un axe central rotatif pourvu soit de brosses, soit de pales de caoutchouc. Il a été observé que le tri des moules était plus efficace lorsque la première moitié de l'axe était pourvue de pales de caoutchouc et la seconde partie, de brosses.

Au moment de la récolte, la densité de moules a été mesurée sur le boudin espagnol destiné à être traité avec la dégrappeuse-trieuse espagnole (lot 305) et elle était de 235 moules par pied. Dans cet échantillon brut, 51% des moules avaient atteint la taille commerciale (**Figure 13a**).

Après passage dans la dégrappeuse-trieuse espagnole, il a été constaté que 97 % des moules tombant du premier compartiment de la trieuse (moules précommerciales) avaient une taille inférieure à 50 mm (**Figure 13b**). Par contre, seulement 52 % des moules tombant du dernier compartiment de la trieuse (moules commerciales) avaient une taille supérieure à 50 mm (**Figure 13c**). Lors d'autres essais à petite échelle, 71-73 % des moules tombant du dernier compartiment de la trieuse espagnole avaient une taille supérieure à 50 mm (résultats non présentés). À titre de comparaison, dans la phase 1 du programme, il avait été observé que, parmi les moules recueillies à l'extrémité de la dégrappeuse-trieuse néo-zélandaise des mytiliculteurs, entre 38 et 84 % (moyenne 58 %) étaient de taille commerciale.

4.6 Comparaison des coûts pour différentes densités initiales de boudinage

Étant donné que les résultats des expérimentations semblent indiquer qu'il y a un avantage à utiliser des densités initiales élevées lors des opérations de boudinage, la question qui s'est posée était la suivante : est-ce que, pour un producteur, la valeur attribuée à l'augmentation de rendement surpasse la valeur correspondant au surplus de naissain utilisé ? Selon les producteurs, il en coûte 0,50 \$ pour produire un pied de collecteur, de la pose des collecteurs au dégrappage-triage pour obtenir du naissain prêt à boudiner. Généralement, on fait 3 pieds de boudin à 200-250 moules pour chaque pied de collecteur récolté, une fois le naissain trié.

Une analyse des coûts a donc été réalisée en partant des données de base suivantes :

- Longueur d'une filière : 150 m
- Longueur de boudin par filière : 800 m
- Un pied de collecteur contient 700 moules utilisables pour le boudinage
- Un mètre = 3,28 pieds
- Valeur d'une longueur de collecteur : 0,50 \$/pied
- Valeur d'une longueur de boudin : 0,50 \$/livre de moule commerciale.

Les résultats indiquent que la valeur des moules commerciales récoltées augmente proportionnellement à la quantité de naissain utilisée, donc au coût du naissain (**Tableau 26**). Le rapport entre le coût du naissain et la valeur des moules récoltées se maintient dans une

fourchette de valeurs réduite, entre 15% et 18 %. La seule exception étant les boudins classiques à 150 moules par pied qui avaient donné des rendements très médiocres, probablement à cause d'une mauvaise rétention des moules dans le filet à boudiner en plastique combinée à une forte intensité de fixation secondaire en cours de grossissement (**Tableaux 18 et 19**). Finalement, pour les boudins de densité élevée (350 moules par pied), quelle que soit la méthode de boudinage utilisée, le bénéfice net par filière reste au-dessus de 3 500 \$, alors que, pour les boudins de plus faible densité (150 et 250 moules par pied), le bénéfice net par filière est resté inférieur à 2 500 \$.

