



SODIM

Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Étude de la rentabilité de la production de
moules sur collecteur autogéré à Carleton,
Québec*

Rapport final

Dossier n° 710.24

Rapport commandité par la SODIM

2008

Étude de la rentabilité de la production de moules sur collecteur autogéré à Carleton, Québec

Francis Bilodeau, Myriam Lachance-Bernard, James R. Wilson et Marcel Fréchette

Direction régionale des Sciences
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850 route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

2008

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences
halieutiques et aquatiques 282



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Canada

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports à l'industrie contiennent les résultats des activités de recherche et de développement qui peuvent être utiles à l'industrie pour des applications immédiates ou futures. Ils sont surtout destinés aux membres des secteurs primaire et secondaire de l'industrie des pêches et de la mer. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports à l'industrie peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports à l'industrie sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 91 de cette série ont été publiés à titre de rapports sur les travaux de la Direction du développement industriel, de rapports techniques de la Direction du développement industriel, et de rapports techniques de la Direction des services aux pêcheurs. Les numéros 92 à 110 sont parus à titre de rapports à l'industrie du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 111.

Les rapports à l'industrie sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Industry reports contain the results of research and development useful to industry for either immediate or future application. They are directed primarily toward individuals in the primary and secondary sectors of the fishing and marine industries. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Industry reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-91 in this series were issued as Project Reports of the Industrial Development Branch, Technical Reports of the Industrial Development Branch, and Technical Reports of the Fisherman's Service Branch. Numbers 92-110 were issued as Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service Industry Reports. The current series name was changed with report number 111.

Industry reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport canadien à l'industrie
sur les sciences halieutiques et aquatiques 282

2008

Étude de la rentabilité de la production de moules
sur collecteur autogéré à Carleton, Québec

Francis Bilodeau¹, Myriam Lachance-Bernard², James R. Wilson¹ et Marcel Fréchette

Direction Régionale des Sciences
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

¹Département des sciences de la gestion, Université du Québec à Rimouski, 310 allée des Ursulines, Rimouski, QC, Canada G5L 3A1

²Département de biologie, Faculté des Sciences et de Génie, Université Laval, Québec, QC, Canada, G1K 7P4

©Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2008

No. de cat. Fs 97-14/282

ISSN 1488-5476

On devra citer la publication comme suit :

Bilodeau, F., M. Lachance-Bernard, J.R. Wilson et M. Fréchette. 2008. Étude de la rentabilité de la production de moules sur collecteur autogéré à Carleton, Québec. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 282 : vii + 24 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES FIGURES	v
RÉSUMÉ.....	vi
ABSTRACT	vii
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 LIMITE SUPÉRIEURE DE PRODUCTION.....	2
3.0 MATÉRIEL ET MÉTHODES	5
3.1 ÉCHANTILLONNAGE ET INFORMATIONS FINANCIÈRES	5
3.2 ASPECTS BIOÉCONOMIQUES	6
4.0 RÉSULTATS.....	8
4.1 COMPORTEMENT DES FILIÈRES ET TEMPÉRATURE	8
4.2 PRODUCTION DES COLLECTEURS.....	8
4.3 ANALYSE BIOÉCONOMIQUE.....	9
4.4 AUTORÉDUCTION ET LIMITE SUPÉRIEURE DE PRODUCTION	16
5.0 DISCUSSION ET CONCLUSION	21
6.0 REMERCIEMENTS	23
7.0 RÉFÉRENCES	24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Résultat des simulations pour la technologie A.....	13
Tableau 2. Résultat des simulations pour la technologie B.....	15
Tableau 3. Résultat des simulations pour la technologie C en postulant un taux d’approvisionnement de 1,31	17
Tableau 4. Résultat des simulations pour la technologie C en postulant un taux d’approvisionnement de 2.....	18

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schéma illustrant le comportement vertical attendu d'une filière de collecteurs autogérés au cours du cycle de production.....	1
Figure 2. Schéma représentant la rentabilité de l'élevage sur collecteur autogéré en fonction du phénomène d'autoréduction	4
Figure 3. Carte indiquant la position des deux sites mytilicoles échantillonnés entre 2003 et 2006 dans la Baie de Cascapédia, Québec	5
Figure 4. Séries de température et de profondeur obtenues avec les profondimètres installés sur l'aussière des filières.....	10
Figure 5. Biomasse obtenue avec la technologie A sur le site 1, en fonction du temps écoulé depuis la collecte.....	11
Figure 6. Biomasse obtenue avec les technologies A et B sur le site 2, en fonction du temps écoulé depuis la collecte	11
Figure 7. Pourcentage de la récolte composée de moules de taille commerciale, en fonction du temps écoulé depuis la collecte.....	12
Figure 8. Relation entre la biomasse et la densité obtenue avec la technologie A sur le site 1.....	19
Figure 9. Relation entre la biomasse et la densité obtenue avec les technologies A et B sur le site 2.....	20

RÉSUMÉ

Bilodeau, F., M. Lachance-Bernard, J.R. Wilson et M. Fréchette. 2008. Étude de la rentabilité de la production de moules sur collecteur autogéré à Carleton, Québec. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 282 : vii + 24 p.

Ce travail porte sur une analyse bioéconomique d'une nouvelle technique d'élevage de la moule sur filière. Cette technique, dite des collecteurs autogérés, a pour but de tirer profit de l'élevage en suspension tout en minimisant certains coûts de production. La technique consiste à élever les moules à même les structures de collecte de naissain. La filière est munie de poids de délestage qui permettent de réguler automatiquement la profondeur d'élevage selon la masse des moules. Ceci permet de faire l'économie des opérations de dégrappage des collecteurs et de mise en boudin du naissain. Un des inconvénients possibles de la méthode est l'obtention d'une plus grande variabilité des tailles à la récolte et un taux de croissance plus lent, puisque la taille du naissain et la densité d'élevage ne peuvent être ajustées au moment du boudinage. Nous examinons les résultats selon différents critères : la rentabilité, la taille des moules et les limites de production de la population.

Nous avons étudié deux variantes de la méthode. La technologie A met en jeu des bouées de 16 litres et la technologie B, des bouées de 40 litres. Une troisième analyse porte sur la technologie C, où le cycle d'élevage est également bouclé sur les collecteurs, mais sur filière classique. La technologie A est étudiée sur deux sites. Les données des thermoprophondimètres, enregistrées sur les filières de technologie A sur un seul des deux sites où elle est étudiée, indiquent que les filières se sont comportées comme prévu au début de l'étude, mais qu'elles sont entrées en contact avec le fond de façon répétée vers la fin de celle-ci. La température montre un cycle annuel typique, auquel des variations de grande amplitude viennent s'ajouter en été. La technologie A produit une récolte totale de l'ordre de 1,6 kg/30,5 cm de collecteur après 40 mois d'élevage. La biomasse observée est plus faible que la biomasse potentielle après le 15^{ième} mois, ce qui indique que les contacts avec le fond ont dénudé des collecteurs en tout ou en partie à partir de ce moment. Avec la technologie B, la récolte totale est de l'ordre 2,1 kg/30,5 cm de collecteur après 36 mois d'élevage et nous n'observons aucune dénudation.

Le seuil de rentabilité est atteint à 2,2 kg/30,5 cm de collecteur pour la technologie A et de 2,1 kg/30,5 cm de collecteur pour la technologie B. Nos analyses indiquent que le surpeuplement et la croissance individuelle ne constituent pas des obstacles à l'obtention de la rentabilité puisque que la courbe d'auto-réduction se situe au-dessus du seuil de rentabilité. Si obstacle il y a, ce sera plutôt au niveau de la performance des filières : la technologie B permet de mieux flotter filières et collecteurs et d'éviter la dénudation au contact du fond. L'examen de la technologie C indique qu'il est tout aussi rentable de procéder au boudinage que de laisser le naissain sur collecteur dès lors que la longueur de boudin obtenue par unité de longueur de collecteur atteint un ratio collecteur : boudin de 1 : 1,31.

ABSTRACT

Bilodeau, F., M. Lachance-Bernard, J.R. Wilson et M. Fréchette. 2008. Étude de la rentabilité de la production de moules sur collecteur autogéré à Carleton, Québec. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 282 : vii + 24 p.

This work concerns a bioeconomic analysis of a new technique of growing mussels on collector lines. This technique, called self-regulating collectors, seeks to benefit from growing mussels in suspension while minimizing certain production costs. The technique consists in raising mussels directly from the structures used for the collection of spat. The lines are equipped with weights and buoys, which permit a more automatic regulation of the depth at which grow-out occurs, according to the mass of mussels. This allows the operator to save costs associated with stripping the collectors and placing the spat in sleeves. One possible drawback of the method is that there is a greater variability of sizes in the harvest and a slower growth rate, because the size of the spat and the density of the grow-out cannot be adjusted over time, as can be done with a sleeve technique. We examine results according to various criteria, such as profitability, size of mussels and limits on the productive capacity of the population.

We studied two variants of the method. One technique (Technique A) uses buoys of 16 litres, and Technique B uses buoys of 40 liters. A third analysis (Technique C) is studied, where the grow-out is also completed on collectors of a more classic line technique. The “A” technique is studied on two sites. Measures using temperature and depth recorders made for technique A on one of the two sites indicate that the collectors performed as expected at the beginning of the study, but that they made contact at the bottom repeatedly towards the end of the trial period. Temperature shows a typical annual cycle, with large variations in summer. The “A” technique produces a total harvest of the order of 1,6 kg/30,5 cm of collector after 40 months of growth. Observed biomass is lower than potential biomass after the 15th month, what indicates that contacts with the bottom stripped collectors in all or in part from this time on. With the “B” technique, the total harvest is around 2,1 kg/30,5 cm of collector after 36 months, and we do not observe any stripping because of bottom contact.

An economic breakeven point is reached at 2,2 kg/30,5 cm of collector for the “A” technique and at 2,1 kg/30,5 cm of collector for the “B” technique. Our analyses indicate that overpopulation and individual growth are not obstacles in obtaining profitability, because the self-thinning curve lies above the breakeven point. If there is an obstacle, it will be rather at the level of the performance of the lines: The “B” technique allows better flotation of the collectors and avoids stripping because of contact with the bottom. Trials of the “C” technique indicate that it is more profitable to proceed with sleeving than to leave the spat on the line, since a length of sleeve obtained from a collector's unit of length reaches a collector/sleeve ratio of 1: 1,31.

1.0 INTRODUCTION

Les pêcheries traditionnelles éprouvant actuellement des difficultés, l'aquaculture offre une avenue de diversification des activités des pêcheurs. Cependant, les méthodes mytilicoles classiques exigent beaucoup de temps. En effet, elles impliquent une suite d'opérations pouvant se résumer à fabriquer des collecteurs de naissain, les installer sur des filières de collecte, récupérer le naissain après la fixation, le trier, l'installer dans les filets d'élevage (« boudinage ») et à gérer la flottabilité des filières d'élevage (Myrand et Richard 1987, Mallet et Myrand 1995). Et c'est sans compter les complexités de la gestion d'une entreprise mytilicole comprenant différentes étapes de production. La mytiliculture classique pourrait donc ne pas convenir à tous. Pour pallier la situation, la Ferme Maricole du Grand Large (autrefois la Ferme de développement maricole Nord-Sud), située à Carleton, Québec, propose la mise en œuvre d'une méthode dite des collecteurs autogérés.

