



SODIM

Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Optimisation de la croissance de pétoncles
géants en cages modulaires*

Rapport final

Dossier n° 710.161

Rapport commandité par la SODIM

Décembre 2009

**OPTIMISATION
DE LA CROISSANCE
DE PÉTONCLES GÉANTS
EN CAGES MODULAIRES**

Projet n° 710,161

Rapport final

présenté à

la SODIM

par

E. Tamigneaux, L. Seychelles

et M.-J. Leblanc

Halieutec

Décembre 2009

Résumé

Un projet a été initié en novembre 2007 pour comparer la survie et la croissance des pétoncles dans différentes configurations de cages et de paniers et pour évaluer les propriétés hydrodynamiques des cages. Outre les paniers pyramidaux de référence, cinq types de cages en plastique ont été comparés : des cages neuves, des cages usagées propres, des cages usagées couvertes de biosalissures, des cages usagées régulièrement nettoyées et des cages modifiées avec des plateaux surélevés. Deux lots de naissain différents ont été utilisés : du naissain de 19 mm collecté dans le détroit de Northumberland et du naissain de 14 mm collecté au large de Grande-Rivière.

Au terme de deux années de croissance en suspension dans le Havre de Gaspé, toute structure d'élevage confondue, les pétoncles ont atteint une taille supérieure à 50 mm, ce qui est la taille minimum pour la mise en marché du pétoncle princesse. Cependant, les mortalités cumulatives ont été très élevées (63 et 79%) et se sont manifestées tout le long du projet. Il n'y avait pas de différence dans les taux de survie entre les cages et les paniers pyramidaux ce qui indique que le type de structure d'élevage n'est pas le principal facteur expliquant la mortalité.

Sous la filière, les paniers pyramidaux et les cages oscillaient plusieurs fois par heure et le fond des structures était souvent éloigné de la position horizontale. Les séries de cinq paniers pyramidaux étaient généralement plus inclinés que les cages et les mouvements des paniers pyramidaux étaient plus fréquents que les mouvements des cages. Les mesures ont montré que les oscillations des structures d'élevage n'étaient pas suffisantes pour provoquer des épisodes de glissement et d'entassement des pétoncles susceptibles d'affecter la croissance et la survie. Des tests en bassin ont montré que, comparée au courant à l'extérieur, la vitesse du courant dans les cages est plus fortement réduite (43 % de réduction) que dans les paniers pyramidaux à petites mailles (37% de réduction).

Les mesures de courant *in situ* entre novembre 2008 et octobre 2009 montrent que, la majorité du temps, à la hauteur de la filière, le courant à l'extérieur des structures d'élevage ne dépasse pas 10 cm/s. En périodes de vives eaux, le courant est plus intense et peut, à de rares occasions, dépasser 30 cm/s. Si on considère l'atténuation du courant par les parois des structures d'élevage et leurs salissures, le courant auquel les pétoncles étaient exposés devait être le plus souvent inférieur à 5 cm/s. Comme les courants sont relativement faibles, il est possible que ce soit un facteur qui limite la croissance des animaux enfermés à l'intérieur de structures d'élevage couvertes de salissures.

Pendant la seconde année, la vitesse de croissance dans les paniers pyramidaux a été deux fois plus élevée que celle dans les cages. Il semble donc que la différence de croissance de 20 % déjà observée précédemment subsiste et même augmente sur une plus longue durée d'élevage. Les résultats suggèrent que, dans les cages, l'emboîtement des plateaux pourrait limiter le renouvellement de l'eau à travers le fond des paniers contrairement à ce qui se passe avec les paniers pyramidaux.

Au bout de 24 mois de culture en suspension, il n'y a pas eu de différence dans les taux de survie ni dans les taux de croissance entre les cages neuves et les cages usagées. L'hypothèse qu'un résidu toxique présent dans les cages neuves affecte la survie et la croissance des pétoncles est donc à écarter.

La vitesse de croissance et la taille finale des pétoncles dans les cages régulières neuves étaient légèrement plus faibles que celle des pétoncles dans les cages modifiées avec des plateaux surélevés. Il semble par conséquent que l'augmentation du volume d'eau disponible dans les plateaux a eu un effet, faible mais significatif, sur les indicateurs de rendement.

Il n'y a pas eu de différence entre la survie des pétoncles dans les cages usagées sales et celle des animaux dans les cages nettoyées. Par contre, la seconde année, la croissance dans les cages sales (0,048 mm/j) a été deux fois plus élevée que la croissance dans les cages nettoyées (0,023 mm/j).

Dans le choix d'une stratégie d'entreprise, il conviendra de tenir compte de la différence de vitesse de croissance importante (20-50%) entre les paniers pyramidaux et les cages, du moins dans le contexte du Havre de Gaspé. Cet avantage des paniers pyramidaux est cependant à mettre en balance avec l'aisance des manipulations des cages qui optimise le temps de travail.

La culture du pétoncle géant en cages de plastique rigide devrait être testée sur des sites avec forts courants pour améliorer les échanges d'eau à l'intérieur des cages et atténuer l'accumulation de vase. Il est possible que, dans un contexte de courant élevé, l'avantage des paniers pyramidaux, en terme de vitesse de croissance, s'atténue.

Il n'apparaît pas clairement que le nettoyage des structures soit bénéfique à long terme. Les résultats suggèrent que les salissures favorisent la croissance durant la seconde année d'élevage. Par ailleurs, le maintien des cages en surface pendant les opérations de nettoyage peut augmenter les mortalités en raison de la faible salinité de surface dans la baie. Il conviendrait de vérifier en conditions commerciale quel est l'effet de la saison et de la fréquence de nettoyage sur les paramètres de rendement.

Finalement, l'expérience a montré qu'il conviendrait d'utiliser des cages dont le maillage est adapté à la taille du naissain pour éviter l'ajout de chemisage interne ou le maintien du naissain dans des sacs en maille fine. Dans un site à courant faible comme c'est le cas à Gaspé un producteur pourrait considérer utiliser des cages avec des plateaux surélevés pour améliorer le renouvellement de l'eau à l'intérieur des plateaux.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Résumé.....	ii
Table des matières.....	iv
Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux.....	ix
1. INTRODUCTION	1
2. OBJECTIFS	3
2.1 Survie et croissance des pétoncles.....	3
2.2 Propriétés hydrodynamiques des cages.....	4
3. MATÉRIEL ET MÉTHODES	5
3.1 CULTURE EN MER.....	5
3.2 TESTS EN BASSINS.....	12
3.2.1 Stabilité des structures d'élevage.....	12
3.2.2 Atténuation du courant à l'intérieur des structures d'élevage.....	12
4. RÉSULTATS	13
4.1 ENVIRONNEMENT	13
4.2 SALISSURES.....	15
4.3 TAILLE INITIALE DES PÉTONCLES.....	15
4.4 SURVIE DES PÉTONCLES	16
4.4.1 Survie en fonction de l'origine du naissain.....	16
4.4.2 Survie en fonction de la structure d'élevage utilisée.....	18
4.4.3 Survie en fonction de la position du plateau/panier dans la structure d'élevage.....	21
4.5 PERFORMANCES DE CROISSANCE DES PÉTONCLES.....	23
4.5.1 Performances de croissance en fonction de l'origine du naissain.....	23
4.5.2 Performances de croissance en fonction de la structure d'élevage utilisée.....	26
4.5.3 Performances de croissance en fonction de la position du plateau/panier dans la structure d'élevage.....	30
4.6 STABILITÉ DES STRUCTURES D'ÉLEVAGE.....	33
4.7 RÉDUCTION DU COURANT DANS LES STRUCTURES D'ÉLEVAGE.....	37
5. DISCUSSION ET CONCLUSIONS	40
5.1 CARACTÉRISTIQUES ENVIRONNEMENTALES DU SITE D'ÉLEVAGE.....	40
5.2 ANNÉE 2007-2008.....	41
5.3 ANNÉE 2008-2009.....	44
6. RECOMMANDATIONS	47

7. RÉFÉRENCES	48
8. REMERCIEMENTS	48
ANNEXE 1	49

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1. Emplacement de la filière expérimentale sur le site de mytiliculture de l'entreprise Les Moules de Gaspé inc., dans le Havre de Gaspé. Les profondeurs sur les isobathes sont indiquées en mètres.	10
Figure 2. A. Disposition des structures d'élevage expérimentales sur la filière. B. Numérotation des paniers pyramidaux et des plateaux des cages (le dessin n'est pas à l'échelle).	11
Figure 3. A. Évolution de la température de l'eau dans les structures d'élevage, à 9 mètres sous la surface, entre novembre 2007 et octobre 2009. B. Évolution de la salinité de l'eau dans les structures d'élevage, à 9 mètres sous la surface, entre novembre 2008 et octobre 2009.	14
Figure 4. Distribution des tailles du naissain de pétoncles provenant (A) du Nouveau-Brunswick et (B) de Grande-Rivière, le 8 novembre 2007, au moment de leur transfert dans les structures d'élevage définitives.	16
Figure 5. Comparaison du taux de survie des pétoncles originaires de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick élevés en suspension dans le Havre de Gaspé (A) entre novembre 2007 et juin 2008, (B) entre novembre 2007 et novembre 2008 et (C) entre novembre 2008 et octobre 2009 (moyenne \pm écart-type).	17
Figure 6. Évolution du taux de mortalité de pétoncles de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick élevés en suspension entre novembre 2007 et octobre 2009 (moyenne \pm écart-type).	18
Figure 7. Comparaison du taux de survie des pétoncles élevés en suspension dans différents types de structures d'élevage (A) entre novembre 2007 et novembre 2008 et (B) entre novembre 2008 et octobre 2009, toute origine de naissain confondue (moyenne \pm écart-type). CRN : cage régulière neuve; CRU : cage régulière usagée; CRUN : cage régulière usagée nettoyée, CRUS : cage régulière usagée sale, CMN : cage modifiée neuve, PN : panier pyramidal (5 pearl nets en série).	19
Figure 8. Comparaison du taux de survie de pétoncles élevés en suspension selon leur position dans la structure d'élevage (moyenne \pm écart-type). Taux de survie selon la position du plateau de plastique rigide dans la cage (6 = plateau du centre, 10 = dernier plateau au bas de la cage) en 2008 (A) et en 2009 (C). Taux de survie selon la position du panier pyramidal dans la série de cinq paniers (1 = premier panier supérieur; 5 = dernier panier inférieur) en 2008 (B) et en 2009 (D).	22
Figure 9. Comparaison de la taille des pétoncles originaires de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick élevés en suspension dans le Havre de Gaspé entre le 08 novembre 2007 et le 30 octobre 2009 (moyenne \pm écart-type).	23

- Figure 10.** Comparaison du taux de croissance relatif (mm/jour) des pétoncles originaires de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick élevés en suspension dans le Havre de Gaspé entre (A) le 8 novembre 2007 et le 5 novembre 2008 et (B) le 5 novembre 2008 et le 30 octobre 2009 (moyenne \pm écart-type). 24
- Figure 11.** Changements dans la taille moyenne des pétoncles originaires de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick et élevés en suspension dans le Havre de Gaspé entre le 8 novembre 2007 et le 30 octobre 2009 (moyenne \pm écart-type). A. pétoncles cultivés dans les cages régulières neuves (CRN). B. pétoncles cultivés dans les paniers pyramidaux (pearl net). 25
- Figure 12.** Comparaison de la vitesse de croissance (mm/jour) des pétoncles élevés en suspension dans différents types de structures d'élevage (A) entre le 8 novembre 2007 et le 5 novembre 2008 et (B) entre le 5 novembre 2008 et le 30 octobre 2009, toute origine de naissain confondue (moyenne \pm écart-type). CRN : cage régulière neuve; CRU : cage régulière usagée; CRUN : cage régulière usagée nettoyée; CRUS : cage régulière usagée sale; CMN : cage modifiée neuve; PN : panier pyramidal (5 pearl nets en série). 28
- Figure 13.** Comparaison de la vitesse de croissance (mm/j) des pétoncles selon leur position dans la structure d'élevage (moyenne \pm écart-type). A et C. Vitesse de croissance selon la position du plateau dans les cages (6 = plateau du centre, 10 = dernier plateau au bas de la cage) pendant la première et la seconde année de culture en suspension. B et D. Vitesse de croissance selon la position du panier pyramidal dans la série de cinq paniers (1 = premier panier supérieur; 5 = dernier panier inférieur) pendant la première et la seconde année de culture en suspension. 32
- Figure 14.** Comparaison des angles auxquels des pétoncles de différentes tailles (20, 50 et 100 mm) se mettent à glisser dans un panier de plastique rigide et dans un panier de filet souple (pearl net) (moyenne \pm écart-type). 33
- Figure 15.** Comparaison du comportement des structures d'élevage en mer par la mesure de l'écart entre la position des plateaux et des paniers et la position horizontale. A. Mesures réalisées en automne 2007. B. Mesures réalisées en été 2008. C. Mesures réalisées en automne 2009. PN : paniers pyramidaux; CRU : cages régulières usagées; CMU : cages modifiées usagées. Les rectangles pleins représentent la valeur du mode (n = 16200) tandis que le trait représente la valeur de l'écart maximum observé pendant la période de mesure. X et Y représentent les deux axes horizontaux à angle droit l'un de l'autre. 35
- Figure 16.** Comparaison du comportement d'une cage régulière usagée (CRU) et d'une série de cinq paniers pyramidaux (PN) suspendus sous une filière dans le Havre de Gaspé pour différentes échelles de temps en automne 2007. Les mesures de déviation angulaire correspondent à l'axe X (plan horizontal). 36

- Figure 17.** Changements dans la déviation angulaire d'une cage régulière usagée (CRU) en fonction des changements dans l'amplitude de la marée dans le Havre de Gaspé entre novembre et décembre 2007. Les mesures de déviation angulaire correspondent à l'axe X (plan horizontal). 37
- Figure 18.** Comparaison de la vitesse absolue du courant horizontal qui traverse le plateau d'une cage régulière sans doublure de Vexar (CRSV) et avec une doublure de Vexar (CRAV). 38
- Figure 19.** Atténuation du courant à l'intérieur de différentes structures d'élevage par rapport au courant appliqué à l'extérieur (% calculé sur la vitesse moyenne). CRSV : cage régulière sans doublure de Vexar, CRAV : cage régulière avec Vexar, CMSC : cage modifiée sans doublure de Vexar, CMAV cage modifiée avec Vexar, PNGM : panier pyramidal à grandes mailles (12 mm diagonale), PNPM : panier pyramidal à petites mailles (8 mm diagonale). 38
- Figure 20.** Vitesse du courant horizontal parallèle à la filière (U_x) et perpendiculaire à la filière (U_y) mesuré en novembre 2008. **A** Échelle d'un jour. **B** Échelle d'une semaine. **C** Échelle mensuelle. 39

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1. Calendrier des activités d'élevage en mer.	5
Tableau 2. Dimensions des paniers pyramidaux et des cages de plastique utilisés dans le projet.	7
Tableau 3. Distribution des tailles mesurées dans un échantillon du naissain originaire du Nouveau-Brunswick (n = 109) et de Grande-Rivière (n = 78) le 8 novembre 2008.	15
Tableau 4. Comparaison du taux de survie des pétoncles selon le type de structure d'élevage utilisé. Résultats des analyses de variance, toute origine de naissain confondue. Les différences considérées comme significatives sont indiquées en gras ($p \leq 0,1$). CRN : cage régulière neuve; CRU : cage régulière usagée; CRUN : cage régulière usagée nettoyée; CRUS : cage régulière usagée sale; CMN : cage modifiée neuve; PN : panier pyramidal (5 pearl nets en série).	20
Tableau 5. Comparaison du taux de croissance (mm/j) des pétoncles selon le type de structure d'élevage utilisée. Résultats des analyses de variance, pour les vitesses de croissance calculées entre nov. 07 et nov. 08 et entre nov. 08 et oct. 09, toute origine de naissain confondue. Les différences considérées comme significatives sont indiquées en gras ($p \leq 0,1$). CRN : cage régulière neuve; CRU : cage régulière usagée; CRUN : cage régulière usagée nettoyée; CRUS : cage régulière usagée sale; CMN : cage modifiée neuve; PN : panier pyramidal (5 pearl nets en série).	29
Tableau 6. Comparaison du taux de croissance (mm/j) des pétoncles selon leur répartition dans les cinq paniers inférieurs des cages de plastique rigide, tous types de cage confondus. Résultats des analyses de variance sur les vitesses de croissance calculées entre nov. 07 et nov. 08 et entre nov. 08 et oct. 09, toute origine confondue. Les différences considérées comme significatives sont indiquées en gras ($p \leq 0,1$).	31
Tableau 7. Angle minimum de déviation par rapport à l'horizontale susceptible de provoquer un glissement des pétoncles dans les plateaux de plastique des cages et dans les paniers pyramidaux (moyenne \pm écart-type).	33

1. INTRODUCTION

Il existe de nombreuses stratégies différentes pour l'élevage du pétoncle en suspension. Au Québec, ce sont les paniers pyramidaux (pearl net) qui sont communément utilisés pour la pectiniculture. Des études menées dans les provinces maritimes ont clairement montré l'importance de bien étudier le site d'élevage et de choisir la stratégie d'élevage la mieux adaptée au site pour développer une pectiniculture rentable (Dadswell, 2001). C'est sur la base de ces considérations qu'Halieutec (centre collégial de transfert de technologie des pêches) a mené entre 2001 et 2004 plusieurs projets d'élevage expérimental dans le Havre de Gaspé pour comparer cinq techniques d'élevage de pétoncles différentes, à la demande d'une entreprise de mariculture locale et de la SODIM.

Les résultats de ces travaux ont montré qu'aucune des cinq structures testées ne permettait de mener à bien le cycle complet d'élevage du pétoncle dans des conditions optimales, à cause de la très grande abondance de biosalissures, une caractéristique du Havre de Gaspé. Les boucles d'oreilles permettent de s'affranchir de ce problème, mais elles ne sont utilisables que pour des pétoncles d'une taille de 50+ mm, alors que les individus juvéniles récupérés sur les collecteurs mesurent entre 7 et 15 mm. Parmi les autres structures, les cages « Savoury » offraient les meilleures performances en termes de croissance, de survie, de contenance et de quantités de biosalissures captées, surtout du fait de la grande surface des unités d'élevage. Cependant, ce système avait aussi de graves défauts : encombrement et poids trop important, coût d'achat élevé, durabilité limitée, ouvertures mal conçues impliquant un temps de travail considérable pour la manutention des pétoncles et le nettoyage de la structure (Girault *et al.*, 2003). Dans une activité où la marge bénéficiaire est faible, ces défauts peuvent compromettre la rentabilité d'une entreprise (Kingzett, 2004) et contrarier le développement de la pectiniculture.

En 2006, un projet a été développé en partenariat avec l'entreprise Les Moules de Gaspé inc. qui souhaitait diversifier ses activités en se lançant dans la pectiniculture (Leblanc *et al.*, 2007). Le projet a permis d'accompagner le partenaire industriel dans une démarche d'innovation technologique visant à tester en mer une nouvelle structure d'élevage du pétoncle géant. Le système retenu est une cage de plastique (Suspension 1000) développée en Colombie-Britannique pour l'élevage des huîtres. Chaque cage, en plastique ajouré, est composée de 10 plateaux indépendants qui s'enfilent sur un poteau central (annexe 1). Cette configuration a l'avantage de rendre l'assemblage et le désassemblage plus aisé, ce qui facilite à la fois le nettoyage et le transport des cages, ainsi que la manutention des pétoncles. En fait, ce système possède les avantages de la cage Savoury sans en avoir les inconvénients. Cependant, il s'agit d'un système développé pour la culture des huîtres en milieu protégé et il convient de vérifier si le design actuel des cages convient aux pétoncles. Par ailleurs, si cela s'avérait nécessaire, le fabricant se dit prêt à modifier le moule des cages pour l'adapter aux besoins spécifiques de l'élevage de pétoncles.

Les résultats du projet mené pendant 4 mois et demi du 20 juin au 2 novembre 2006 ont permis de mettre en évidence les faits suivants :

- la survie des pétoncles dans les cages n'a pas été différente de la survie dans les paniers pyramidaux ;
- les cages ont accumulé trois fois moins de biosalissures (majoritairement *Tubularia larynx*) par unité de surface que les paniers pyramidaux ;
- la croissance des pétoncles dans les cages de plastique a été inférieure de 20% à celle des pétoncles dans les paniers pyramidaux.

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer ce dernier résultat :

- les cages neuves libèrent des résidus de fabrication (huiles minérales, etc.) nocifs pour les pétoncles;
- le renouvellement de l'eau (nourriture, O₂, NH₃) est plus lent à l'intérieur des cages (indépendamment du recouvrement par les salissures);
- une moins bonne stabilité verticale des cages dans le courant provoque l'entassement des pétoncles et l'augmentation des périodes d'arrêt de la filtration;
- les biosalissures contribuent significativement à l'alimentation des pétoncles.

Finalement, le plus important c'est que le projet a montré qu'il faut une minute de manipulation à trois hommes d'équipage pour remplir et assembler une cage de 1000 pétoncles, comparativement à 9 minutes à trois personnes pour placer le même nombre de pétoncles dans des paniers pyramidaux. Grâce à la facilité d'assemblage –désassemblage des cages, celles-ci sont donc jusqu'à 8 fois plus efficaces en terme de temps de manipulation que les paniers pyramidaux. Elles offrent d'énormes économies de main-d'œuvre et, par extrapolation, d'argent par rapport aux structures conventionnelles.