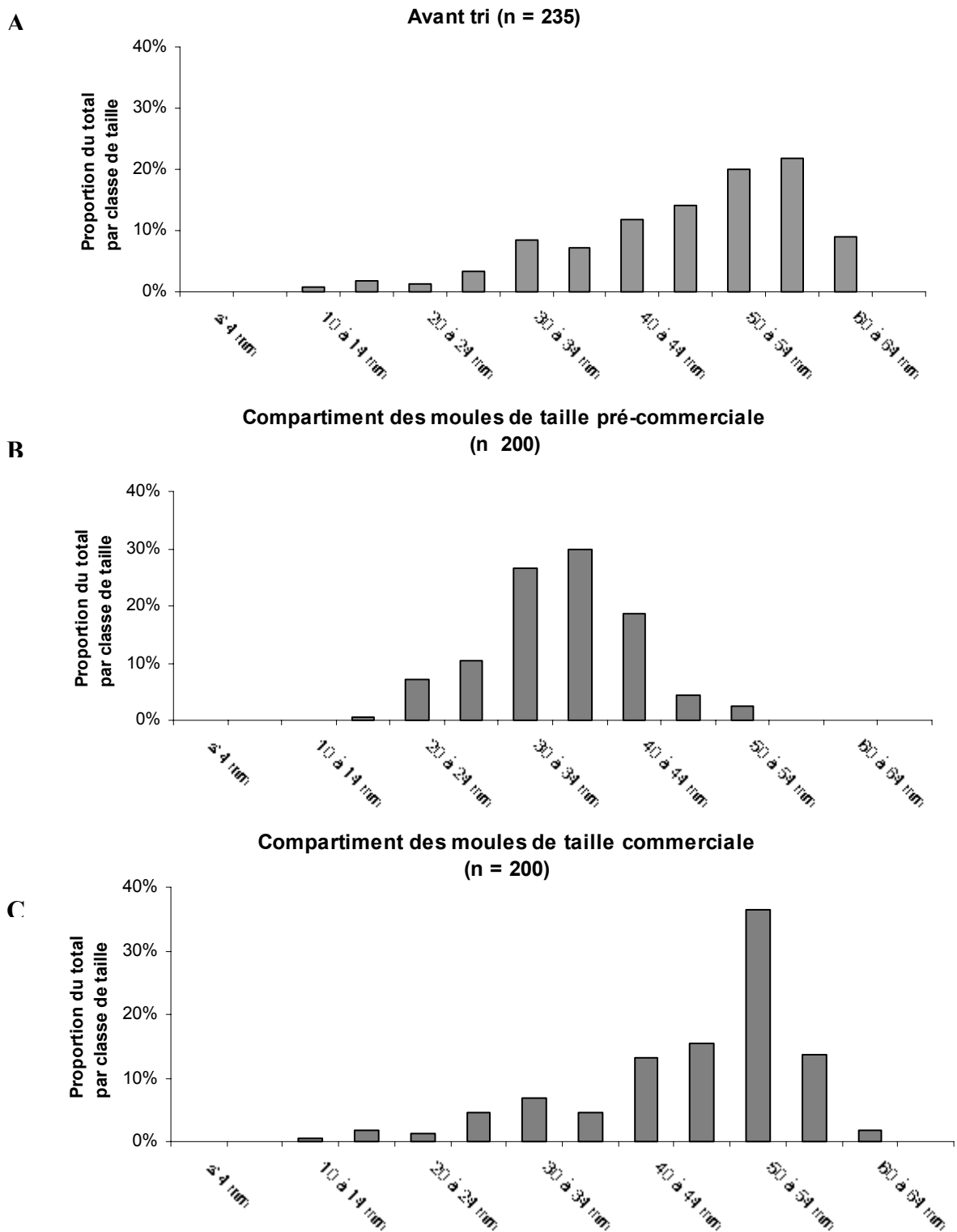


Figure 13. Distribution de tailles d'échantillons de moules traités avec la dégrappeuse-trieuse espagnole. A. Échantillon d'un pied prélevé sur un boudin espagnol, avant dégrappage-triage. B. Échantillon prélevé dans le bac des moules précommerciales sous la trieuse espagnole. C. Échantillon prélevé dans le bac des moules commerciales sous la trieuse espagnole.

Tableau 26. Comparaison du rapport coûts - bénéfice associé à différentes densités initiales de boudinage.

Méthode de boudinage	Densité de boudinage utilisée (# indiv/piéd)	Longueur de collecteur utilisée (mètres)	Rendement net moyen à la récolte (kg/m)	Rendement moyen à la récolte (kg par filière)	Valeur de la filière d'engrais-sement à la récolte (\$)	Valeur monétaire du collecteur utilisé (\$)	Bénéfice net par filière (valeur récolte moins valeur naissain) (\$)	Ratio coût naissain /bénéfice récolte
Classique	150	160	0,84	672	740	262	478	35%
Classique	250	267	3,24	2592	2855	437	2417	15%
Classique	350	373	4,82	3855	4246	612	3634	14%
Espagnol	350	373	4,82	3856	4247	612	3634	14%
Néo-Zélandais	150	160	2,19	1752	1930	262	1667	14%
Néo-Zélandais	250	267	2,93	2344	2581	437	2144	17%
Néo-Zélandais	350	373	5,02	4016	4423	612	3811	14%

5. DISCUSSION

5.1 Comparaison des méthodes de boudinage

Les résultats des expériences indiquent que, globalement, les trois techniques donnent des résultats comparables en termes de rendement brut et net à la récolte. Il apparaît par conséquent que, de ce point de vue, les techniques de boudinage néo-zélandaise et espagnole sont au moins aussi performantes que la technique classique considérée comme témoin. Cependant les résultats indiquent aussi que, par rapport aux autres méthodes, les moules boudinées avec la méthode néo-zélandaise ont un rendement en chair légèrement plus élevé au moment de la récolte.

