



SODIM
Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Essais de prélevage du pétoncle d'Islande en
sac de collecte de naissain*

Rapport final

Dossier n° 710.59

Rapport commandité par la SODIM

Juin 2009

CENTRE AQUACOLE DE LA CÔTE-NORD

ESSAIS DE PRÉÉLEVAGE DU PÉTONCLE D'ISLANDE EN SAC DE COLLECTE DE NAISSAIN



Par :

Martin Guay, Centre Aquacole de la Côte-Nord

Marcel Fréchette, Institut Maurice-Lamontagne Pêches et Océans
Canada

RAPPORT FINAL N° MLQ-002

Juin 2009



TABLE DES MATIÈRES

Table des matières.....	2
Liste des figures.....	3
Liste des tableaux.....	5
Sommaire des résultats.....	6
I- CROISSANCE, BIOMASSE ET DENSITÉ – par M. Guay et M. Fréchette	
1. Introduction.....	7
2. Méthodologie.....	9
2.1 Localisation de l'étude.....	9
2.2 Essais de captage et de grossissement en paniers d'élevage.....	9
3. Résultats.....	11
3.1 Fluorescence et température.....	12
3.2 Cohorte 2004 : effectif, taille moyenne et biomasse.....	15
3.3 Cohorte 2005 : effectif, taille moyenne et biomasse.....	16
3.4 Relation biomasse-densité et interactions interspécifiques.....	23
3.5 Mortalité.....	24
4. Discussion.....	27
4.1 Fluorescence et température.....	27
4.2 Effectifs.....	27
4.3 Croissance.....	28
4.4 Diagramme BN Biomasse-Densité.....	29
5. Conclusions.....	31
II- CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES – par M. Guay	
1. Généralités.....	32
2. Référentiels.....	33
3. Comparaison des scénarios.....	37
Remerciements.....	40
Références bibliographiques.....	40
Annexe.....	42



LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Schéma du scénario d'élevage classique pour le pétoncle d'Islande (étapes 1, 2, 3). Le scénario testé dans le présent travail consiste à transférer le naissain directement des collecteurs aux paniers de 0.7 cm.....7
- Figure 2 : Emplacement des stations de collecte de l'Île aux Goélands (IAG) et de l'Île Sainte-Genève (ISG), ainsi que du site d'engraissement en paniers d'élevage au site de la Grosse Île au Marteau (GIM).....9
- Figure 3 : Schéma d'une filière de chandelles de sacs collecteurs.....10
- Figure 4 : Profils de température (lignes pointillées) et de fluorescence (lignes continues) observés au site ISG en 2004.....13
- Figure 5 : Profils de température (lignes pointillées) et de fluorescence (lignes continues) observés en 2005 au site ISG.....14
- Figure 6 : Effectifs des pétoncles (première colonne) et des saxicaves (deuxième colonne) ainsi que masse individuelle moyenne des pétoncles (troisième colonne) et des saxicaves (quatrième colonne) en fonction de la distance du fond (m) au site ISG. Cohorte 2004. A, B et C : 13, 21 et 25 mois après la mise à l'eau des collecteurs. Les points encerclés sont entachés d'incertitude en raison de la possibilité d'erreurs d'identification.....17
- Figure 7. Biomasse des pétoncles (colonne de gauche) et des saxicaves (colonne de droite) en fonction de la distance du fond (m) au site ISG. Cohorte 2004. A, B et C : 13, 21 et 25 mois après la mise à l'eau des collecteurs. Les points encerclés sont entachés d'incertitude en raison de la possibilité d'erreurs d'identification.....18
- Figure 8. Effectifs des pétoncles (première colonne) et des saxicaves (deuxième colonne) ainsi que masse individuelle moyenne des pétoncles (troisième colonne) et des saxicaves (quatrième colonne) en fonction de la distance du fond (m) au site ISG. Cohorte 2005. Groupe C : 25 mois après la mise à l'eau des collecteurs.....19
- Figure 9. Biomasse des pétoncles (colonne de gauche) et des saxicaves (colonne de droite) en fonction de la distance du fond (m) au site ISG. Cohorte 2005. Groupe C seulement (25 mois après immersion des collecteurs). Les points encerclés sont entachés d'incertitude en raison de la possibilité d'erreurs d'identification.....19



Figure 10. Structure de taille des pétoncles au site ISG. Cohortes 2004 (groupes A, B et C) et 2005 (groupe C seulement). Ces spécimens provenant de sous-échantillons, les effectifs ne sont pas des valeurs absolues.....	21
Figure 11. Relation biomasse-densité des pétoncles. La ligne pointillée est la fonction d'autoréduction telle que décrite par l'enveloppe des points (cohorte 2004). La ligne continue est la fonction d'autoréduction telle qu'estimée par régression ordinaire ayant subi une translation pour n'englober que 95% des points. Les croix sur fond gris sont les échantillons de la cohorte 2005.....	24
Figure 12. Relation biomasse-densité des saxicaves. Cohorte 2004.....	25
Figure 13. Relation entre la biomasse des saxicaves et la biomasse des pétoncles pour la cohorte 2004.....	25
Figure 14. Relation entre la biomasse des saxicaves et la biomasse des pétoncles pour les cohortes de 2004 (symboles noirs) et de 2005 (triangles) après 25 mois.	26
Figure 15. Relation entre la biomasse des saxicaves et la proportion de pétoncles morts. Cohortes 2004 (symboles noirs) et de 2005 (triangles) après 25 mois. Les points encadrés correspondent à des échantillons de biomasse de pétoncle faible et pour trois d'entre eux, ayant vraisemblablement touché au fond	26
Figure 16. Schéma d'un montage de collecte à deux chandelles de capteurs.	33
Figure 17. Schéma d'une filière de paniers d'élevage.	36



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Hauteur de coquille moyenne (H), écart type et proportion de spécimens de plus de 0.7 cm (hauteur de coquille) selon la cohorte, le temps et le niveau au-dessus du fond.....	22
Tableau 2. Référentiels des deux méthodes de prélevage du pétoncle d'Islande.	35
Tableau 3. Comparaison des deux méthodes de prélevage du pétoncle d'Islande.	39



SOMMAIRE DES RÉSULTATS

- 1) Nous n'avons pu récupérer qu'une fraction des sacs de collecte installés au site ISG et aucun au site IAG. Les paniers d'élevage immergés au site GIM ont été perdus après la première série de mesures. Nous n'en avons pas poussé l'analyse.
- 2) Les variations des effectifs des pétoncles en sac de collecte sont liées au flux de larves ; en raison de la couche limite benthique (CLB), ceci se traduit par une diminution des effectifs près du fond.
- 3) Les variations verticales de la croissance des pétoncles ne peuvent s'expliquer par un gradient vertical de température ou de fluorescence dans la colonne d'eau ; la taille individuelle augmente avec l'éloignement du fond dans la région de la CLB ; à l'extérieur de la CLB, la taille individuelle des pétoncles dépend fortement de la biomasse de saxicaves.
- 4) Les profils verticaux de biomasse des pétoncles divergent entre 2004 et 2005. Selon toute vraisemblance, la biomasse des pétoncles est réprimée par les saxicaves en 2004, mais non en 2005. Ceci donne faussement l'impression que les conditions de croissance étaient meilleures en 2005.
- 5) La taille individuelle des saxicaves répond de la même façon que les pétoncles à la CLB ; les variations interannuelles des saxicaves de 5 m à 10 m au-dessus du fond ne peuvent s'expliquer avec les données actuelles.
- 6) La performance des pétoncles dépend de l'influence conjointe de la CLB et des saxicaves. La première est prévisible, mais non les secondes.



I – CROISSANCE, BIOMASSE et DENSITÉ

par Martin Guay et Marcel Fréchette

1. INTRODUCTION

Au Québec, l'élevage de pectinidés vise essentiellement le pétoncle géant, *Placopecten magellanicus*, une espèce que l'on retrouve naturellement en abondance aux Îles-de-la-Madeleine, en Gaspésie et sur la Basse-Côte-Nord. En Haute et Moyenne-Côte-Nord, un territoire s'étendant sur plus de 900 km, cette espèce est peu abondante alors que le pétoncle d'Islande, *Chlamys islandica*, domine largement dans les captures commerciales. Le pétoncle d'Islande présente aussi des caractéristiques biologiques intéressantes pour l'élevage. D'abord, l'espèce est bien adaptée aux eaux froides de la Côte-Nord, comme en fait foi sa distribution circumpolaire. De plus, son mode de vie grégaire (Vahl, 1981) et davantage sédentaire (production de byssus à l'âge adulte) que le pétoncle géant pourrait favoriser l'élevage à haute densité.

Pour ces raisons, des essais d'élevage à l'échelle expérimentale ont été réalisés de manière ciblée depuis la fin des années 90 dans l'Archipel de Mingan. La méthode de prélevage préconisée jusqu'alors peut se résumer en trois étapes (Figure 1). Il y a dans un premier temps l'approvisionnement en naissain (étape 1) par la collecte de naissain en milieu naturel. Environ 13 mois après la mise à l'eau des capteurs, les capteurs sont triés et transférés en panier d'élevage de maillage 0.3 cm (étape 2). À 25 mois, les pétoncles sont à nouveau transférés en panier de maillage 0.7 cm jusqu'à l'obtention de la taille commerciale (étape 3). L'élevage en panier de maillage de 0.7 cm requiert une taille moyenne de 1.4 cm.

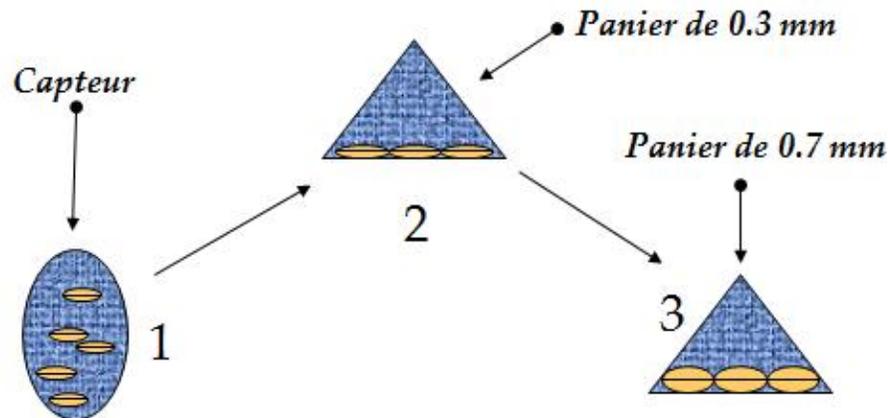


Figure 1. Schéma du scénario d'élevage classique pour le pétoncle d'Islande (étapes 1, 2, 3). Le scénario testé dans le présent travail consiste à transférer le naissain directement des collecteurs aux paniers de 0.7 cm.



Les premiers travaux portant sur le captage du naissain en milieu naturel ont démontré qu'il existait, en Minganie, des sites où l'on pouvait capter suffisamment de naissain (>2000 spécimens/capteur) pour assurer l'approvisionnement à une échelle commerciale (Guay, 2005). La taille moyenne du naissain, 13 mois suivant la mise à l'eau des capteurs, était d'environ 8 mm de hauteur de coquille. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Wallace (1982) et Thorarinsdóttir (1991) en Norvège et en Islande. Cette taille impose donc le transfert des individus en panier de prélevage de maillage de 3 mm pour une période d'un an préalablement à la période de grossissement en panier au maillage plus grand (0.7 cm). Toutefois, l'utilisation des paniers de prélevage de maillage 0.3 cm occasionne deux inconvénients majeurs pour l'aquaculteur.

En premier lieu, on note que le filet de ces paniers est rapidement colmaté par les salissures en raison de la petite taille du maillage. Selon Claereboudt et al. (1994), cet aspect peut provoquer un ralentissement de la croissance des pétoncles en raison d'un apport restreint en nourriture. En deuxième lieu, le besoin de transférer à nouveau les individus à la suite de l'étape de prélevage engendre des manipulations supplémentaires et par conséquent des coûts d'opération additionnels, sans compter le risque d'infliger des blessures ou de provoquer de la mortalité, qui sont autant de causes d'augmentation des coûts d'opération. De plus, il est possible que le stress associé aux manipulations engendre un ralentissement de la croissance.