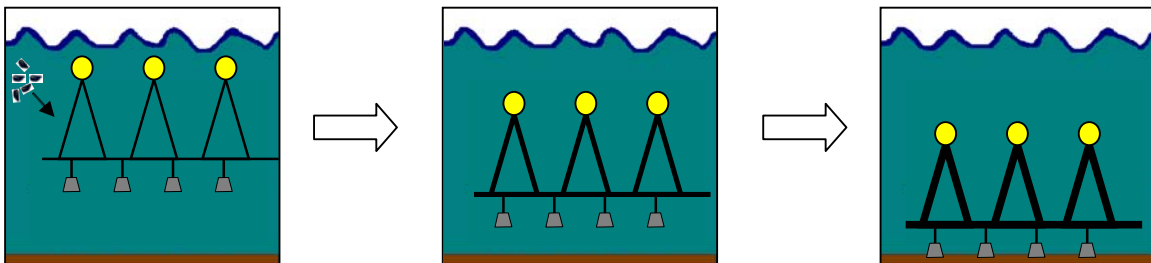


Figure 1. Schéma illustrant le comportement vertical attendu d'une filière de collecteurs autogérés au cours du cycle de production. On note en particulier que la structure d'une filière de collecteurs autogérés diffère de celle d'une filière classique en ce que les collecteurs, flottés deux à deux par des bouées individuelles, se situent au-dessus et non pas au-dessous de l'aussière.

L'élevage sur collecteur autogéré se distingue de l'approche classique par la gestion du cheptel de moules et par la conception des filières. Le mode de fonctionnement de cette méthode est schématisé à la Figure 1. Selon cette méthode, le naissain de moule vient se fixer sur des collecteurs attachés par le bas à l'aussière et par le haut à des bouées. Les collecteurs sont attachés deux à deux aux bouées. Ce sont ces bouées qui flottent le tout. Des cordes au bout desquelles pendent des poids de compensation sont attachées à l'aussière et font office de jambes. La croissance du naissain entraîne une augmentation de la masse de la filière et en provoque l'enfoncement. Lorsque les poids de compensation entrent en contact avec le fond, la position de la filière se stabilise temporairement. La profondeur de la filière pourrait ensuite augmenter ou diminuer, selon que la croissance ou les pertes de moules entraînent une augmentation ou une diminution de la masse totale de la filière. Cette forme d'élevage repose donc essentiellement sur la fixation naturelle et les processus biologiques subséquents, d'où le terme « autogéré ».

La rentabilité de la méthode d'élevage sur collecteur autogéré n'est pas encore établie. Même si l'élevage à même les collecteurs a été étudié ou pratiqué en plusieurs endroits (Dare et Davies 1975, Loo et Rosenberg 1983, Sukhotin et Kulakowski 1992, Lindahl *et al.* 2005), son adoption au contexte économique canadien pourrait ne pas

s'avérer rentable, d'où l'importance de l'élaboration d'une analyse financière adéquate. Puisqu'il s'agit d'une technologie récente, différents essais techniques ont eu lieu au cours des dernières années. Notre étude porte sur trois variantes de la méthode. Les deux premières mettent en jeu des filières de collecteurs autogérés telles que représentées à la Figure 1, l'une avec des bouées de 16 litres (diamètre : 30,5 cm (12 pouces) ; technologie A), l'autre avec des bouées de 40 litres (diamètre : 41 cm (16 pouces) ; technologie B). Finalement, il arrive que les utilisateurs de la méthode classique aient recours à une stratégie analogue à celle des collecteurs autogérés en laissant le naissain croître à même les collecteurs, mais sur filière classique. Ceci correspond à la technologie C.

Finalement, tel que convenu avec les producteurs, nous mettons à leur disposition un outil de gestion développé sur un chiffrier électronique Microsoft Excel 2000, que l'on trouvera sur le CD ci-joint. Cet outil leur permettra de modifier les hypothèses de base inhérentes à cette étude, d'explorer différentes alternatives de production et de favoriser la mise en place d'une demande de crédit auprès des institutions financières. On peut également se procurer ce programme auprès de la Société de Développement de l'Industrie Maricole (SODIM).

2.0 LIMITE SUPÉRIEURE DE PRODUCTION

L'analyse bioéconomique qui constitue l'essentiel du présent rapport fait appel à la biomasse observée au cours d'un élevage expérimental de moules sur collecteur autogéré. Or il se pourrait que pour diverses raisons, la biomasse observée ne corresponde pas à la biomasse maximale qu'il soit possible de produire avec cette technique. Dans ce cas, il est clair que le potentiel de la méthode serait plus élevé que celui observé. Comment s'assurer que la biomasse observée correspond au rendement maximum de la méthode ? Une façon d'y parvenir est d'étudier la relation entre la biomasse et la densité de peuplement des moules des collecteurs. On a observé que dans les situations où la relation biomasse-densité correspond au maximum atteignable, la biomasse varie de façon inverse au nombre de spécimens selon une courbe concave (Westoby 1984, Fréchette *et al.* 2005). Ceci correspond aux lignes AR1 et AR2 à la Figure 2. C'est ce que l'on appelle l'autoréduction. La présence d'autoréduction serait une indication claire que la biomasse observée correspond au maximum atteignable pour une espèce et une méthode d'élevage données.

L'autoréduction est essentiellement un phénomène de mortalité causé par la surpopulation. Ici, nous définissons la mortalité au sens large car cela désigne tant la mortalité de moules demeurant sur les collecteurs que les chutes de moules. Lorsqu'il y a autoréduction, une forte compétition pour les ressources engendre la suppression de certains individus, ce qui réduit la densité observée. Parallèlement à cela, les individus restants continuent de croître, ce qui mène à une augmentation de biomasse. En d'autres mots, une population composée de nombreux individus de petite taille se composera, après un certain temps, de moins d'individus, mais de plus grande taille. Le résultat net est que la biomasse totale augmente au fil du temps. Cette interprétation ne vaut que pour les populations composées d'une seule cohorte. Ainsi, le phénomène d'autoréduction reflète la capacité de support d'un milieu et correspond, dans notre cas, à la biomasse maximale de moules pouvant être produite

sur un collecteur. Le phénomène a déjà été démontré pour différentes techniques mytilicoles (Fréchette et Lefaiivre 1990, Fréchette *et al.* 1996).

Une analyse complète de la situation ne peut toutefois se limiter à des considérations biologiques. Il importe d'y inclure des considérations d'ordre financier. C'est ce que nous faisons à la Figure 2, qui se veut un outil d'analyse mettant en jeu la rentabilité, la taille des moules et les limites de production de la population. Ce type d'analyse permet de déterminer si la méthode d'élevage étudiée comporte une zone de rentabilité, en prenant en compte les contraintes financières et biologiques simultanément. Il devient donc essentiel de bien connaître la dynamique de population sur les collecteurs autogérés, particulièrement en ce qui a trait à l'autoréduction, afin de savoir si la capacité de production constitue une contrainte insurmontable pour la rentabilité de la technologie de production étudiée.

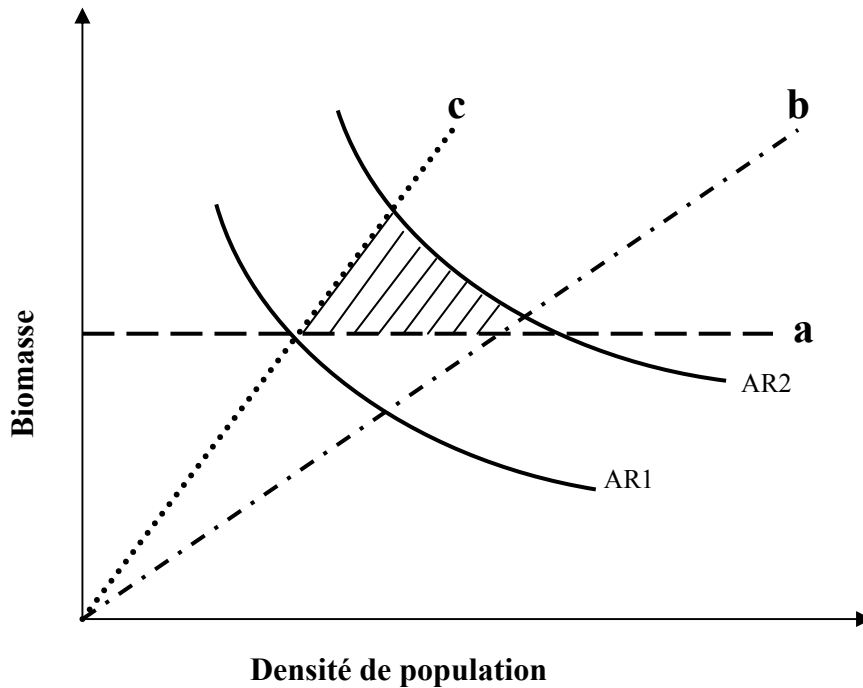


Figure 2. Schéma représentant la rentabilité de l'élevage sur collecteur autogéré en fonction du phénomène d'autoréduction. La ligne **a** représente la récolte requise pour atteindre le seuil de rentabilité pour une durée d'élevage donnée avec des prix constants et avec des moules de taille commerciale seulement. La droite **b** représente la relation entre la biomasse et la densité obtenue pour des moules de longueur de coquille L_c de 5 cm exactement, ce qui correspond au seuil de la taille commerciale. La droite **c** représente la relation entre la biomasse et la densité obtenue pour des échantillons de moules de taille commerciale en fin de cycle de production. En pratique, les droites **a** et **c** ne sont pas fixes. Elles varient selon la durée du cycle de production. En effet, la droite **c** correspond à la population de taille commerciale observée à différents moments du cycle de production. Parce que les moules commerciales continuent de croître au cours du temps, la relation biomasse-densité de ces moules est courbée vers le haut. Bien qu'elle soit représentée comme une constante, la droite **a** s'élève au fil du temps parce qu'un cycle de production plus long implique une augmentation des coûts associés au délai de mise en marché. Deux courbes d'autoréduction sont représentées. Dans le cas de la courbe d'autoréduction AR1, il est impossible d'atteindre une biomasse permettant la rentabilité. Si on est en présence de la courbe d'autoréduction AR2, alors la zone hachurée délimitée par les traits **a**, **b**, **c** et AR2 correspond à une zone de rentabilité.