Par ailleurs, il a été observé que les boudins classiques de faible densité (150 moules par pied) ont eu de très mauvaises performances, certains étant pratiquement dépourvus de moules commerciales au moment de la récolte. Il se pourrait que, lorsque la densité initiale est trop faible, les mailles du filet italien s'ouvrent plus largement, facilitant ainsi la perte des moules au moment de la mise à l'eau. Il faut aussi remarquer qu'un nombre important de boudins classiques a été perdu en cours de projet, vraisemblablement par rupture de la corde qui les attache à la filière.

5.2 Comparaison des densités initiales de boudinage

Rendements. Les résultats des expériences menées ici indiquent que, quelle que soit la méthode de boudinage, les rendements à la récolte sont plus élevés lorsque la densité initiale de boudinage est de 350 moules par pied. Il apparaît également que le rendement en chair à la récolte est plus élevé lorsque la densité initiale de boudinage est de 350 moules par pied. Des travaux récents, menés à l'Université Memorial (Terre-Neuve, Canada) ont également testé l'effet de la densité initiale de boudinage (100, 200, 250 et 300⁺ moules par pied; naissain de 25-27 mm; méthode de boudinage manuel classique) sur les rendements. Leurs résultats indiquent que les rendements augmentent proportionnellement à la densité de boudinage, tout comme dans la présente étude (McNeil 2003; McNeill 2005). Ils indiquent également que, dans les boudins classiques de moindre densité, la disposition des moules était aléatoire et régulièrement interrompue par des espaces dépourvus de moules (McNeil 2003; McNeill 2005). D'autre part, dans les zones où il y a plusieurs vagues de fixation (second set, third set, etc.), les densités de 300-400 moules par pied de boudin sont beaucoup plus intéressantes en terme de rendement économique (C. Couturier, comm. pers; 2005).

Les résultats du présent travail vont également dans le même sens que ceux du programme Open Ocean Aquaculture (OAA, Université du New Hampshire, Maine, USA). Selon leurs résultats, une densité de boudinage de 275 moules au pied n'affecte pas les taux de croissance (R. Langlan, comm. pers., 2005). À plus haute densité, la croissance est légèrement ralentie, mais les rendements sont plus élevés. Les chercheurs du OAA ont testé une seule fois une densité de 390 moules/pied mais ils ont eu beaucoup de décrochage à la récolte. Les densités de boudinage testées dans le programme OAA ont varié entre 150 et 325 indiv/pied. Selon R. Langan (2005), certains éleveurs utilisent des disques ou des taquettes pour travailler à plus haute densité.

Par contre, à l'intérieur de la gamme de densités testées ici, les résultats obtenus ne confirment pas les travaux théoriques de modélisation de MM. Fréchette et Wilson (Wilson *et al.* 2004; Fréchette *et al.* 2005). En effet, des résultats provenant d'une expérience de terrain comparant la production de boudins avec deux densités différentes (366 et 566 moules par pied) indiquent que la densité finale est indépendante de la densité initiale et atteint 275 moules par pied (Wilson *et al.* 2004). Par ailleurs, ces travaux suggèrent que la biomasse (poids sec de chair) diminue au fur et à mesure que la densité de boudinage augmente.