L'alternative envisagée dans l'étude actuelle est de laisser le naissain en collecteur pour une période supérieure à 13 mois, de façon à porter la taille des spécimens à une valeur suffisante pour permettre leur installation en panier de grossissement de maillage de 0.7 cm. Ceci permettrait de contourner l'étape de prélevage en panier de 0.3 cm et d'éviter les inconvénients qui lui sont associés. Soulignons que cette technique est déjà pratiquée en Nouvelle-Zélande (Bull, 1994). À l'échelle commerciale, cette façon de procéder permettrait de réduire les coûts d'opération et de matériel de façon notable en éliminant une étape de production. Un inconvénient possible associé au fait de laisser le naissain se développer en sac de collecte pendant une trop longue période serait qu'avec la croissance des spécimens, la biomasse-densité pourrait atteindre des niveaux suffisamment élevés pour provoquer des ralentissements de croissance. Les résultats de Fréchette et al. (2000) indiquent clairement que la chose est possible avec le pétoncle géant en prélevage en sac de collecte. Ces travaux indiquent en outre que les espèces accompagnatrices, dont les saxicaves (*Hiatella arctica*), ont le même effet. En conséquence, nous ne nous limitons pas seulement à détecter les effets de la compétition intraspécifique, mais également à ceux de la compétition interspécifique.

Le projet comporte deux volets. Le premier porte sur la recherche des conditions optimales de croissance du naissain en collecteur, eu égard à la profondeur et aux effectifs du pétoncle et des autres organismes colonisant les collecteurs. Le second porte sur la comparaison des deux scénarios de prélevage, basée sur des considérations techniques et économiques.



2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Localisation de l'étude

Cette étude a été réalisée dans l'archipel de Mingan, au nord du golfe du St-Laurent, un secteur reconnu pour les importants gisements de pétoncle d'Islande (fig. 2) qu'on y retrouve et où se déroulent depuis la fin des années 90 des travaux expérimentaux d'élevage du pétoncle d'Islande. Plus précisément, les expériences de captage de naissain ont été menées au sud de l'île aux Goélands (IAG) et à l'est de l'île Sainte-Geneviève (ISG), alors que le grossissement en paniers d'élevage a été réalisé au nord de la Grosse Île au Marteau (GIM) à l'intérieur d'une aire maricole appartenant à l'entreprise Pêcherie Picard inc.

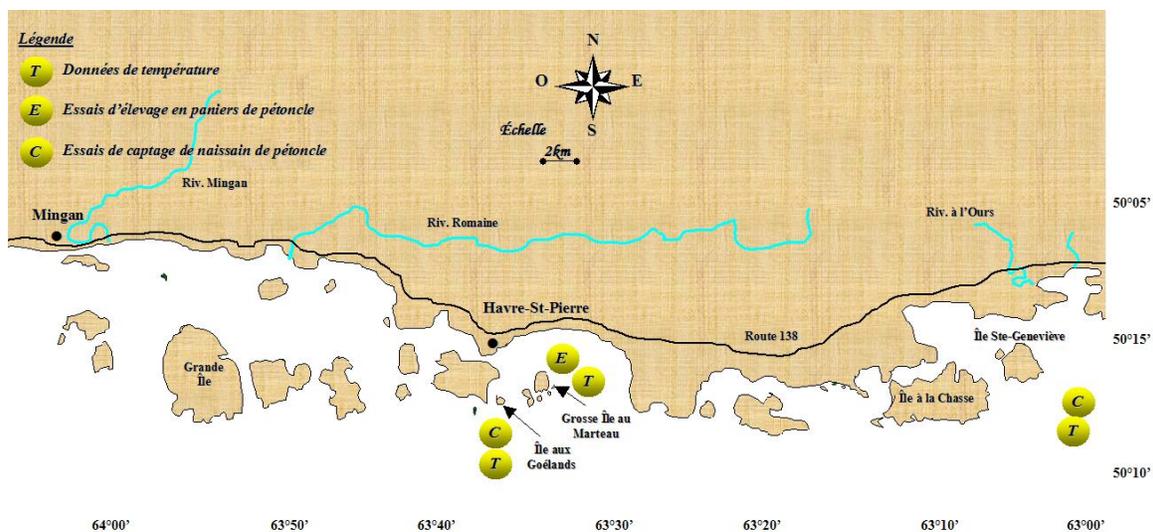


Figure 2. Emplacement des stations de collecte de l'Île aux Goélands (IAG) et de l'Île Sainte-Geneviève (ISG), ainsi que du site d'engraisement en paniers d'élevage au site de la Grosse Île au Marteau (GIM).

2.2 Essais de captage et de grossissement en paniers d'élevage

Dans tout travail sur la collecte de naissain, la proximité du fond est une variable non négligeable. À ceci s'ajoute la possibilité que la collecte soit trop élevée et que le surpeuplement qui en résulte se traduise par un ralentissement de la croissance. Afin d'étudier l'effet du surpeuplement sur la croissance du naissain, nous avons cherché à obtenir un intervalle de densité de peuplement aussi large que possible en tirant profit du gradient vertical de fixation normalement associé à la proximité du fond. Cette stratégie reprend celle de Fréchette et al. (2000) dans une étude similaire sur le pétoncle géant aux Îles de la Madeleine. Cette stratégie requiert au préalable que la collecte se fasse sur des sites où les taux de collecte maximaux sont élevés. Pour cette raison, nous avons arrêté notre choix sur les sites IAG et ISG, où des essais de collecte réalisés en 2000 et 2002 ont



permis d'obtenir des taux de captage de 676 et 381 spécimens/capteur à l'IAG et 2873 et 610 spécimens/capteur à L'ISG (Guay, 2004).

Les travaux de captage de naissain consistaient à disposer deux filières de chandelles de capteurs aux deux sites expérimentaux au cours de la dernière semaine des mois d'août 2004 et 2005. Chacune des filières comportait trois chandelles verticales de dix paires de capteurs, chaque paire étant séparée d'un mètre (fig. 3). Ce type d'agencement avait pour but de tirer profit du gradient vertical de captage de naissain est normalement observé dans ce genre d'opération (Brand, Paul, Hoogesteger, 1980; Fréchette, Gaudet, Vigneau, 2000; Giguère, Brulotte, Miller, 1995). La première paire de capteurs a été fixée à 2 m au-dessus du fond, soit à une profondeur variant entre 27 et 30 m.

L'expérience de prélevage en collecteur comportait trois traitements, à raison d'une chandelle par traitement. Le premier traitement correspondait au scénario de prélevage qui prévoit un tri des capteurs et un transfert en paniers de 3 mm à 13 mois suivant la mise à l'eau des capteurs, effectuée à la fin août (groupe A). Ce scénario prévoit le transfert du naissain en panier de maillage de 0.7 cm 25 mois après la collecte. Le deuxième traitement correspondait à un scénario où le tri des capteurs serait réalisé au printemps, 21 mois suivant la mise à l'eau des capteurs (groupe B). Le dernier traitement était celui où les pétoncles seraient laissés en collecteur jusqu'à 25 mois suivant le mouillage des capteurs pour ensuite être transférés en panier de maillage 7 mm (groupe C).

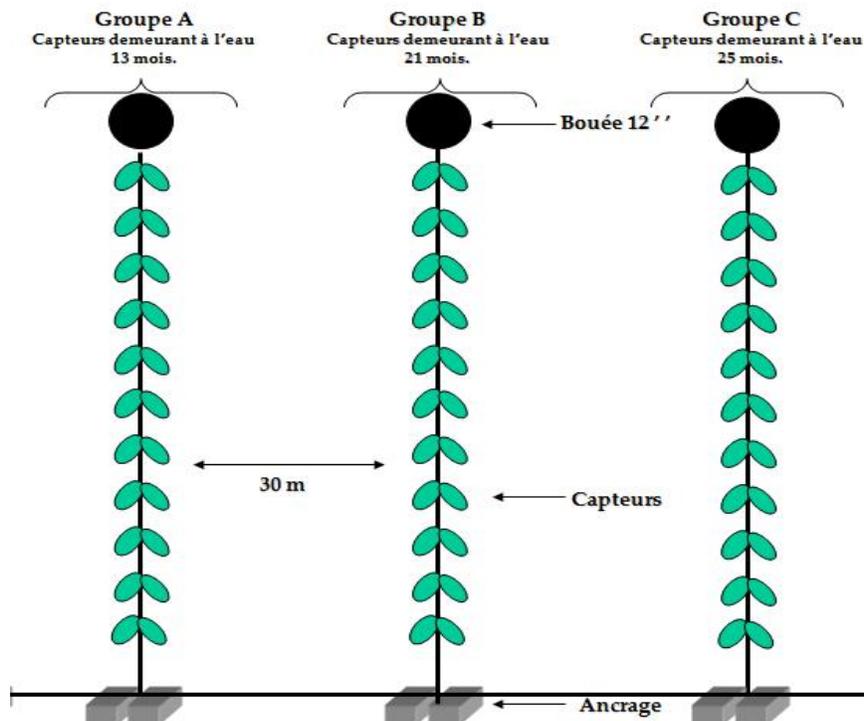


Figure 3. Schéma d'une filière de chandelles de sacs collecteurs.



La récolte des chandelles de capteurs des différents groupes expérimentaux a été réalisée en plongée sous-marine. Le contenu des collecteurs a été tamisé (de maillage 1 mm) et rincé afin d'éliminer le gros des particules de vase. Une fois nettoyé, le contenu des sacs était fractionné si nécessaire et fixé dans l'alcool (éthanol 70 % + 2% glycérine) avant de déterminer la taille et les effectifs des pétoncles et la biomasse des pétoncles et des saxicaves. Les mesures de taille ont été effectuées pour trois profondeurs à partir d'un sous-échantillon prélevé d'un seul sac de collecte pour chacune des profondeurs.

Durant les opérations de nettoyage des capteurs en octobre 2005, des pétoncles ont été triés manuellement de manière à conserver les individus de taille supérieure à 0.7 cm afin de démarrer un essai de prélevage en panier de maillage 0.3 cm. Les spécimens mis en panier d'élevage avaient une taille moyenne de 0.92 cm et ont été placés à deux densités, soit 300 et 600 pétoncles/panier. Les paniers avaient une superficie de 0.12 m², ce qui correspondait à des pourcentages d'occupation de 63 % et 125 %. Trois répétitions de chaque densité ont été disposées aléatoirement sur une filière d'élevage au site de la GIM, à une profondeur de 15 m.

Les expériences de collecte et croissance en sac se sont accompagnées de mesures de température, de salinité et de fluorescence au moyen d'un profileur multi-paramètres RBR (Richard Brancker Research, modèle XR-240). En 2004, les deux sites de captage et le site d'engraissement ont été visités à cinq reprises, soit les 12 et 18 août, les 13 et 20 septembre et le 7 octobre). En 2005, un suivi analogue a été effectué à trois reprises entre les 29 juillet, 8 et 31 août et 21 septembre. Les profils vont de 1 m sous la surface au fond marin. La vitesse de descente et de remontée était d'environ 0.25 m/s. Au début des profils, l'appareil était maintenu à 1 m sous la surface pendant 2 minutes afin de permettre l'équilibrage des sondes.

3. RÉSULTATS

La récupération des filières ne s'est faite selon les prévisions que dans un seul cas, soit le Groupe A de la cohorte 2004 au site ISG. Dans tous les autres cas, la récupération des filières mouillées au site ISG n'a été que partielle ou s'est faite plus tard que prévu. Aucune des filières mouillées au site IAG n'a pu être retrouvée. Il en est de même pour les filières de paniers d'élevage mouillées au site de GIM, à l'exception du suivi à 21 mois des pétoncles de la cohorte 2004. Ainsi, les seuls résultats de prélevage disponibles ne proviennent que du site ISG. La macrofaune colonisant les collecteurs était essentiellement composée de pétoncles d'Islande et de saxicaves. Nous avons observé quelques rares prédateurs à la surface des sacs.