3.0 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 ÉCHANTILLONNAGE ET INFORMATIONS FINANCIÈRES

L'acquisition des données a nécessité la participation d'entreprises mytilicoles de la baie de Cascapédia (Figure 3), soit la Ferme de développement maricole Nord-Sud et Moules Carleton-sur-Mer Inc. Les prélèvements ont été effectués par une équipe de recherche de l'Institut Maurice-Lamontagne de mai à la fin d'octobre, répartis à divers moments du cycle de production. Pour la technologie A, l'équipe a recueilli 250 échantillons de la cohorte 2003 lors des saisons 2003, 2004, 2005 et 2006. D'autres échantillons proviennent de collecteurs échantillonnés en 2001, 2002 et 2003 au cours d'une étude préliminaire. À ceci s'ajoute un point de la cohorte 2002, échantillonnée en 2005, et qui n'avait jamais été échantillonnée auparavant. En ce qui a trait à la technologie B, nous avons recueilli 192 échantillons de la cohorte 2004 lors des saisons 2005, 2006 et 2007. Nous avons mesuré la température et la profondeur des filières au moyen de thermographes installés sur une bouée et de thermopfondimètres installés sur l'aussière. Il y avait un appareil de chaque type aux deux bouts des filières. Nous avons laissé un tampon de 5 bouées non échantillonnées à chaque bout des filières afin de minimiser les effets de position (Mallet et Carver 1991).

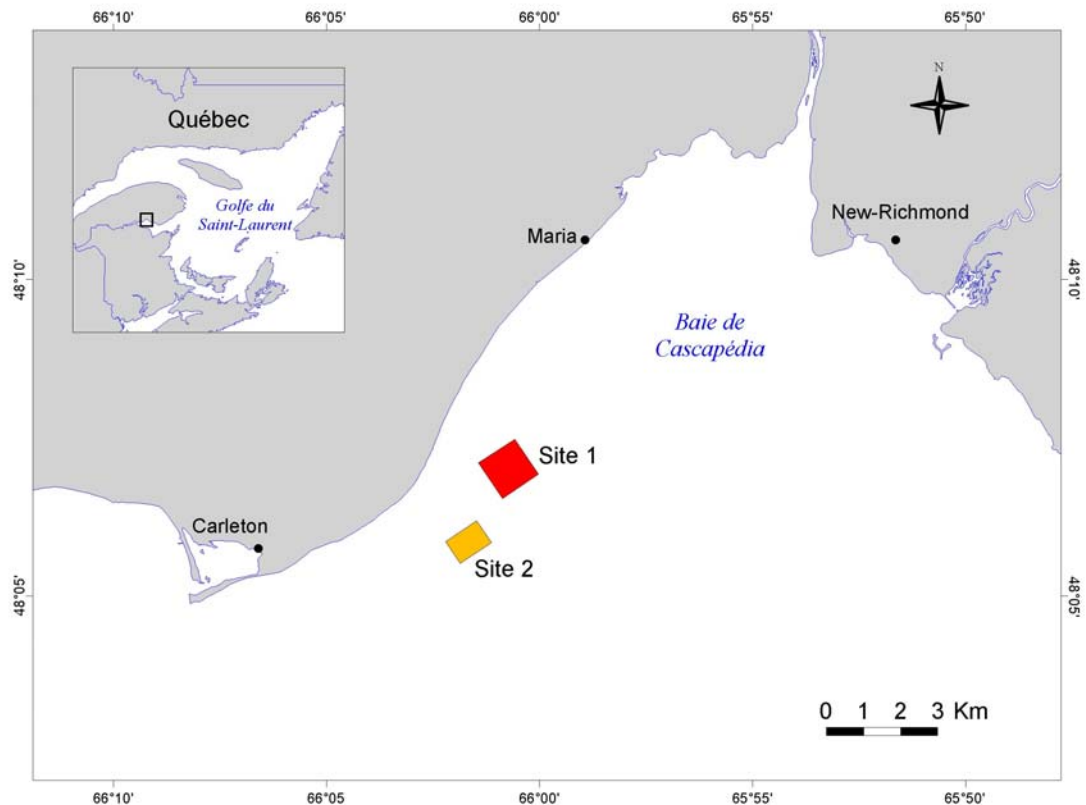


Figure 3. Carte indiquant la position des deux sites mytilicoles échantillonnés entre 2003 et 2006 dans la Baie de Cascapédia, Québec.

Les échantillons de moules correspondent à des segments de 30,5 cm recueillis à 50 cm des extrémités supérieure et inférieure des collecteurs. Une attention particulière a été portée à l'absence de moules sur les filières, de façon à bien circonscrire les zones dénudées. Ce faisant, il devenait possible de prendre en considération tant les problèmes de fixation initiale que ceux de comportement de la filière en cours d'élevage, dans les cas où celle-ci entrerait en contact avec le fond, par exemple. Les moules ne colonisent pas que le cordage des collecteurs. Elles se fixent également sur les bouées et le cas échéant, sur les filins servant à les attacher aux collecteurs. Pour tenir compte de cette fraction de la production, nous avons estimé la biomasse commerciale de six bouées après 36 mois d'élevage. Celle-ci correspondait grosso modo à la biomasse de deux segments de 30,5 cm de collecteur, soit 3,6 kg. Cette biomasse supplémentaire a été prise en considération dans le calcul du seuil de rentabilité.

Les résultats examinés sont la biomasse totale moyenne (g/30,5 cm de collecteur), la biomasse commerciale moyenne (biomasse des moules de longueur de coquille L_c plus grande ou égale à 5 cm, g/30,5 cm de collecteur) en fonction du type de technologie, de l'âge des cohortes et de la position de l'échantillon sur le collecteur, ainsi que la relation entre la densité de peuplement (N , individus/30,5 cm de collecteur) et la biomasse. La biomasse potentielle (g/30,5 cm de collecteur) correspond à celle des collecteurs qui ne montrent aucun signe de dénudation et sont occupés à 100 %. Des observations ont également été recueillies, qui portent sur la structure de taille, la relation longueur-masse et le diamètre des agrégats de moules sur les collecteurs, mais elles ne seront pas abordées ici. Signalons finalement une particularité de certains des collecteurs du site 2, qui présentaient un nœud. Ces échantillons ont été inclus tels quels dans les analyses, sans égard à l'augmentation de surface du substrat causée par la présence des nœuds.

Les informations financières proviennent directement des producteurs qui utilisent cette technique de production. Leur expertise constitue un apport de premier plan et assure une représentativité fiable de la structure financière de ce type d'entreprise. Ces informations portent sur la structure des coûts de l'entreprise, que ce soit au niveau de la fabrication et de l'installation des structures d'élevage, des coûts de préparation du site, des coûts de récolte ainsi que des frais fixes indépendants de toute activité de production. Certaines différences de base existent entre les hypothèses postulées pour les technologies A et B, notamment en ce qui a trait au salaire de base. Les coûts liés au remboursement du prêt ont aussi été pris en compte. Le prix au débarquement n'a subi que très peu de variations au cours des dernières années. Nous avons donc postulé qu'il sera constant durant toute la durée du projet, le fixant à 1,28\$/kg, soit la moyenne des cinq dernières années. On trouvera l'ensemble des données financières à même les chiffriers Excel 2000 sur le CD accompagnant le présent rapport.

3.2 ASPECTS BIOÉCONOMIQUES

L'objectif premier de la modélisation était de déterminer si dans le contexte économique Nord-Américain, le calendrier de production actuel des technologies A et B est optimal. Pour ce faire, il a été nécessaire de modéliser une fonction de

croissance à partir des données biologiques recueillies au cours de l'étude. Les résultats indiquent que l'effet de la position des segments échantillonnés a un impact important sur la production, ce qui nous a incités à traiter ces deux strates séparément. Nous avons donc développé deux fonctions de production en fonction de la date de récolte, l'une pour le haut et l'autre pour le bas des collecteurs. Il a aussi été essentiel de modéliser le taux de dénudation des collecteurs en fonction de la profondeur. Cet élément constitue l'apport le plus important quant à la modélisation de l'incertitude dans le présent travail. De plus, nous avons postulé que les variations d'année en année étaient négligeables.

La modélisation postule que l'entreprise contracte un prêt et que l'amortissement de l'emprunt se fera par annuité constante, que le producteur avance une mise de fond équivalant à 10 % de la valeur totale du prêt, alors que l'actualisation se fera à un taux de 10 % en raison du peu d'alternatives disponibles en matière d'investissement en capital dans la région et du peu de risque lié à cette méthode de production. Dans le cas des PME, l'impôt fédéral et provincial se chiffre à 20 % des profits. Nous avons utilisé la méthode de l'amortissement dégressif pour déterminer l'épargne d'impôt due à l'allocation du coût en capital. La taille présumée de la ferme « modèle » permet l'installation de 81 filières de 160 m. Nous postulons que le cycle de production est de trois ans et donc que la récolte se fait sur le tiers des filières à la fois, de façon à éviter toute rupture de production. Il est aussi supposé que la fixation du naissain consécutive à une récolte a toujours lieu la même année que la récolte. Nous postulons finalement que la récolte est vendue en totalité, à prix constant, et que les coûts de navire sont assumés par les activités mytilicoles.

Quant à la technologie C, l'objectif est différent : il s'agit de déterminer sous quelles conditions il y a avantage à procéder à la mise en boudin ou au contraire, à laisser le naissain croître à même les collecteurs. Pour nous doter d'un critère de décision, nous avons d'abord défini ce que nous appelons le ratio d'approvisionnement. Ce ratio est la longueur de boudin obtenue par unité de longueur de collecteur. Ensuite, nous avons calculé la rentabilité de l'élevage sur boudin et de l'élevage sur collecteur selon la valeur du ratio d'approvisionnement.

Le choix d'une approche de modélisation telle que la nôtre est nécessaire pour estimer l'effet de scénarios différents de ceux observés expérimentalement, ce qui permet une économie de temps et de ressources considérable. Bien que les méthodes d'optimisation de ce type soient couramment utilisées en agriculture ou en foresterie, leur application au niveau de la mytiliculture exige quelques adaptations. Par exemple, les modèles de rotation optimale utilisés en foresterie postulent que la taille des spécimens n'a pas d'autre incidence que son effet sur la biomasse. En aquaculture, on constate toutefois que la taille d'un spécimen a une incidence commerciale. Dans le cas actuel, l'application du modèle de Faustmann sans égard à la taille des spécimens, comme le fait Bjørndal (1988), mène à la conclusion que le profit est maximal pour un cycle de production de 44 mois. Dans ce cas de figure, on constate toutefois que les moules sont de trop grande taille pour le marché visé. Nous avons donc postulé que le cycle de production serait de 36 mois, à l'instar des pratiques actuelles de l'industrie locale. De plus, pour des raisons pratiques nous avons opté pour un modèle financier pluriannuel étalé sur 22 ans, dont les résultats se rapprochent de ceux obtenus pour un temps de simulation très long, comme requis par

Faustmann. Les aspects relatifs à la modélisation de la croissance et de la probabilité de chute, voire de l'absence de colonisation, constituent des innovations. Les détails techniques sont présentés dans le document Excel accompagnant le présent rapport.