Fixation secondaire. Dans la présente étude, dans les résultats correspondants aux boudins néo-zélandais et classiques, il y avait une tendance à avoir plus de fixation secondaire sur les boudins à faible densité. En particulier, au moment de la récolte les boudins classiques 150 moules par pied étaient composés quasi exclusivement de 2nd set (96 % indiv. + petit que 50 mm en moyenne). Dans les travaux menés à Terre-Neuve, les densités de boudinage les plus élevées et le positionnement des boudins à 9 m, c'est-à-dire au niveau ou juste sous la thermocline saisonnière, semblent également contribuer à réduire l'intensité de la fixation secondaire et des salissures, ce qui rend les moules plus acceptables pour les usines de transformation (McNeil 2003; McNeill 2005). Leurs observations indiquent aussi que la qualité des boudins, en termes de remplissage, d'uniformité et d'absence de déchets, contribue également à prévenir l'intensité des fixations secondaires (McNeil 2003; McNeill 2005). Il semblerait que, dans les boudins pleins et uniformes, les moules sont organisées en couronne serrée, avec les siphons inhalants tournés vers l'extérieur. Cette disposition ne laisse que peu d'espace vide pour la fixation des salissures. En outre, la filtration des larves par les moules du boudin pourrait aussi réduire la fixation secondaire puisque des larves de moule peuvent être trouvées dans l'estomac des adultes et qu'apparemment elles sont entièrement digérées par les adultes (Robinson *et al.* 2002; Lehan et Davenport 2004).

5.3 Technologie espagnole

Dans le présent projet, il n'y a pas eu suffisamment de temps consacré au rodage des équipements espagnols et nous n'avons donc pas pu nous familiariser suffisamment avec ces équipements ni les adapter aux bateaux sur lesquels ils ont été utilisés. Les conclusions ci-dessous sont donc sujettes à caution. Malgré tout, globalement, l'équipement espagnol s'avère facile à installer et à manœuvrer. Étant donné la petite taille, le poids modéré (50-80 kg) et la compacité des machines, il serait facile de les utiliser sur un bateau de pêche sans apporter de modifications importantes à l'embarcation. Ils pourraient donc servir comme banc d'essai pour des producteurs débutants ou hésitants.

Boudineuse. Avec la boudineuse espagnole, les opérations de boudinage se déroulent relativement bien. Toutefois, pendant les opérations de boudinage, il s'est avéré difficile de contrôler la quantité de naissain injectée dans les boudins. Ceci était causé à la fois par la longueur excessive des taquettes de plastique (22,5 cm) qui écartaient le filet à boudiner sans le traverser et également par le manque de sensibilité du contrôle hydraulique qui ne permettait pas de réduire le débit d'injection des moules en dessous d'un certain seuil. Selon nos observations, pour améliorer la boudineuse espagnole, il serait nécessaire de modifier les contrôles hydrauliques et d'utiliser des taquettes de plus petite taille – il existe un modèle de 18 cm. En

outre, il faudrait ajuster la courroie d'entraînement des roues terminales qui sont censées maintenir la tension du boudin à la sortie de la machine.

Selon la compagnie (Talleres Aguin, www.aguin.com) qui fabrique les équipements espagnols, le diamètre des boudins peut être contrôlé en ajustant la tension du collier de retenue en tissu qui enserre le filet à boudiner (Jacobo Aguin, Manager, comm. pers. 2006). Ensuite, il convient d'ajuster les positions des baguettes de métal à la sortie de la boudineuse pour qu'elles correspondent au diamètre du boudin. Une fois ajustées, ces baguettes sont censées éliminer les quantités excessives de moules autour des taquettes. Dans la fileuse, il est aussi possible d'utiliser du filet, au lieu de fil de lin, pour mieux maintenir les moules autour de la corde de culture.

Dégrappeuse-trieuse. L'efficacité de la dégrappeuse-trieuse espagnole a été satisfaisante, comparable à celle des plus grands modèles utilisés par les mariculteurs. Là aussi de petites améliorations mécaniques permettraient de rendre la machine plus performante et plus facile à utiliser.

Taquettes. Finalement, dans la gamme des densités testées, l'utilisation de taquettes sur la corde de culture n'a pas permis d'obtenir une augmentation significative du rendement final par rapport à la méthode néo-zélandaise. Cependant, il est possible que les densités modérées testées ici se situent en dessous du seuil à partir duquel les taquettes apportent un avantage pour réduire le décrochage (R. Langan, comm. pers. 2005). Malgré tout, les rendements obtenus avec les boudins espagnols sont similaires à ceux des boudins néo-zélandais à densité élevée.