De ce fait, deux producteurs de pétoncles de la Gaspésie souhaitent inclure les cages de plastique dans leurs opérations de pectiniculture: Les moules de Gaspé et Les fermes marines du Québec. Cependant, avant d'adopter définitivement le modèle de cages existant ou d'en faire modifier le moule, ces entreprises souhaitent savoir :

1. si les taux de croissance mesurés en 2006 sur une période de 4 ½ mois se maintiennent à plus long terme. Autrement dit, la croissance des pétoncles dans les cages reste-t-elle 20% inférieure à celle des pétoncles dans les paniers pyramidaux quand la durée d'élevage se prolonge au-delà de 6 mois ?
2. si l'utilisation de plateaux surélevés, avec un volume intérieur deux fois plus grand, augmente le taux de croissance et de survie des pétoncles vs les plateaux réguliers (volume d'eau et nourriture disponible).
3. si l'utilisation de cages pré-conditionnées dans l'eau de mer augmente le taux de croissance et de survie des pétoncles vs cages neuves (toxicité des cages neuves ?).
4. si le renouvellement de l'eau dans les cages est différent de celui dans un panier pyramidal.

5. si les cages ont le même comportement que les paniers pyramidaux dans le courant (stabilité) – ceci pourrait avoir une influence à la fois sur le choix du lest et sur la croissance des pétoncles.
6. si les taux de croissance et les taux de mortalité mesurés en 2006 dans les cages sont reproductibles d’une année à l’autre.

2. OBJECTIFS

Pour répondre à ces questions il a été proposé de mener un projet de recherche appliquée qui vise à étudier deux aspects, soient la survie et la croissance des pétoncles et les propriétés hydrodynamiques des cages. Ce projet comporte les objectifs suivants :

2.1 SURVIE ET CROISSANCE DES PÉTONCLES

1. ***Vérifier si, à long terme (12 mois et plus) le taux de croissance des pétoncles élevés en cage reste inférieur au taux de croissance des pétoncles cultivés en paniers pyramidaux.***

Hypothèse nulle : sur un cycle d’élevage ≥ 12 mois, le taux de croissance des pétoncles en cages n’est pas différent de celui des pétoncles en paniers pyramidaux.

Témoin : pétoncles du même lot élevés en panier pyramidal.

2. ***Vérifier si l’utilisation de plateaux surélevés (cage modifiée) augmente le taux de croissance et la survie des pétoncles.***

Hypothèse nulle : dans un plateau surélevé (2 x le volume du panier régulier), la croissance et la survie des pétoncles est similaire à celle des pétoncles dans un plateau régulier.

Témoin : pétoncles du même lot élevés dans des cages constituées de plateaux réguliers.

3. ***Vérifier si l’utilisation de cages pré-conditionnées augmente le taux de croissance et la survie des pétoncles vs cages neuves.***

Hypothèse nulle : La croissance et la survie des pétoncles dans une cage pré-conditionnée usagée (immergée pendant 12 mois en mer) est similaire à celle des pétoncles dans une cage neuve, utilisée sans pré-conditionnement.

Témoin : pétoncles du même lot élevés dans des cages neuves.

4. *Vérifier si l'utilisation de cages usagées avec salissures augmente le taux de croissance et la survie des pétoncles vs cages usagées sans salissure.*

Hypothèse nulle : La croissance et la survie des pétoncles dans une cage usagée recouverte de salissures (immergée pendant 12 mois en mer avant utilisation) est similaire à celle des pétoncles dans une cage usagée sans salissures.

Témoin : pétoncles du même lot élevés dans des cages usagées sans salissures et nettoyée régulièrement par un plongeur.

2.2. PROPRIÉTÉS HYDRODYNAMIQUES DES CAGES

5. *Vérifier si le renouvellement de l'eau dans les cages est différent de celui dans un panier pyramidal.*

Hypothèse nulle : La vitesse de renouvellement de l'eau dans le plateau d'une cage n'est pas différente de celle dans un panier pyramidal.

Témoin : Vitesse de renouvellement de l'eau en panier pyramidal

6. *Vérifier si le renouvellement de l'eau dans les cages modifiées (plateau surélevé) est différent de celui dans un panier pyramidal.*

Hypothèse nulle : La vitesse de renouvellement de l'eau dans le plateau d'une cage modifiée n'est pas différente de celle dans un panier pyramidal.

Témoin : Vitesse de renouvellement de l'eau en panier pyramidal

7. *Vérifier si les cages ont le même comportement que les paniers pyramidaux dans le courant à l'intérieur du Havre de Gaspé.*

Hypothèse nulle : Le déplacement angulaire d'une cage (10 plateaux) dans le courant n'est pas différent de celle d'une grappe de paniers pyramidaux¹ (10 pearl nets).

Témoin : Déplacement angulaire de dix paniers pyramidaux attachés en série.

¹ Correspondant à l'utilisation optimale de la hauteur d'eau du site (20 m) dans un contexte de culture commerciale avec une filière immergée à 8 m, en tenant compte des marées et d'un dégagement de 4 m au dessus du fond.

3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1. CULTURE EN MER

Caractéristiques du site expérimental. Le site expérimental se situe dans le Havre de Gaspé (Figure 1). La profondeur du site est de 19 mètres. Une filière d'élevage semi-immersée standard (200 m de long) a été installée et mise entièrement à la disposition du projet par Les Moules de Gaspé inc. Les coordonnées des bouées de coin de la filière étaient 48° 50,899 N; 64° 27,324 O et 48° 50,897 N; 64° 27,190 O. La filière expérimentale avait une orientation est-ouest et la ligne porteuse était positionnée à 11 mètres au dessus du fond et à 8 mètres sous la surface. En tenant compte des cordes d'attache (1 m), la partie supérieure des structures d'élevage (cages et paniers) était à 9 mètres sous la surface. La disposition des structures expérimentales sur la filière est présentée sur la figure 2a.

Origine des pétoncles. Au départ, il était prévu d'utiliser le naissain local provenant des collecteurs expérimentaux immergés en août 2006 dans la baie de Gaspé par le Centre Aquicole Marin de Grande-Rivière (CAMGR). Ce naissain (1-5 mm) a été récolté en mai 2007, trié à l'École des Pêches et de l'Aquaculture du Québec (ÉPAQ) et maintenu en bassin, alimenté avec du concentré de microalgues de la compagnie Nutrocéan. En automne 2006, ces pétoncles n'avaient pas atteint la longueur de 10-15 mm nécessaire pour le projet et les taux de survie dans le bassin étaient très faibles.

Les pectiniculteurs du Québec ont alors été contactés pour obtenir du naissain. En juin 2006, Pec-Nord disposait seulement de naissain de 30-40 mm. Par ailleurs, selon le service de l'Habitat du poisson (Ministère des pêches et des océans) les transferts en provenance des Îles-de-la-Madeleine n'étaient pas autorisés.

Tableau 1. Calendrier des activités d'élevage en mer.

ACTIVITÉ	DATE	DURÉE D'ÉLEVAGE
Tri des collecteurs de Grande-Rivière	5 oct. 2007	
Réception et mise en quarantaine du naissain du N.-B.	25 oct. 2007	
Stabulation en mer dans le Havre de Gaspé	27 oct. 2007	
Insertion dans les structures expérimentales	8 et 9 nov. 2007	0 mois
Premier suivi	15 juin 2008	7 mois
Second suivi	5 nov. 2008	12 mois
Récolte et mesures finales	30 oct. 2009	24 mois

En octobre 2007, les 42 collecteurs de pétoncles de la filière de l'ÉPAQ à Grande-Rivière ont été récoltés et triés par les étudiants de l'AEC en techniques d'aquaculture

(Tableau 1). Ceci a permis de récupérer 4000 pétoncles géants ≥ 10 mm. Après avoir écarté les individus ≥ 20 mm, il est resté environ 2000 pétoncles de 10-20 mm qui ont été utilisés dans le projet (Tableau 1 et Figure 1).

Pour compléter nos besoins, 18 500 juvéniles âgés d'un an (10-20 mm) ont été commandés à Pecten UPM/MFU Inc. au Nouveau-Brunswick. Ces pétoncles ont été collectés dans le nord du détroit du Northumberland et livrés par transport routier dans des caisses de styromousse scellées. Dans les caisses, les pétoncles étaient contenus dans des sacs japonais (500 individus par sac) séparés par des linges humectés d'eau de mer et conservés au frais avec des Gel-Packs. Tel que stipulé dans le permis de transfert du MPO (Permis Q I&T07/18 DW 4270-1), le naissain a été immédiatement placé pendant 48 h dans un système de dépuración en circuit ouvert équipé d'un filtre à cartouche 0,2 microns et d'une lampe U.V. pour traiter les effluents.

Le 27 octobre 2007, soit trente-six heures après leur arrivée à l'ÉPAQ, les pétoncles dépurés ont été transférés dans des cages de stabulation et immergés dans le Havre de Gaspé jusqu'au moment du démarrage du projet. Pendant la stabulation, les mortalités des pétoncles du Nouveau-Brunswick avoisinaient les 65 % et, au moment du transfert dans les cages expérimentales, il ne restait que 6 400 pétoncles de vivants. Selon nos observations, outre la durée du transport hors de l'eau depuis le Nouveau-Brunswick, une partie des mortalités est due aux coupures que les pétoncles s'infligent les uns les autres avec leurs coquilles quand on les manipule en vrac dans les sacs. Le transfert des pétoncles dans les structures de culture du projet a eu lieu le 8 et le 9 novembre 2007.

Caractéristiques des structures d'élevage. Les cages de polyéthylène rigide (modèle Suspension 1000, Dark Sea Entreprises Inc.) étaient composées de 10 plateaux indépendants amovibles qui étaient empilés les uns sur les autres. Un axe (poteau) central assurait la rigidité de la structure (Annexe 1, photos 1 et 4). Une fois assemblée, chaque cage avait une hauteur de 130 cm. Les panneaux latéraux de tous les plateaux des cages ont été recouverts d'un grillage supplémentaire (Vexar; diagonale de maille : 7 mm), car le maillage original (16 mm X 26 mm) était assez grand pour laisser passer les pétoncles juvéniles. Avec cinq paniers superposés, les paniers pyramidaux (Pearl net; diagonale de maille : 8 mm) couvraient une hauteur totale de 300 cm pour.

Cinq types de cages en plastique ont été utilisés dans le projet (Figure 2a). Des cages de plastique régulière neuves (CRN), des cages de plastique régulières usagées propres (CRU), des cages de plastique régulières usagées sales, couvertes de biosalissures (CRUS), des cages de plastique régulières usagées et nettoyées à intervalles réguliers (CRUN) et des cages de plastique modifiées neuves (CMN). Le lest des cages était composé de deux fers à collecteurs de moules pesant 2,5 kg (poids dans l'air) chacun, tandis que le lest des séries de 5 paniers pyramidaux était composé d'un seul fer de 2,5 kg. La longueur de la corde d'attache des structures d'élevage à la filière était de 100 cm.

Les cages neuves ont été achetées pour le projet tandis que les cages usagées, qui avaient passé 12 mois immergées dans le Havre de Gaspé (novembre 2006- septembre 2007), ont

été fournies par l'entreprise Les moules de Gaspé inc (Annexe 1, photo 3). Les six cages des traitements CRUS et CRUN ont été sorties de l'eau au dernier moment afin de maintenir en vie les biosalissures tandis que les cages usagées des autres traitements ont été sorties de l'eau, séchées et nettoyées un mois avant le démarrage du projet. Pour augmenter le volume des plateaux dans les cages modifiées neuves, un plateau sur deux a simplement été retourné à l'envers et fixé sur le plateau inférieur, diminuant ainsi par deux le nombre de plateaux par cage (Annexe 1, photo 2). Les caractéristiques des cages et des paniers pyramidaux réguliers sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Dimensions des paniers pyramidaux et des cages de plastique utilisés dans le projet.

STRUCTURE D'ÉLEVAGE	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)	Surface (cm ²)	Volume (litres)	Nombre de plateaux par cage
Panier pyramidal	35	35	20	1225	8,17	
Plateau d'une cage régulière	56	56	9	2488	22,39	10
Plateau d'une cage modifiée	56	56	18	2488	44,78	5

Remplissage initial des cages. Une pompe submersible a été descendue à 7 m sous le bateau et connectée à la source électrique du bateau (allume cigare). Cette pompe a servi à remplir et à alimenter en continu un bac isotherme qui servait de vivier pour conserver les sacs de pétoncles pendant le remplissage des structures expérimentales en novembre 2007. La température et la salinité de l'eau ont été mesurées régulièrement dans le vivier (± 4 °C et 28-29 ‰).

Sur le bateau, le tri s'est fait manuellement à l'air libre (température de l'air : 1 - 5 °C) et à sec pour enlever les individus morts ou moribonds. Les pétoncles triés ont été rassemblés par lots de 40 et placés dans des sacs japonais suspendus dans le vivier avant leur mise en cage/panier.

À la réception des pétoncles, il a été constaté que les individus de plus petite taille pouvaient passer à travers le fond des plateaux. De ce fait, au moment de remplir les cages, les sacs japonais contenant chacun 40 pétoncles étaient installés directement dans les plateaux des cages (2 sacs par plateau) (Annexe 1, photo 7). Dans les paniers pyramidaux par contre, les pétoncles étaient retirés des sacs japonais et déposés dans le panier puisque les mailles des paniers pyramidaux utilisés permettent de retenir les pétoncles de 10 mm. En novembre 2008, les pétoncles ont été retirés des sacs de maille et déposés directement dans les plateaux des cages (Annexe 1, photo 9).

Disposition des pétoncles dans les cages expérimentales. Étant donné les mortalités du naissain, il a été décidé de remplir seulement les 5 plateaux inférieurs de chaque cage

(plateaux numéros 6, 7, 8, 9 et 10, voir figure 2b) au lieu des 10 plateaux prévus initialement. Les cinq plateaux supérieurs de chaque cage sont donc restés vides. Ceci a permis de conserver la densité de remplissage prévue initialement, soit 80 pétoncles par plateau et 40 pétoncles par Pearl net, soit un recouvrement de 6-7 % de la surface des structures d'élevage en début de projet.

En outre, pour séparer les pétoncles d'origine différente, le premier plateau de chaque cage et le premier panier de chaque série de paniers pyramidaux a été rempli avec du naissain provenant de Grande-Rivière. Ainsi, dans chaque cage, le plateau du centre (plateau 6) a été rempli avec les pétoncles de Grande-Rivière, tandis que les quatre plateaux en dessous (plateaux 7 à 10) ont été remplis avec les pétoncles du Nouveau-Brunswick. Dans les paniers pyramidaux, le panier du dessus (panier 1) a été rempli avec les pétoncles de Grande-Rivière, tandis que les quatre paniers du dessous ont été remplis avec les pétoncles du Nouveau-Brunswick.

Nettoyage des cages Pour comparer l'effet des salissures sur la croissance des pétoncles, six cages régulières usagées couvertes de biosalissures vivantes ont été utilisées. Trois cages ont été utilisées avec leur couverture de biosalissures intacte (cages régulières usagées sales : CRUS) (Annexe 1, photo 3). Avant la mise à l'eau en novembre 2007, les trois cages usagées témoins ont été brossées manuellement et ensuite rincées avec le boyau connecté à la pompe à eau du bateau (cages régulières usagées nettoyées : CRUN). Une inspection des cages, le 15 juin 2008 a montré que les cages nettoyées étaient restées propres. Par contre, en novembre 2008, les parois extérieures des trois cages usagées témoins (CRUN) étaient à nouveau encrassées et elles ont fait l'objet d'un second nettoyage (Annexe 1, photo 4). Les autres structures n'ont fait l'objet d'aucun nettoyage pendant la durée du projet.

Mesure de la stabilité des structures d'élevage. Le déplacement angulaire des structures d'élevage (cages et paniers pyramidaux) a été mesuré avec des accéléromètres HOBO® Pendant G Data Logger UA-004-64 de Onset Computer Corporation (www.onsetcomp.com). Les HOBO® étaient attachés à plat sur le fond du dernier panier d'une cage ou sur le fond du dernier panier pyramidal d'une série de cinq paniers. Les HOBO® mesurent la déviation (degrés) et l'accélération angulaire (m/sec^2) pour trois axes orthogonaux : X, Y et Z. Une fois les HOBO® attachés à plat au fond d'un plateau ou d'un panier, idéalement, lorsque la cage était en position de repos et que le plateau/panier était à l'horizontale, l'angle de l'axe X valait 90°, l'angle de l'axe Y valait 90° et l'angle de l'axe Z valait 180°. Les HOBO® étaient programmés pour enregistrer le déplacement angulaire avec un intervalle de 3 minutes, pour une durée de mesure totale de 33 jours.

Mesures de rendement. Les paramètres biologiques mesurés étaient la taille de la coquille (hauteur des coquilles, mm) et le taux de survie des pétoncles. Lors du suivi de novembre 2008, les coquilles vides ont été retirées des cages et le nombre de pétoncles vivants a été consigné. Les mesures de taille ont été réalisées avec un vernier (General Tools) dans chaque niveau (plateau de cage ou panier pyramidal) sur un sous-groupe de 10 individus vivants, pris au hasard.

Mesures océanographiques. A chacune des interventions sur la filière, la température et la salinité de l'eau ont été mesurées à deux profondeurs (0,2 et 5 m) avec un thermosalinomètre de terrain YSI 85-10.

La température de l'eau a été mesurée avec un pas horaire entre novembre 2007 et novembre 2009 au moyen de deux thermographes HOBO[®] (Hobo 2K Temp data logger, Onset Computer Corporation) installés à l'intérieur des structures d'élevage, à 9 mètre sous la surface.

Entre novembre 2008 et novembre 2009, le courant a été mesuré à 9 mètre sous la surface avec un courantomètre ADV (Velocimeter Vector, Nortek) tandis que la salinité et la turbidité ont été mesurées avec un instrument multiparamètre de RBR (XR420 CT+ Obs).

Pour éliminer les variations à haute fréquence et le bruit électronique, un lissage mobile de type $[(A_3^2 A_4) / (3^2 \cdot 4)]$ a été appliqué aux données des séries temporelles de température et de salinité. Une fois lissée, la série originale perd ses 4 premières et 4 dernières mesures.

Analyses statistiques. Les différentes variables ont été comparées par une ANOVA à un facteur 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 Cochran et la normalité par un test de Kolmogorov-Smirnov (Scherrer, 1984). Lorsque les données ne répondaient pas aux conditions de normalité ou d'équivariance, une transformation logarithmique a été appliquée. Lorsque nécessaire, des comparaisons multiples de Tukey permettaient de voir où se situaient les différences (Zar, 1999). Étant donnée la forte variabilité rencontrée dans les expériences en milieu naturel, les résultats des analyses de variance ont été considérés comme statistiquement significatifs pour $p \leq 0,10$. Lorsque la condition d'homogénéité des variances n'était pas respectée, le test de comparaisons multiples de Games et Howell (Sokal et Rohlf, 1995) était employé.

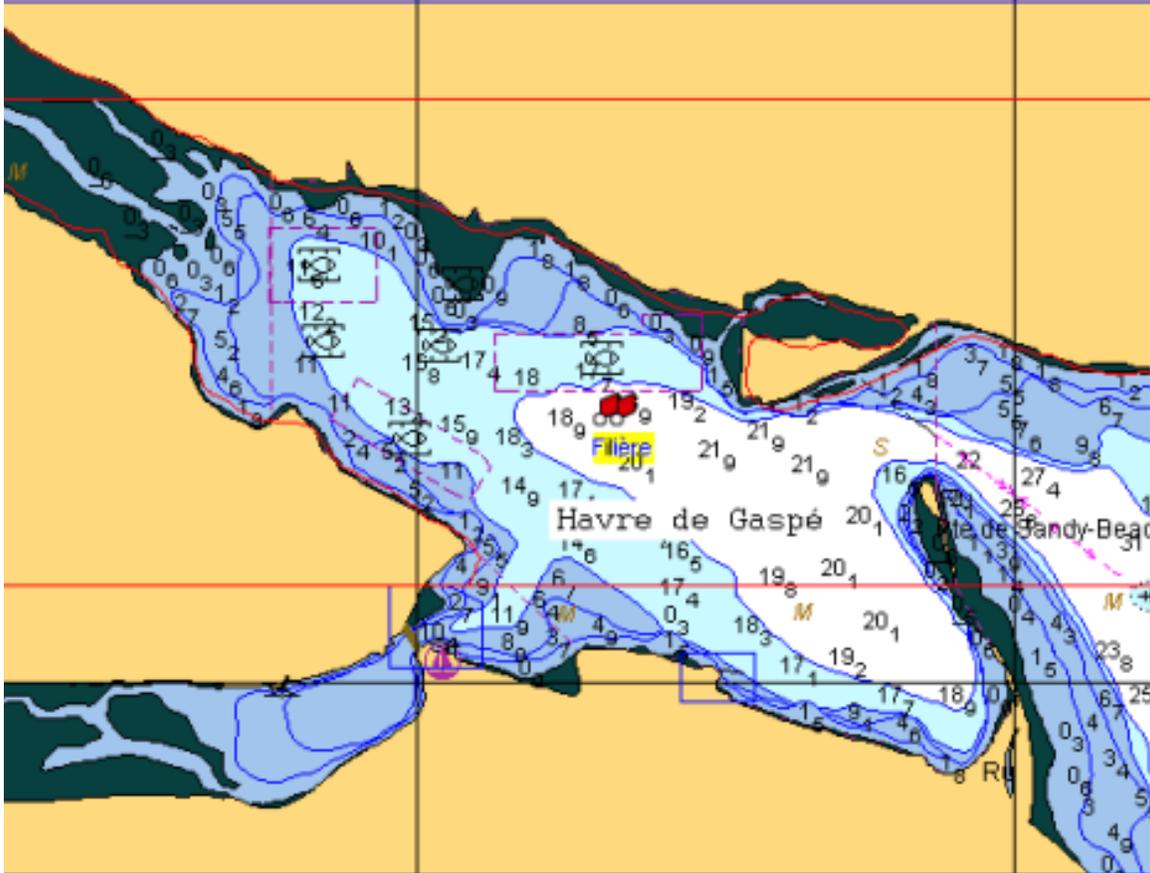


Figure 1. Emplacement de la filière expérimentale sur le site de mytiliculture de l'entreprise Les Moules de Gaspé inc., dans le Havre de Gaspé. Les profondeurs sur les isobathes sont indiquées en mètres.