Les calculs sont complétés par des analyses de sensibilité au prix, aux coûts fixes, à la production de la partie supérieure des filières et au taux d'intérêt de l'emprunt en modifiant la valeur de ces paramètres de plus ou moins 10 % et en étudiant le résultat de ces modifications sur la valeur actuelle nette (VAN) du projet.

4.0 RÉSULTATS

4.1 COMPORTEMENT DES FILIÈRES ET TEMPÉRATURE

Les profils de température et de profondeur des filières apparaissent à la Figure 4. Les données de profondeur se comportent généralement de la même façon dans tous les cas : les séries commencent à une profondeur caractéristique de 13 m. Il y a ensuite un enfoncement progressif jusqu'à 17 m au cours du deuxième été. On observe une discontinuité indiquant une remontée de la filière au cours de l'automne suivant, suivi d'une deuxième phase d'enfoncement, beaucoup plus rapide que la première. D'autres discontinuités apparaissent, notamment aux extrémités ouest de la filière 1 et est de la filière 2. Ces discontinuités correspondent vraisemblablement à des chutes de moules survenant au moment du remplacement des appareils de mesure (Figure 4). En outre, vers la fin de la série une tierce filière s'est emmêlée à l'extrémité ouest de la filière 1. Pour ces raisons, les données de profondeur des extrémités ouest de la filière 1 et est de la filière 2 ne nous paraissent pas fiables. Ceci dit, la profondeur maximale de 18 m est atteinte régulièrement, ce qui témoigne du fait que l'aussière des filières, sauf la filière 2 ouest, est entrée en contact avec le fond de façon répétée.

Les séries de température sont beaucoup plus semblables entre elles que ne le sont les données de profondeur. La température enregistrée avec les thermographes est très semblable à celle enregistrée avec les thermopfondimètres. Nous ne montrerons pas les données obtenues avec les thermographes ici, mais elles sont disponibles sur demande. La température oscille d'une valeur caractéristique de -1.5°C pour la période allant de la mi-janvier à la fin de mars à une valeur caractéristique de 10°C pour la période allant de juillet à la fin de septembre. À ce cycle annuel s'ajoutent des variations estivales d'une amplitude de plus de 10°C , de telle sorte que la température estivale varie de 4°C à 18°C .

4.2 PRODUCTION DES COLLECTEURS

La biomasse obtenue avec les technologies A et B est représentée aux Figures 5 et 6. Ces histogrammes présentent deux types d'estimations de la biomasse, soit la biomasse totale observée et la biomasse potentielle. Sur le site 1, la technologie A permet d'atteindre une biomasse totale de 1500 g/30,5 cm après 35 mois d'élevage. La biomasse potentielle dépasse 3000 g/30,5 cm après 40 mois sur les collecteurs. Biomasse potentielle et biomasse totale divergent après 16 mois d'élevage. Sur le site 2, la technologie B donne de meilleurs résultats que la technologie A, sauf aux mois

12, 14 et 15, où les résultats sont les mêmes. À partir du 22^{ième} mois, la technologie B produit des biomasses oscillant entre 2000 g/30,5 cm et 3000 g/30,5 cm. Il est à noter qu'avec la technologie B, la biomasse observée et la biomasse potentielle sont égales. Avec la technologie A, la biomasse observée se situe en deçà de la biomasse potentielle à partir du 22^{ième} mois, ce qui correspond de près à la tendance observée pour cette technologie sur le site 1. C'est donc dire que dans ce cas, l'analyse bioéconomique se fonde sur une récolte qui pourrait être bonifiée si les contacts de la filière avec le fond étaient évités.

La proportion de la biomasse observée atteignant la taille commerciale est présentée à la Figure 7. On y voit que les premières moules à atteindre la taille commerciale le font après 15 mois d'élevage. La proportion de la biomasse des moules de taille commerciale progresse ensuite de façon régulière pour avoisiner les 60 % après 36 mois. Il est possible que la progression soit légèrement plus lente sur le site 2 que sur le site 1 vers la fin de la série, mais cela pourrait également s'expliquer par des différences annuelles. La question ne peut être tranchée avec les données actuelles.

4.3 ANALYSE BIOÉCONOMIQUE

Les résultats bioéconomiques obtenus avec la technologie A sont présentés au Tableau 1. On y voit qu'avec les hypothèses de base utilisées, la rentabilité financière serait loin d'être assurée en raison d'une valeur actualisée nette (VAN) de -143 602 \$, escomptée à un taux d'intérêt de 10 %. Les revenus sont trop faibles pour assurer le remboursement des coûts liés à l'emprunt initial. Avec une production moyenne de 1575 g/30,5 cm et un taux de dénudation de près de 30 %, il n'est pas possible de retirer suffisamment de rentrées monétaires pour générer un profit.

L'analyse de sensibilité a révélé que sous ces hypothèses, la VAN était sensible aux variations du prix de vente des moules, des coûts fixes, du taux d'emprunt et à la production des moules situées dans le haut des filières (i.e. sur les bouées et les cordes d'attache, auxquelles le naissain vient également se fixer). Pour atteindre le seuil de rentabilité, il faudrait cependant une hausse des revenus de près de 40 % ou une diminution des coûts de l'ordre de 40 %. On en déduit que la production requise pour atteindre le seuil de rentabilité est de l'ordre de 2,2 kg/30,5 cm. Nous avons ensuite étudié 84 scénarios d'exploitation différents, en fonction du prix, des coûts fixes, de la production de la partie supérieure des filières et du taux d'intérêt de l'emprunt. Chacune des variables avait trois modalités possibles : négative, neutre ou positive. Les statuts positif et négatif correspondent respectivement à une baisse ou à une hausse de 10 % de la valeur neutre. Aucun, y compris les plus optimistes, n'a résulté en une VAN positive. De façon surprenante, le nombre de filières en place et le taux d'intérêt n'ont que très peu d'effet sur la VAN.

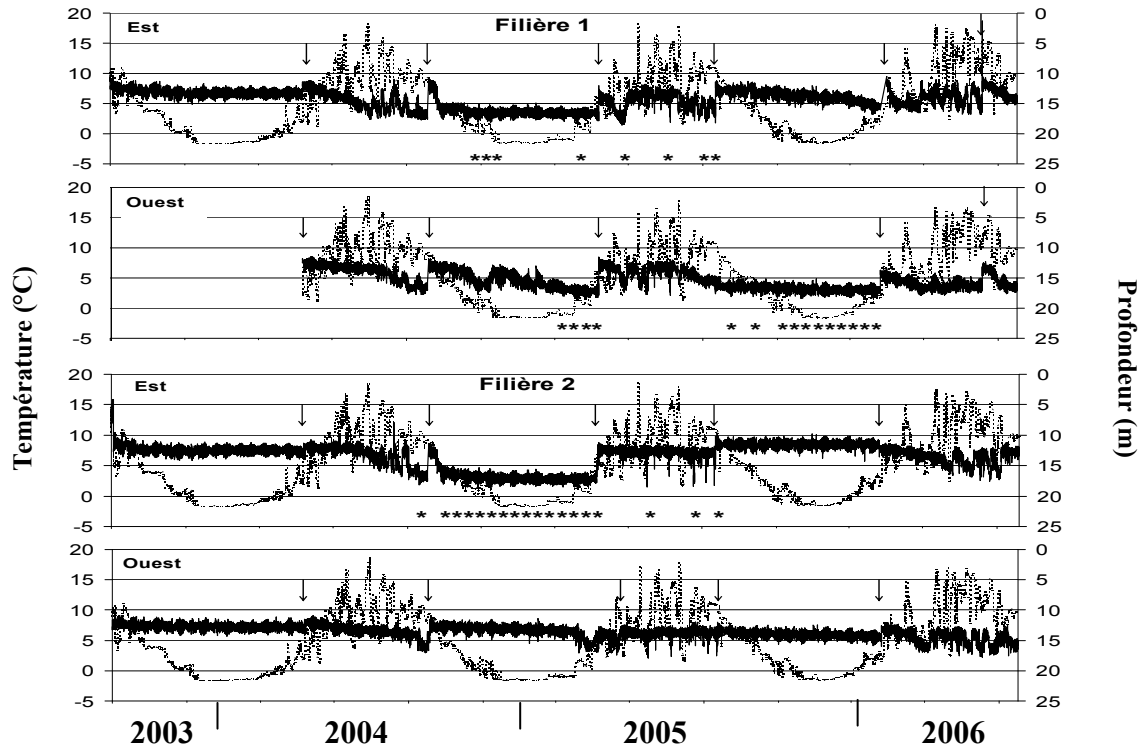


Figure 4. Séries de température (traits pointillés) et de profondeur (traits continus) obtenues avec les profondimètres installés sur l'aussière des filières. Les appareils étaient attachés aux extrémités est et ouest des filières. Les flèches marquent le moment des remplacements des appareils de mesure et les astérisques indiquent les épisodes de contact avec le fond.

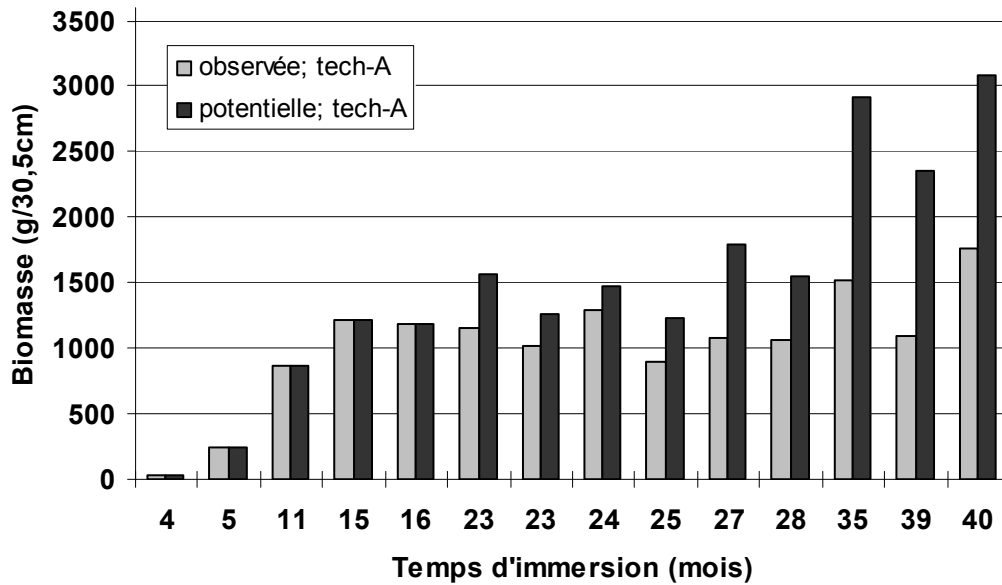


Figure 5. Biomasse obtenue avec la technologie A (tech-A) sur le site 1, en fonction du temps écoulé depuis la collecte. La récolte observée inclut tous les échantillons, quel que soit le niveau de dénudation. La récolte potentielle ne prend en compte que les échantillons n'ayant subi aucune dénudation.