3.1 Fluorescence et température

En raison de la perte des montages expérimentaux aux sites IAG et GIM, nous ne présentons que les profils obtenus au site ISG. Les résultats du site de GIM sont présentés en annexe.

Les profils de température et de fluorescence observés à l'Île Sainte-Geneviève en 2004 sont présentés à la Figure 4. En surface, la température varie entre un minimum de près de 4° C (20 septembre) à un maximum de 14,4° C, observé le 12 août. Au voisinage du fond, la température oscille entre 2° C et 6,7° C. Les profils se caractérisent d'une thermocline de profondeur et d'intensité variables, située pour l'essentiel à moins de 20 m de profondeur. Le profil de température est à peu près constant au niveau des sacs de collecte, situés entre 17 et 27 m de profondeur. À ces profondeurs, la température ne varie guère plus que de quelques dixièmes de degrés, à l'exception du 12 août 2004 où une différence de 3° C a été enregistrée.

La fluorescence varie de façon marquée au fil du temps. Ces variations peuvent facilement atteindre un ordre de grandeur. À titre d'exemple, entre les 12 août et 18 août, la fluorescence moyenne sur l'ensemble de la colonne d'eau passe de 0.91 unités relatives à 0.06 unités relatives. De façon générale, la fluorescence augmente avec la profondeur de façon plutôt monotone et se stabilise à partir d'environ 10 m sous la surface. Au niveau des collecteurs, la fluorescence ne varie pas de façon très marquée, sauf le 12 août où on trouve des variations brusques aux alentours de 20-25 m. Ces variations semblent associées à la base de la thermocline.

Les profils de température et de fluorescence observés en 2005 sont présentés à la Figure 5. En surface, la température varie entre un minimum de près de 4,5° C le 8 août à un maximum de 11,9° C, observé le 31 août. Près du fond, la température observée varie entre 2° C et 10° C. Le 29 juillet la thermocline est très prononcée et affleure en surface. Le profil de température est à peu près constant à plus de 15 m de profondeur, sauf le 8 août où on observe un gradient vertical d'environ 1,5° C sur les 10 m d'eau correspondant à la profondeur nominale des sacs de collecte.

Les profils de fluorescence se caractérisent de pics marqués, particulièrement lors des échantillonnages du 29 juillet et du 8 août. Tout comme en 2004, ces pics et ces creux sont associés à la partie inférieure de la thermocline et se situent au-dessus de la zone expérimentale, sauf le 8 août. De façon générale, la fluorescence varie peu en profondeur, sauf le 8 août, où elle se caractérise par une succession de pics et de creux. De 17 m de profondeur jusqu'au fond, la fluorescence moyenne est de 0,4 unité en 2004 et 1,0 unité en 2005.

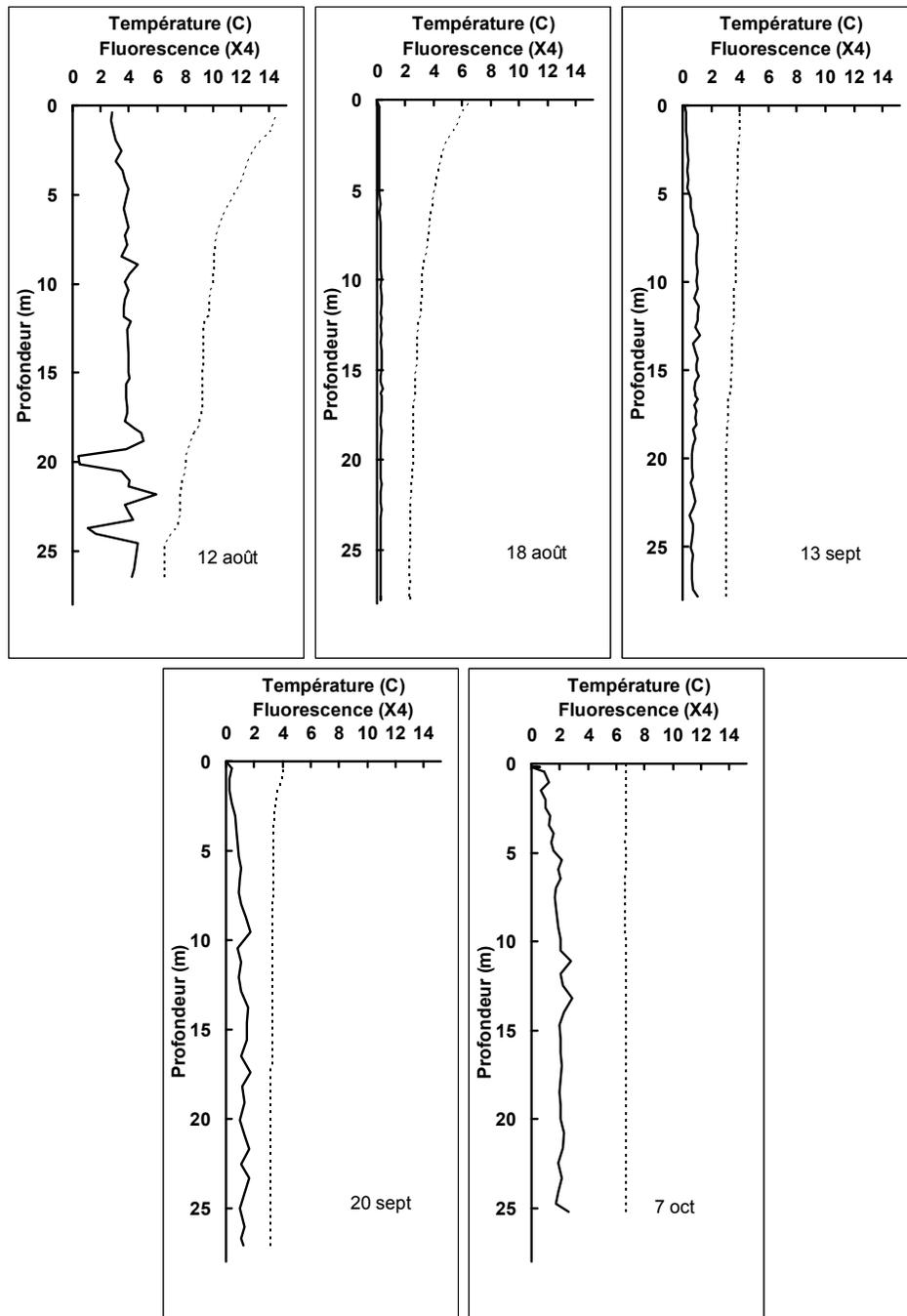


Figure 4. Profils de température (lignes pointillées) et de fluorescence (lignes continues) observés au site ISG en 2004.

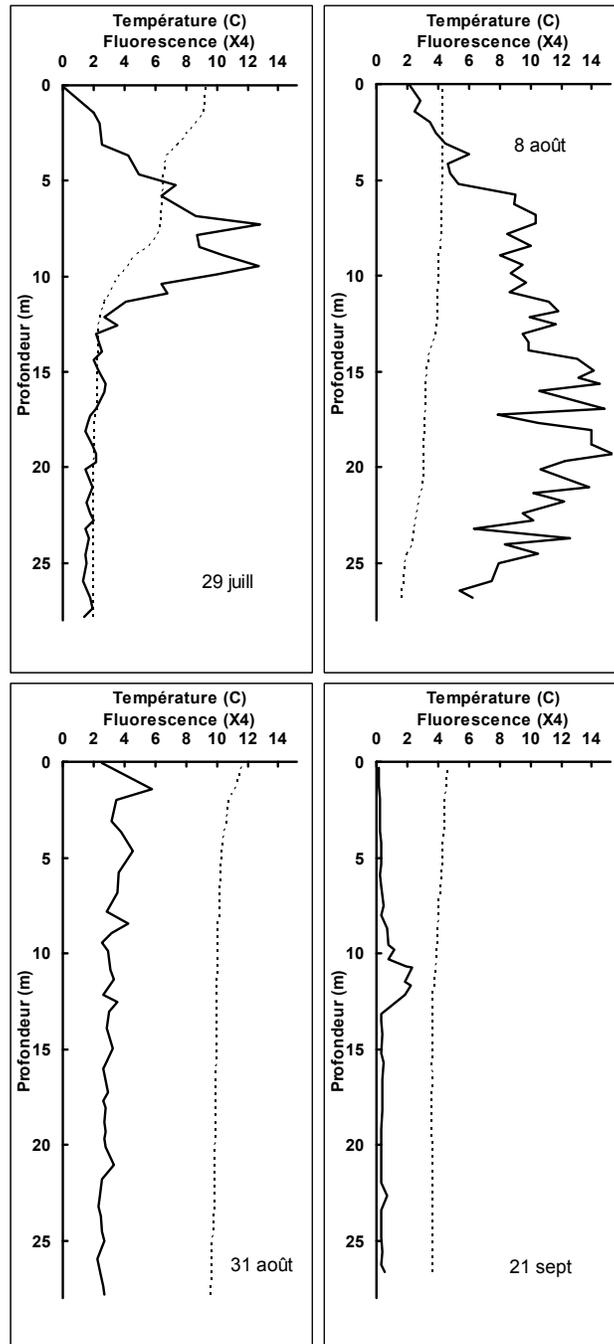


Figure 5. Profils de température (lignes pointillées) et de fluorescence (lignes continues) observés en 2005 au site ISG.



3.2 Cohorte 2004 : effectifs, taille moyenne et biomasse

Effectifs – Les effectifs de naissain recueillis en octobre 2005 sont présentés à la Figure 6 (groupe 2004-A, 13 mois). Les effectifs de pétoncles par collecteur vont de 97 à 1296 spécimens par sac de collecte. Ils sont faibles près du fond et atteignent un maximum d'environ 1000 spécimens par sac entre 4 m et 7 m du fond (ceci correspond à des profondeurs de 20 m à 23 m). Plus haut dans la colonne d'eau, ils redescendent pour atteindre un minimum d'environ 650 spécimens par sac. Ces tendances peuvent être décrites par une relation quadratique ($NP = 198.0 + 195.7 \cdot Z - 15.5 \cdot Z^2$, où NP et Z sont les effectifs de pétoncles et la distance au-dessus du fond ; $R^2 = 0.2058$, $N = 40$, $P = 0.0141$; rappelons que R^2 varie de 0 à 1 et décrit la qualité d'un ajustement ; N est le nombre d'observations et P est la probabilité de se tromper en tenant une relation pour significative ; le seuil conventionnel est $P = 0.05$). Nous ne disposons pas d'échantillons entre 1 et 4 m au-dessus du fond après 21 mois en sac. Toutefois, on constate que de 5 à 10 m au-dessus du fond, les tendances observées ci-dessus à 13 mois se maintiennent après 21 mois en sac (Figure 6, groupe 2004-B ; $r = -0.58$, $N = 19$, $P \approx 0.01$). Après 25 mois, nous n'avons pas été en mesure de recueillir suffisamment d'échantillons pour obtenir une bonne description des tendances bathymétriques. Toutefois, les effectifs se maintiennent à 600-700 spécimens par sac (Figure 6, groupe 2004-C).

Les effectifs des saxicaves sont beaucoup plus élevés que ceux des pétoncles. Après 13 mois, ils vont d'environ 3000 spécimens par sac à près de 30,000 spécimens par sac. Tout comme les pétoncles, les effectifs des saxicaves diminuent près du fond. Ils atteignent un maximum aux environs de 5 m au-dessus du fond et sont de l'ordre de 15,000 à 20,000 spécimens par sac jusqu'au haut des chandelles [$NS = 21282.4 \cdot (1 - \exp(-0.2491 \cdot Z))$, où NS représente les effectifs des saxicaves ; $R^2 = 0.6514$, $N = 40$, $P < 0.0001$]. Après 21 mois, les effectifs des sacs situés entre 5 m et 10 m au-dessus du fond varient entre 8,000 et 15,000 individus par sac, mais encore une fois, l'absence d'échantillons aux niveaux les plus profonds ne permet pas une bonne description de l'effet de la proximité du fond. Il semblerait qu'il n'y ait pas de changement notable des effectifs entre 21 et 25 mois (Figure 6).