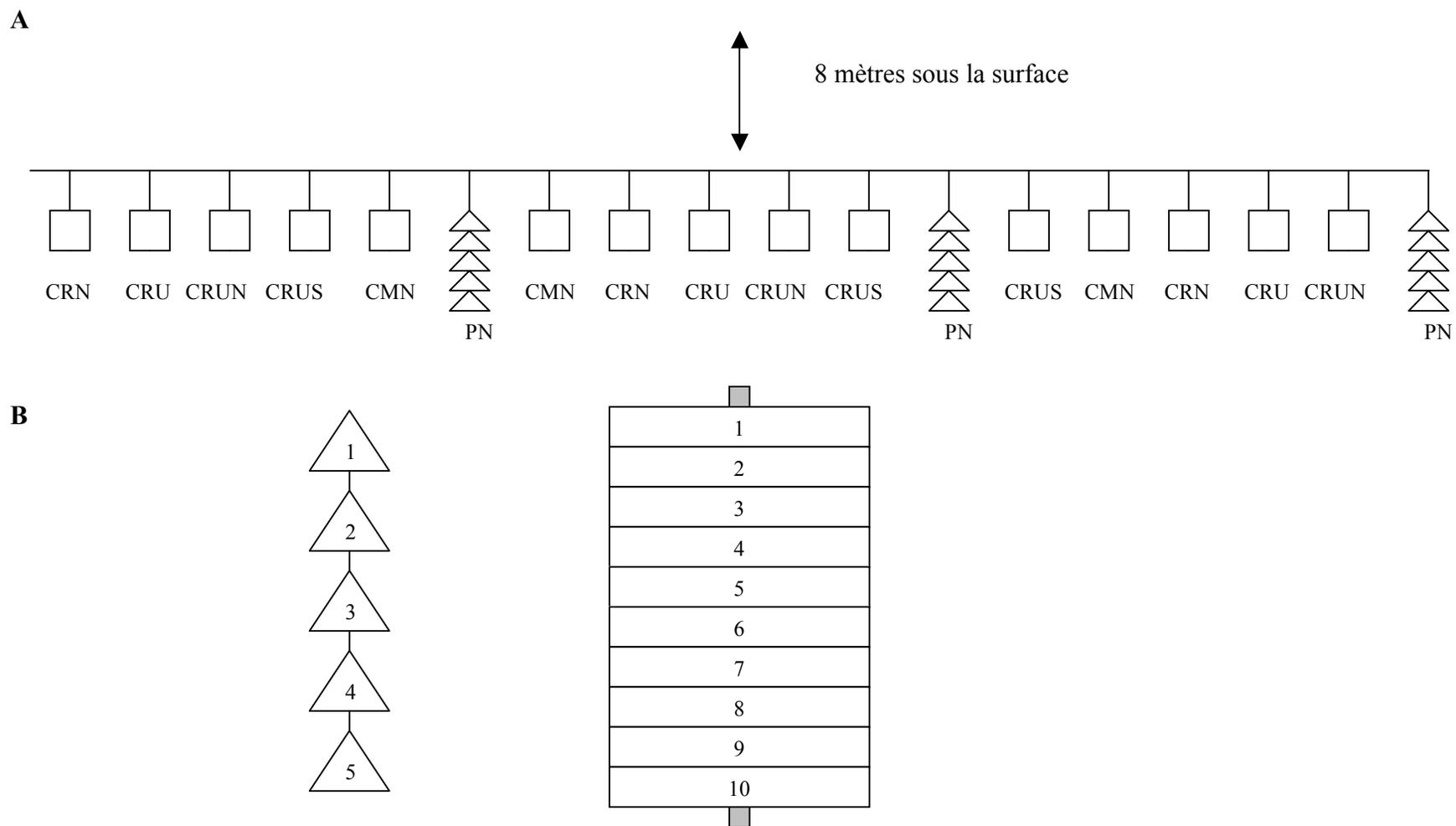


Figure 2. A. Disposition des structures d'élevage expérimentales sur la filière. B. Numérotation des paniers pyramidaux et des plateaux des cages (le dessin n'est pas à l'échelle).

3.2. TESTS EN BASSINS

3.2.1. Stabilité des structures d'élevage

Des tests en bassins ont été réalisés en hiver 2007 pour déterminer quel est l'angle seuil à partir duquel les pétoncles commencent à glisser dans les plateaux des cages de plastique et dans les paniers pyramidaux. L'angle des cages et des paniers pyramidaux était mesuré avec un accéléromètre (HOBO[®] Pendant G Data Logger, Onset Computer Corporation) attaché sur le fond du plateau/panier d'élevage. Trois tailles de pétoncles ont été testés soient 20-25 mm (6 individus par plateau/panier), 50 mm (6 individus par plateau/panier) et 100 mm (3 individus par plateau/panier). Les plateaux de plastique et les paniers pyramidaux étaient neufs et les coquilles des pétoncles étaient propres. Les plateaux/paniers contenant les pétoncles vivants posés à plat sur le fond étaient plongés dans une auge rectangulaire alimentée en eau de mer brute à 5 °C. Les plateaux/paniers étaient inclinés manuellement jusqu'à ce que les pétoncles se mettent à glisser et l'angle du plateau/panier était noté. Chaque essai a été répété cinq fois.

3.2.2. Atténuation du courant à l'intérieur des structures d'élevage

Des tests en bassin ont été réalisés en hiver 2007 pour comparer l'effet des différentes structures d'élevage sur la réduction du courant. Deux types de paniers pyramidaux ont été comparés : un panier avec de petites mailles en losange de 8 mm de diagonale (PNPM) et un panier avec de grandes mailles en losange de 12 mm (PNGM). Quatre types de cage ont été testés, soient une cage régulière sans doublure de Vexar (CRSV), une cage régulière avec doublure en Vexar (CRAV), une cage modifiée sans doublure de Vexar (CMSV) et une cage modifiée avec doublure de Vexar (CMAV). En absence de Vexar, les ouvertures latérales des plateaux des cages étaient en mailles rectangulaires de 25 x 6 mm, tandis que la taille des mailles en losange de la doublure en Vexar était de 7 mm (diagonale).

Les tests ont eu lieu dans un bassin circulaire. L'eau était injectée dans le bassin au moyen d'un tuyau vertical percé de trous régulièrement espacés entre la surface et le fond du bassin. Ce dispositif permettait d'obtenir un courant circulaire homogène sur toute la hauteur de la colonne d'eau. Les mesures de courant ont été réalisées avec un vélocytomètre acoustique doppler (microADV 16 MHz splash proof, 3D side looking probe, Sontek). La fréquence de mesure sélectionnée était de 10 Hz (10 mesures /s), ce qui correspondait à une mesure toutes les 0,1 secondes. La durée de chaque test était de 60 secondes, dans une gamme de vitesse de 10 cm/s. La composante de courant conservée pour les analyses correspond à l'axe Y, soit le courant parallèle au bord du bassin.

Après une période de stabilisation du courant dans le bassin, la sonde était immergée à 20 cm sous la surface de l'eau pendant 60 secondes pour la mesure du courant initial. Ensuite, une cage (4 plateaux, avec un trou découpé au centre pour passer la sonde) ou un panier pyramidal était immergé dans le bassin et la sonde était installée à l'intérieur de la cage ou du panier de façon à être immergée 20 cm sous la surface. Après 5 minutes de

stabilisation du courant, le courant était mesuré avec la sonde pendant 60 secondes. La cage ou le panier était retiré du bassin et, après une période de stabilisation du courant, une dernière mesure était réalisée dans le bassin. Les mesures ont été faites à 100 cm de la source d'injection d'eau. En absence d'obstacle, entre deux tests, la vitesse moyenne du courant parallèle aux parois latérales du bassin a varié entre 3,5 et 5 cm/s.

4. RÉSULTATS

4.1. ENVIRONNEMENT

À plusieurs reprises pendant les opérations de manutention des pétoncles, en novembre 2007, novembre 2008 et octobre 2009, des mesures ponctuelles de température et de salinité ont été réalisées sur le site d'élevage. À la profondeur de 0,2 m, la température de l'eau a varié entre 2,3 °C et 4,8 °C, tandis qu'à 5 m, elle a varié entre 4,3 °C et 5,3 °C. La salinité de la surface a varié entre 15 et 25 tandis qu'à 5 mètres elle a varié entre 26 et 29.

Dans les structures d'élevage, à 9 m sous la surface, la température a été mesurée en continu entre novembre 2008 et octobre 2009 (Figure 3a). Des températures négatives ont été mesurées entre le 17 décembre 2007 et le 3 mai 2008 et entre le 20 décembre 2008 et le 14 avril 2009. En 2008, un minimum de température de -1,7 °C a été mesuré le 5 février et un maximum de 17,3 °C a été enregistré le 1^{er} août. En 2009, un minimum de température de -1,7 °C a été mesuré le 10 février et un maximum de 16,7 °C a été enregistré le 19 août. Entre mai et novembre, des variations rapides de température ont été observées régulièrement.

Dans les structures d'élevage, à 9 m sous la surface, la salinité a été mesurée en continu entre novembre 2008 et octobre 2009 (Figure 3b). De novembre 2008 à avril 2009 la salinité s'est généralement maintenue dans une fourchette de valeur entre 29 et 31, avec un maximum ponctuel de 32 observé le 13 mars 2009. À partir de la mi-avril, la salinité a diminué rapidement pour atteindre un minimum de 25 le 26 août 2009 et remonter ensuite jusqu'en novembre 2009.

Les mesures de courant entre novembre 2008 et octobre 2009 montrent que, à la hauteur de la filière, la majorité du temps le courant ne dépasse pas 10 cm/s. En périodes de marées de vives eaux, le courant est parfois plus intense et peut atteindre ponctuellement 30 cm/s.

Entre la mi-décembre et la fin mars 2009, les mesures prises par le courantomètre Doppler montrent une réduction importante dans la corrélation entre les échos des pulsations et aussi dans le ratio signal/bruit (données non-présentées), ce qui est cohérent avec une réduction dans la concentration des particules en suspension dans l'eau pendant la période d'hiver. En revanche, pendant le printemps et l'été (avril-mi-août), les valeurs de corrélation sont très élevées ce qui suggère que la concentration des particules augmente à nouveau.

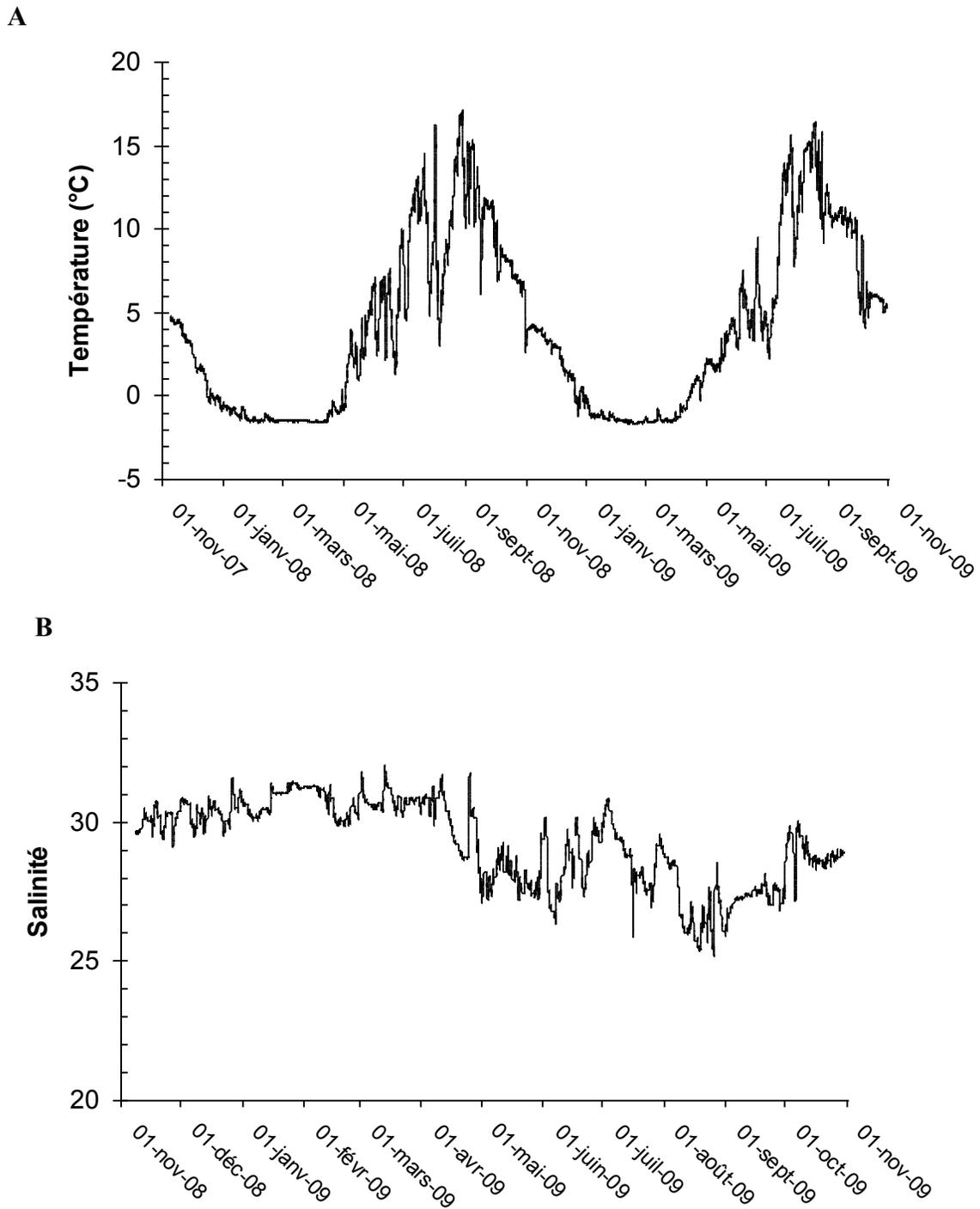


Figure 3. **A.** Évolution de la température de l'eau dans les structures d'élevage, à 9 mètres sous la surface, entre novembre 2007 et octobre 2009. **B.** Évolution de la salinité de l'eau dans les structures d'élevage, à 9 mètres sous la surface, entre novembre 2008 et octobre 2009.

4.2. SALISSURES

En juin 2007, après 7 mois d'immersion, il y avait très peu de biosalissures sur les structures d'élevage. Par contre, en novembre 2008 et en octobre 2009, la quantité de biosalissures accumulées sur les cages et les paniers pyramidaux était nettement plus importante (annexe 1).

Après 12 mois d'immersion, les salissures étaient principalement constituées d'hydrozoaires (*Tubularia larynx*) fixées sur l'extérieur des structures d'élevage. Il y avait également quelques hyatelles (*Hyatella arctica*) fixées sur les parois internes des structures d'élevage.

En octobre 2009, les hydrozoaires constituaient la majorité des salissures sur l'extérieur des structures. Des moules bleues (*Mytilus edulis*) de 30 à 40 mm de longueur, des hyatelles (*Hyatella arctica*) de 10 à 20 mm de longueur, des oursins verts (*Strongylocentrotus droebachiensis*) de 20 à 40 mm de diamètre et des étoiles de mer de 50 à 150 mm de diamètre ont été retrouvés à l'intérieur de la plupart des cages et des paniers pyramidaux (annexe 1 : photos 13 et 14). De la boue brune et des vers polychètes ont également été retrouvés à l'intérieur de la plupart des structures d'élevage.

4.3. TAILLE INITIALE DES PÉTONCLES

Au moment de la mise en mer, le 8 novembre 2007, les pétoncles originaires du Nouveau-Brunswick avaient une taille moyenne de 19 mm avec un mode situé à 18 mm (Tableau 3 et Figure 4). Quatre-vingt deux pour cent des pétoncles avaient une taille située entre 16 et 22 mm. La taille moyenne des pétoncles de Grande-Rivière était de 14 mm avec un mode à 15 mm (Tableau 3 et Figure 4). Soixante quatorze pour cent des individus avaient une taille située entre 10 et 16 mm. La différence de taille entre les deux groupes de naissain était significative ($P < 0,000$).

Tableau 3. Distribution des tailles mesurées dans un échantillon du naissain originaire du Nouveau-Brunswick (n = 109) et de Grande-Rivière (n = 78) le 8 novembre 2008.

	N.-B.	G.-R.
Taille moyenne (mm)	19	14
Écart-type (mm)	3	3
Mode (mm)	18	15
Médiane (mm)	19	14
Taille minimum (mm)	12	8
Taille maximum (mm)	26	23

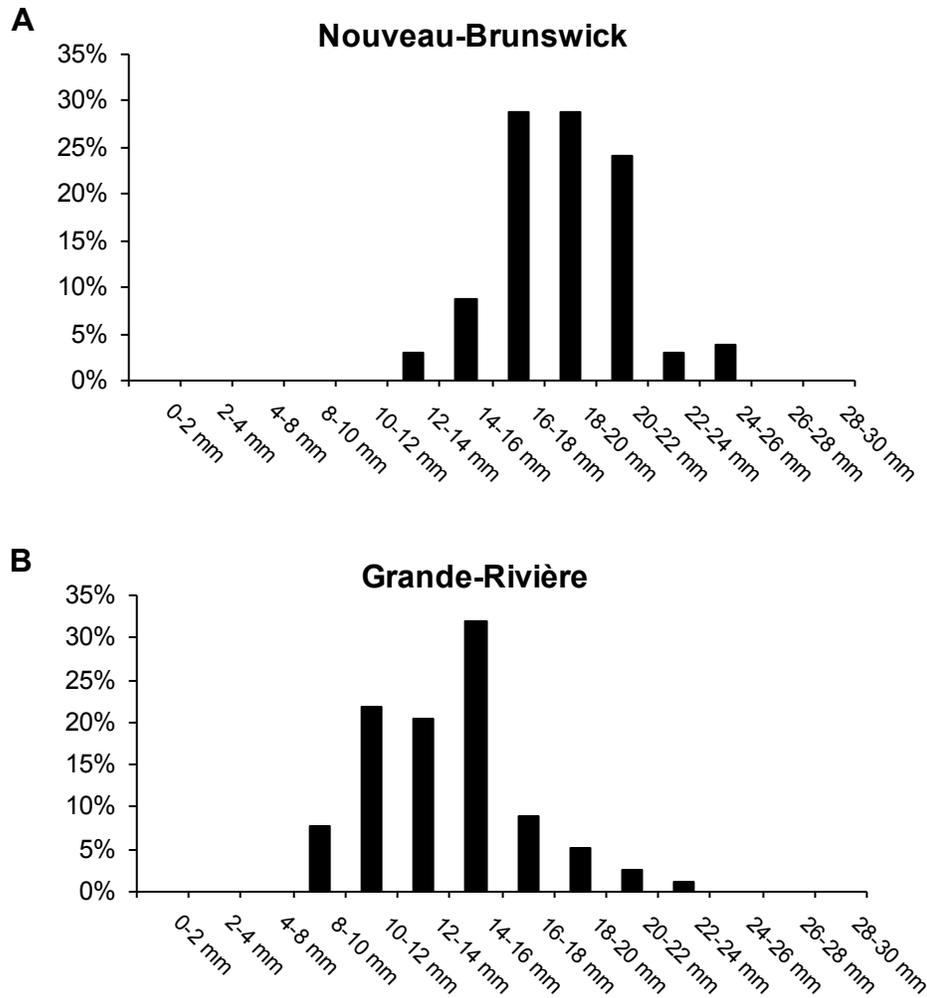


Figure 4. Distribution des tailles du naissain de pétoncles provenant (A) du Nouveau-Brunswick et (B) de Grande-Rivière, le 8 novembre 2007, au moment de leur transfert dans les structures d'élevage définitives.