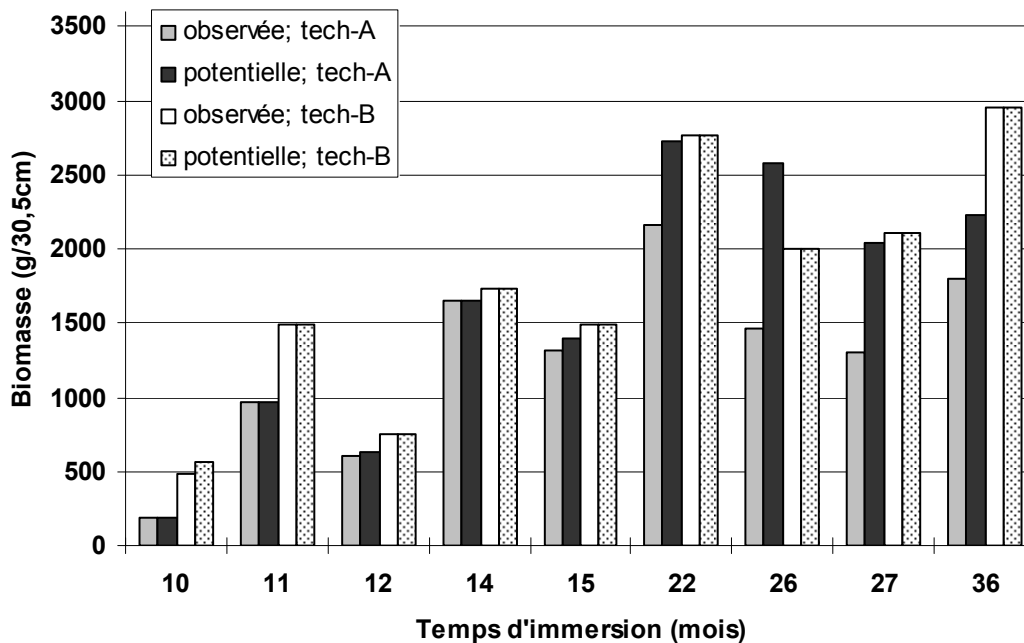


Figure 6. Biomasse obtenue avec les technologies A (tech-A) et B (tech-B) sur le site 2, en fonction du temps écoulé depuis la collecte. La récolte observée inclut tous les échantillons, quel que soit le niveau de dénudation. La récolte potentielle ne prend en compte que les échantillons n'ayant subi aucune dénudation.

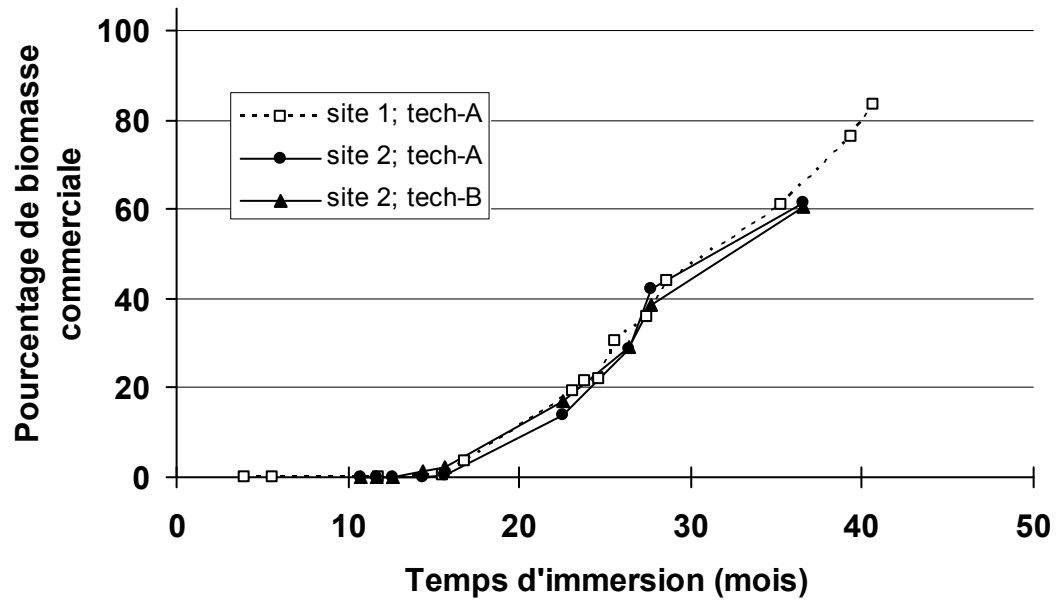


Figure 7. Pourcentage de la récolte composée de moules de taille commerciale ($L_c \geq 5$ cm), en fonction du temps écoulé depuis la collecte.

Tableau 1. Résultat des simulations pour la technologie A.

Tableau 1 : Analyse pluriannuelle technologie A ¹													
An	Revenu	FR	Amortissement	Fixe	Récolte	Préparation	Intérêt	Capital	Dettes	Solde	Flux net	Total net	CM
0	523 492	212 804	0	210 151	0	10 952	0	0	0	0	89 585	89 585	
1	0		2 221	79 351	0	10 952	41 879	11 439	53 319	523 492	-141 401	-51 817	
2	0		4 147	79 351	0	10 952	40 964	12 355	53 319	512 053	-139 475	-191 292	
3	66 596		4 098	0	4 277	10 952	39 976	13 343	53 319	499 698	-131	-191 423	1,32
4	66 596		3 803	0	4 277	10 952	38 908	14 410	53 319	486 355	-641	-192 064	1,32
5	66 596		3 237	0	4 277	10 952	37 756	15 563	53 319	471 945	-1 437	-193 501	1,32
6	66 596		2 784	0	4 277	10 952	36 511	16 808	53 319	456 381	-2 139	-195 640	1,32
7	66 596		2 419	0	4 277	10 952	35 166	18 153	53 319	439 573	-2 773	-198 413	1,32
8	66 596		2 123	0	4 277	10 952	33 714	19 605	53 319	421 420	-3 360	-201 772	1,32
9	66 596		1 880	0	4 277	10 952	32 145	21 174	53 319	401 815	-3 916	-205 689	1,32
10	66 596		1 678	0	4 277	10 952	30 451	22 868	53 319	380 641	-4 456	-210 145	1,32
11	66 596		1 510	0	4 277	10 952	28 622	24 697	53 319	357 774	-4 991	-215 136	1,32
12	66 596		1 368	0	4 277	10 952	26 646	26 673	53 319	333 077	-5 527	-220 663	1,32
13	66 596		1 248	0	4 277	10 952	24 512	28 807	53 319	306 404	-6 075	-226 738	1,32
14	66 596		1 144	0	4 277	10 952	22 208	31 111	53 319	277 598	-6 640	-233 378	1,32
15	66 596		1 054	0	4 277	10 952	19 719	33 600	53 319	246 487	-7 228	-240 605	1,32
16	66 596		975	0	4 277	10 952	17 031	36 288	53 319	212 887	-7 844	-248 449	1,32
17	66 596		905	0	4 277	10 952	14 128	39 191	53 319	176 599	-8 494	-256 944	1,32
18	66 596		843	0	4 277	10 952	10 993	42 326	53 319	137 408	-9 184	-266 127	1,32
19	66 596		787	0	4 277	10 952	7 607	45 712	53 319	95 082	-9 916	-276 044	1,32
20	66 596		0	0	4 277	10 952	3 950	49 369	53 319	49 369	-11 435	-287 479	1,32
21	66 596		0	0	4 277	10 952	0	0	0	0	41 094	-246 385	0,29
22	66 596		0	0	4 277	10 952	0	0	0	0	41 094	-205 291	0,29
VAN:											-143 602		

¹ Toutes les valeurs de ce tableau sont exprimées en dollars courants canadiens. FR : fonds de roulement. CM : coût moyen

Les résultats des simulations effectuées avec les scénarios les moins optimistes indiquent que la technologie A n'est systématiquement pas rentable. Toutefois, avec une réduction des coûts de 30 % appliquée aux trois premières années, hypothèse correspondant à une subvention gouvernementale sur les coûts de démarrage, divers scénarios permettent d'atteindre le seuil de rentabilité et ce pour toute l'étendue des taux d'emprunt analysés. Ce résultat est toutefois sensible au taux d'intérêt. À titre d'exemple, une réduction de 1,38 % du taux d'intérêt suffit à elle seule à pousser la VAN vers des valeurs positives.

En ce qui concerne la technologie B, les résultats préliminaires sont plus favorables (Tableau 2). Les relevés effectués au cours des deux premières années du cycle de production indiquent un faible taux de dénudation, autant pour le haut que pour le bas des filières, ce qui permet une augmentation substantielle de la biomasse récoltée. Le taux de dénudation de la technologie B, estimé au moyen d'une fonction mathématique (distribution de Weibull), est de 8 %. Un ajustement statistique des résultats bruts présentés aux Figures 5 et 6 et n'incluant que des moules âgées de moins de trois ans indique que la récolte obtenue avec la technologie B atteint 2070 g/30,5 cm. Ceci dépasse de 32 % la récolte obtenue avec la technologie A. Selon des observations complémentaires des producteurs, la récolte atteindrait facilement 2750 g/30,5 cm. Ceci correspond à peu de chose près au maximum de biomasse totale observé (Figures 5 et 6). Ainsi, en gardant toutes nos hypothèses de base et sans intervention gouvernementale, la VAN se chiffrerait à -1 742\$, une valeur nettement plus intéressante, bien que toujours négative. Pour atteindre le seuil de rentabilité, il faudrait une hausse de moins de 1 % des revenus ou une diminution des coûts du même ordre, ce qui est minime. On en déduit que la production requise pour atteindre le seuil de rentabilité est de l'ordre de 2,1 kg/30,5 cm.

L'analyse de sensibilité montre que les variables les plus importantes sont le prix de vente, le taux d'emprunt et les coûts fixes (voir les onglets correspondants dans les fichiers EXCEL). Notons toutefois que l'influence du nombre de filières est positive, ce qui pourrait inciter les producteurs à en augmenter le nombre.

Parmi les 84 scénarios analysés, 44 indiquent une VAN positive. Parmi ceux-ci, seulement quatre reposent sur un prix de vente faible (1,15\$/kg), démontrant encore une fois l'importance de cette variable. Si on postule que le producteur possède déjà un navire, la VAN est positive, peu importe le taux d'emprunt annuel utilisé. De plus, en incorporant une subvention gouvernementale de 30 % pour les frais de démarrage (coûts fixes et coûts de préparation pour les trois premières années), ce qui correspond à une pratique normale, 99 % des scénarios atteindraient ou dépasseraient le seuil de rentabilité.