Masse individuelle – La masse individuelle est présentée aux deux colonnes de droite de la Figure 6. Après 13 mois en sac, la masse individuelle des pétoncles croît avec l'éloignement du fond ($MP = 0.0271 \cdot Z^{0.2863}$, où MP est la masse individuelle moyenne des pétoncles ; $R^2 = 0.4888$, $N = 40$, $P < 0.0001$). Cette tendance ne peut être examinée à 21 mois en raison de l'absence d'échantillons à proximité du fond. Toutefois, les échantillons disponibles (entre 5 m et 10 m du fond) indiquent que les spécimens doublent de taille entre 13 et 21 mois, passant de 0.05 g à environ 0.1 g. À 25 mois, la masse individuelle moyenne à 9 m et 10 m au-dessus du fond est de l'ordre de 0.18 g. Il est possible qu'elle soit légèrement plus élevée plus près du fond, mais le nombre restreint d'échantillons limite les possibilités d'analyse.

Après 13 mois en sac, la masse individuelle des saxicaves croît de façon relativement linéaire avec la distance au-dessus du fond. Cette tendance semble disparaître à 21 et 25



mois. Les quelques résultats dont nous disposons indiquent une légère croissance entre 21 et 25 mois, la masse individuelle moyenne passant d'environ 0.25 g/ind à 0.28 g/ind.

Biomasse – La biomasse obtenue est représentée à la Figure 7. On constate qu'à 13 mois, la biomasse de pétoncles croît de façon non monotone avec la distance au-dessus du fond [$BP = 38.93 \cdot (1 - \exp(-0.3052 \cdot (Z + 0.1183)))$], où BP est la biomasse totale des pétoncles ; $R^2 = 0.3929$, $N = 40$, $P < 0.0001$]. La biomasse semble culminer à 6 m au-dessus du fond pour redescendre graduellement jusqu'à 10 m au-dessus du fond. Cette tendance est beaucoup plus affirmée aux dates ultérieures. En effet, à 21 mois la biomasse diminue nettement de 5 m à 10 m au-dessus du fond, passant d'environ 100 g/sac à environ 50 g/sac ($r = -0.69$, $N = 19$, $P < 0.01$). La biomasse moyenne double au 25^{ième} mois, mais tout se passe comme si la tendance décroissante avec l'éloignement du fond, que nous avons observée plus tôt, se maintenait.

La biomasse des saxicaves croît de façon beaucoup moins marquée au cours du temps que ne le font les pétoncles (Figure 7). Si on s'en tient aux échantillons du haut des chandelles, l'augmentation est de l'ordre de 50% de 13 mois à 25 mois dans le cas des saxicaves, alors qu'elle atteint facilement 300% pour les pétoncles. De plus, la biomasse des saxicaves affiche une tendance croissante monotone du bas vers le haut des chandelles à 13 mois et à 25 mois. Cette tendance semble toutefois oblitérée à 21 mois.

Croissance en panier d'élevage – Le suivi de croissance à 21 mois des pétoncles mis en paniers d'élevage de 0.3 cm de maillage a été réalisé le 6 juin 2006. Les mesures de hauteur de coquille suggèrent une différence du taux de croissance aux deux densités d'élevage. Une taille moyenne de 1.36 cm a été mesurée à 300 pétoncles/panier alors qu'à 600 pétoncles/panier, la taille moyenne était de 1.18 cm.

3.3 Cohorte 2005 : effectifs, taille moyenne et biomasse

Effectifs – Les échantillons de la cohorte 2005 ne sont disponibles que pour le groupe C (Figure 8). Les effectifs des pétoncles semblent augmenter avec l'éloignement du fond, mais la tendance n'est pas nette ($r = 0.51$, $N = 15$, $P \approx 0.05$). Ils sont de l'ordre de 800-900 spécimens par sac à 9-10 m au-dessus du fond, ce qui semble plus élevé qu'en 2004, bien que pour ce dernier groupe les échantillons disponibles étaient clairsemés.

Les effectifs des saxicaves (Figure 8) augmentent eux aussi avec l'éloignement du fond ($r = 0.84$, $N = 15$, $P < 0.01$). Ils oscillent entre 8,000 et 14,800 spécimens par sac aux niveaux les plus élevés et sont donc du même niveau que ceux de la cohorte 2004 (Figure 6).

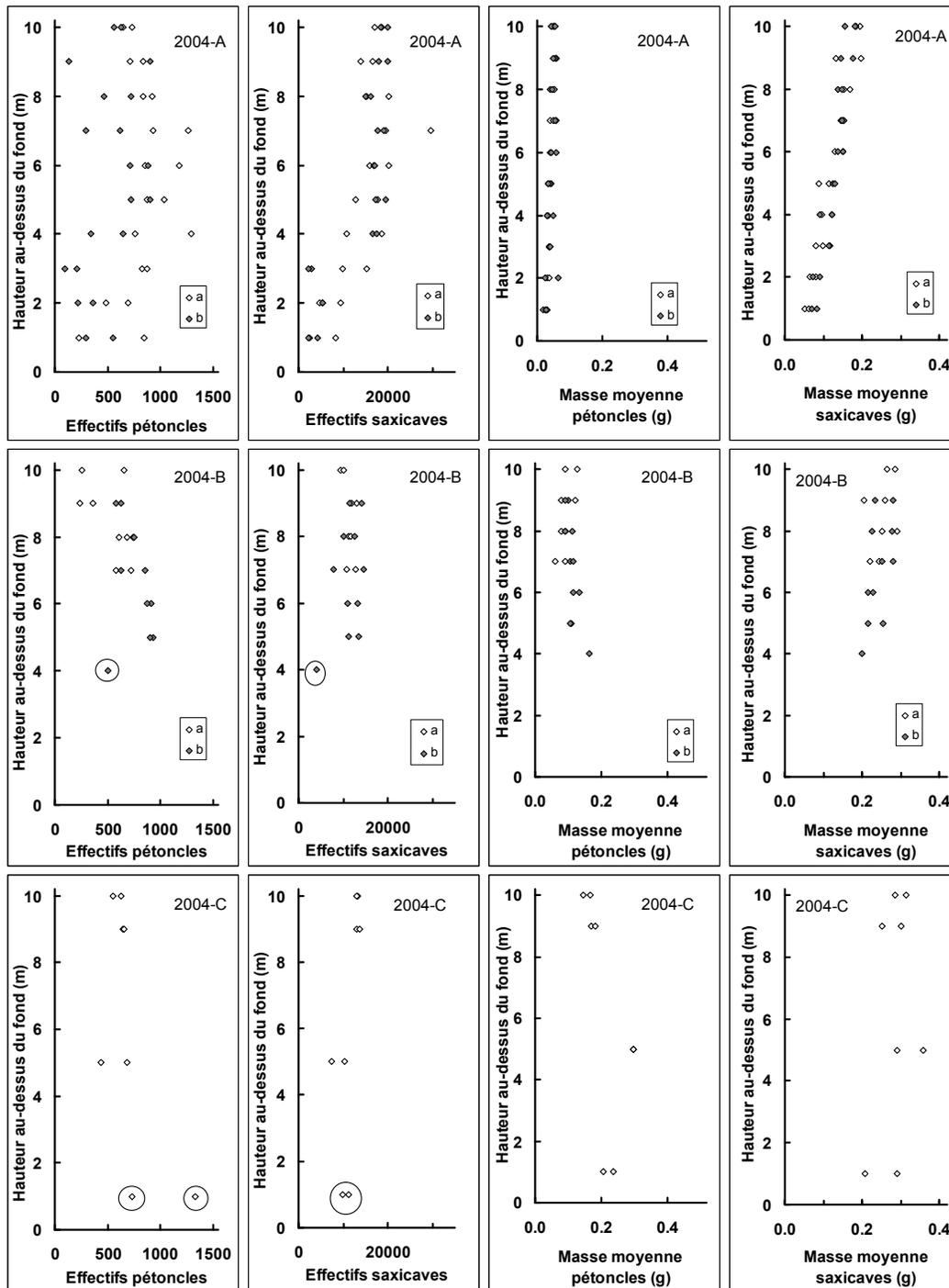


Figure 6. Effectifs des pétoncles (première colonne) et des saxicaves (deuxième colonne) ainsi que masse individuelle moyenne des pétoncles (troisième colonne) et des saxicaves (quatrième colonne) en fonction de la distance du fond (m) au site ISG. Cohorte 2004. A, B et C : 13, 21 et 25 mois après la mise à l'eau des collecteurs. Les points encadrés sont entachés d'incertitude en raison de la possibilité d'erreurs d'identification.

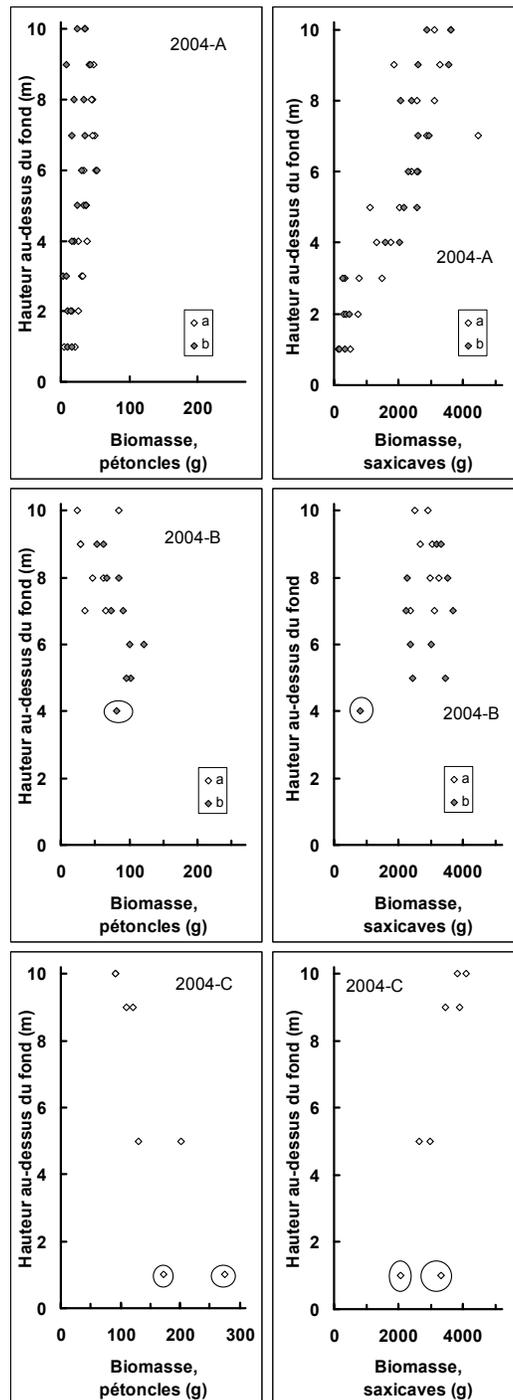


Figure 7. Biomasse des pétoncles (colonne de gauche) et des saxicaves (colonne de droite) en fonction de la distance du fond (m) au site ISG. Cohorte 2004. A, B et C : 13, 21 et 25 mois après la mise à l'eau des collecteurs. Les points encadrés sont entachés d'incertitude en raison de la possibilité d'erreurs d'identification.