4.4. SURVIE DES PÉTONCLES

4.4.1. Survie en fonction de l'origine du naissain

La survie des pétoncles a été évaluée le 15 juin 2008, soit après 220 jours d'élevage en suspension, le 5 novembre 2008, après 363 jours d'élevage en suspension et le 30 octobre 2009, après 722 jours d'élevage en suspension.

Le 15 juin 2008, 7 mois après la mise à l'eau, le taux de survie des pétoncles originaires de Grande-Rivière était de $89 \pm 10 \%$ (moyenne \pm écart-type; $n = 4$ plateaux) et celui des pétoncles originaires du Nouveau-Brunswick était de $83 \pm 8 \%$ ($n = 5$ plateaux), toutes

structures d'élevage confondues (Figure 5a). La différence de survie entre les deux groupes n'était pas statistiquement significative ((ANOVA, $p = 0,33$).

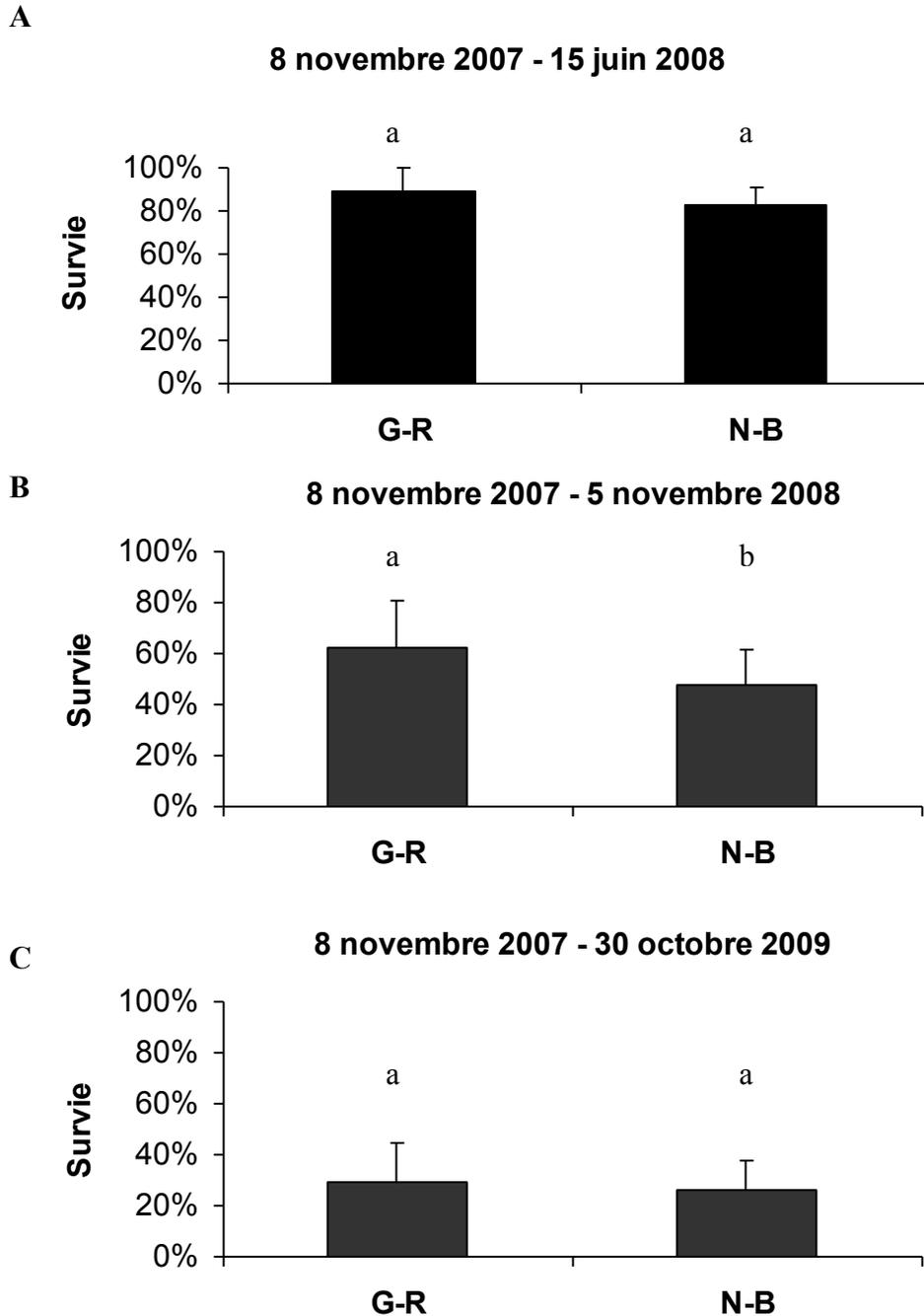


Figure 5. Comparaison du taux de survie des pétoncles originaires de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick élevés en suspension dans le Havre de Gaspé (A) entre novembre 2007 et juin 2008, (B) entre novembre 2007 et novembre 2008 et (C) entre novembre 2008 et octobre 2009 (moyenne \pm écart-type). Les groupes avec la même lettre (a ou b) ne sont pas significativement différents.

En novembre 2008, après 12 mois d'élevage en suspension, le taux de survie des pétoncles originaires de Grande-Rivière était de 62 ± 19 % (moyenne \pm écart-type; $n = 17$ plateaux) et celui des pétoncles originaires du Nouveau-Brunswick était de 48 ± 13 % ($n = 68$ plateaux), toutes structures d'élevage confondues (Figure 5b). A ce moment, la survie du naissain de Grande-Rivière était significativement plus élevée que celle du naissain du Nouveau-Brunswick (ANOVA, $p = 0,000$).

En octobre 2009, après 24 mois d'élevage en suspension, le taux de survie des pétoncles originaires de Grande-Rivière était de 29 ± 15 % (moyenne \pm écart-type; $n = 17$ plateaux) et celui des pétoncles originaires du Nouveau-Brunswick était de 26 ± 11 % ($n = 68$ plateaux), toutes structures d'élevage confondues (Figure 5c). Après 24 mois de croissance en suspension, il n'y avait pas de différence significative entre la survie du naissain de Grande-Rivière et celle du naissain du Nouveau-Brunswick (ANOVA, $p = 0,37$).

Quelle que soit l'origine du naissain, il y a eu une augmentation rapide des taux de mortalité durant l'été et l'automne 2008 : les mortalités entre le mois de juin 2008 et le mois de novembre 2008 ont augmenté plus rapidement que celles observées entre novembre 2007 et juin 2008 (Figure 6).

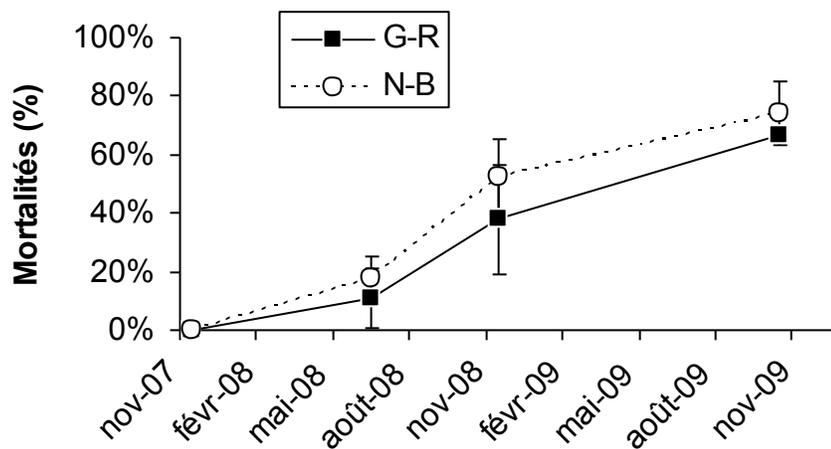


Figure 6. Évolution du taux de mortalité de pétoncles de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick élevés en suspension entre novembre 2007 et octobre 2009 (moyenne \pm écart-type).

4.4.2. Survie en fonction de la structure d'élevage utilisée

Au bout de 12 mois d'élevage en suspension, la survie moyenne mesurée en novembre 2008 dans les différentes structures a varié entre 37 et 57% (Figure 7a). La survie dans les paniers pyramidaux a été de 49 ± 18 % (moyenne \pm écart-type) tandis qu'elle a été de 56 ± 15 % pour les cages régulières neuves. C'est dans les cages régulières usagées sales que la survie a été la plus faible, avec une valeur moyenne de 37 ± 13 %.

En novembre 2008, la survie des pétoncles cultivés dans les cages régulières usagées sales (CRUS) a été significativement plus faible que celle des pétoncles cultivés dans les cages régulières usagées nettoyées (CRUN) ($p = 0,026$, Tableau 4). Dans les autres structures d'élevage, la survie des pétoncles n'était pas significativement différente (Tableau 4).

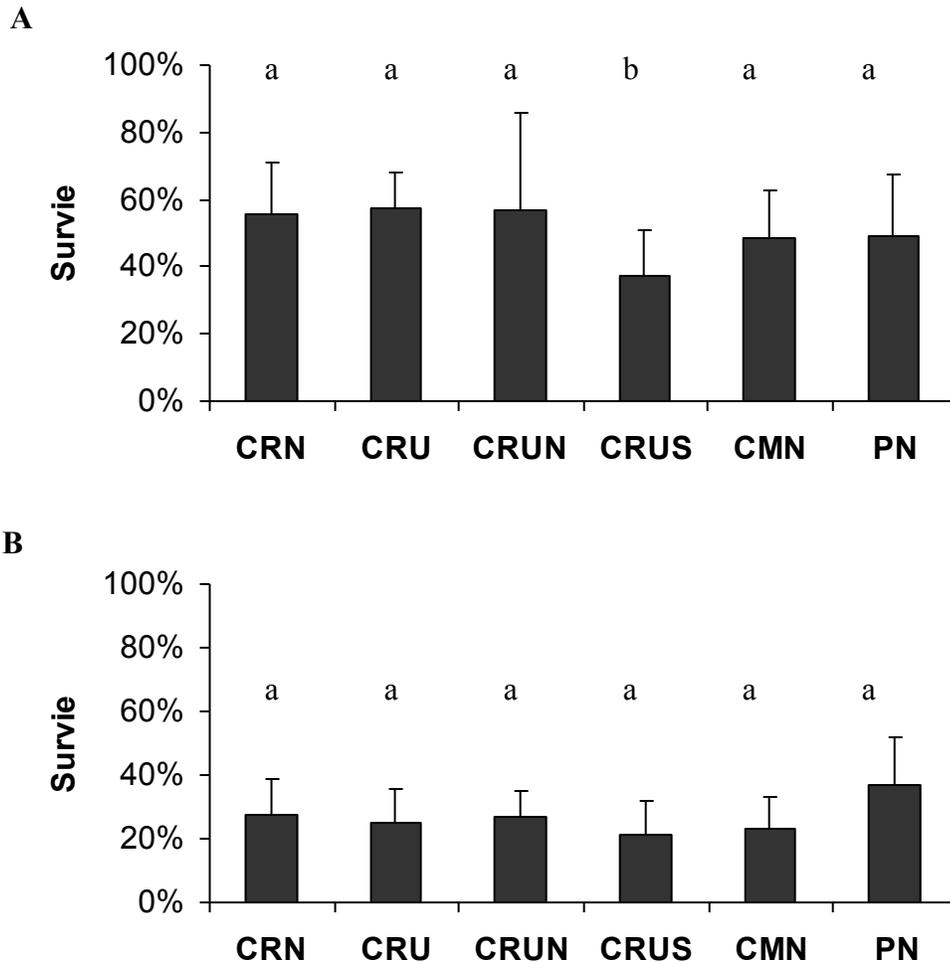


Figure 7. Comparaison du taux de survie des pétoncles élevés en suspension dans différents types de structures d'élevage (**A**) entre novembre 2007 et novembre 2008 et (**B**) entre novembre 2008 et octobre 2009, toute origine de naissain confondue (moyenne \pm écart-type). CRN : cage régulière neuve; CRU : cage régulière usagée; CRUN : cage régulière usagée nettoyée, CRUS : cage régulière usagée sale, CMN : cage modifiée neuve, PN : panier pyramidal (5 pearl nets en série). Les groupes avec la même lettre (a ou b) ne sont pas significativement différents

Au bout de 24 mois d'élevage en suspension, en octobre 2009, la survie moyenne mesurée dans les différentes structures a varié entre 21 et 37% (Figure 7b). La survie dans les paniers pyramidaux a été de $37 \pm 15\%$ (moyenne \pm écart-type) tandis qu'elle a été de $28 \pm 11\%$ pour les cages régulières neuves. C'est dans les cages régulières usagées sales que la survie a été la plus faible, avec une valeur moyenne de $21 \pm 11\%$. Cependant, lorsque la survie des pétoncles cultivés dans les différents types de cage a été comparée, les différences n'étaient pas statistiquement significatives (Tableau 4). Il n'y avait pas non plus de différence significative entre la survie des pétoncles cultivés dans les paniers pyramidaux (PN) et celle des pétoncles cultivés dans les différents types de cages (Tableau 4).

Tableau 4. Comparaison du taux de survie des pétoncles selon le type de structure d'élevage utilisé. Résultats des analyses de variance, toute origine de naissain confondue. Les différences considérées comme significatives sont indiquées en gras ($p \leq 0,1$). CRN : cage régulière neuve; CRU : cage régulière usagée; CRUN : cage régulière usagée nettoyée; CRUS : cage régulière usagée sale; CMN : cage modifiée neuve; PN : panier pyramidal (5 pearl nets en série).

Différences détectées entre les structures d'élevage en automne 2008	Probabilité (<i>p</i>) que la différence soit attribuable au hasard	Différences détectées entre les structures d'élevage en automne 2009	Probabilité (<i>p</i>) que la différence soit attribuable au hasard
CRN = PN	0,285	CRN = PN	0,250
CRN = CRU	0,781	CRN = CRU	0,983
CRN = CMN	0,103	CRN = CRUN	0,999
CRUN > CRUS	0,026	CRUN = CRUS	0,892

4.4.3. Survie en fonction de la position du plateau/panier dans la structure d'élevage

Les différences de survie selon la position des pétoncles dans les structures d'élevage ont également été évaluées (Figure 2b et figure 8).

Cages. En novembre 2008, les résultats montrent qu'au bout d'un an d'élevage dans les cages rigides en plastique, tout type de cage confondu, la survie des pétoncles dans le plateau numéro 6 a été significativement plus élevée que celle des pétoncles dans le plateau numéro 9 ($p = 0,005$) (Figure 8A). Le plateau numéro 6 est celui qui contenait les pétoncles originaires de Grande-Rivière. Dans les quatre plateaux du bas, contenant uniquement les pétoncles du Nouveau-Brunswick, la survie dans le plateau numéro 9 a été significativement plus faible que celle dans le plateau numéro 10 ($p = 0,074$).

En octobre 2009, après 2 ans d'élevage en suspension, la survie moyenne dans les différents types de cage variait entre 15 % et 28 % . L'analyse montre que, tout type de cage confondu, il n'y avait pas de différence dans la survie des pétoncles selon la position du panier dans la cage ($p > 0,1$).

Paniers pyramidaux. En novembre 2008, dans les séries de cinq paniers pyramidaux superposés, la survie moyenne a été significativement plus élevée dans le panier supérieur (75 ± 14 %; moyenne \pm écart-type) contenant les pétoncles de Grande-Rivière que dans les trois paniers inférieurs (3, 4 et 5) contenant les pétoncles du Nouveau-Brunswick ($p = 0,09$; $p = 0,058$ et $p = 0,011$; Figure 8B). Lorsque la comparaison se limite seulement aux paniers contenant les pétoncles du Nouveau-Brunswick, il n'y a pas eu de différence significative dans la survie.

En octobre 2009, la survie moyenne dans les paniers pyramidaux était de 37 ± 15 % (moyenne \pm écart-type). L'analyse montre qu'il n'y avait pas de différence significative dans le taux de survie des pétoncles entre les cinq paniers pyramidaux superposés ($p > 0,1$).

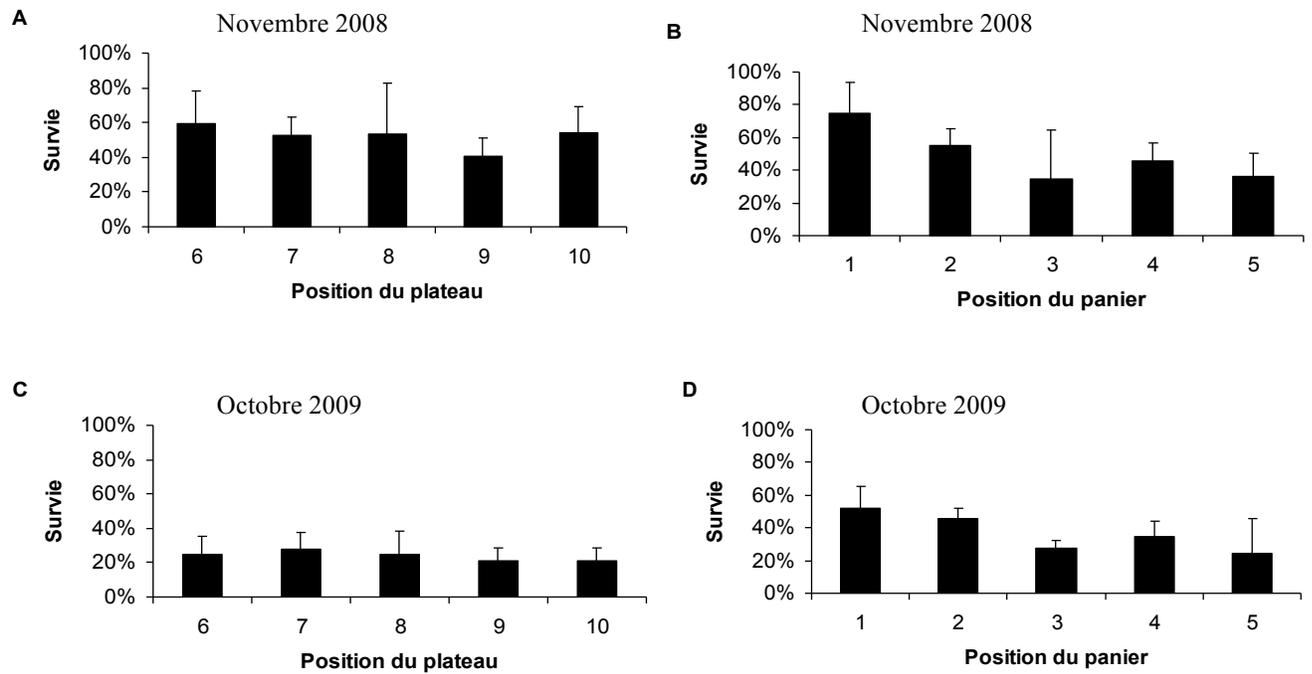


Figure 8. Comparaison du taux de survie de pétoncles élevés en suspension selon leur position dans la structure d'élevage (moyenne \pm écart-type). Taux de survie selon la position du plateau de plastique rigide dans la cage (6 = plateau du centre, 10 = dernier plateau au bas de la cage) en 2008 (A) et en 2009 (C). Taux de survie selon la position du panier pyramidal dans la série de cinq paniers (1 = premier panier supérieur; 5 = dernier panier inférieur) en 2008 (B) et en 2009 (D).

4.5. PERFORMANCES DE CROISSANCE DES PÉTONCLES

4.5.1. Performances de croissance en fonction de l'origine du naissain

Taille. Lors du suivi du 15 juin 2008, après 220 jours de croissance en suspension, toute structure d'élevage confondue, la taille moyenne des pétoncles de Grande-Rivière (n = 147) et du Nouveau-Brunswick (n = 165) était respectivement $19,3 \pm 5,1$ mm et $24,4 \pm 5,1$ mm (moyenne \pm écart-type) (Figure 9).

Lors du suivi du 5 novembre 2008, après 363 jours de culture en suspension, la taille moyenne des pétoncles de Grande-Rivière (n = 180) et du Nouveau-Brunswick (n = 749) était respectivement $40,6 \pm 7,9$ mm et $41,4 \pm 7,8$ mm (moyenne \pm écart-type) (Figure 9). Après un an de culture en suspension, il n'y avait pas de différence significative dans la taille moyenne des pétoncles des deux groupes ($p = 0,549$) (Figure 11).

Lors du suivi du 30 octobre 2009, après 722 jours de culture en suspension, la taille moyenne des pétoncles de Grande-Rivière (n = 290) et du Nouveau-Brunswick (n = 1163) était respectivement $50,9 \pm 10,0$ mm et $52,4 \pm 9,0$ mm (moyenne \pm écart-type) (Figure 9). Après deux ans de culture en suspension, toute structure d'élevage confondue, il y avait une différence significative dans la taille moyenne des pétoncles des deux groupes ($p = 0,009$) (Figure 11).