Tableau 2. Résultat des simulations pour la technologie B

Tableau 2 : Analyse pluriannuelle technologie B ²													
An	Revenu	FR	Amortissement	Fixe	Récolte	Préparation	Intérêt	Capital	Dette	Solde	Flux net	Total net	CM
0	640 175	253 717	0	239 730	0	11 096	0	0	0	0	135 632	135 632	
1	0		2 355	108 930	0	11 096	51 214	13 989	65 203	640 175	-182 874	-47 241	
2	0		4 533	108 930	0	11 096	50 095	15 108	65 203	626 186	-180 696	-227 937	
3	110 511		4 741	0	7 128	11 096	48 886	16 317	65 203	611 077	23 144	-204 793	\$0,97
4	110 511		4 543	0	7 128	11 096	47 581	17 622	65 203	594 760	22 685	-182 108	\$0,97
5	110 511		3 925	0	7 128	11 096	46 171	19 032	65 203	577 138	21 785	-160 323	\$0,97
6	110 511		3 424	0	7 128	11 096	44 648	20 555	65 203	558 106	20 980	-139 343	\$0,97
7	110 511		3 016	0	7 128	11 096	43 004	22 199	65 203	537 551	20 243	-119 100	\$0,97
8	110 511		2 680	0	7 128	11 096	41 228	23 975	65 203	515 352	19 551	-99 549	\$0,97
9	110 511		2 400	0	7 128	11 096	39 310	25 893	65 203	491 377	18 888	-80 660	\$0,97
10	110 511		2 165	0	7 128	11 096	37 239	27 965	65 203	465 484	18 239	-62 421	\$0,97
11	110 511		1 967	0	7 128	11 096	35 002	30 202	65 203	437 519	17 593	-44 828	\$0,97
12	110 511		1 796	0	7 128	11 096	32 585	32 618	65 203	407 317	16 940	-27 888	\$0,97
13	110 511		1 650	0	7 128	11 096	29 976	35 227	65 203	374 699	16 271	-11 618	\$0,97
14	110 511		1 521	0	7 128	11 096	27 158	38 045	65 203	339 472	15 579	3 962	\$0,97
15	110 511		1 409	0	7 128	11 096	24 114	41 089	65 203	301 427	14 858	18 819	\$0,97
16	110 511		1 309	0	7 128	11 096	20 827	44 376	65 203	260 338	14 101	32 920	\$0,97
17	110 511		1 220	0	7 128	11 096	17 277	47 926	65 203	215 961	13 302	46 222	\$0,97
18	110 511		1 140	0	7 128	11 096	13 443	51 760	65 203	168 035	12 455	58 677	\$0,97
19	110 511		1 068	0	7 128	11 096	9 302	55 901	65 203	116 275	11 554	70 231	\$0,97
20	110 511		0	0	7 128	11 096	4 830	60 373	65 203	60 373	9 592	79 823	\$0,97
21	110 511		0	0	7 128	11 096	0	0	0	0	73 829	153 652	\$0,17
22	110 511		0	0	7 128	11 096	0	0	0	0	73 829	227 481	\$0,17
VAN:											-1 742		

² Toutes les valeurs de ce tableau sont exprimées en dollars courants canadiens. FR : fonds de roulement. CM : coût moyen

Les résultats des simulations effectuées pour la technologie C apparaissent aux Tableaux 3 et 4. Rappelons que ce cas de figure correspond à la situation où la filière d'élevage est de type classique. Ici encore, les conclusions reposent sur l'hypothèse selon laquelle on vend l'ensemble de la production. Toutefois, de nouvelles hypothèses de calcul sont nécessaires pour étudier ce mode de production. Ainsi, sur la base des informations recueillies, la production nominale d'une filière est fixée à 5000 kg, et seuls les quatre cinquièmes des filières sont disponibles pour la production. En outre, les deux cinquièmes des 84 filières de 160 m sont utilisées à chaque année, avec un ratio d'approvisionnement de 2. Les modifications de coût sont appliquées seulement aux coûts de préparation et de récolte, ce qui inclut les coûts d'approvisionnement en naissain et d'entretien des filières. Toutes les autres hypothèses demeurent les mêmes, de façon à clairement identifier l'impact de l'ajout ou du retrait de l'étape du boudinage. Ainsi, les coûts d'éléments comme les ancrages et les bouées demeurent les mêmes que dans le cas des filières de collecteurs autogérés. Les coûts de récolte et d'entretien demeurent inchangés. Pour refléter une diminution du ratio d'approvisionnement, seuls les revenus ont été réduits. Il est à noter que les données utilisées pour représenter les coûts liés aux activités de boudinage proviennent de moyennes de six entreprises mytilicoles de tailles diverses, observées entre les années 2003 et 2007.

Les tableaux 3 et 4 donnent une indication de l'effet du ratio d'approvisionnement sur la prise de décision. Tel que le montre le Tableau 3, le point d'équivalence entre les deux méthodes correspond à un ratio d'approvisionnement de 1,31, advenant la possibilité de vendre l'ensemble de la production et ce, sans aucune subvention gouvernementale. Il en est de même à partir d'un ratio de 1,05 lorsque les activités sont subventionnées. Ceci coïncide avec certaines pratiques de l'industrie. On constate au Tableau 4 que pour une valeur du ratio d'approvisionnement de 2, la VAN est largement positive. En dessous de la valeur de 1,31, il demeure toutefois difficile d'affirmer avec certitude s'il est préférable de boudiner ou de laisser croître sur collecteur. En effet, si le ratio d'approvisionnement est faible, c'est que la collecte de naissain a été mauvaise. Les rendements d'un élevage sur collecteur autogéré risquent d'en être affectés, à moins que la fixation ait tout de même été assez forte pour mener à de l'autoréduction. Présentement, il n'y a pas suffisamment d'information sur la relation entre la collecte de naissain et le rendement potentiel des collecteurs autogérés pour permettre de tirer une conclusion ferme.

4.4 AUTORÉDUCTION ET LIMITE SUPÉRIEURE DE PRODUCTION

Les résultats des analyses bioéconomiques indiquent que la technologie A serait rentable avec une augmentation d'environ 40 % de la production. Dans le cas de la technologie B, le même résultat s'obtient avec une augmentation de moins de 1 %. Toute autre chose étant égale, la moyenne de production requise pour atteindre la rentabilité avec ces technologies serait donc de l'ordre de 2.2 kg/30,5 cm pour la technologie A et de 2,1 kg/30,5 cm pour la technologie B. De quelle marge de manœuvre dispose-t-on pour atteindre ou dépasser le seuil de rentabilité ?

Pour le savoir, nous avons appliqué le raisonnement décrit à la Figure 2. Selon ce principe, la biomasse est représentée en fonction du nombre de spécimens. Dans tous les cas, les calculs ne prennent en compte que les échantillons exempts de zones dénudées. Il s'agit donc de biomasses potentielles. Rappelons que les calculs bioéconomiques incluent les échantillons comportant des zones dénudées (Figures 5 et 6). La biomasse potentielle

Tableau 3. Résultat des simulations pour la technologie C en postulant un taux d'approvisionnement de 1,31.

Tableau 3 : Analyse pluriannuelle technologie C ³													
An	Revenu	FR	Amortissement	Fixe	Récolte	Préparation	Intérêt	Capital	Dette	Solde	Flux net	Total net	CM
0	637 366	250 596	0	239 730	0	25 916	0	0	0	0	121 125	121 125	
1	0		2 355	217 859	0	25 916	50 989	13 928	64 917	637 366	-306 337	-185 212	
2	135 585		4 533	0	23 986	25 916	49 875	15 042	64 917	623 438	18 137	-167 075	\$1,08
3	135 585		4 741	0	23 986	25 916	48 672	16 245	64 917	608 396	18 104	-148 971	\$1,08
4	135 585		4 543	0	23 986	25 916	47 372	17 545	64 917	592 151	17 647	-131 324	\$1,08
5	135 585		3 925	0	23 986	25 916	45 968	18 949	64 917	574 605	16 748	-114 576	\$1,08
6	135 585		3 424	0	23 986	25 916	44 453	20 465	64 917	555 657	15 944	-98 632	\$1,08
7	135 585		3 016	0	23 986	25 916	42 815	22 102	64 917	535 192	15 208	-83 423	\$1,08
8	135 585		2 680	0	23 986	25 916	41 047	23 870	64 917	513 090	14 519	-68 905	\$1,08
9	135 585		2 400	0	23 986	25 916	39 138	25 779	64 917	489 221	13 857	-55 048	\$1,08
10	135 585		2 165	0	23 986	25 916	37 075	27 842	64 917	463 441	13 210	-41 838	\$1,08
11	135 585		1 967	0	23 986	25 916	34 848	30 069	64 917	435 599	12 566	-29 272	\$1,08
12	135 585		1 796	0	23 986	25 916	32 442	32 475	64 917	405 530	11 914	-17 358	\$1,08
13	135 585		1 650	0	23 986	25 916	29 844	35 073	64 917	373 055	11 248	-6 110	\$1,08
14	135 585		1 521	0	23 986	25 916	27 039	37 879	64 917	337 983	10 559	4 449	\$1,08
15	135 585		1 409	0	23 986	25 916	24 008	40 909	64 917	300 104	9 840	14 289	\$1,08
16	135 585		1 309	0	23 986	25 916	20 736	44 182	64 917	259 195	9 086	23 374	\$1,08
17	135 585		1 220	0	23 986	25 916	17 201	47 716	64 917	215 014	8 290	31 664	\$1,08
18	135 585		1 140	0	23 986	25 916	13 384	51 533	64 917	167 298	7 446	39 111	\$1,08
19	135 585		1 068	0	23 986	25 916	9 261	55 656	64 917	115 764	6 549	45 660	\$1,08
20	135 585		0	0	23 986	25 916	4 809	60 108	64 917	60 108	4 591	50 251	\$1,08
21	135 585		0	0	23 986	25 916	0	0	0	0	68 547	118 797	\$0,38
22	135 585		0	0	23 986	25 916	0	0	0	0	68 547	187 344	\$0,38
VAN:											0		

³ Toutes les valeurs de ce tableau sont exprimées en dollars courants canadiens. FR : fonds de roulement. CM : coût moyen.

Tableau 4. Résultat des simulations pour la technologie C en postulant un taux d'approvisionnement de 2.