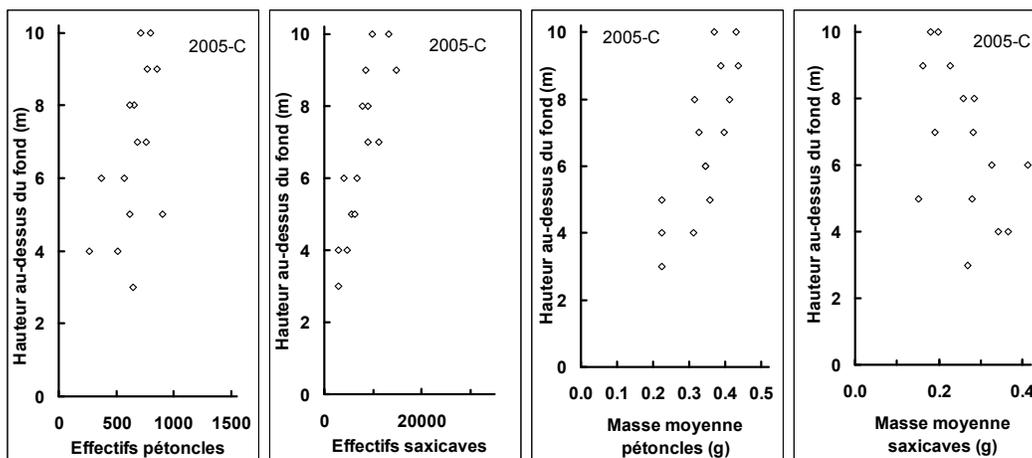


Figure 8. Effectifs des pétoncles (première colonne) et des saxicaves (deuxième colonne) ainsi que masse individuelle moyenne des pétoncles (troisième colonne) et des saxicaves (quatrième colonne) en fonction de la distance du fond (m) au site ISG. Cohorte 2005. Groupe C : 25 mois après la mise à l'eau des collecteurs.

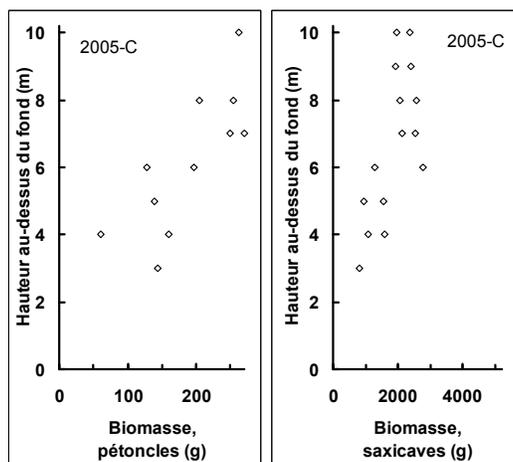


Figure 9. Biomasse des pétoncles (colonne de gauche) et des saxicaves (colonne de droite) en fonction de la distance du fond (m) au site ISG. Cohorte 2005. Groupe C seulement (25 mois après immersion des collecteurs). Les points encadrés sont entachés d'incertitude en raison de la possibilité d'erreurs d'identification.



Masse individuelle – La masse individuelle est présentée à la Figure 8. La masse individuelle des pétoncles croît avec l'éloignement du fond, passant d'environ 0.25 g/individu à 3-5 m du fond à environ 0.40 g/individu aux niveaux 8-10 m ($r = 0.73$, $N = 15$, $P < 0.01$). Celle des saxicaves diminue avec l'éloignement du fond ($r = -0.68$, $N = 15$, $P < 0.01$).

Biomasse – La biomasse est représentée à la Figure 9. On constate que la biomasse de pétoncles augmente de façon monotone avec l'éloignement du fond. De 3 m à 10 m, elle augmente de plus du double. Par ailleurs la biomasse des saxicaves augmente entre 3 m et 6 m, passant de 1000 à 1500 g/sac, pour ensuite plafonner à 2000-2500 g/sac, ce qui est environ la moitié de ce qui est obtenu en 2004 [$BS = 1274.7 \cdot (Z-2.65)^{0.4314}$, $R^2 = 0.4336$, $N = 21$, $P < 0.0001$; BS est la biomasse des saxicaves]. La tendance verticale de chacune des deux espèces diverge nettement de ce qui est observée en 2004.

Structure de taille – La structure de taille des pétoncles est représentée à la Figure 10. On y constate l'augmentation progressive de la taille des pétoncles au cours du temps (cohorte 2004). Il est clair que la taille moyenne après 25 mois est plus élevée en 2005 qu'en 2004 ($F_{1,4} = 15.62$, $P = 0.0168$; le terme d'erreur est la variabilité inter sac).

Le Tableau 1 donne des informations synoptiques sur la taille moyenne et la structure de taille des pétoncles. Les spécimens sont de petite taille, ce qui ne surprend pas pour cette espèce (Thorarinsdóttir, 1991; Wallace, 1982). De plus, on constate que la proportion de spécimens de la cohorte 2004 atteignant 0.7 cm de hauteur de coquille est de l'ordre de 0.45 après 13 mois. Cette proportion grimpe à environ 0.8 à 21 mois et jusqu'à 0.95 et plus à 25 mois. Dans le cas de la cohorte 2005, cette proportion dépasse les 0.95. La proportion de spécimens de la cohorte 2004 atteignant 1.4 cm de hauteur de coquille (taille minimale requise pour la mise en panier de maillage 0.7 cm) est de l'ordre de 0.36 après 21 mois et de 0.73 après 25 mois. Cette proportion grimpe à 0.80 pour la cohorte 2005 (Figure 10).

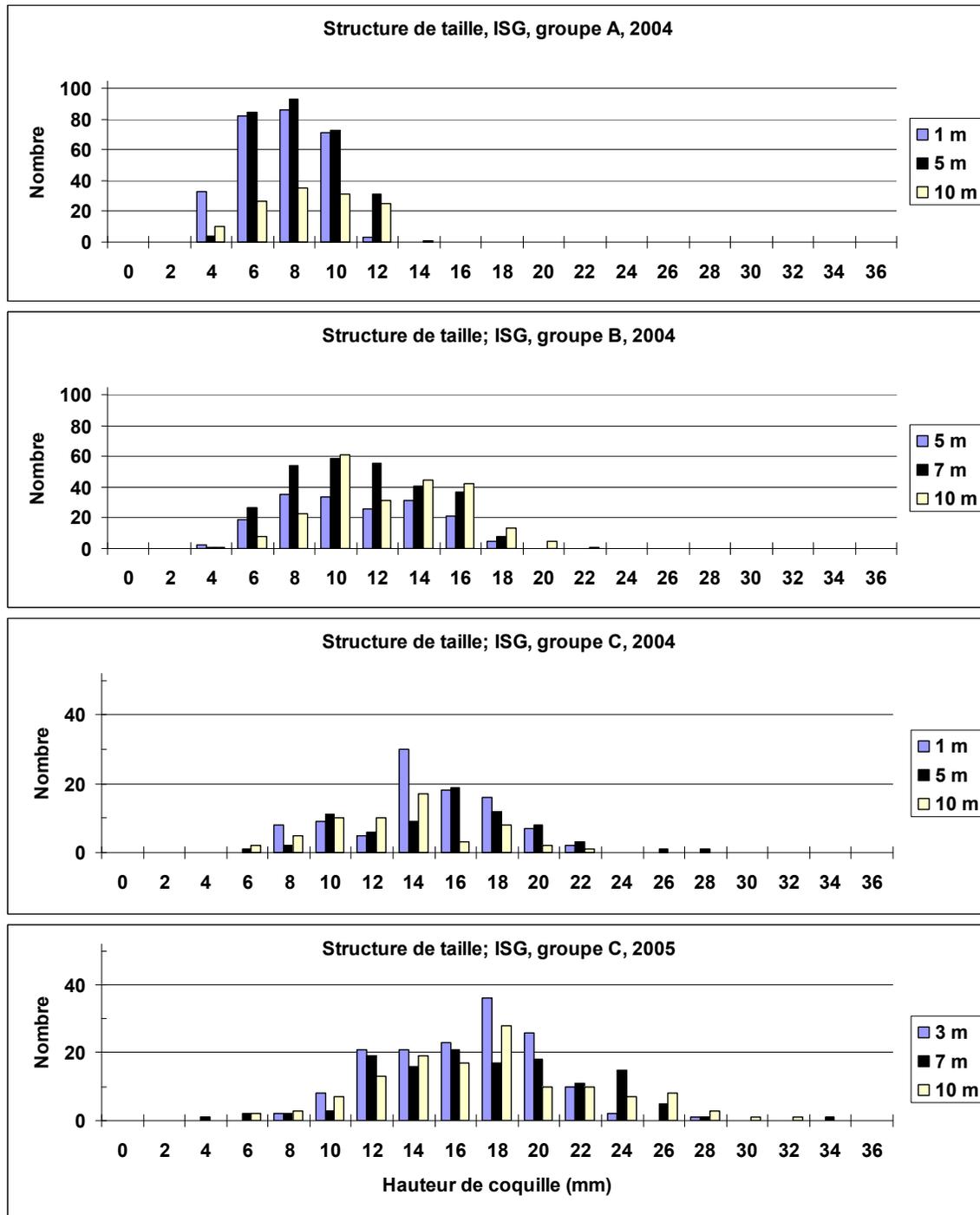


Figure 10. Structure de taille des pétoncles (mm) au site ISG. Cohortes 2004 (groupes A, B et C) et 2005 (groupe C seulement). Ces spécimens provenant de sous-échantillons, les effectifs ne sont pas des valeurs absolues.



Tableau 1. Hauteur de coquille moyenne (H), écart type et proportion de spécimens de plus de 0.7 cm (hauteur de coquille) selon la cohorte, le temps et le niveau au-dessus du fond. En ce qui a trait à la proportion de spécimens de plus de 1.4 cm (hauteur de coquille), il s'agit de la moyenne des trois sacs.

Cohorte/ groupe	Niveau des triplets de sacs (m)	Hauteur moyenne de coquille (cm)			Écart type de H			Proportion >0.7cm			Proportion >1.4 cm
2004-A	1,5,10	0.642	0.726	0.754	0.185	0.197	0.230	0.41	0.49	0.53	0.00
2004-B	5,7,10	1.009	1.021	1.150	0.331	0.325	0.336	0.79	0.83	0.93	0.36
2004-C	1,5,10	1.355	1.446	1.216	0.337	0.417	0.357	0.95	0.96	0.91	0.73
2005-C	3,7,10	1.543	1.643	1.639	0.366	0.509	0.514	0.99	0.97	0.98	0.80



3.4 Relation biomasse-densité et interactions interspécifiques

L'étude de la relation entre la biomasse et les effectifs (relation biomasse-densité) permet normalement de détecter les effets de surpeuplement de façon efficace (Fréchette, 1996; Fréchette, Gaudet, Vigneau, 2000). Une relation linéaire indique l'absence d'effets de la surpopulation sur la croissance. Dans le cas contraire, la courbe tend à plafonner aux densités de population élevées (Alunno-Bruscia, Petraitis, Bourget, Fréchette, 2000). La relation biomasse-densité peut aussi traduire ce qu'on appelle l'autoréduction, c'est-à-dire la mortalité causée par le surpeuplement. Lorsque la chose se produit, l'enveloppe des couples biomasse-densité suit une sorte de relation en L évasé.

La relation biomasse-densité des pétoncles de la cohorte 2004 est présentée à la Figure 11. Les courbes biomasse-densité des groupes A et B (rappelons qu'il s'agit de spécimens de 13 mois et 21 mois) sont *grosso modo* linéaires. Les quatre points du groupe A les plus à droite pourraient indiquer un certain plafonnement, mais cette tendance n'est pas corroborée par le groupe B. Si on fait abstraction d'un point aberrant (carré noir à la Figure 11), la distribution des points extrêmes se comporte comme s'il y avait autoréduction. Nous avons estimé la courbe d'autoréduction selon deux méthodes. La première consiste à estimer l'enveloppe supérieure de la distribution des points (SAS, PROC QLIM; Bi, 2004; Bi, Wan, Turvey, 2000) et l'équation obtenue est $B = 2611 \cdot N^{0.5121}$. Cette courbe est représentée par le trait pointillé à la Figure 11. La seconde méthode consiste à estimer les paramètres de la courbe par régression ordinaire, puis à opérer une translation de la courbe vers le haut jusqu'à ce qu'elle enveloppe 95% des points. L'équation obtenue est $B = 5935 \cdot N^{0.5740}$. Cette courbe est représentée par le trait continu à la Figure 11. La cohorte 2005 ne comporte que des échantillons du groupe C. Il n'est donc pas possible d'en étudier la trajectoire BN au fil du temps. On constate toutefois à Figure 11 que les couples BN de la cohorte 2005 se situent pour la plupart au-dessus des deux estimations de la courbe d'autoréduction.