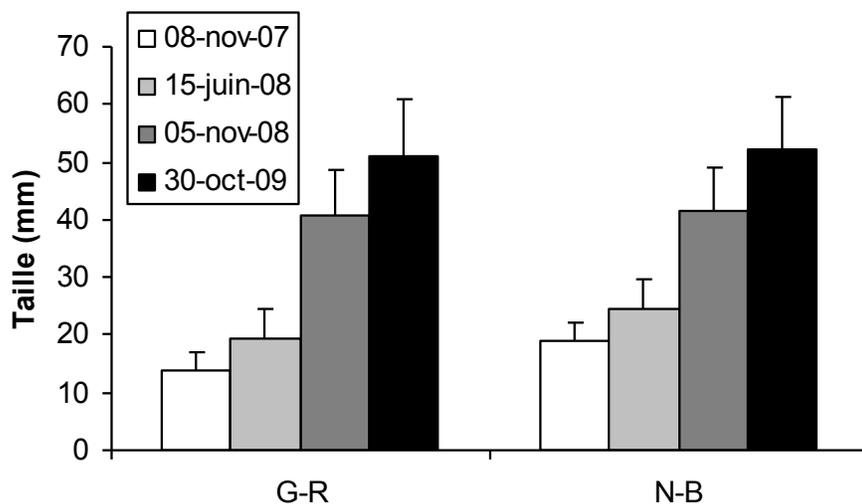


Figure 9. Comparaison de la taille des pétoncles originaires de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick élevés en suspension dans le Havre de Gaspé entre le 08 novembre 2007 et le 30 octobre 2009 (moyenne \pm écart-type).

Vitesse de croissance. Entre le 8 novembre 2007 et le 15 juin 2008, la vitesse de croissance relative des pétoncles de Grande-Rivière a été de 0,0241 mm/jour et celle des pétoncles du Nouveau-Brunswick a été de 0,0248 mm/jour.

Pour les pétoncles de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick, la vitesse de croissance relative a été respectivement de $0,073 \pm 0,013$ mm/jour et de $0,062 \pm 0,014$ mm/jour entre le 8 novembre 2007 et le 5 novembre 2008 (moyenne \pm écart-type) (Figure 10). A la fin de cette période, la vitesse de croissance moyenne des pétoncles de Grande-Rivière était significativement plus élevée que celle des pétoncles originaires du Nouveau-Brunswick (ANOVA, $p = 0,002$).

Entre le 5 novembre 2008 et le 30 octobre 2009, la vitesse de croissance relative a été de $0,028 \pm 0,017$ mm/jour et de $0,032 \pm 0,013$ mm/jour pour les pétoncles de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick respectivement. A la fin de cette période, il n'y avait pas de différence significative entre la vitesse de croissance des pétoncles de Grande-Rivière et celle des pétoncles originaires du Nouveau-Brunswick (ANOVA, $p = 0,3$).

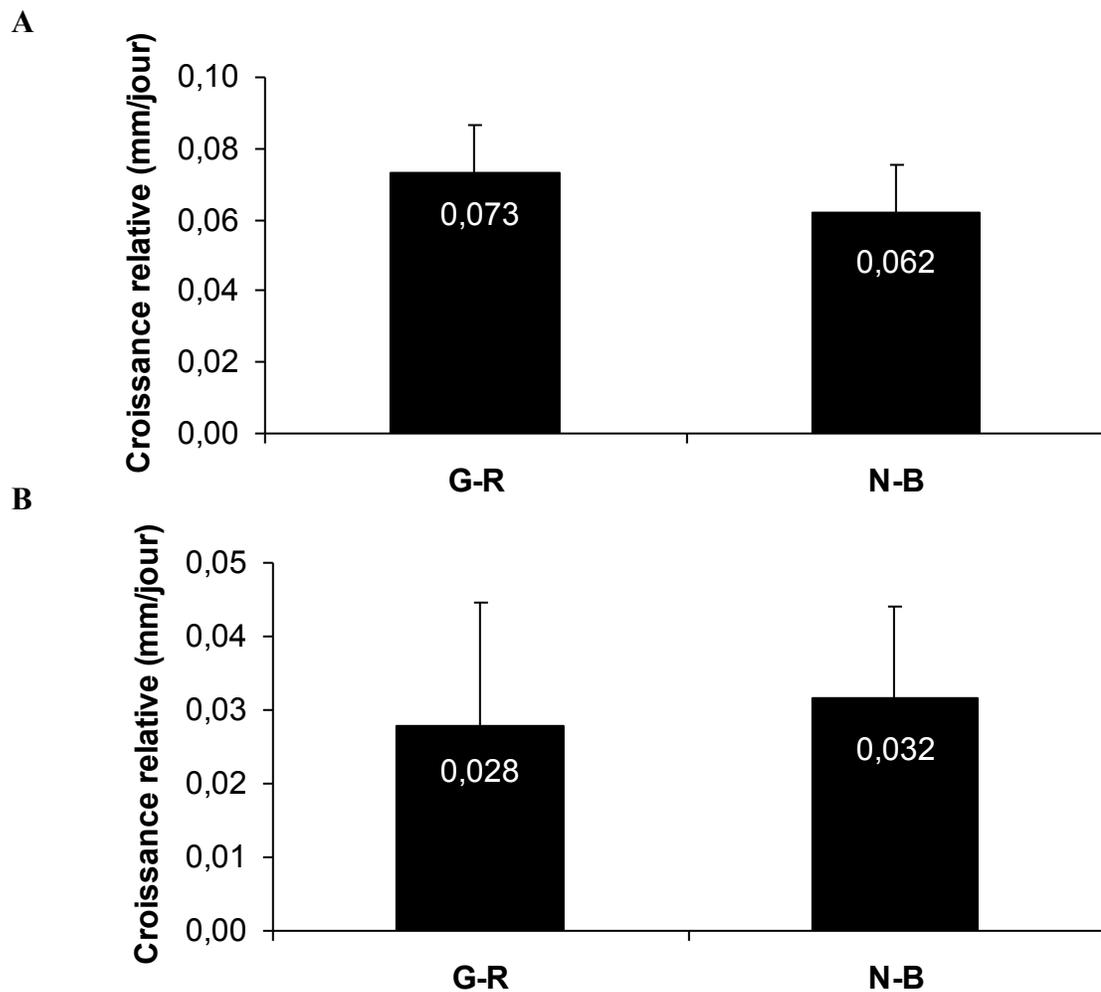


Figure 10. Comparaison du taux de croissance relatif (mm/jour) des pétoncles originaires de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick élevés en suspension dans le Havre de Gaspé entre (A) le 8 novembre 2007 et le 5 novembre 2008 et (B) le 5 novembre 2008 et le 30 octobre 2009 (moyenne \pm écart-type).

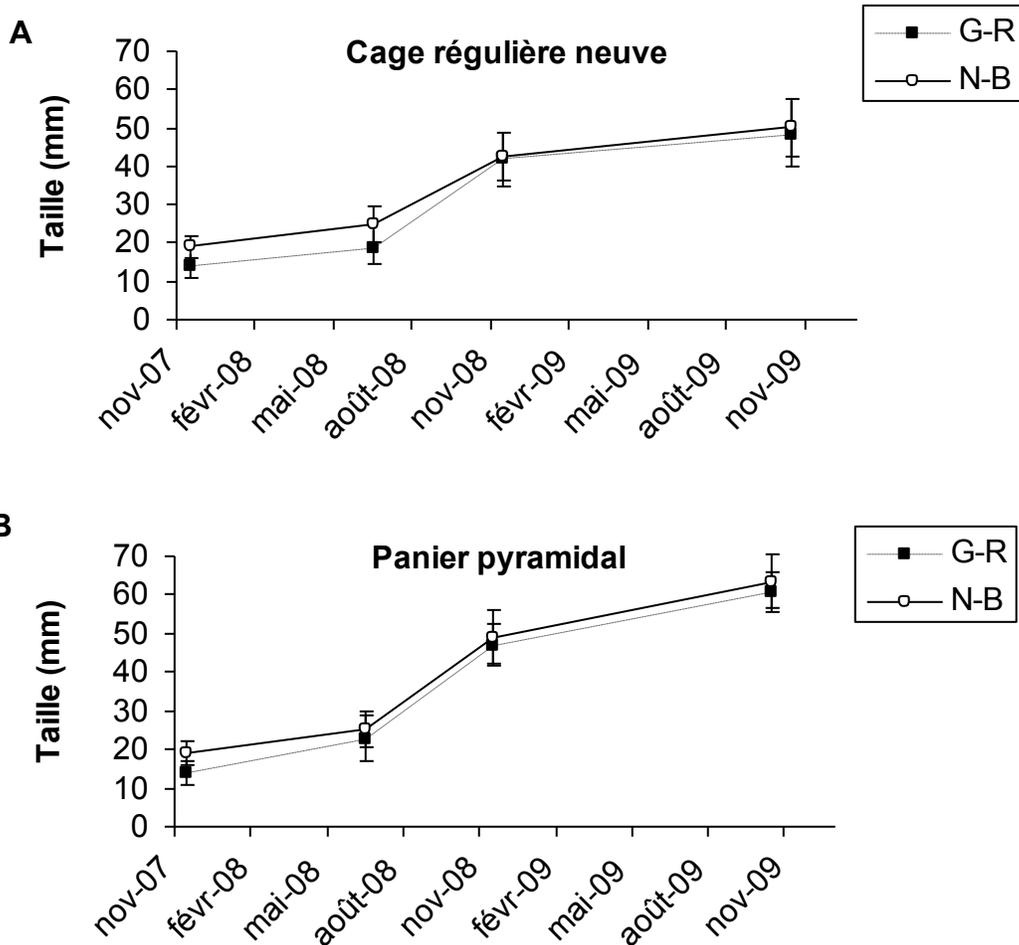


Figure 11. Changements dans la taille moyenne des pétoncles originaires de Grande-Rivière et du Nouveau-Brunswick et élevés en suspension dans le Havre de Gaspé entre le 8 novembre 2007 et le 30 octobre 2009 (moyenne \pm écart-type). **A.** pétoncles cultivés dans les cages régulières neuves (CRN). **B.** pétoncles cultivés dans les paniers pyramidaux (pearl net).

4.5.2. Performances de croissance en fonction de la structure d'élevage utilisée

Au bout d'un an d'élevage en suspension (novembre 2007-novembre 2008), toute origine de naissain confondue, la vitesse de croissance moyenne dans les différentes structures a varié entre 0,044 et 0,084 mm/j (Figure 12a). C'est dans les cages régulières usagées sales que la croissance a été la plus faible, avec une valeur moyenne de $0,044 \pm 0,008$ mm/j.

Lors de la seconde année d'élevage en suspension (novembre 2008-octobre 2009), toute origine de naissain confondue, la vitesse de croissance moyenne dans les différentes structures a varié entre 0,020 et 0,048 mm/j (Figure 12b). C'est dans les cages régulières neuves que la croissance a été la plus faible avec une valeur moyenne de $0,020 \pm 0,011$ mm/j. Les analyses montrent que, pendant la seconde année de culture, il y avait un effet hautement significatif du facteur structure d'élevage sur la vitesse de croissance relative ($p < 0,001$) (Tableau 5).

CRN vs PN Toute origine de naissain confondue, pendant la première année de croissance en suspension, la vitesse de croissance des pétoncles cultivés dans les paniers pyramidaux (PN) était significativement plus élevée que celle des pétoncles cultivés dans les cages régulières neuves (CRN) (Figure 12a et Tableau 5). La vitesse de croissance dans les paniers pyramidaux a été de $0,084 \pm 0,007$ mm/j (moyenne \pm écart-type), tandis qu'elle a été de $0,067 \pm 0,008$ mm/j pour les cages régulières neuves, soit un écart de 20%. Dans ces deux structures, la taille moyenne des pétoncles en novembre 2008 était de $48,6 \pm 6,7$ mm (PN) et $42,4 \pm 6,3$ mm (CRN) respectivement.

En octobre 2009, la taille moyenne des pétoncles cultivés en paniers pyramidaux ($62,8 \pm 6,8$ mm) était significativement supérieure à celle des pétoncles de chacune des différentes cages (48 mm à 54 mm) ($p < 0,05$). Pendant la seconde année d'élevage, la vitesse de croissance dans les paniers pyramidaux ($0,041 \pm 0,005$ mm/j), était également significativement plus élevée que celle des animaux cultivés dans les cages régulières neuves ($0,020 \pm 0,011$ mm/j) ($p = 0,000$). Cette fois l'écart de vitesse de croissance entre les pétoncles des deux structure était de 50%.

CRN vs CRU Pendant la première année d'élevage, la vitesse de croissance des pétoncles cultivés dans les cages régulières neuves (CRN) était significativement plus élevée que celle des pétoncles cultivés dans les cages régulières usagées (CRU) (Figure 12a). Dans les cages régulières usagées, la taille moyenne des pétoncles était de $39,7 \pm 7$ mm en novembre 2008.

Pendant la seconde année d'élevage, La vitesse de croissance dans les cages régulières neuves ($0,020 \pm 0,011$ mm/j), n'était pas différente de celle des animaux cultivés dans les cages régulières usagées ($0,024 \pm 0,010$ mm/j) ($p \geq 0,05$). La taille moyenne des pétoncles cultivés en cages régulières neuves ($49,9 \pm 7,7$ mm) n'était pas non plus différente de celle des pétoncles dans les cages régulières usagées ($48,1 \pm 7,4$ mm) ($p < 0,05$).

CRUS vs CRUN Pendant la première année d'élevage, la vitesse de croissance des pétoncles cultivés dans les cages régulières usagées sales (CRUS) a été significativement plus faible que celle des pétoncles cultivés dans les cages régulières usagées nettoyées (CRUN). Dans ces deux structures, la taille moyenne des pétoncles en novembre 2008 était de $34,4 \pm 4,2$ mm (CRUS) et $39,1 \pm 7,1$ mm (CRUN) respectivement.

Pendant la seconde année d'élevage, la vitesse de croissance des pétoncles cultivés dans les cages régulières usagées sales ($0,048 \pm 0,009$ mm/j.) a été plus élevée que celle des pétoncles cultivés dans les cages régulières usagées nettoyées ($0,023 \pm 0,008$ mm/j.) ($p = 0,000$) mais était équivalente à celle des pétoncles cultivés en paniers pyramidaux ($p = 0,64$). En octobre 2009, la taille moyenne des pétoncles dans les cages régulières usagées sales était significativement plus élevée que celle des pétoncles cultivés en cages régulières usagées nettoyées ($p < 0,05$). Dans ces deux structures, la taille moyenne des pétoncles en octobre 2009 était de $51,3 \pm 7$ mm (CRUS) et $48,1 \pm 8,1$ mm (CRUN) respectivement.

CRN vs CMN Pendant la première année d'élevage, la vitesse de croissance des pétoncles cultivés dans les cages régulières neuves (CRN) n'était pas différente de celle des pétoncles cultivés dans les cages modifiées neuves (CMN). Dans les cages modifiées neuves, la taille moyenne des pétoncles était de $41,4 \pm 7,1$ mm en novembre 2008.

Pendant la seconde année d'élevage, la vitesse de croissance des pétoncles cultivés dans les cages régulières neuves ($0,020 \pm 0,011$ mm/j) était significativement inférieure à celle des pétoncles cultivés dans les cages modifiées neuves ($0,035 \pm 0,013$ mm/j) ($p < 0,01$). En octobre 2009, la taille finale des pétoncles dans les cages régulières neuves était significativement inférieure à celle des pétoncles dans les cages modifiées neuves ($p < 0,05$). Dans ces deux structures, la taille moyenne des pétoncles en octobre 2009 était de $49,9 \pm 7,7$ mm (CRN) et $53,9 \pm 8,5$ mm (CMN) respectivement.

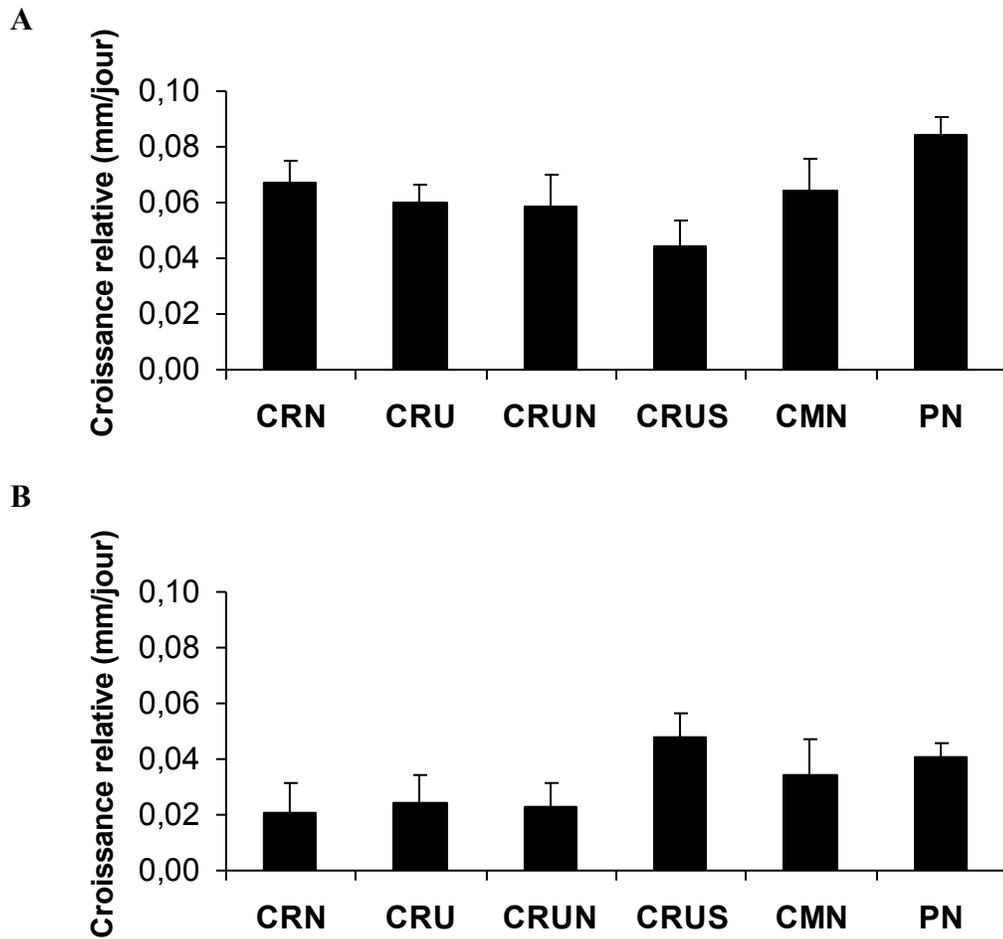


Figure 12. Comparaison de la vitesse de croissance (mm/jour) des pétoncles élevés en suspension dans différents types de structures d'élevage (**A**) entre le 8 novembre 2007 et le 5 novembre 2008 et (**B**) entre le 5 novembre 2008 et le 30 octobre 2009, toute origine de naissain confondue (moyenne \pm écart-type). CRN : cage régulière neuve; CRU : cage régulière usagée; CRUN : cage régulière usagée nettoyée; CRUS : cage régulière usagée sale; CMN : cage modifiée neuve; PN : panier pyramidal (5 pearl nets en série).

Tableau 5. Comparaison du taux de croissance (mm/j) des pétoncles selon le type de structure d'élevage utilisée. Résultats des analyses de variance, pour les vitesses de croissance calculées entre nov. 07 et nov. 08 et entre nov. 08 et oct. 09, toute origine de naissain confondue. Les différences considérées comme significatives sont indiquées en gras ($p \leq 0,1$). CRN : cage régulière neuve; CRU : cage régulière usagée; CRUN : cage régulière usagée nettoyée; CRUS : cage régulière usagée sale; CMN : cage modifiée neuve; PN : panier pyramidal (5 pearl nets en série).

Différences détectées entre les structures d'élevage Nov. 07-nov. 08	Probabilité (p) que la différence soit attribuable au hasard	Différences détectées entre les structures d'élevage Nov. 08-oct. 09	Probabilité (p) que la différence soit attribuable au hasard
CRN < PN	0,000	CRN < PN	0,000
CRN > CRU	0,009	CRN = CRU	0,925
CRN = CMN	0,773	CRN < CMN	0,023
CRUN > CRUS	0,005	CRUN < CRUS	0,000

4.5.3. Performances de croissance en fonction de la position du plateau/panier dans la structure d'élevage

Les différences de vitesse de croissance selon la position des pétoncles dans les structures d'élevage ont été évaluées.

Cages Les résultats montrent qu'au bout d'un an d'élevage (nov. 07-nov. 08) dans les cages rigides en plastique, tous types de cage confondus, la vitesse de croissance des pétoncles dans le plateau numéro 6 a été significativement plus élevée que celle des pétoncles dans les quatre autres plateaux (Figure 13a et tableau 6). Le plateau numéro 6 est celui qui contenait les pétoncles originaires de Grande-Rivière. Dans les quatre plateaux du bas, ceux contenant les pétoncles du Nouveau-Brunswick, il n'y a pas eu de différence significative dans les vitesses de croissance.

Lors de la seconde année d'élevage en suspension (nov. 2008-oct. 2009) dans les cages rigides en plastique, tous types de cage confondus, la vitesse de croissance des pétoncles dans le plateau numéro 10 ($0,040 \pm 0,011$ mm/j) a été significativement plus élevée que celle des pétoncles dans les quatre autres plateaux (Figure 13c et tableau 6). Le plateau numéro 10 est le dernier plateau en bas de la cage. Dans les quatre plateaux supérieurs les vitesses de croissance ($0,024 - 0,029$ mm/j) n'étaient pas significativement différentes ($p \geq 0,6$).