Tableau 3 : Analyse pluriannuelle technologie C ⁴													
An	Revenu	FR	Amortissement	Fixe	Récolte	Préparation	Intérêt	Capital	Dette	Solde	Flux net	Total net	CM
0	637 366	250 596	0	239 730	0	25 916	0	0	0	0	121 125	121 125	
1	0		2 355	217 859	0	25 916	50 989	13 928	64 917	637 366	-306 337	-185 212	
2	207 360		4 533	0	23 986	25 916	49 875	15 042	64 917	623 438	75 557	-109 655	
3	207 360		4 741	0	23 986	25 916	48 672	16 245	64 917	608 396	75 524	-34 131	0,71
4	207 360		4 543	0	23 986	25 916	47 372	17 545	64 917	592 151	75 067	40 936	0,71
5	207 360		3 925	0	23 986	25 916	45 968	18 949	64 917	574 605	74 168	115 104	0,71
6	207 360		3 424	0	23 986	25 916	44 453	20 465	64 917	555 657	73 364	188 468	0,71
7	207 360		3 016	0	23 986	25 916	42 815	22 102	64 917	535 192	72 629	261 097	0,71
8	207 360		2 680	0	23 986	25 916	41 047	23 870	64 917	513 090	71 939	333 035	0,71
9	207 360		2 400	0	23 986	25 916	39 138	25 779	64 917	489 221	71 277	404 313	0,71
10	207 360		2 165	0	23 986	25 916	37 075	27 842	64 917	463 441	70 630	474 943	0,71
11	207 360		1 967	0	23 986	25 916	34 848	30 069	64 917	435 599	69 986	544 928	0,71
12	207 360		1 796	0	23 986	25 916	32 442	32 475	64 917	405 530	69 334	614 263	0,71
13	207 360		1 650	0	23 986	25 916	29 844	35 073	64 917	373 055	68 668	682 931	0,71
14	207 360		1 521	0	23 986	25 916	27 039	37 879	64 917	337 983	67 979	750 909	0,71
15	207 360		1 409	0	23 986	25 916	24 008	40 909	64 917	300 104	67 260	818 169	0,71
16	207 360		1 309	0	23 986	25 916	20 736	44 182	64 917	259 195	66 506	884 675	0,71
17	207 360		1 220	0	23 986	25 916	17 201	47 716	64 917	215 014	65 710	950 385	0,71
18	207 360		1 140	0	23 986	25 916	13 384	51 533	64 917	167 298	64 866	1 015 251	0,71
19	207 360		1 068	0	23 986	25 916	9 261	55 656	64 917	115 764	63 969	1 079 221	0,71
20	207 360		0	0	23 986	25 916	4 809	60 108	64 917	60 108	62 011	1 141 232	0,71
21	207 360		0	0	23 986	25 916	0	0	0	0	125 967	1 267 199	0,31
22	207 360		0	0	23 986	25 916	0	0	0	0	125 967	1 393 165	0,31
VAN:											451 462		

⁴ Toutes les valeurs de ce tableau sont exprimées en dollars courants canadiens. FR : fonds de roulement. CM : coût moyen.

maximale est décrite par la courbe d'auto-réduction. On s'attend à trouver des courbes différentes pour les technologies A et B puisque la courbe d'auto-réduction varie selon les conditions et les techniques d'élevage (e.g., Bi 2004). Les deux technologies sont donc étudiées séparément. Comme il s'agit de données expérimentales, la courbe d'auto-réduction tend à présenter des fluctuations au fil du temps, d'autant plus que les données incluent les moules de plus de 1,5 cm fixées après 2003. Nous avons calculé la courbe moyenne obtenue avec les données de chacune des technologies et l'avons reportée aux Figures 8 et 9. À ceci s'ajoute le seuil de rentabilité, qui est de 2,2 kg/30,5 cm (droite **a** ; nous avons amalgamé les seuils de rentabilité des technologies A et B puisqu'ils sont très voisins) et la droite correspondant à la relation entre la densité de peuplement et la biomasse obtenue avec des moules mesurant exactement 5 cm (droite **b**). Les échantillons se situant au-dessus de cette droite sont composés de moules ayant en moyenne atteint la taille commerciale. La relation **c** traduit la récolte potentielle de moules commerciales en fonction de leurs effectifs à différents moments du cycle de production.

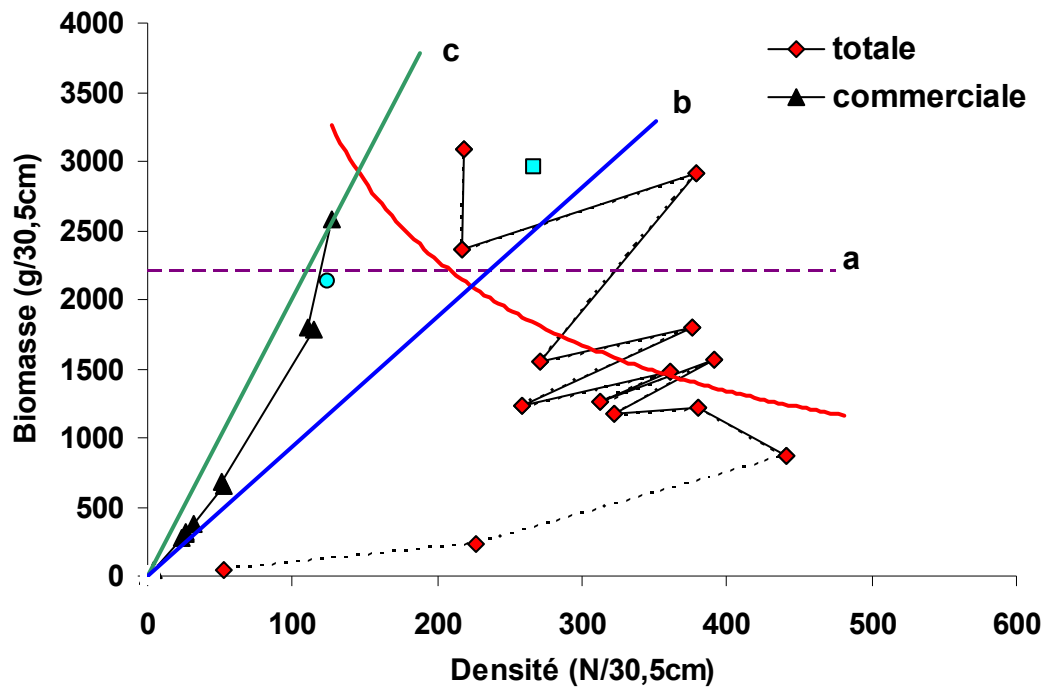


Figure 8. Relation entre la biomasse et la densité obtenue avec la technologie A sur le site 1. Ce graphique s'interprète de la même façon que le graphique de la Figure 2. Le cercle (moules de taille commerciale) et le carré (moules de taille pré-commerciale et commerciale) correspondent à la cohorte de 2002, échantillonnée à 36 mois, et provenant d'une filière intouchée auparavant. La courbe d'auto-réduction (losanges reliés de traits continus) est obtenue par régression non linéaire (SAS); $p = 0,0001$; $r^2 = 0,89$.

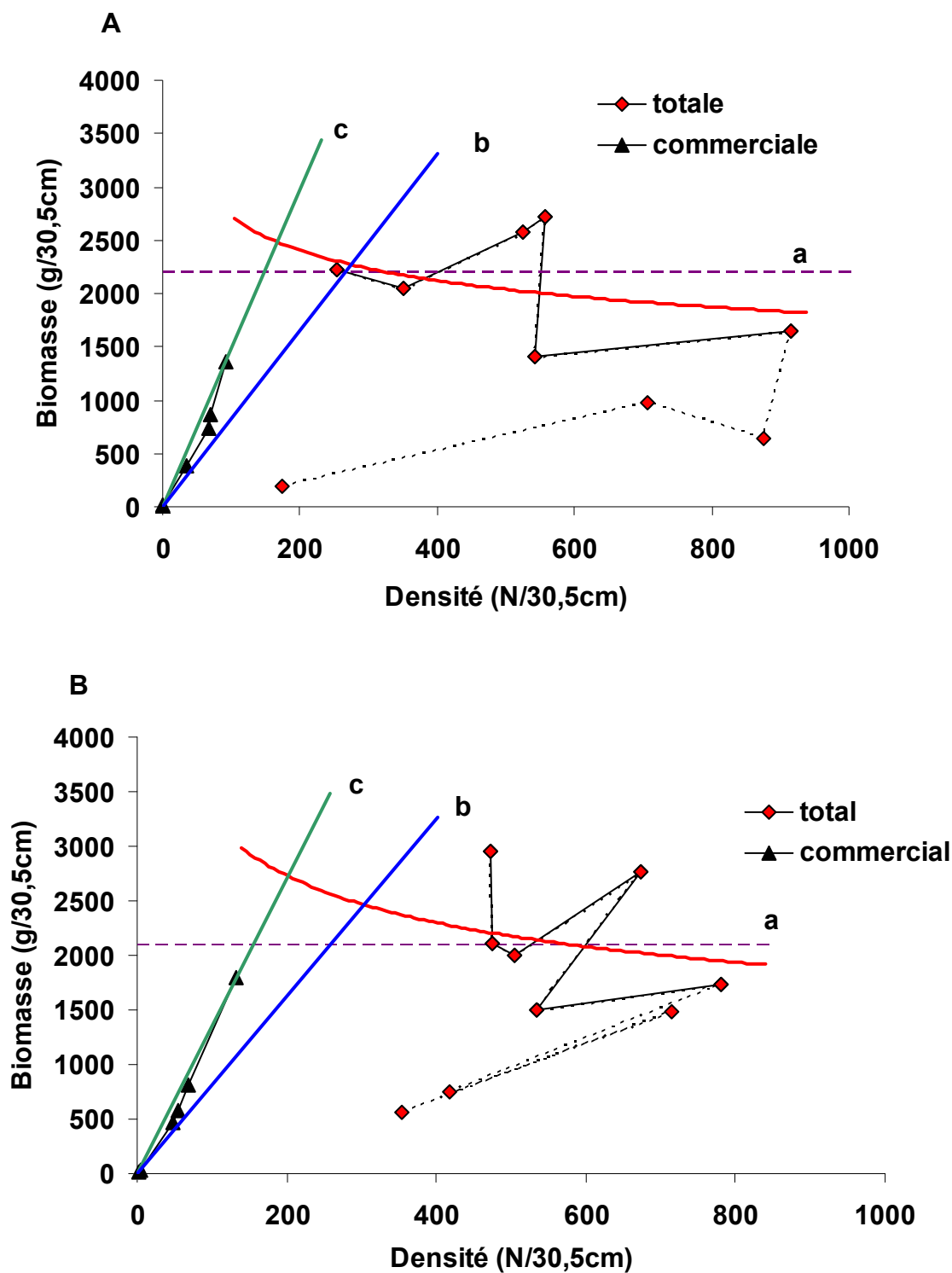


Figure 9. Relation entre la biomasse et la densité obtenue avec les technologies A (A) et B (B) sur le site 2. Ce graphique s'interprète de la même façon que le graphique de la Figure 2. La courbe d'autoréduction (losanges reliés de traits continus) est obtenue par régression non linéaire (SAS); A : $p = 0,0029$; $r^2 = 0,95$; B : $p = 0,0020$; $r^2 = 0,96$.

Nous constatons à la Figure 8 que sur le site 1, la technologie A possède le potentiel d'atteindre la rentabilité après 40 mois d'élevage, puisque le dernier point de la relation **c** se situe au-dessus de la droite **a**. Ce potentiel n'est pas limité par une limite biologique, puisque la courbe d'autoréduction se situe au-dessus de ce point. D'autre part, nous savons que les filières sont entrées en contact avec le fond de façon répétée (Figure 4). Ceci constitue l'explication la plus plausible pour la présence de zones dénudées qui ont mené à une forte différence entre la production observée et la production potentielle à partir du 23^{ième} mois (Figure 5). C'est donc dire que sur le site 1, la rentabilité de la technologie A était limitée par la performance des filières.