La relation biomasse-densité des saxicaves (cohorte 2004 ; Figure 12) est *grosso modo* linéaire à chaque fois. De 13 mois à 21 et 25 mois, les groupes de points se déplacent de la droite vers la gauche. Le processus semble s'arrêter entre 21 et 25 mois.

Afin d'examiner la relation entre les deux espèces, nous avons représenté la biomasse de pétoncle en fonction de la biomasse des saxicaves aux Figures 13 (cohorte 2004) et 14 (groupes C, 2004 et 2005). On constate qu'à 13 mois, la biomasse des pétoncles augmente avec celle des saxicaves près de l'origine (i.e. : à l'intersection des deux axes). Aux valeurs de biomasse plus élevées, il n'y a pas de relation entre la biomasse des deux espèces. Globalement, la relation peut être représentée par $BP = 36.44 \cdot BS^{0.0013}$, où BS est la biomasse des saxicaves ($R^2 = 0.4907$, $N = 40$, $P < 0.0001$). À 21 mois, il n'y a pas de relation entre les deux espèces ($r = -0.17$, $N = 19$, $P > 0.05$). Il faut cependant noter que dans ce cas, nous ne disposons pas d'observations près du fond, alors que ce sont ces niveaux qui étaient responsables de la relation entre les deux espèces à 13 mois. À 25 mois, on constate une relation inverse entre les deux espèces pour la cohorte 2004



($r = -0.85$, $N = 8$, $P < 0.01$). En ce qui concerne la cohorte 2005, cette relation n'est pas significative ($r = 0.41$, $N = 15$, $P > 0.05$)

3.5 Mortalité

La mortalité est un processus d'importance dans la détermination de la production. Dans le cas présent, on ne peut en avoir qu'une image partielle. En effet, il y a un risque élevé qu'un spécimen mort tombe hors des sacs s'il est de taille plus petite que le maillage des sacs. Or la taille du maillage est difficile à estimer parce que les sacs étaient récupérés non pas en plongée, mais directement à partir de la surface. Cette méthode entraîne l'application de contraintes sur les sacs, qui peuvent être déformés ou endommagés dans l'opération et perdre une partie de leur contenu. Le risque de perte décroît évidemment avec la taille des coquilles. Pour cette raison, nous nous limiterons à examiner la proportion de pétoncles morts dans les sacs de 25 mois. Les données sont présentées à la Figure 15, où la proportion de pétoncles morts est représentée en fonction de la biomasse de saxicaves (l'inclusion de la biomasse de pétoncles apporte très peu au graphique en raison de leur très faible biomasse). On constate que la mortalité est très faible à faible biomasse, sauf pour quelques échantillons qui ont vraisemblablement touché au fond. Elle augmente progressivement avec la biomasse et devient particulièrement élevée à forte biomasse.

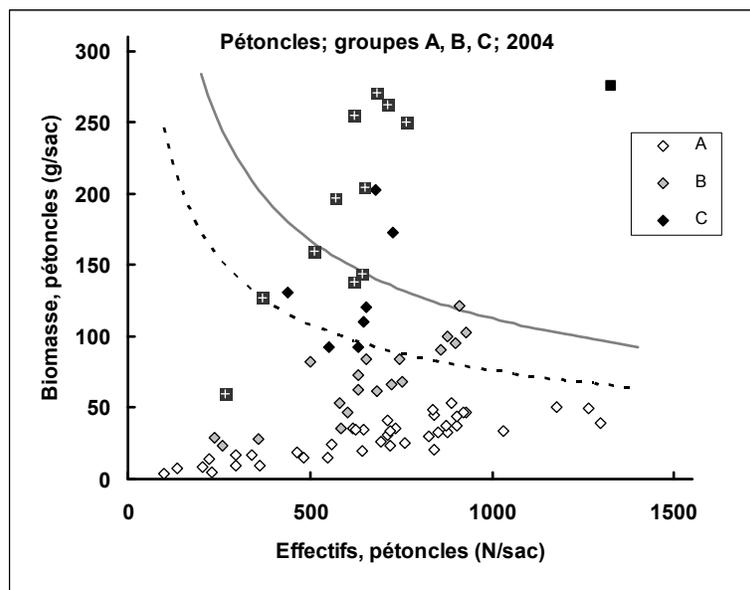


Figure 11. Relation biomasse-densité des pétoncles. La ligne pointillée est la fonction d'autoréduction telle que décrite par l'enveloppe des points (cohorte 2004). La ligne continue est la fonction d'autoréduction telle qu'estimée par régression ordinaire ayant subi une translation pour n'englober que 95% des points. Les croix sur fond gris sont les échantillons de la cohorte 2005.

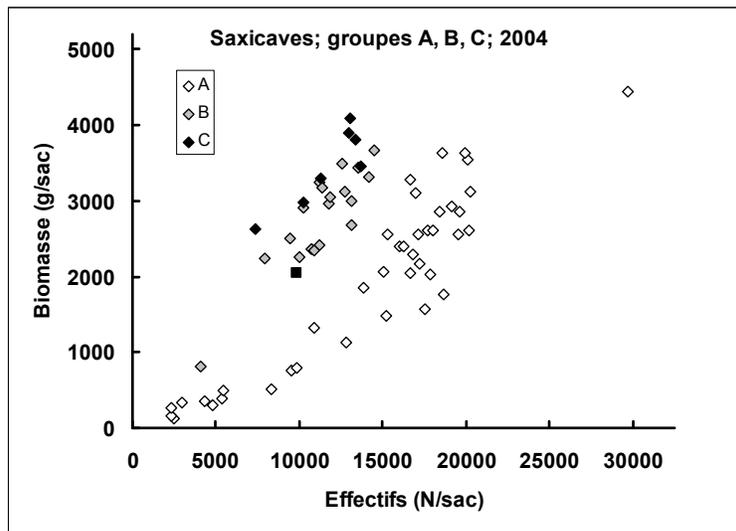


Figure 12. Relation biomasse-densité des saxicaves. Cohorte 2004.

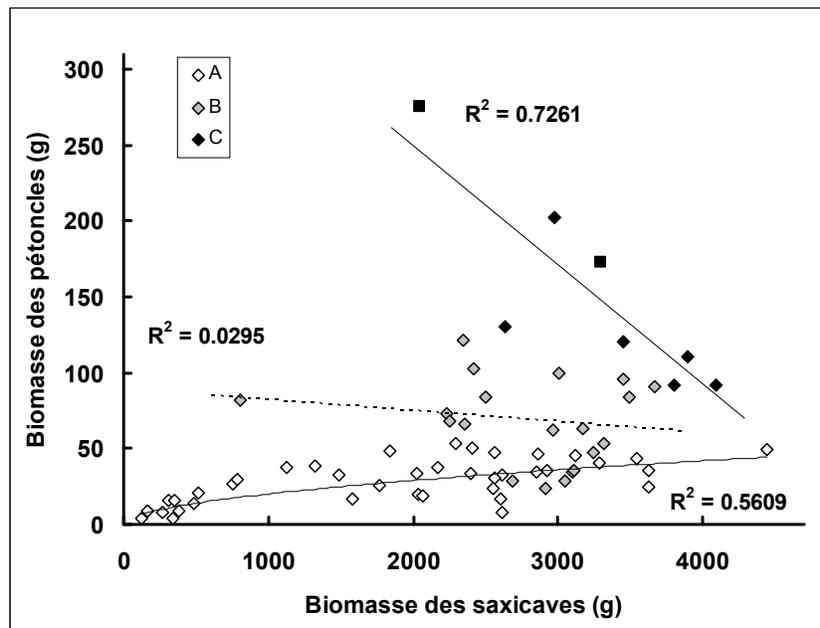


Figure 13. Relation entre la biomasse des saxicaves et la biomasse des pétoncles pour la cohorte 2004.

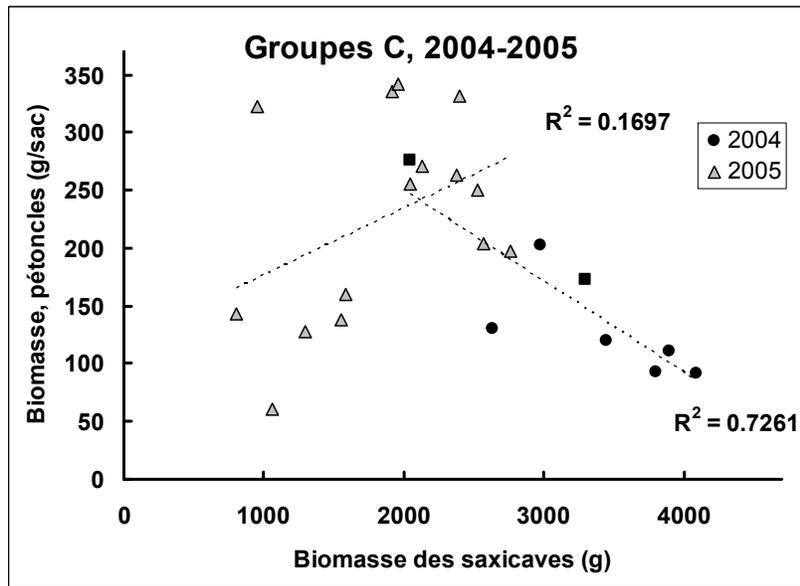


Figure 14. Relation entre la biomasse des saxicaves et la biomasse des pétoncles pour les cohortes de 2004 (symboles noirs) et de 2005 (triangles) après 25 mois.

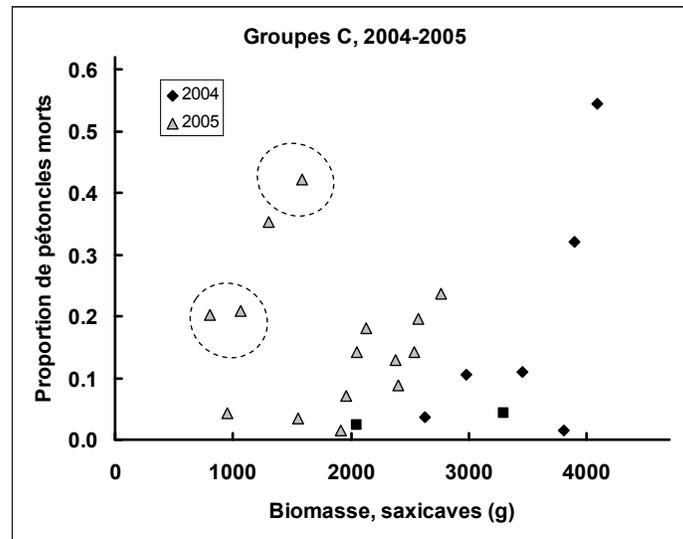


Figure 15. Relation entre la biomasse des saxicaves et la proportion de pétoncles morts. Cohortes 2004 (symboles noirs) et de 2005 (triangles) après 25 mois. Les points encadrés correspondent à des échantillons de faible biomasse de pétoncle ayant vraisemblablement touché au fond.



4. DISCUSSION

4.1 Fluorescence et température

Les profils de température et de fluorescence que nous avons recueillis se caractérisent d'une variabilité spatio-temporelle très marquée, ce qui ne surprend pas en milieu marin (Sinclair, 1978). Bien que la disponibilité de nourriture semble plus élevée en 2005 qu'en 2004, il faut souligner que l'effort d'échantillonnage que nous avons été en mesure de consentir était limité. Vu la forte variabilité spatio-temporelle caractéristique du milieu marin, on ne peut exclure que les conditions aient été atypiques au moment de ces observations. Il faut noter en outre que nos données ne couvrent que les années 2004 et 2005, alors que les expériences couvraient également les années 2006 et 2007. C'est donc dire que les variations temporelles doivent être interprétées avec prudence. En revanche, nos profils de température et de fluorescence permettent l'étude de la structure verticale de la colonne d'eau.