Paniers pyramidaux Au terme de la première année d'élevage, dans les séries de cinq paniers pyramidaux superposés, la vitesse de croissance moyenne dans les différents paniers n'était pas significativement différente ($p = 0,376$) (Figure 13 b).

Lors de la seconde année d'élevage en suspension, dans les séries de cinq paniers pyramidaux superposés, la vitesse de croissance moyenne dans les différents paniers n'était pas significativement différente ($p = 0,12$) (Figure 13 d). Tous paniers confondus, la vitesse de croissance moyenne dans les paniers pyramidaux était $0,041 \pm 0,005$ mm/j.

Tableau 6. Comparaison du taux de croissance (mm/j) des pétoncles selon leur répartition dans les cinq paniers inférieurs des cages de plastique rigide, tous types de cage confondus. Résultats des analyses de variance sur les vitesses de croissance calculées entre nov. 07 et nov. 08 et entre nov. 08 et oct. 09, toute origine confondue. Les différences considérées comme significatives sont indiquées en gras ($p \leq 0,1$).

Différences détectées entre les structures d'élevage Nov. 07-nov. 08	Probabilité (p) que la différence soit attribuable au hasard	Différences détectées entre les structures d'élevage Nov. 08-oct. 09	Probabilité (p) que la différence soit attribuable au hasard
Plateau 6 > plateau 7	0,053	Plateau 10 > plateau 6	0,001
Plateau 6 > plateau 8	0,016	Plateau 10 > plateau 7	0,000
Plateau 6 > plateau 9	0,048	Plateau 10 > plateau 8	0,000
Plateau 6 > plateau 10	0,028	Plateau 10 > plateau 9	0,019

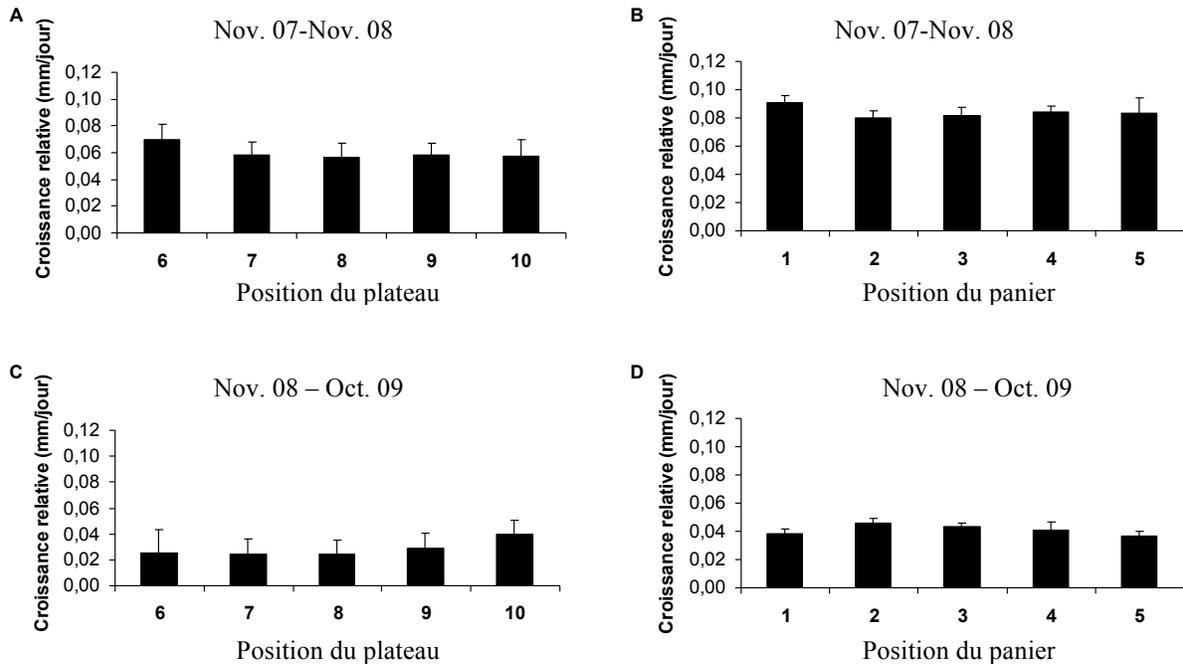


Figure 13. Comparaison de la vitesse de croissance (mm/j) des pétoncles selon leur position dans la structure d'élevage (moyenne \pm écart-type). **A** et **C**. Vitesse de croissance selon la position du plateau dans les cages (6 = plateau du centre, 10 = dernier plateau au bas de la cage) pendant la première et la seconde année de culture en suspension. **B** et **D**. Vitesse de croissance selon la position du panier pyramidal dans la série de cinq paniers (1 = premier panier supérieur; 5 = dernier panier inférieur) pendant la première et la seconde année de culture en suspension.

4.6. STABILITÉ DES STRUCTURES D'ÉLEVAGE

Des tests ont d'abord eu lieu en bassin pour connaître l'angle minimum de la structure d'élevage susceptible de provoquer un glissement et donc un entassement des pétoncles dans les plateaux de plastique des cages ou dans les paniers pyramidaux. Les résultats montrent que l'angle minimum nécessaire pour provoquer le déplacement des pétoncles est plus élevé dans le cas des paniers pyramidaux en filet souple (pearl net) que dans le cas des plateaux de plastique rigide (Tableau 7 et figure 14). Par ailleurs, plus les pétoncles sont de petite taille, plus l'angle doit être prononcé pour générer le glissement, à condition que les pétoncles ne soient pas attachés à la structure par du byssus.

Tableau 7. Angle minimum de déviation par rapport à l'horizontale susceptible de provoquer un glissement des pétoncles dans les plateaux de plastique des cages et dans les paniers pyramidaux (moyenne \pm écart-type).

Type de structure d'élevage	n	Taille des pétoncles (mm)	Angle de déviation par rapport à l'axe horizontal (degrés) Moyenne \pm écart-type
Cage	6	20	40 \pm 2
Cage	6	50	29 \pm 2
Cage	5	100	28 \pm 3
Panier pyramidal	6	20	45 \pm 4
Panier pyramidal	7	50	41 \pm 4
Panier pyramidal	7	100	39 \pm 3

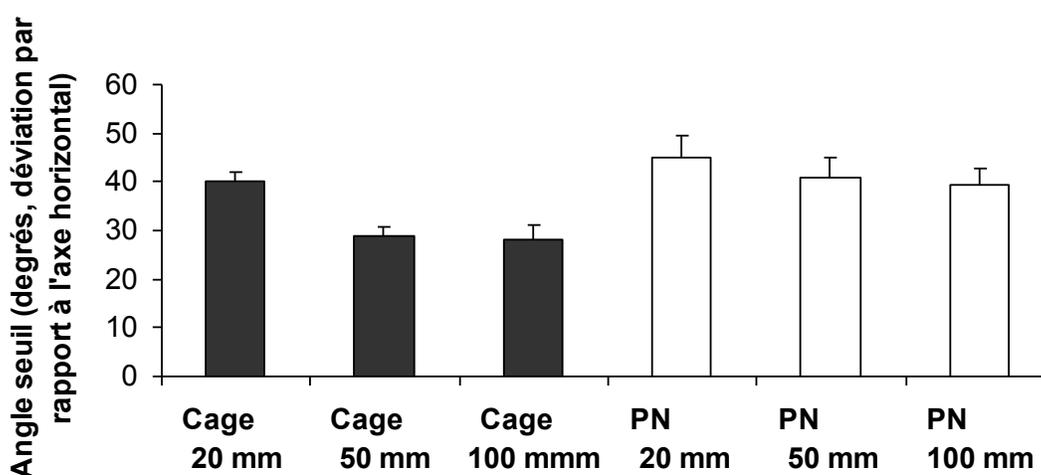


Figure 14. Comparaison des angles auxquels des pétoncles de différentes tailles (20, 50 et 100 mm) se mettent à glisser dans un panier de plastique rigide et dans un panier de filet souple (pearl net) (moyenne \pm écart-type).

Par la suite, des mesures ont été réalisées en mer sur plusieurs structures d'élevage vides, soient des paniers pyramidaux (PN), des cages régulières usagées (CRU) et des cages modifiées usagées (CMU). Les mesures ont eu lieu pendant au moins un cycle de marée complet à la fin de l'automne 2007, au début de l'été 2008 et en automne 2008. Durant les trois périodes de mesures, il est apparu que les plateaux des cages et les paniers étaient inclinés la majorité du temps (Figures 15 et 16).

L'analyse du mode (valeur la plus fréquente) de chaque série de mesures montre que le fond des paniers pyramidaux (PN) avait le plus souvent une déviation angulaire entre 7 et 22 degrés par rapport à l'horizontale (Figure 15). La valeur maximale observée pour l'axe horizontal X a été de 19 degrés en automne 2007, de 33 degrés en été 2008 et de 11 degrés en automne 2008.

Le fond des plateaux des cages régulières usagées (CRU) avait le plus souvent une déviation angulaire entre 3 et 10 degrés par rapport à l'horizontale (Figure 15). En automne 2007, la valeur maximale observée a été de 20,5 degrés pour l'axe horizontal X, tandis qu'en été 2008, la valeur maximale a été de 19 degrés pour le même axe.

Le fond des plateaux des cages modifiées usagées (CMU) avait le plus souvent une déviation angulaire entre 3 et 7 degrés par rapport à l'horizontale (Figure 15). La valeur maximale observée pour l'axe horizontal X a été de 24 degrés en automne 2007, de 25 degrés en été 2008 et de 9 degrés en automne 2008.

L'examen du mouvement des cages et des paniers à différentes échelles de temps montre des déplacements fréquents autour d'une position d'équilibre (Figure 16). Il y avait plusieurs oscillations par heure et les paniers pyramidaux oscillaient avec une fréquence plus élevée que les cages. À ces oscillations de haute fréquence se superposaient occasionnellement des mouvements de plus grande amplitude. À certains moments, il a été observé que les mouvements des structures étaient en phase avec la marée, tandis qu'à d'autres moments, il n'y avait pas de correspondance entre le mouvement des structures d'élevage et la marée (Figure 17).

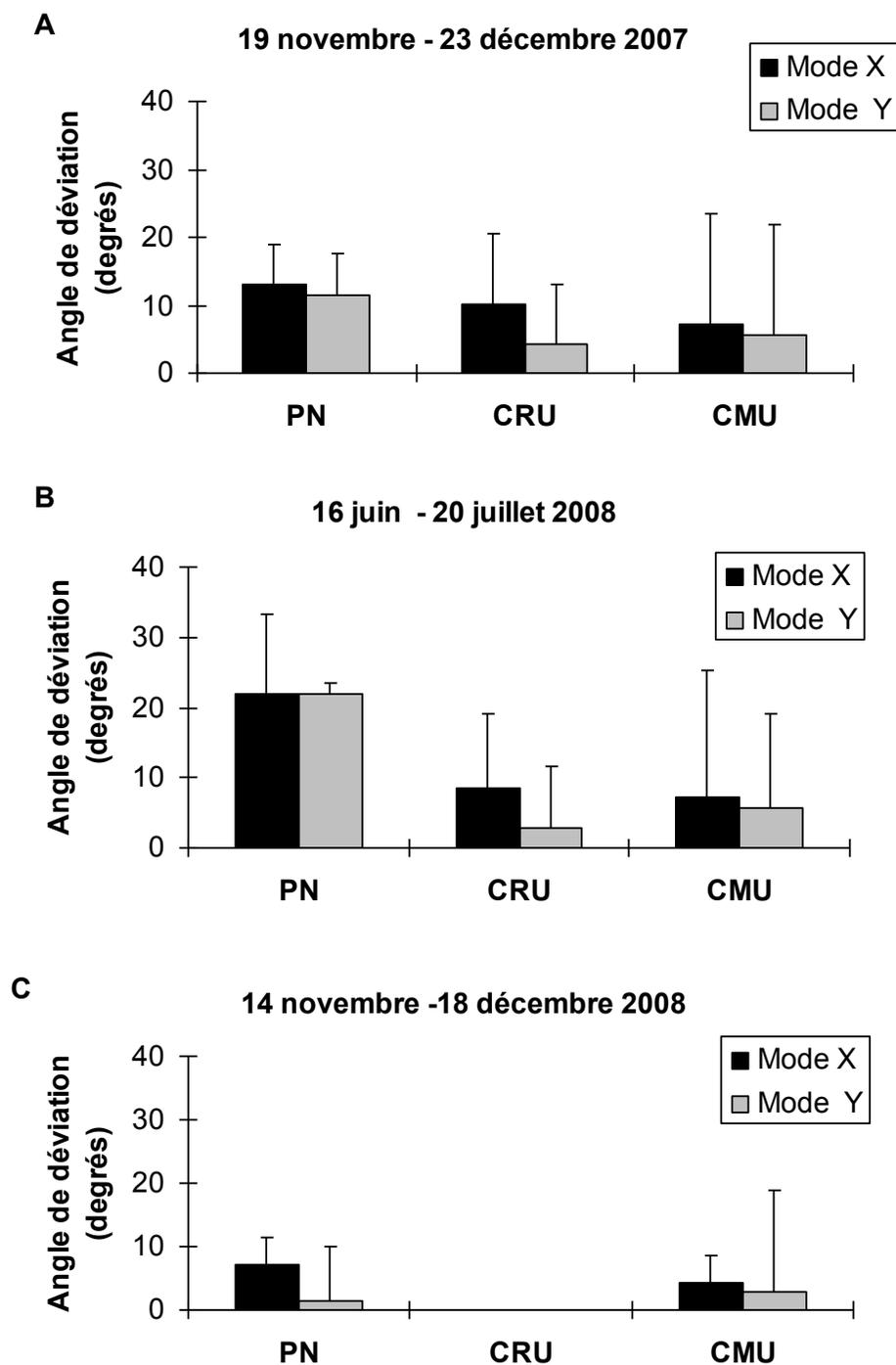


Figure 15. Comparaison du comportement des structures d'élevage en mer par la mesure de l'écart entre la position des plateaux et des paniers et la position horizontale. A. Mesures réalisées en automne 2007. B. Mesures réalisées en été 2008. C. Mesures réalisées en automne 2009. PN : paniers pyramidaux; CRU : cages régulières usagées; CMU : cages modifiées usagées. Les rectangles pleins représentent la valeur du mode ($n = 16200$) tandis que le trait représente la valeur de l'écart maximum observé pendant la période de mesure. X et Y représentent les deux axes horizontaux à angle droit l'un de l'autre.

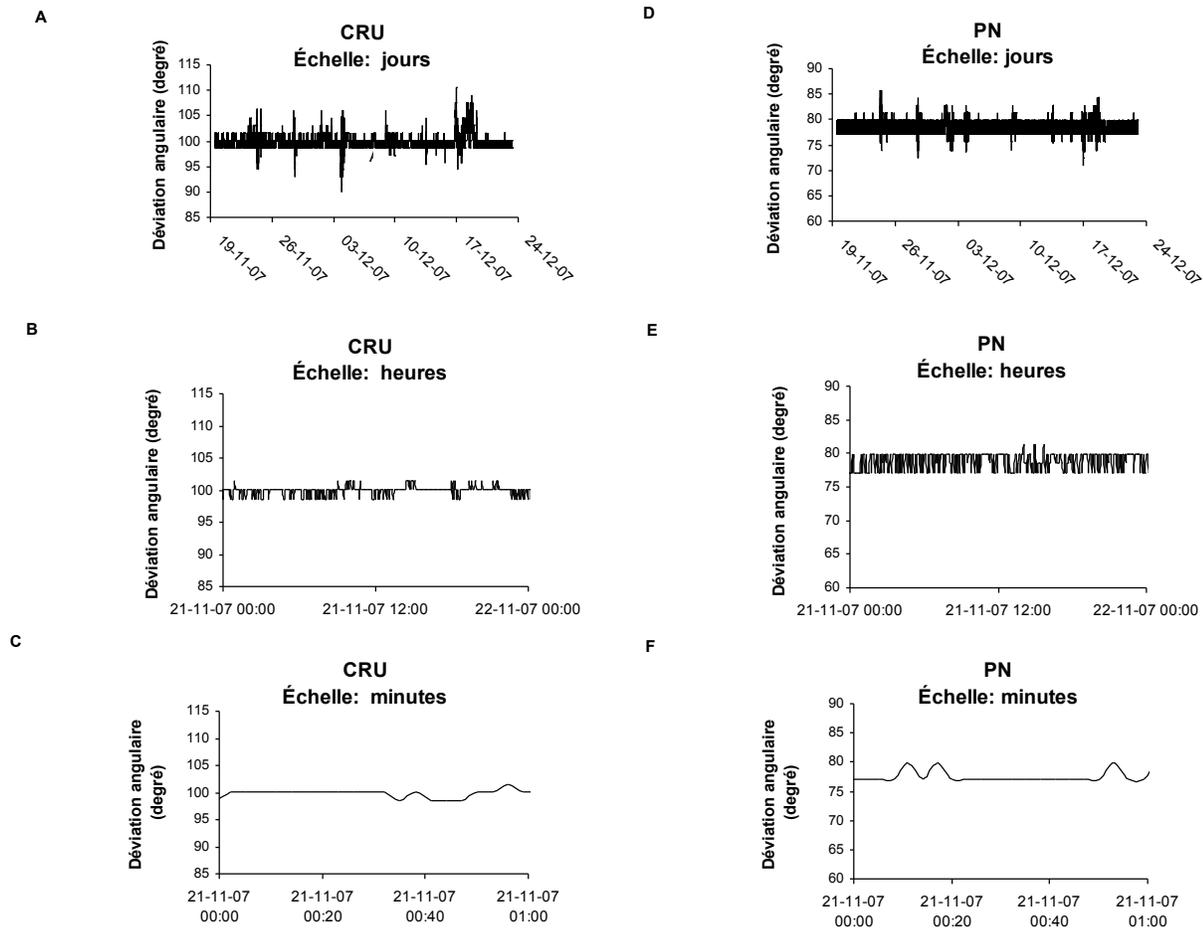


Figure 16. Comparaison du comportement d’une cage régulière usagée (CRU) et d’une série de cinq paniers pyramidaux (PN) suspendus sous une filière dans le Havre de Gaspé pour différentes échelles de temps en automne 2007. Les mesures de déviation angulaire correspondent à l’axe X (plan horizontal).

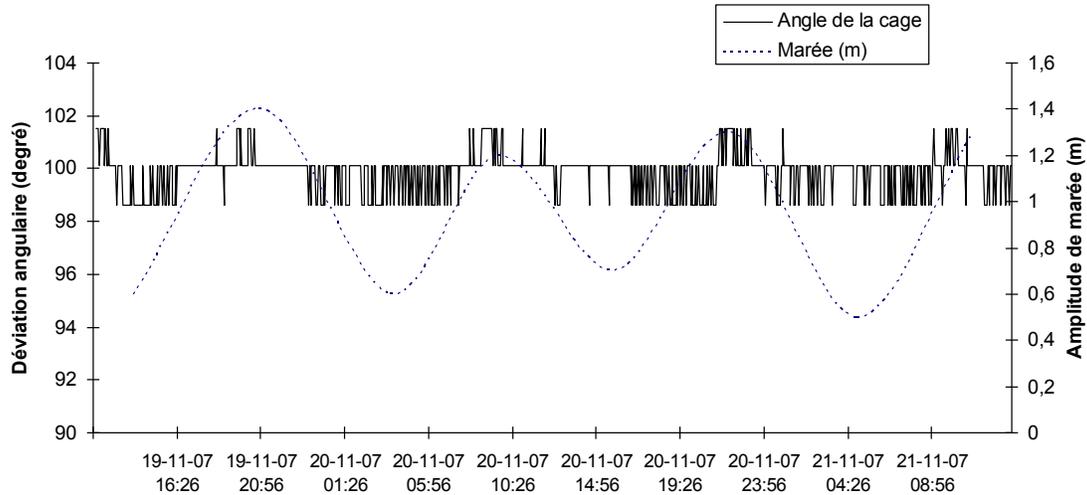


Figure 17. Changements dans la déviation angulaire d’une cage régulière usagée (CRU) en fonction des changements dans l’amplitude de la marée dans le Havre de Gaspé entre novembre et décembre 2007. Les mesures de déviation angulaire correspondent à l’axe X (plan horizontal).

4.7. RÉDUCTION DU COURANT DANS LES STRUCTURES D’ÉLEVAGE

Des mesures de courant ont été faites en bassin durant l’automne afin de déterminer l’effet des structures d’élevage sur la vitesse du courant. Les tests ont montré que l’ajout de Vexar dans les cages régulières ou doubles contribuait à la fois à réduire le courant transversal moyen qui traverse les plateaux mais également à réduire l’amplitude des variations dans la vitesse du courant (Figures18).

Le calcul de l’atténuation du courant par chacune des six structures montre que, dans les cages régulières, le courant est réduit de 43 % par rapport au courant à l’extérieur, tandis qu’avec une doublure en Vexar, la réduction du courant atteint 54 % (Figure 19). Dans les cages modifiées, la réduction du courant était de 22% pour une cage sans Vexar et de 45 % pour une cage avec Vexar. Dans le cas des paniers pyramidaux, la réduction du courant était de 32 % pour les paniers à grandes mailles et de 37 % pour les paniers à petites mailles.