Sur le site 2, la durée de l'étude a été écourtée à 36 mois. À première vue, aucune des deux technologies ne serait rentable puisque la droite **a** n'est pas atteinte par les échantillons définissant la partie observée de la droite **c** (Figure 9A, B). Notons que ce résultat est obtenu pour une période d'élevage de 36 mois. Il suffirait de prolonger la durée d'élevage pour atteindre la rentabilité. Ce scénario paraît envisageable puisque la courbe d'autoréduction montre que des valeurs de production dépassant la ligne **a** sont possibles. Si on extrapole la droite **c** et que l'on postule que le seuil de rentabilité est constant en fonction du temps, il y aurait bel et bien une zone de rentabilité possible. Notons en outre qu'après 36 mois, la proportion commerciale de la biomasse n'a pas encore atteint son maximum (Figure 7). Ceci indique donc qu'à ce stade, la rentabilité de la technologie B n'est pas limitée par la capacité de support des collecteurs. Il est clair que l'augmentation de la proportion de moules de taille commerciale par une augmentation de la durée d'élevage serait une avenue à explorer.

5.0 DISCUSSION ET CONCLUSION

Le but du présent exercice était d'analyser l'effet de différentes contraintes sur la rentabilité de la production de moules sur collecteur autogéré. Un aspect déterminant d'une telle démarche est la prise en compte des effets du marché et de la qualité des informations disponibles pour les analyses financières et les calculs d'optimisation. Selon une analyse basée sur les travaux de Faustmann, le profit à long terme est optimisé par un cycle de production d'une durée de 44 mois. Or selon les informations des mytiliculteurs, une telle durée d'élevage mène à des moules soit carrément invendables, soit commercialisables, mais à prix inférieur en raison de leur trop grande taille. Nous avons donc basé nos calculs sur l'hypothèse d'un cycle de production de 36 mois, ce qui permet d'obtenir des moules de taille commerciale en nombre suffisant. Il faut noter que si des débouchés prisant les moules de grande taille comme en Asie ou en Nouvelle-Angleterre étaient trouvés, les solutions de type Faustmann s'appliqueraient, ce qui mènerait à des cycles de production plus longs.

Les résultats de la présente étude suggèrent que si les calculs se limitent aux résultats obtenus expérimentalement, c'est-à-dire les données brutes de biomasse observée, la technologie A (bouées de 12 pouces) ne réussit pas à atteindre le seuil de rentabilité. Cette conclusion est valide peu importe les conditions envisageables et les

scénarios abordés, à moins d'une aide gouvernementale significative. À moins d'une diminution des coûts de production ou d'une amélioration des techniques de production, cette aide se ferait au profit d'une industrie à première vue inefficace du point de vue économique. Il est toutefois important de souligner que lorsque les calculs se font avec les données de biomasse potentielle, l'analyse des courbes d'autoréduction démontre qu'il existe une zone de rentabilité pour la technologie A (Figure 8). Pour atteindre cet objectif, il faut cependant que les filières se comportent selon les prévisions. Cette conclusion vaut pour une durée d'élevage d'au plus 36 mois.

La technologie B (bouées de 16 pouces) offre quant à elle des perspectives plus intéressantes. Si les hypothèses de base ne suffisent pas à assurer un revenu adéquat aux producteurs, de très légères modifications, autant au niveau du système de production qu'au niveau des coûts de base, permettraient d'atteindre le seuil de rentabilité. Le scénario basé sur l'hypothèse d'un producteur possédant un bateau payé par des activités de pêche, ou en copropriété avec d'autres producteurs, conduit d'ailleurs à un résultat positif. Une aide gouvernementale pourrait ainsi supporter une industrie économiquement efficace et assurerait un revenu d'appoint à ces producteurs. Ici encore, l'existence d'une zone de rentabilité à la Figure 9 indique que la rentabilité serait atteignable.

L'étude de la technologie C indique qu'il est toujours plus rentable pour un producteur de recourir au boudinage dès lors que le taux d'approvisionnement est supérieur à 1,31. Pour des taux d'approvisionnement inférieurs, il serait peut-être indiqué de ne pas procéder à la mise en boudin, mais nous ne pouvons tirer de conclusion ferme à ce sujet dès maintenant. Cette analyse ne prend pas en compte l'impact de subventions.

Le caractère positif des conclusions relatives à la technologie A et surtout à la technologie B est étayé par des éléments supplémentaires. En effet, nous avons échantillonné nos filières à répétition, alors que normalement, les filières ne sont manipulées qu'à des fins d'entretien et au moment de la récolte. Il est vraisemblable que malgré nos précautions, la manipulation répétée des filières ait mené à la perte d'une certaine proportion de moules. La question peut être examinée à la Figure 8, où le cercle et le carré correspondent à la cohorte de 2002, échantillonnée à 36 mois, et provenant d'une filière intouchée auparavant (le cercle se rattache à la droite c et le carré, à l'autoréduction). Les points situés immédiatement en-dessous du cercle correspondent à la cohorte de 2003, échantillonnée à 35 et 39 mois. C'est donc dire que si on postule que la variabilité annuelle est négligeable, les pertes causées par la manipulation répétée des filières au moment de l'échantillonnage seraient de l'ordre de 20 à 25 % de la biomasse. Ceci suggère que la zone de rentabilité obtenue en situation d'élevage normal serait encore plus étendue que celle que nous avons observée. S'il était inclus dans le calcul, le carré tirerait la courbe d'autoréduction vers le haut, ce qui est une indication supplémentaire que l'estimé actuel est prudent.

Il est possible que l'entretien des filières ait changé la flottabilité de l'ensemble puisque l'extrémité est de la filière 2 se retrouve à des profondeurs de moins en moins

grandes au fil du temps. Nous avons examiné la réponse des différents thermopfondimètres et il ne semble pas que la calibration des appareils soit en cause.

Puisqu'il est difficile de regrouper et analyser tous les scénarios envisageables et que les hypothèses de base peuvent parfois requérir des ajustements selon les producteurs, le présent rapport est accompagné du fichier Excel à partir duquel les simulations bioéconomiques ont été réalisées. Ceci permettra aux intéressés d'ajuster eux-mêmes la valeur des différentes variables selon leur propre perspective et de raffiner l'analyse.

Nos résultats illustrent clairement l'impact des équipements d'élevage – ici, il s'agit du diamètre des bouées – sur le rendement, puisque la technologie B, qui met en jeu des bouées de 16 pouces, permet de mieux flotter filières et collecteurs et d'éviter la dénudation au contact du fond. En outre, dans le cas de la technologie C, il appert que lorsque le ratio collecteur : boudin atteint ou dépasse la valeur seuil de 1 : 1,31 il serait préférable de procéder au boudinage. Soulignons que ce travail illustre le rôle important que peut jouer la courbe d'autoréduction dans l'évaluation du potentiel de n'importe quelle méthode de production. En effet, l'existence d'une limite supérieure de production est une contrainte universelle. Le défi réside dans la façon de bien l'estimer et de tirer le meilleur profit possible de cette information. En raison du degré d'incertitude dont elle demeure encore entachée faute de données suffisantes, il y aurait lieu d'augmenter les informations sur la relation d'autoréduction chez les moules des collecteurs autogérés.

6.0 REMERCIEMENTS

Nous remercions la Société de Développement de l'Industrie Maricole, le Programme coopératif de recherche et développement en aquaculture, Québec-Océan, le Bureau International de l'Université Laval ainsi que l'Association des étudiantes et des étudiants de Laval inscrits aux études supérieures pour leur appui financier. Nous sommes redevables également à Louise Gendron, ainsi qu'à Benoit Thomas, Pierre Lauzier, Marcel Boudreau et leurs collègues pour leurs commentaires. Nous sommes aussi reconnaissants à Linda Girard, Marie-Claude Marquis, John Himmelman, Patrice Goudreau, Sophie Brillon, Frédéric Hartog, Dounia Daoud, Véronique Desborbes, Richard Labbé, Séverine Rolland, Chantal Méthot, Emmanuelle Tremblay, Karine Turquetil, Andoni Zuazo, Bernard Sainte-Marie, Anaïs Lacoursière-Roussel, Hélène Dionne, Laura McKinnon et Pierre-Patrick Fillion. Merci tout particulièrement à Éric Bujold, Jean Deslauriers, Réjean Allard et à leurs équipages. Merci aussi au Centre de Formation Professionnelle l'ENVOL de Carleton pour l'accès aux laboratoires et à la Poissonnerie de la Gare de Carleton pour l'entreposage de nos échantillons.

7.0 RÉFÉRENCES

- Bi H. 2004. Stochastic frontier analysis of a classic self-thinning experiment. *Aust. Ecol.* 29: 408-417.
- Bjorndal T. 1988. Optimal harvesting of farmed fish. *Marine Resource Economics* 5: 139-159.
- Dare P.J. et Davies G. 1975. Experimental suspended culture of mussels (*Mytilus edulis* L.) in Wales using spat transplanted from a distant settlement ground. *Aquaculture* 6: 257-274.
- Fréchette M., Alunno-Bruscia M., Dumais J.-F., Daigle G. et Sirois R. 2005. Incompleteness and statistical uncertainty in competition/stocking experiments. *Aquaculture* 246: 209-225.
- Fréchette M., Bergeron P. et Gagnon P. 1996. On the use of self-thinning relationships in stocking experiments. *Aquaculture* 145: 91-112.
- Fréchette M. et Lefaivre D. 1990. Discriminating between food and space limitation in benthic suspension feeders using self-thinning relationships. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 65: 15-23.
- Lindahl O., Hart R., Henroth B., Kollberg S., Loo L.-O., Olrog L., Rehnstam-Holm A.-S., Svensson J., Svensson S. et Syversen U. 2005. Improving marine water quality by mussel farming — A profitable solution for Swedish society. *Ambio* 34: 129-136.
- Loo L.-O. et Rosenberg R. 1983. *Mytilus edulis* culture: growth and production in western Sweden. *Aquaculture* 35: 137-150.
- Mallet A. et Myrand B. 1995. The culture of the blue mussel in Atlantic Canada. *In Cold-water aquaculture in Atlantic Canada*. Edited by A.D. Boghen. Institut canadien de recherche sur le développement régional, Moncton, New Brunswick, Canada. p 255-296.
- Mallet A.L. et Carver C.E. 1991. An assessment of strategies for growing mussels in suspended culture. *J. Shellfish Res.* 10: 471-477.
- Myrand B. et Richard J. 1987. La moule bleue. Conseil des Productions Animales du Québec. AGDEX 485.
- Sukhotin A.A. et Kulakowski E.E. 1992. Growth and production dynamics in mussels (*Mytilus edulis* L.) cultured in the White Sea. *Aquaculture* 101: 59-73.
- Westoby M. 1984. The self-thinning rule. *Adv. Ecol. Res.* 14: 167-225.