6. RECOMMANDATIONS

Selon les résultats obtenus dans la présente étude et dans d'autres travaux récents menés à Terre-Neuve et dans le Maine, les mytiliculteurs auraient avantage à boudiner à des densités égales ou supérieures à 350 moules par pied. Non seulement le rendement final est-il plus élevé, mais les fortes densités de boudinage semblent réduire l'intensité des fixations secondaires et des salissures. Une analyse économique indique, par ailleurs, que le bénéfice net du producteur augmente proportionnellement à l'utilisation de plus grandes quantités de naissain. Pour réduire les salissures et la fixation secondaire des moules, il est également conseillé de soigner la mise en boudin du naissain de façon à mettre à l'eau, autant que possible, des boudins ayant une densité uniforme et dépourvus de déchets (salissures, coquilles vides ou brisées).

Les équipements espagnols, légers et peu encombrants, sont assez performants. Ils constituent donc une bonne alternative à l'utilisation des équipements néo-zélandais, surtout pour des producteurs en démarrage ou pour initier des producteurs qui disposent de petits bateaux.

Finalement, dans les phases ultérieures du programme d'amélioration des pratiques mytilicoles, il serait intéressant de tester des densités de boudinage plus élevées que 350 moules par pied de façon à vérifier si les rendements à la récolte continuent à augmenter. Il conviendrait aussi de profiter de ces tests pour vérifier si, à très hautes densités de boudinage, l'utilisation de taquettes ou de disques de plastique apporte un avantage.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Darnell, P. (2000). "Transfer of New Zealand mussel farming technology to Nova Scotia, Canada." Bulletin of the aquaculture association of Canada **100** (2): 41-46.
- Fréchette, M., M. Alunno-Bruscia and J.-F. Dumais. 2005. "Incompleteness and statistical uncertainty in competition/stocking experiments". Aquaculture **246**: 209-225.
- Ibarra, D. et Couturier, C. (1998). "Factors influencing cultured mussel meat yields and recommendations for a standard method." Bulletin of the aquaculture association of Canada. **98-2**: 59-61.
- Ibarra, D., Couturier, C. et T. Mills (2000). Chapitre 19. Calculation of meat yields by mussel growers in Newfoundland. ScienceTech Publishing: 261-269.
- Lehan, C. et Davenport, J. (2004). "Ingestion of bivalve larvae by *Mytilus edulis*: experimental and field demonstrations of larviphagy in farmed blue mussels." Marine Biology **145**(1): 101-107.
- McNeil, G. L. (2003). Effects of temporal and spatial variations in seston flux on growth of mussels (*Mytilus* spp.), in suspended culture in a boreal environment. School of fisheries, Marine Institute. St. John's, Memorial university of Newfoundland: 161 pages.
- McNeill, P. S. (2005). Optimizing cultured mussel yields: second-set dynamics and avoidance strategies. School of fisheries, Marine Institute. St. John's, Memorial university of Newfoundland: 149 pages.
- Robinson, K., Zeldis, J. et Ross, A. (2002). "Do mussels eat zooplankton ?" Water and atmosphere **10** (3): 9.
- Scherrer, B.. Biostatistique. Montréal, Gaëtan Morin Éditeur Ltée. 1984, 850 pages.
- SYSTAT, version 10 (2002). Systat Software, Inc., USA.
- Wilson, J., Alunno-Bruscia, M., Daigle, G. et Fréchette, M. (2007). "A comparative study of two grow-out techniques for mussel culture using self-thinning theory." En cours de publication.
- Zar, J. H. (1998). Biostatistical analysis. Prentice-Hall, Inc., 4^{ème} édition, 979 pages.

8. CRÉDITS

À chacune des étapes clés, de la planification à la réalisation, la Phase 2 du programme d'amélioration des pratiques mytilicoles a bénéficié de l'intervention des personnes suivantes : Stéphane Morissette, directeur de l'entreprise Les Moules Cascapédia, Éric Bujold, mytiliculteur, Marcel Roussy, biologiste au MAPAQ, Gilles Lapointe, technicien au Mapaq, Valérie McInnis, Ian Beaudin, Daniel Bourdages et Jean-Gilles Lelièvre, techniciens au CCTTP, Laurent Girault, Karen Lord et Marie-Hélène Fournier, chargés de projet au CCTTP, Marie-Lyne Larrivée, coordonnatrice à la recherche au CCTTP, sans oublier les équipages du GRT SYMBIOSE et du GRT SYNCHRO. Bruno Myrand, biologiste au MAPAQ, a aimablement fourni des informations qui ont été utilisées dans la section discussion. Carole Lelièvre, enseignante au CSP, a réalisé la révision linguistique du présent rapport.



Partenaires financiers
du CCTTP