Entre novembre 2008 et octobre 2009, la vitesse du courant a été mesurée *in situ* sous la filière, à la même hauteur que les cages (Figure 20). L’examen des données montre que le courant moyen est généralement faible, inférieur à 5 cm/s. Les vitesses de courant augmentent pendant les vives eaux et à cette occasion, des valeurs dépassant 10 cm/s sont observées quelques fois pendant un cycle mensuel de marée.

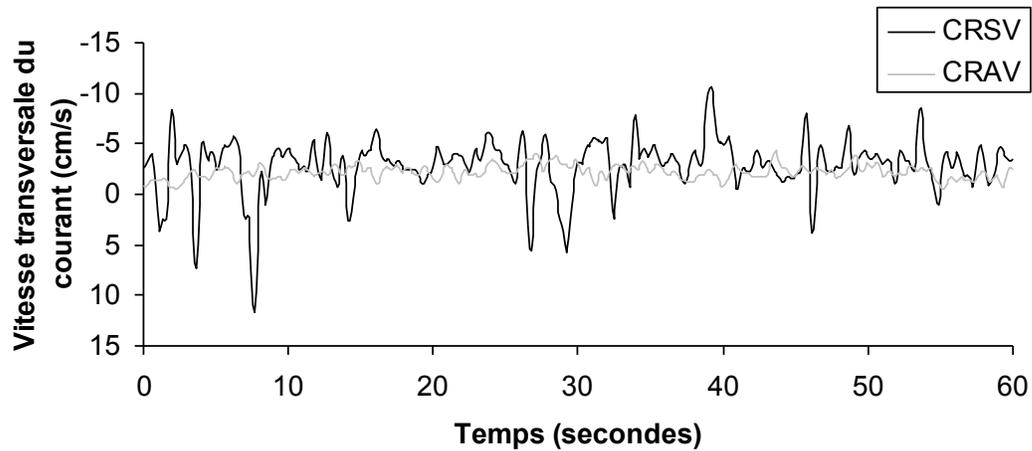


Figure 18. Comparaison de la vitesse absolue du courant horizontal qui traverse le plateau d'une cage régulière sans doublure de Vexar (CRSV) et avec une doublure de Vexar (CRAV).

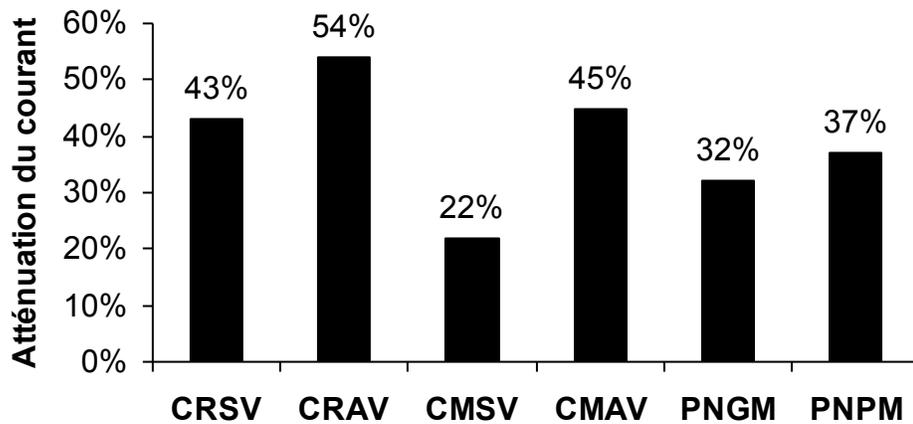


Figure 19. Atténuation du courant à l'intérieur de différentes structures d'élevage par rapport au courant appliqué à l'extérieur (% calculé sur la vitesse moyenne). CRSV : cage régulière sans doublure de Vexar, CRAV : cage régulière avec Vexar, CMSV : cage modifiée sans doublure de Vexar, CMAV cage modifiée avec Vexar, PNGM : panier pyramidal à grandes mailles (12 mm diagonale), PNPM : panier pyramidal à petites mailles (8 mm diagonale).

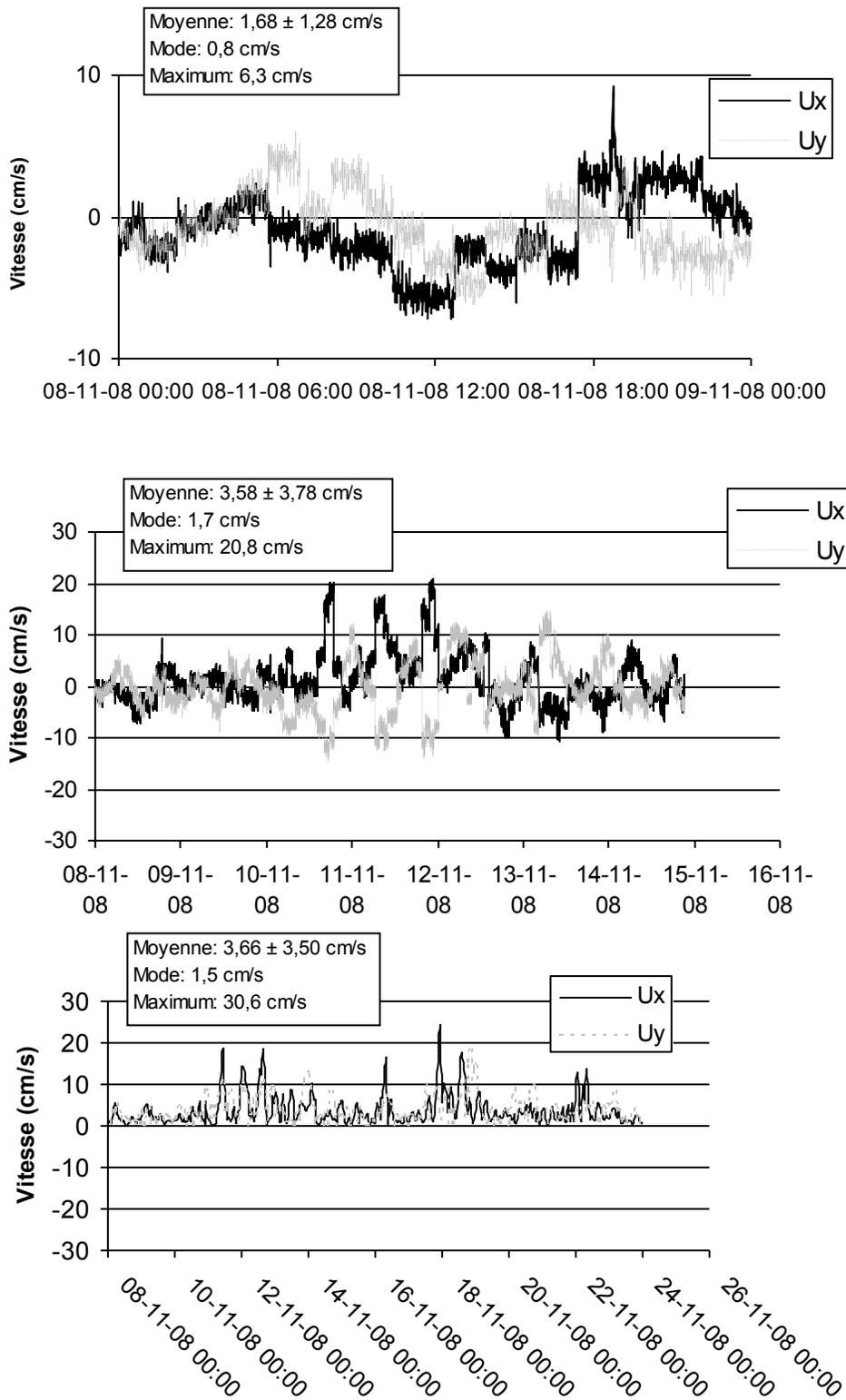


Figure 20. Vitesse du courant horizontal parallèle à la filière (Ux) et perpendiculaire à la filière (Uy) mesuré en novembre 2008. **A** Échelle d'un jour. **B** Échelle d'une semaine. **C** Échelle mensuelle.

5. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La discussion des résultats ci-dessous est organisée principalement autour de chacun des objectifs du projet, pour chacune des deux années de l'élevage en suspension.

5.1. Conditions environnementales

Selon Parsons et Robinson (2006), la température et la salinité optimale pour la croissance et la survie du pétoncle géant seraient de 12 °C et 31 ‰ respectivement. Idéalement, la température ne devrait pas dépasser 18 °C en été et la salinité ne devrait pas descendre en dessous de 25 ‰.

Sur le site expérimental, à la profondeur de la filière, la température et la salinité n'ont jamais dépassé les valeurs létales et ne peuvent expliquer les taux élevés de mortalités rencontrés pendant le projet. Malgré cela, le mois d'août reste un mois critique puisque la température à la profondeur de la filière atteint régulièrement 17 °C et que la salinité est proche de 25 ‰. Au site expérimental, il faudrait donc éviter de travailler sur les filières de pectiniculture durant cette période de l'année.

La baie de Gaspé est un estuaire partiellement mélangé avec une couche d'eau saumâtre en surface. Près de la surface, les mesures montraient en effet que la salinité peut descendre largement en dessous de 25‰, même en automne. Cela implique que lorsque le bateau travaille sur la filière (nettoyage, prise de mesure), cinq ou six structures d'élevage du pétoncle peuvent rester simultanément dans cette couche fortement désalée pendant plusieurs dizaines de minutes, ce qui peut provoquer un stress de salinité, lequel s'ajoute au stress provoqué par la manipulation des pétoncles. Dans ce genre de site, il conviendrait donc d'augmenter autant que possible l'espacement entre les cages sur la filière et de réduire la fréquence des interventions.

Les observations indirectes provenant de l'analyse des données des instruments de mesures montrent que l'encroûtement par les salissures augmente rapidement à partir de la mi-août, comme cela avait déjà été observé par Girault *et al.* (2005). Sur le site d'élevage, les principales salissures, en terme d'abondance, présentes sur les structures d'élevage sont les hydrozoaires (Annexe 1, photos 5 et 6). Pendant la seconde année de culture, les hyatelles et les moules semblent plus nombreuses mais sans que celles-ci ne forment une croûte dense sur l'extérieur des structures comme cela avait été le cas sur les cages Savoury au terme des essais menés dans le Havre de Gaspé entre 2001 et 2004 (Girault *et al.*, 2005). Malgré le nettoyage des cages en automne 2008, après 2 ans de culture, les petites étoiles de mer communes (*Asterias vulgaris*) et les oursins verts (*Strongilocentrotus droebachiensis*) captés par les structures atteignent des tailles importantes. Les étoiles de 10-15 cm contribuent probablement à nettoyer les cages des moules et des hyatelles mais elles peuvent également expliquer directement ou indirectement une partie des mortalités élevées observées chez les pétoncles. La présence de sites de mytiliculture dans le Havre de Gaspé est probablement un facteur qui favorise la prolifération des étoiles .

Finalement, il est important de noter que, en ralentissant le courant, les cages et les paniers pyramidaux jouent le rôle de pièges à sédiment. En automne, il a chaque fois été noté que l'intérieur des structures contenait de la boue brune. Comme les sédiments de la

baie sont de couleur noire à l'intérieur du Havre (observation personnelle), il est probable que cette boue est charriée dans la baie par les rivières et ne provient ni d'un contact des structures avec le fond, ni d'une remise en suspension des sédiments benthiques.

5.2. Année 2007-2008

Objectif 1 : vérifier si, à long terme, le taux de croissance des pétoncles cultivés en cage reste inférieur au taux de croissance des pétoncles cultivés en paniers pyramidaux.

Après 12 mois de croissance dans le Havre de Gaspé, le naissain de pétoncle géant a atteint une taille moyenne supérieure à 40 mm. Malgré que la température de l'eau ait été inférieure à zéro degré pendant cinq mois consécutifs, il y a tout de même eu une faible croissance des pétoncles entre novembre et juin (0,024 mm/j). La croissance des pétoncles a été nettement plus rapide entre juin et novembre que pendant la période hivernale (Figure 11).

Au terme de cette première période de culture, le naissain originaire de Grande-Rivière a eu un taux de croissance plus élevé que celui du naissain originaire du Nouveau-Brunswick (Figure 10). Cela lui a permis d'atteindre en 12 mois la même taille que les pétoncles du Nouveau-Brunswick malgré une différence de taille initiale. Cela reflète probablement en partie la dynamique de croissance allométrique des pétoncles chez qui la vitesse de croissance ralenti avec l'âge (références dans Shumway et Parsons, 2006). Les informations disponibles ne permettent pas de vérifier si la différence dans le stress causé par les opérations de transport a pu influencer les performances de croissance. Le naissain du Nouveau-Brunswick a voyagé pendant deux jours en glacière, et lors des étapes de mise en quarantaine et ensuite de stabulation en mer, les taux de mortalité ont été extrêmement élevés dans ce lot de pétoncles. Pendant l'élevage en mer, les pétoncles du Nouveau-Brunswick ont d'ailleurs continué à manifester un taux de mortalité supérieur à celui du naissain de Grande-Rivière, ce qui suggère que ces individus étaient affaiblis (Figure 6).

Quelle que soit la provenance du naissain, il est apparu qu'au bout de 12 mois d'élevage la croissance des pétoncles dans les cages régulières neuves (0,067 mm/j) était 20 % plus faible que dans les paniers pyramidaux (0,084 mm/j), ce qui s'est traduit par une différence dans la taille des pétoncles (42 mm vs 49 mm) (Figures 11 et 12). Par contre, il n'y a pas eu de différence dans les taux de survie (Figure 7). Il semble donc que la différence de croissance de 20 % déjà observée par Leblanc *et al.* (2007) subsiste même sur une plus longue durée d'élevage.

Cependant, le fait que pendant la première année, les pétoncles aient été maintenus dans des sacs japonais à l'intérieur des cages à cause de leur petite taille initiale a peut-être également contribué à cette différence. Il est malgré tout remarquable que les individus maintenus en sac japonais dans les cages aient pu maintenir une croissance suffisante pour atteindre une taille supérieure à 40 mm en seulement 12 mois de culture.

Les vitesses de croissance rapportées ici ne sont pouratnt pas exeptionnellement élevées. Les valeurs mesurées pendant la présent étude sont proches des valeurs mesurées pour des pétoncles cultivés sur le fond (0,04-0,06 mm/j) et sont dans la partie inférieure de la gamme de vitesse de croissance (0,08-0,1 mm/j) pour des juvéniles cultivés en suspension dans l'est du Canada (Parsons et Robinson 2006). Ils sont comparables aux vitesses de croissance (0,063 mm/j et 0,048 mm/j) observées entre octobre 2007 et octobre 2008 pour du naissain d'écloserie (4 mm) transféré dans deux étangs salés sur la Basse-Côte Nord et cultivés en panier pyramidal de 1,5 mm jusqu'à une taille de 27 mm (Côté J. 2009).

Enfin, il est intéressant de constater que la position des plateaux dans les cages n'a pas eu d'effet sur la croissance et la survie des pétoncles. Ceci signifie que la croissance est homogène dans une cage régulière avec dix paniers superposés. Lors de la première année d'élevage, il n'est donc pas nécessaire que le pectiniculteur redistribue la position des plateaux dans la cage lors des opérations d'entretien.

Objectif 2 : Vérifier si l'utilisation de plateaux surélevés (cage modifiée) augmente le taux de croissance et la survie des pétoncles.

Au bout de 12 mois d'élevage en suspension, il n'y pas eu de différence dans la survie et dans la croissance des pétoncles cultivés dans les cages régulières et dans les cages avec les plateaux. Dans les deux structures, la taille des pétoncles était similaire : $42,4 \pm 6,3$ mm (CRN) et $41,4 \pm 7,1$ mm (CMN) (Figures 7 et 12). Il semble par conséquent que l'augmentation du volume d'eau disponible dans les plateaux des cages n'a pas eu d'effet significatif sur les indicateurs de rendement de la culture pendant la première année. À nouveau, il est possible que les sacs japonais utilisé pour contenir le naissain dans les cages aient contribué à minimiser les différences entre les cages. Il faut noter que la première année, dans les pearl nets, la croissance était plus élevée que dans les différents types de cages tandis que la survie était similaire.

Objectif 3 : Vérifier si l'utilisation de cages pré-conditionnées augmente le taux de croissance et de survie des pétoncles vs cages neuves.

Au bout de 12 mois de culture en suspension, il n'y a pas eu de différence dans les taux de survie entre les cages neuves (CRN; 56 ± 15 %) et les cages usagées (CRU; 57 ± 11 %) (Figure 7). Par contre, la vitesse de croissance a été légèrement plus élevée dans les cages neuves (CRN; $0,067 \pm 0,008$ mm/j) que dans les cage usagées (CRU; $0,060 \pm 0,006$ mm/j) (Figure 12 et Tableau 5). L'hypothèse qu'un résidu toxique présent dans les cages neuves affecte la survie et la croissance des pétoncles est sans doute à écarter.

Objectif 4 : Vérifier si l'utilisation de cages usagées avec salissures augmente le taux de croissance des pétoncles vs cages usagées sans salissures.

Dans les cages régulières usagées, salies par 24 mois d'exposition ininterrompue aux biosalissures, la survie et la croissance des pétoncles ont été plus faibles que dans les cages usagées nettoyées (tableaux 4 et 5 et figures 7 et 12). En fait, parmi toutes les structures d'élevage testées, c'est dans les cages régulières usagées sales que les indicateurs de rendement ont été les plus faibles au terme de la première année d'élevage. C'est une indication que, dans le cas du Havre de Gaspé, l'accumulation des salissures est un facteur important qui affecte négativement les performances des élevages de pétoncles pendant l'année correspondant au pré-élevage. Dans le Havre de Gaspé il semble donc important de nettoyer les cages au moins une fois par an, idéalement avant la mi-août. Une alternative serait de faire le pré-élevage ailleurs, sur un site moins affecté par les biosalissures. Par contre, quelle que soit la quantité de biosalissures sur les cages, les coquilles des pétoncles à l'intérieur étaient dépourvues de biosalissures et un simple lavage au jet permettait d'obtenir des coquilles propres (Annexe 1, photo 10). Même s'il a été observé que la partie terminale des hydrozoaires mourait en hiver, les stolons restaient attachés aux cages et pouvait constituer un substrat pour la prochaine génération de biosalissures.

Objectifs 5 et 6 : Vérifier si le renouvellement de l'eau dans les différents types de cages est différent de celui dans un panier pyramidal.

Les tests en bassins ont montré que, dans les cages Dark Sea, la vitesse du courant est réduite de $\pm 43\%$ par rapport au courant à l'extérieur et que l'atténuation du courant à l'intérieur des cages est plus importante que celle dans les paniers pyramidaux (32-37%). L'ajout d'un chemisage en Vexar dans les cages augmente encore l'atténuation du courant.

Dans la présente étude, l'atténuation du courant par les paniers pyramidaux est moindre que ce qui a été rapporté par Claereboudt *et al.* (1994). Ces auteurs ont estimé que dans des paniers pyramidaux suspendus en mer, le courant était réduit de 46% à 61 % par rapport au courant à l'extérieur. Il faut cependant noter que ces auteurs ont utilisé la dissolution de cylindres de plâtre pour évaluer la vitesse des courants alors que nous avons utilisé un instrument ADV, plus sensible et plus précis.

Pour ce qui est des cages, les résultats du présent projet sont en accord avec ceux de Brake et Parsons (1998). Dans une étude réalisée en *flume tank*² au Marine Institute (T-N) avec différents modèles de cage à pétoncles, ces auteurs ont montré que la réduction du courant atteignait 43,24% pour la cage de Dark Sea et que l'atténuation du courant à l'intérieur des cages testées était indépendante de la vitesse du courant à l'extérieur, dans l'intervalle des vitesses testées (10-100 cm/s). Cette étude concluait que, parmi les structures testées par les auteurs, le modèle de cage de Dark Sea est celui qui atténue le moins le courant grâce à ses larges ouvertures de mailles, ce qui en ferait un modèle mieux adapté aux sites dans lesquels les courants sont faibles, comme c'est le cas du Havre de Gaspé.

² Bassin d'essais hydrauliques

Objectif 7 : Vérifier si les cages ont le même comportement que les paniers pyramidaux dans le courant à l'intérieur du Havre de Gaspé.

Sous la filière, les paniers pyramidaux et les cages étaient rarement en position de repos : ils oscillaient plusieurs fois par heure et le fond des structures d'élevage était le plus souvent éloigné de la position horizontale. Même si le courant de marée joue un rôle dans les mouvements de faible amplitude des structures d'élevage, il y a manifestement des événements singuliers (tempêtes ?) qui causent des oscillations beaucoup plus fortes (Figure 17a et 17d).

Les mesures montrent que le comportement des cages et celui des paniers pyramidaux étaient différents. Les séries de cinq paniers pyramidaux, qui s'étendaient sur une plus grande hauteur dans la colonne d'eau (3 mètres) et qui étaient moins lestés (2,5 kg) étaient la majorité du temps plus inclinés que les cages qui sont à la fois plus compactes (1,3 mètre) et pourvues d'un lest plus lourd (5 kg) (Figure 16). En outre, les mouvements des paniers pyramidaux étaient plus fréquents que les mouvements des cages (Figure 17 b et 17e). Par contre, le comportement des cages régulières et celui des cages modifiées étaient relativement similaires.