Les variations verticales de la fluorescence se manifestent généralement par des pics et des creux marqués (Figures 4 et 5). Ces variations semblent associées à la base de la thermocline. Elles sont fréquentes en milieu marin et sont associées à des discontinuités physiques telles que les fronts ou les thermoclines (Legendre, Demers, 1985), bien que le mécanisme de formation exige que les particules ne soient pas des contaminants passifs ou qu'elles nagent de façon active (Birch, Young, Franks, 2009; Franks, 1992). La variabilité verticale de la fluorescence est donc associée à des structures physiques qui de façon caractéristique, oscillent en fonction des marées et de la météo.

Nous concluons donc qu'en général les conditions expérimentales sont plutôt homogènes en fonction de la profondeur. Lorsqu'elles ne le sont pas, c'est en raison de processus ou de structures physiques dont la présence est suffisamment éphémère pour que l'on puisse postuler qu'en général, les sacs étaient soumis à des conditions thermiques et trophiques homogènes.

4.2 Effectifs

Les effectifs des pétoncles et des saxicaves à 13 mois (2004) vont en diminuant à l'approche du fond. Cette tendance pourrait s'expliquer à la lumière des résultats de Harvey et Bourget (1997; 1995), qui ont mené une série d'études sur la fixation des larves de quelques mollusques, dont *Chlamys islandica*. Ils ont conclu que la fixation pouvait être assimilée à un processus passif. La quantité totale de larves compétentes pénétrant dans les sacs aura donc un effet direct sur les effectifs initiaux dans les sacs de collecte. Cette quantité de larves est donnée par le flux, qui est le produit de la concentration des larves et de la vitesse du courant. Toutes autres choses étant égales, si la vitesse de courant augmente, le flux de larves pénétrant les collecteurs sera plus grand et le succès de collecte sera plus grand. Or à l'interface entre les écoulements et une surface solide, on trouve de façon universelle une zone de ralentissement progressif du courant à l'approche de la surface. C'est ce qu'on appelle une couche limite. Le fond



marin ne fait pas exception et on y retrouve ce qu'on appelle la couche limite benthique (CLB). La CLB est d'épaisseur variable selon les conditions locales. Grant et al. (1984) observent que sur un fond comportant des éléments de rugosité de l'ordre de 0.1 cm (sur un site situé à 90 m de profondeur, au large de la Californie), elle peut facilement atteindre 2 m d'épaisseur. Comme les éléments de rugosité du fond sur le site expérimental de l'ISG vont de 5 cm à 30 cm (Guay, obs. pers.), on peut facilement conclure que la CLB y dépassait largement une épaisseur de 2 m. Il est donc vraisemblable que les sacs les plus profonds aient été soumis à un gradient vertical de courant qui leur aurait apporté un flux de larves de plus en plus petit à proximité du fond. Les effectifs des saxicaves atteignent une valeur constante environ 5 m au-dessus du fond. Ceci suggère qu'en moyenne, la CLB atteignait ce niveau au moment de la fixation larvaire.

D'autre part, Tremblay et Sinclair (1988) ont étudié la répartition verticale des larves de pétoncle géant (*Placopecten magellanicus*) dans l'ensemble de la Baie de Fundy et sur une partie du golfe du Maine. Ils observent que sous la thermocline, ou dans les zones où le brassage vertical est intense, la répartition verticale de la concentration de larves de pétoncles est homogène. Or la plupart des profils thermiques observés au site ISG indiquent soit que la zone expérimentale se situait sous la thermocline, soit que la colonne d'eau n'était pas stratifiée. Ceci rejoint les conclusions de Pingree et Griffiths (1980), dont les travaux indiquent que l'ISG se situe dans une zone de fort mélange vertical ou à tout le moins, dans une zone transitionnelle. Ceci nous amène à conclure que selon toute vraisemblance, la répartition verticale des larves de pétoncles au moment de la fixation était homogène. Il est donc peu probable que le gradient vertical des effectifs de pétoncles puisse s'expliquer par une variation correspondante de la concentration de larves. Nous en concluons que le gradient vertical des effectifs entre 1 m et 5 m au-dessus du fond (Figure 6) s'explique par l'effet du gradient vertical du courant sur le flux de larves dans les sacs de collecte.

Une dernière observation est la diminution progressive des effectifs de pétoncles entre 5 m et 10 m au-dessus du fond. Ceci implique que l'influence d'un processus antagoniste l'emporte sur l'effet de la relaxation des contraintes associées à la CLB. Ce processus pourrait être la compétition interspécifique avec les saxicaves. En effet, nous voyons à la Figure 14 que l'effet négatif des saxicaves sur la biomasse des pétoncles se manifeste de manière particulièrement évidente à partir de 2000 à 2500 g. Or on voit à la Figure 6 que la biomasse des saxicaves atteint le seuil des 2000-2500 g environ 5 m au-dessus du fond, ce qui correspond au niveau où les effectifs de pétoncles plafonnent. Cette hypothèse d'un effet négatif des saxicaves est confortée par le profil vertical des effectifs de pétoncles en 2005, où on note son absence justement parce que la biomasse des saxicaves ne dépasse pas le seuil critique.

4.3 Croissance

Les profils de température et fluorescence ne sont pas suffisamment structurés au niveau des sacs de collecte pour expliquer le gradient vertical de croissance observé à 13 mois



(pétoncles et saxicaves) et chez les pétoncles en 2005. Les hypothèses pouvant expliquer la diminution de la croissance à proximité du fond font appel à la qualité du seston dans la colonne d'eau (Vahl, 1980) ou à l'interaction de la dynamique de la CLB et la déplétion dans les sacs (Fréchette, Daigle, 2002). Au-delà de ces considérations, il nous paraît important de noter que le profil vertical des masses moyennes varie d'une année à l'autre. Alors que la masse moyenne des pétoncles augmente entre 1 et 5 m du fond et diminue entre 5 m et 10 m en 2004 (Figure 6), on note une augmentation continue en 2005 (Figure 8). Cette différence semble imposée par les saxicaves.

4.4 Diagramme B-N Biomasse-Densité

Un élément important du diagramme B-N est la courbe d'autoréduction. Cette courbe délimite les combinaisons de biomasse et de densité maximales pour une espèce, une méthode d'élevage et des conditions environnementales données. Il y a différentes méthodes pour estimer la courbe d'autoréduction. Ces méthodes ne donnent pas forcément le même résultat. Nous en présentons deux à la Figure 11, estimées avec les échantillons de la cohorte 2004 seulement. On constate que malgré des différences d'élévation, ces courbes ont l'allure typique de courbes d'autoréduction.

Rappelons que la courbe d'autoréduction marque une limite qui ne peut être franchie dans des conditions d'élevage données. C'est pourtant ce genre de transgression que l'on trouve avec les échantillons de 2005, représentés par des croix sur fond gris à la Figure 11. Nous en concluons que les conditions de croissance des pétoncles étaient plus favorables pour la cohorte 2005 que la cohorte 2004. Cette conclusion se fonde sur la théorie de l'autoréduction, qui est appuyée par un corpus imposant, bien que certains aspects soient encore discutés (Reynolds, Ford, 2005). L'examen des structures de taille mène également à la conclusion de conditions de croissance plus favorables pour la cohorte de 2005.

La différence entre les cohortes 2004 (séjour en sac en 2004, 2005 et 2006) et 2005 (séjour en sac en 2005, 2006 et 2007) peut tenir à des facteurs tels que la température, la concentration de nourriture, l'importance de compétiteurs et les salissures. Deux hypothèses viennent à l'esprit. La première est que la concentration de nourriture dans la colonne d'eau aurait pu être plus faible en 2004 ou plus élevée en 2007, ce qui aurait favorisé les pétoncles de la cohorte 2005. Ceci exigerait un effet draconien des conditions prévalant au cours de ces deux années, ou encore que les conditions prévalant au cours de la première année aient un effet durable. L'examen d'un tel mécanisme exigerait de longues séries temporelles. Bien que les profils de température et de fluorescence mesurés en 2004 et 2005 laissent croire que les conditions étaient plus favorables en 2005, il ne faut pas perdre de vue que nos données se prêtent mal à l'évaluation des différences annuelles des conditions de croissance. En effet, la variabilité temporelle (intra annuelle) est importante, ce qui est caractéristique du milieu marin (Sinclair, 1978). On ne peut exclure que les conditions aient été atypiques au moment des quelques profils que nous étions en mesure d'observer. De plus, nos profils ne couvrent pas les années



2006 et 2007. Toute interprétation des différences entre les cohortes basée sur les conditions océanographiques générales reposerait donc sur des bases peu étoffées.

La seconde hypothèse est que toutes autres choses étant égales, la compétition interspécifique était moins intense pour la cohorte 2005 que pour la cohorte 2004. On note en particulier que les effectifs (Figures 6 et 8) et la biomasse (Figures 7 et 9) des saxicaves sont plus faibles en 2005, ce qui taxe moins les ressources (espace et nourriture) disponibles pour les pétoncles. L'effet des saxicaves sur les pétoncles semble ne se faire sentir qu'au-delà d'un seuil de 2000-2500 g de saxicaves. On note d'abord que les effectifs de la cohorte 2004 sont réprimés entre 5 m et 10 m au-dessus du fond, ce qui va à l'encontre des attentes avec des organismes à fixation passive (Harvey, Bourget, 1997; Harvey, Bourget, Ingram, 1995). On observe en outre une répression de la croissance individuelle, si bien qu'en 2004 la biomasse des pétoncles décroît avec la distance au-dessus du fond. En 2005, par contre, on observe une augmentation de la biomasse de pétoncles avec l'éloignement du fond. Cette tendance est associée à un plafonnement de la biomasse des saxicaves aux alentours de 2000-2500 g. Cette interprétation ressort plus nettement à l'examen des Figures 13 et 14, où on voit la relation inverse entre les biomasses des 2 espèces à 25 mois. Ceci dit, la Figure 13 force à conclure que le seuil des 2000-2500 g de saxicaves joue sur les effectifs dès 13 mois, mais non sur la biomasse. Dans le cas de la biomasse, la relation n'apparaît qu'à 25 mois. Nous pensons en outre que la relation entre la biomasse des pétoncles et des saxicaves aux faibles biomasses près de l'origine à 13 mois est fortuite, étant tout simplement induite par le fait que les effectifs initiaux augmentent parallèlement avec l'éloignement du fond (Figure 4).

Finalement, il faut noter que la biomasse des saxicaves plafonne entre 5 m et 10 m en 2005, alors qu'elle continue d'augmenter dans le cas de la cohorte 2004. La raison de cette divergence est sans doute propre à l'écologie des saxicaves et paraît inexplicable avec les données actuelles. Il est possible que cela tienne à la présence de salissures (Claereboudt, Bureau, Côté, Himmelman, 1994) qui auraient affecté les saxicaves de façon disproportionnée en 2005, mais les notes consignées dans nos calepins à ce sujet indiquent que les salissures macroscopiques étaient rares.

Il est possible que dans les sacs, les saxicaves aient priorité pour l'accès à la nourriture en raison de leur position, comme on l'observe en nature dans nombre de cas (Pfister, Stevens, 2002). Quoi qu'il en soit, les pétoncles ne seraient pas contraints par la compétition intraspécifique, comme le suggère la Figure 11, mais par la compétition interspécifique avec les saxicaves. Ceci colle avec le fait que les effectifs et la biomasse des pétoncles sont un ordre de grandeur (10X) plus faibles que ceux des saxicaves.