L'angle qui permet aux pétoncles de glisser est plus élevé dans le cas des paniers pyramidaux que dans le cas des cages (Tableau 9). En effet, le filet souple des paniers pyramidaux se déforme et forme des poches qui retiennent les pétoncles, tandis que le plancher de plastique rigide des cages, une fois mouillé, génère peu de friction. De ce fait, les déviations angulaires observées dans les paniers pyramidaux n'ont jamais atteint les valeurs qui auraient pu favoriser le glissement des pétoncles (Tableau 9 et Figure 16).

Dans les deux types de cages testées, les déviations angulaires observées n'ont jamais atteint la valeur seuil qui aurait pu favoriser le glissement des pétoncles de 20 ou de 50 mm. Cependant, à une seule occasion, le 17 juin 2008, dans la cage modifiée la déviation a atteint 25 degrés, ce qui est proche de la valeur seuil (28 ± 3 degrés) pour des pétoncles de 100 mm (Tableau 9). On peut en conclure que, pendant la période de culture, entre novembre 2007 et octobre 2009, le mouvement pendulaire des structures d'élevage testées dans le projet n'était probablement pas suffisant pour provoquer des épisodes de glissement et d'entassement des pétoncles qui auraient pu affecter leur croissance et leur survie, d'autant que pendant les deux ans du projet il a été observé que la plupart des pétoncles étaient attachés aux structures d'élevage par du byssus.

5.3 Année 2008-2009

Objectif 1 : vérifier si, à long terme, le taux de croissance des pétoncles cultivés en cage reste inférieur au taux de croissance des pétoncles cultivés en paniers pyramidaux.

Au terme de la deuxième année de croissance en suspension dans le Havre de Gaspé, toute structure d'élevage confondue, les pétoncles ont atteint une taille supérieure à 50 mm, ce qui est la taille minimum pour la mise en marché du pétoncle princesse, c'est-

à-dire un pétoncle entier vivant ou congelé en demi-coquille à une taille entre 50 et 70 mm (Figure 9).

Il n'y avait pas de différence dans les taux de survie entre les cages et les paniers pyramidaux ce qui indique que le type de structure d'élevage n'est pas le principal facteur expliquant la mortalité. (Figure 7). Cependant, lors de la seconde année, la vitesse de croissance dans les paniers pyramidaux a été deux fois plus élevée que celle dans les cages. Il semble donc que la différence de croissance de 20 % déjà observée par Leblanc *et al.* (2007) subsiste et même augmente sur une plus longue durée d'élevage. Cette différence pourrait être attribuable à l'atténuation du courant, puisque le courant est réduit de 54 % à l'intérieur des cages régulières avec la doublure de Vexar et seulement de 37 % dans les paniers pyramidaux à petites mailles (Figure 19).

Au terme de la seconde année, il a d'ailleurs été constaté que la vitesse de croissance des animaux dans le dernier plateau au bas des cages était aussi élevée que celle mesurée dans les paniers pyramidaux, tandis que la vitesse de croissance des pétoncles dans les plateaux supérieurs était moindre. Dans les paniers pyramidaux dont toutes les parois sont exposées au courant, la vitesse de croissance était indépendante de la position du panier. Ces observations viennent appuyer l'idée que, dans le contexte de faible courant du Havre de Gaspé, le renouvellement de l'eau à travers le fond des structures améliorerait les performances de croissance, particulièrement lors de la seconde année d'élevage.

Objectif 2 : Vérifier si l'utilisation de plateaux surélevés (cage modifiée) augmente le taux de croissance et la survie des pétoncles.

Au bout de 24 mois d'élevage en suspension, il n'y a pas eu de différence dans la survie des pétoncles cultivés dans les cages régulières et dans les cages avec les plateaux surélevés (Figure 7). Par contre, la vitesse de croissance et la taille finale des pétoncles dans les cages régulières neuves était légèrement plus faible que celle des pétoncles dans les cages modifiées. Il semble par conséquent que l'augmentation du volume d'eau disponible dans les plateaux a eu un effet, faible mais significatif, sur les indicateurs de rendement, ce qui vient à nouveau suggérer que, dans le contexte du site expérimental, le renouvellement de l'eau soit le facteur limitant pour la densité de pétoncle utilisée ici.

Objectif 3 : Vérifier si l'utilisation de cages pré-conditionnées augmente le taux de croissance et de survie des pétoncles vs cages neuves.

Au bout de 24 mois de culture en suspension, il n'y a pas eu de différence dans les taux de survie entre les cages neuves et les cages usagées (Figure 7). De même, il n'y a pas eu de différence dans la vitesse de croissance des animaux dans les cages neuves et dans les cages usagées (Figure 12 et Tableau 5). L'hypothèse qu'un résidu toxique présent dans les cages neuves affecte la survie et la croissance des pétoncles est donc à écarter.

Objectif 4 : *Vérifier si l'utilisation de cages usagées avec salissures augmente le taux de croissance des pétoncles vs cages usagées sans salissures.*

Dans les cages régulières usagées salies par 36 mois d'exposition ininterrompues aux biosalissures, il n'y a pas eu de différence entre la survie des pétoncles dans les cages usagées sales et celle des animaux dans les cages nettoyées. Par contre, la croissance dans les cages sales (0,048 mm/j) a été deux fois plus élevée que la croissance dans les cages nettoyées (0,023 mm/j) (Tableaux 4 et 5 et figures 7 et 12). En fait, parmi toutes les structures d'élevage testées, y compris les paniers pyramidaux, c'est dans les cages régulières usagées sales que la croissance a été la plus élevée durant la seconde année d'élevage. Ce paradoxe apparent soulève la question de savoir si les manipulations liées au nettoyage des cages ont eu un effet stressant sur les pétoncles ou si les biosalissures constituent une source de nourriture dans un contexte de faible renouvellement de l'eau.

Il est à noter qu'en automne 2009, les hydrozoaires étaient à nouveau les salissures les plus abondantes sur la paroi extérieure des cages et des paniers, tandis que, à l'intérieur, ce sont les organismes filtreurs comme les moules et les hyatelles qui dominaient (Annexe 1, photos 11 et 12).

Objectifs 5 et 6 : *Vérifier si le renouvellement de l'eau dans les cages est différent de celui dans un panier pyramidal (suite).*

Le courant optimal pour le pétoncle géant se situerait entre 3 et 6 cm/s (Brake et Parsons, 1998). Selon les différentes études sur ce sujet, la croissance du pétoncle géant serait réduite pour des courants au delà de 10 cm/s (Wildish et Saulnier 1992) et à partir de 15-20 cm/s, les pétoncles cesseraient de se nourrir (références dans Shumway et Parsons, 2006).

Les mesures de courant entre novembre 2008 et octobre 2009 montrent que, la majorité du temps, à la hauteur de la filière, le courant ne dépasse pas 10 cm/s. En périodes de vives eaux, le courant est plus intense et peut à de rares occasions dépasser 30 cm/s. Si on considère l'atténuation du courant par les parois des structures d'élevage et leurs salissures, le courant auquel les pétoncles étaient exposés devait être le plus souvent inférieur à 5 cm/s. Il semble donc peu probable qu'un excès de courant ait pu affecter négativement la croissance des pétoncles du présent projet.

Claereboudt *et al.* (1994) ont montré que, sur un site caractérisé par des vitesses de courant faibles (9 cm/s), il y avait une réduction de la croissance des pétoncles géants cultivés dans les paniers pyramidaux par rapport à celle de pétoncles directement exposés au courant. Comme les courants mesurés le long de la filière sont relativement faibles, il est possible que ce soit un facteur qui limite la croissance des animaux enfermés à l'intérieur de structures d'élevage couvertes de salissures. Girault *et al.* (2005) avaient déjà observé que, pour des pétoncles de même taille cultivés dans le Havre de Gaspé, la croissance avec la méthode de culture en boucle d'oreille est plus rapide que dans des cages Savoury ou des paniers pyramidaux. Malgré tout, dans le présent projet les pétoncles ont atteint une taille de 50 mm en 24 mois d'élevage comparé à 12 mois pour atteindre la même taille dans les lagunes des Îles-de-la-Madeleine et 36 mois sur la Basse-Côte-Nord.

6. RECOMMANDATIONS

Les résultats du présent projets doivent être considérés avec prudence étant donné les taux de mortalités élevés observés dans les structures d'élevage. En fait, à chacun des projets expérimentaux de culture de pétoncles menés au cours des dernières années dans le Havre de Gaspé, des mortalités élevées ont été observées en début d'élevage (Girault *et al.* 2005, Leblanc *et al.* 2007).

Malgré tout, que ce soit en cage ou en panier pyramidal, les taux de croissance des animaux ont été satisfaisants dans le présent projet et ont permis d'atteindre une taille commerciale au terme de deux ans d'élevage. Cependant, il faut absolument tenter de réduire les taux élevés de mortalité. Des mortalités cumulatives entre 63 et 79% sont inacceptables dans un contexte commercial. Au départ, la première année, les mortalités ont été associées au stress du transport de naissain. Par la suite, les mortalités ne semblent pas être associées à l'origine du naissain, ni au type de structure ou à l'effet des salissures sur les cages. Il est bien sûr possible que dans le cas d'un projet expérimental, les longues périodes d'émersion associées aux prises de mesure répétées soient à blâmer. L'envasement des pétoncles et la présence des étoiles dans les cages sont sans doute également des facteurs aggravants. Étant donné qu'avec la sensibilité des pétoncles et l'absence d'étanchéité des valves du pétoncles, aucun traitement à la saumure n'est possible pour se débarrasser des étoiles, les sites de pectiniculture devraient idéalement être localisés en dehors des zones de mytiliculture et en dehors des milieux chargés en vase pour réduire les mortalités.

Dans le choix d'une stratégie d'entreprise, il conviendra de tenir compte de la différence de vitesse de croissance importante entre les paniers pyramidaux et les cages, du moins dans le contexte du Havre de Gaspé. Cet avantage des paniers pyramidaux est cependant à mettre en balance avec l'aisance des manipulations des cages qui optimise le temps de travail.

La culture du pétoncle géant en cages de plastique rigide devrait être testées sur des sites avec forts courants pour améliorer les échanges d'eau à l'intérieur des cages et atténuer l'accumulation de vase. Il est possible, que dans un contexte de courant élevé, l'avantage des paniers pyramidaux en termes de vitesse de croissance s'atténue.

Il n'apparaît pas clairement qu'à long terme, le nettoyage des structures soit bénéfique. Les résultats suggèrent que les salissures favorisent la croissance durant la seconde année d'élevage. Par ailleurs, le maintien des cages en surface pendant les opérations de nettoyage combiné au fait que la pompe du bateau fonctionne avec l'eau saumâtre de la surface peut augmenter les mortalités. Il conviendrait de vérifier en conditions commerciale quel est l'effet de la saison et de la fréquence de nettoyage sur les paramètres de rendement.

Finalement, l'expérience a montré qu'il conviendrait d'utiliser des cages dont le maillage est adapté à la taille du naissain pour éviter l'ajout de chemisage interne ou le maintien du naissain dans des sacs en maille fine. En effet, avec leurs ouvertures assez larges, les

cages à huîtres Dark Sea sont mal adaptées à la petite taille du naissain de pétoncle provenant de la collecte en milieu naturel. Elles conviennent mieux pour une deuxième étape de culture, avec des pétoncles de 30 cm et plus. Dans un site à courant faible comme c'est le cas dans le Havre de Gaspé un producteur pourrait considérer utiliser des cages avec des plateaux surélevés pour améliorer le renouvellement de l'eau à l'intérieur des plateaux.

7. RÉFÉRENCES

- Brake J. et Parsons G.J. (1998). Flow rate reduction in scallop grow-out trays. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 98-2, pp. 62-64.
- Claereboudt M.R., Himmelman J.H. et Côté J. (1994). Field evaluation of the effect of current velocity and direction on the growth of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, in suspended culture. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 183:27-39.
- Côté, J. (2009). Résumé des activités pectinicoles réalisées par Pec-Nord en 2008. Présentation à la réunion REPERE II, Gaspé, 17 février 2009.
- Girault L., Larrivée, M.-L. et Tamigneaux E. (2005). Projet expérimental : comparaison de cinq techniques d'élevage de pétoncles géants dans la baie de Gaspé. Rapport final. Halieutec, Cégep de la Gaspésie et des Îles, 73 pages.
- Leblanc M.-J., Girault L., Tamigneaux E. et Larrivée M.-L. (2007). *Développement et essai d'un nouveau système d'élevage du pétoncle géant en baie de Gaspé*. Rapport PART2004N002. Programme d'aide à la recherche technologique. Ministère de l'éducation des loisirs et du sport.
- Shumway S.E. et Parsons G.J. (éditeurs). *Scallops biology, ecology and aquaculture*. Second edition. Developments in aquaculture and fisheries science, volume 35, 2006. Elsevier, New-York, 1460 pages.
- Wildish, D.J et Saulnier A.M. (1992). The effect of velocity and flow direction on the growth of juvenile and adult giant scallops. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 133:133-143.
- Parsons G. J. et Robinson S.M.C. (2006) Sea scallop aquaculture in the northwest Atlantic. Dans : «Scallops biology, ecology and aquaculture». Second edition. Shumway S.E. et Parsons G.J. (éditeurs). Developments in aquaculture and fisheries science, volume 35, 2006. Elsevier, New-York, 1460 pages.
- Sokal R.R. et Rohlf F.J. (1995). *Biometry : the principles and practice of statistics in biological research*, 3^{ème} édition, Freeman, New York, 887 pages.
- Zar J.H. (1999). *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 929 pages.

8. REMERCIEMENTS

Aux différentes étapes de sa réalisation, le présent projet a bénéficié de la contribution des personnes suivantes : le personnel de l'entreprise *Les moules de Gaspé* : Jocelyn Richard, Jacques Dufresne Sr, Etienne Dufresne, Jacques Dufresne Jr et David Gauthier; le personnel de l'entreprise *Fermes Marines du Québec* : Jean-Philippe Hébert et Marie-Hélène Desroches; les techniciens de *Halieutec* : Daniel Bourdages, Antoine Dumais-Roy et Richard Méthot; Bruno Frenette, directeur de projet à l'UPM/MFU Inc.; Claude Forest, technicien et Benoit Thomas, biologiste au MAPAQ; Lynda Girard, technicienne au MPO ainsi que les étudiant(e)s en aquaculture de l'ÉPAQ. Lors de l'étape de révision, le document a bénéficié des commentaires de Marie-Lyne Larrivée et Laurent Girault.

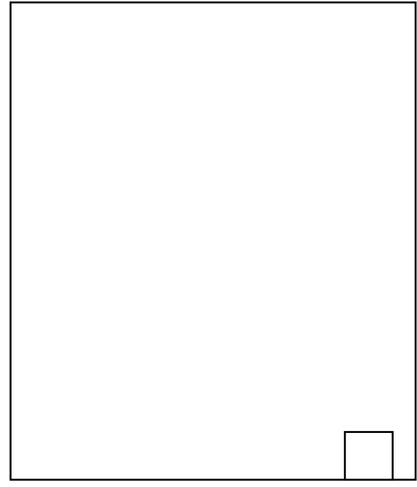
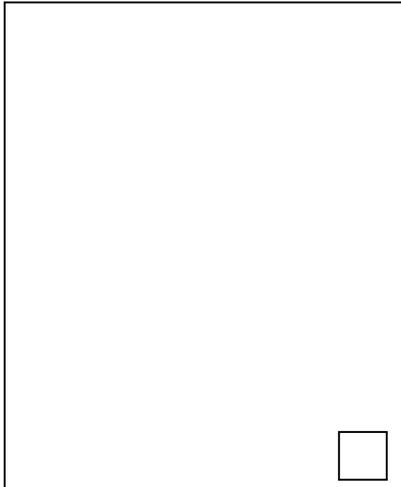
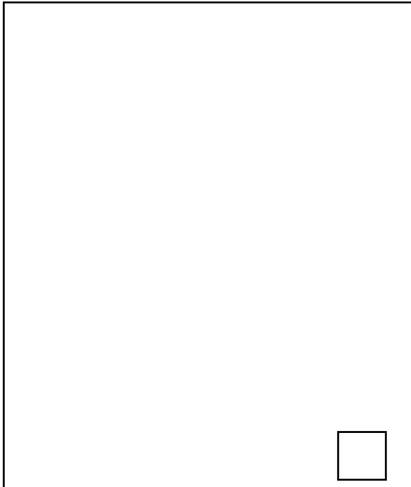
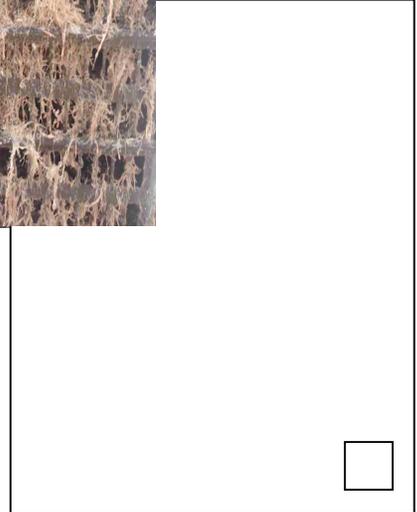
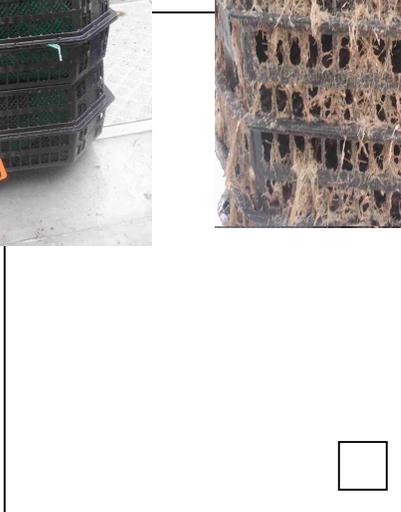
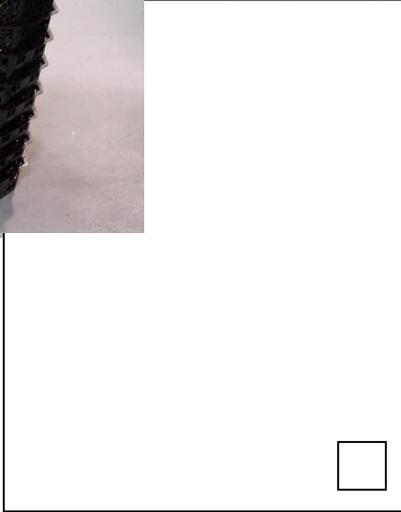


Photo 1. Cage régulière neuve (plateaux simples).

Photo 2. Plateaux doubles d'une cage modifiée neuve en cours de montage.

Photo 3. Cage régulière usagée sale au début de projet, en novembre 2007.

Photo 4. Cage régulière neuve en novembre 2008, après lavage au jet.

Photo 5. Cage modifiée neuve en novembre 2008, après 12 mois d'immersion en mer.

Photo 6. Paniers pyramidaux en novembre 2008, après 12 mois d'immersion en mer.

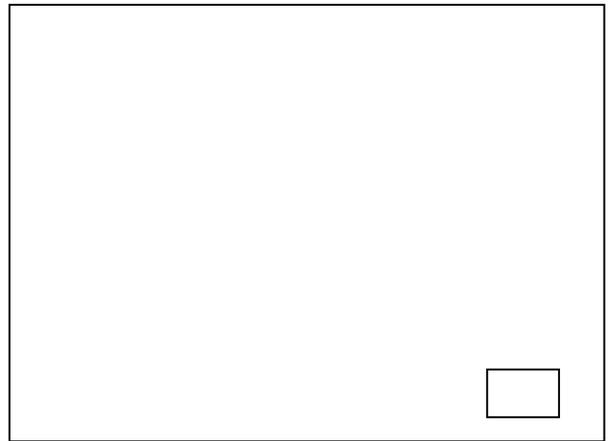
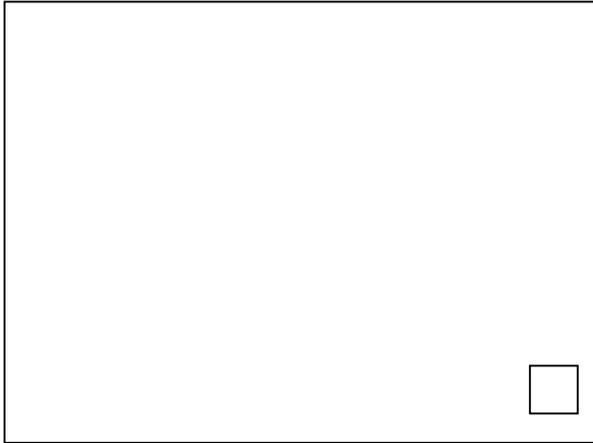


acs j
e 200
d'une
d'une
apon



plateaux des
mmersion en
petoncles aient

Photo 10. Vue rapprochée des pétoncles cultivés en cages après 12 mois de croissance dans le Havre de Gaspé. La cage et les pétoncles ont été rincés à l'eau de mer pour enlever la vase.





11¹³

inverté
couve
d'un
d'un



14