CONCLUSIONS

- 1) Nous ne disposons pas des données voulues pour comparer la croissance en sac de collecte et en panier de prélevage.
- 2) La croissance individuelle au cours de notre expérience est du même ordre que ce qui est observée en Islande et en Norvège. La proportion de spécimens de la cohorte 2004 atteignant 0.7 cm de hauteur de coquille est de l'ordre de 0.45 après 13 mois. La proportion de spécimens de la cohorte 2004 atteignant 1.4 cm de hauteur de coquille est de l'ordre de 0.36 après 21 mois et de 0.73 après 25 mois. Dans le cas de la cohorte 2005, la proportion atteignant 1.4 cm est de 0.80 après 25 mois.
- 3) Nos résultats indiquent qu'il y a des contrôles inhérents au succès du prélevage en sac de collecte dont l'importance relative varie selon la profondeur et l'année. Ainsi, on trouve que la profondeur idéale pour le prélevage en sac se situait dans la couche 5-7 m au-dessus du fond pour la cohorte 2004, mais aux alentours de 8-10 m au-dessus du fond pour la cohorte 2005.
- 4) La biomasse des saxicaves dépasse d'un ordre de grandeur (10X) celle des pétoncles. En conséquence les saxicaves jouent un rôle prépondérant dans les sacs de prélevage.
- 5) Il y a lieu de croire que les saxicaves présentent un important potentiel nuisible pour toute opération pectinicole. Pour amoindrir l'effet négatif des saxicaves, il y aurait lieu de se pencher sur leur potentiel aquicole.



II – CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES

Par : Martin Guay CACN

1. Généralités

L'étude de l'amélioration des techniques de prélevage du pétoncle d'Islande en Minganie analyse trois scénarios différents, soit un séjour des spécimens en capteur de 13, 21 et 25 mois suivant leur mise à l'eau. L'analyse économique proposée dans ce document porte quant à elle uniquement sur les deux scénarios les plus susceptibles d'être adoptés par l'industrie, c'est-à-dire les scénarios de 13 et 25 mois. En effet, le scénario de 21 mois présente moins d'intérêt pour un promoteur puisque selon les résultats obtenus, seulement 36 % des spécimens sont plus grands que 0.7 cm, comparativement à environ 75 % à 25 mois. La comparaison économique réalisée ici s'effectuera donc sur le scénario prévoyant un transfert en panier de 0.3 cm à 13 mois versus un séjour en capteur pour une durée de 25 mois. Le cycle de production prévoit le début des ventes à 57 mois pour une production annuelle de 2800 livres de pétoncles entiers en considérant un rendement de 19 pétoncles par livre.

L'objectif recherché dans la réalisation de cette analyse économique est de comparer l'impact du prélevage en capteurs sur le coût de production d'une entreprise déjà en opération, où les équipements aquicoles sont déjà acquis. De plus, les frais afférents reliés à l'achat d'un bateau, à la comptabilité, aux permis, aux emprunts bancaires et autres ne font pas partie de la présente analyse.

Afin d'améliorer la compréhension de l'analyse économique, il s'avère utile de décrire sommairement la chaîne opérationnelle dans l'ordre chronologique de réalisation des différentes étapes.

1. La première opération consiste à fabriquer les chandelles de capteurs qui sont par la suite mises à l'eau à la fin du mois d'août. Les montages sont mouillés sous la surface de l'eau pour une durée de 13 ou 25 mois.
2. La deuxième étape consiste à mettre à l'eau les filières d'élevage à 11 ou 23 mois après la collecte pour y accrocher les paniers d'élevage à l'étape 4.
3. La troisième étape du cycle de production consiste à retirer de l'eau à 13 ou 25 mois les capteurs et à les trier manuellement à l'aide d'un tamis spécial fabriqué à cet effet pour ne retenir que les pétoncles ayant une taille de plus de 0.7 cm ou 1.4 cm selon le cas.
4. Les spécimens triés à 13 mois sont disposés en paniers de 3 mm et ceux-ci sont installés en groupe de 6 sur les filières de paniers d'élevage. La filière est alors remise en place jusqu'au moment du transfert en paniers de 7 mm. Ceci se fait à 25 mois, lorsque la taille moyenne est de 1.4 cm. Les paniers sont ensuite immergés nouveau jusqu'à la récolte commerciale débutant à 57 mois.



2. Référentiels

L'analyse économique des scénarios de prélevage à l'étude a été réalisée à partir de l'intégration de plusieurs paramètres à un tableur Excel, lesquels sont présentés au tableau 2. Chaque paramètre est discuté brièvement ci-dessous afin de permettre une meilleure compréhension du chiffrer. De plus, en raison du caractère partiel des informations obtenues au site de la GIM, il faut postuler que la croissance en panier d'élevage de 0.3 cm est la même entre 13 mois et 25 mois que celle observée dans les sacs de collecte.

La structure de captage utilisée est un collecteur de type japonais, soit un sac de 3 mm dans lequel y est inséré 4 feuilles de netron. Le montage de collecte est en forme de chandelle construite à partir d'un câble de polypropylène 1/2'' d'une longueur totale de 15 m avec un ancrage à la base de 200 livres (Figure 16). Sur chaque chandelle, 20 collecteurs sont disposés en 10 paires distancées d'un mètre et flottés par 2 bouées submersibles de 12'' de diamètre. Une chandelle coûte 85 \$.

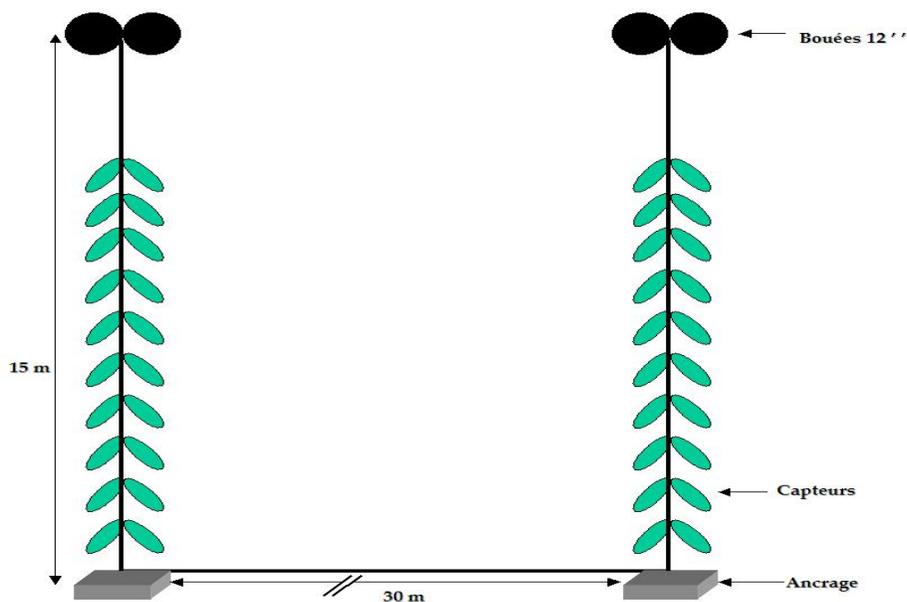


Figure 16. Schéma d'un montage de collecte à deux chandelles de capteurs.

Une chandelle requiert 2 heures de préparation pour un employé et il faut compter 2 heures à deux employés pour le mouillage en mer, incluant le déplacement en bateau. Le temps nécessaire pour mouiller plusieurs chandelles est sensiblement le même que pour une chandelle. Le nombre maximum de filière pouvant être mis à l'eau par jour est étroitement lié à la capacité de transport de l'embarcation utilisée. L'entretien se limite à une vérification de la flottabilité. Cette tâche requiert deux employés. Il faut compter 4 heures annuellement pour l'entretien de 10 chandelles.



En ce qui a trait à la récupération des collecteurs, il faut 4 heures pour récupérer six chandelles ou moins, incluant un temps de plongée et un déplacement en bateau aller-retour de 1 heure. Les capteurs sont triés manuellement à raison de 2 et 3 capteurs par employé par heure pour des capteurs de 13 et 25 mois respectivement.



Tableau 2: Référentiels des deux méthodes de prélevage du pétoncle d'Islande

Tableau 2: Référentiels des deux méthodes de prélevage du pétoncle d'Islande					
Hypothèses					
Coût de la mod	15,60 \$	par heure de main d'oeuvre			
Essence	2,00 \$	par hmod en mer			
<i>Chandelles</i>					
Coût en matériel	85,00 \$				
Temps de fabrication	2,00	heures			
Temps d'installation	2,00	heures (peut importe le nombre)			
Temps d'entretien	0,40	heures			
Temps de récupération	4,00	heures (peut importe le nombre)			
Temps de triage (1 an)	2,00	collecteur/hmod			
Temps de triage (2 ans)	3,00	collecteur/hmod			
Collecteurs par chandelle	20	unités			
Rendement par collecteur					
13 mois	700	pétoncles			
25 mois	560	pétoncles			
Nombre de pétoncle récupéré					
13 mois (45%)	315	pétoncles			
25 mois (75%)	420	pétoncles			
<i>Filières</i>					
Coût en matériel	450 \$				
Temps de fabrication	8,00	heures			
Temps d'installation	10,00	heures			
Panier par filière	120	unités			
<i>Paniers</i>					
Coût en matériel	1,40 \$	par panier			
Pétoncles par panier					
3mm	240	unités			
7mm	100	unités			
Temps de mise en panier					
3mm - 13 mois	12,00	paniers par hmod			
7mm - 25 mois	12,00	paniers par hmod			
3 mm - 7mm - 25 mois	5,00	paniers par hmod			
Temps d'installation	25	paniers/hmod			
Temps de récupération	25	paniers/hmod			
<i>Taux de survie</i>					
13 mois à 25 mois	80%				
25 mois à 55 mois	80%				
Immobilisations					
		13 mois		25 mois	
Temps de fabrication des chandelles	20,00	312,00 \$	12,00	187,20 \$	
Coût des chandelles	10,00	850,00 \$	6,00	510,00 \$	
Besoin en filière	6,39		4,20		
Arrondi l'entier supérieur	7	3 150,00 \$	5	2 250,00 \$	
Temps de fabrication	56,00	873,60 \$	40,00	624,00 \$	
Temps d'installation	70,00	1 092,00 \$	50,00	780,00 \$	
Essence bateau	70,00	140,00 \$	50,00	100,00 \$	
	Investissement en immobilisation :	6 417,60 \$		4 451,20 \$	



L'analyse prend pour hypothèse qu'après 13 mois, les effectifs sont de 700 naissains/capteur. Ceci correspond à une estimation conservatrice du taux moyen de captage obtenu dans la présente étude. Il est intéressant de noter à nouveau les résultats de captage obtenus au site du Rocher Bowen en 2001, qui frisent les 3000 spécimens par collecteur (la moyenne est de 2896 pétoncles/collecteur). De ce nombre, seulement 45 % auront atteint la taille de 0.7 cm, taille requise pour être transférés en paniers de 0.3 cm de maillage, après 13 mois. En ce qui a trait au taux de captage mesuré à 25 mois, l'étude ne peut se baser que sur la cohorte 2004. Ainsi, une moyenne établie à 560 pétoncles/capteur est utilisée comme nombre de pétoncles/capteur à 25 mois. De ces 560 pétoncles, l'analyse n'en retient qu'une proportion de 75 % pour déterminer le nombre de pétoncles atteignant la taille de 1.4 cm pour leur transfert en paniers de 0.7 cm de maillage. Cette proportion est une estimation à partir des informations de la cohorte 2004 (73 %) et de la cohorte 2005 (80 %).

La survie des pétoncles mesurée entre 13 et 25 mois en paniers de 0.3 cm est de 80 % alors qu'elle est de 80 % pour les pétoncles séjournant en paniers de 0.7 cm de 25 mois à 55 mois. N'ayant pu être démontrés dans la présente étude, ces taux de survie se réfèrent aux essais d'élevage du pétoncle d'Islande en Minganie entre 2000 et 2005 par Guay (2004; 2005).

La structure d'élevage utilisée pour le grossissement en paniers d'élevage est une filière classique construite à partir de câble de polypropylène $\frac{3}{4}$ " d'une longueur total de 120 m avec deux ancrages de coin de 2 000 livres et quatre contrepoids de 100 livres (Figure 17). La flottabilité de la filière est assurée par 15 bouées de 12" submersibles. Le coût pour une filière est de 450 \$. Une filière requiert 8 heures de préparation par un employé et il faut compter 10 heures additionnelles à deux employés pour son installation en mer, incluant le déplacement en bateau. Une même filière nécessite un seul entretien annuel d'une durée de 4 heures. Il faut compter deux employés pour cette tâche qui consiste à nettoyer le cordage et des bouées en plongée sous-marine.

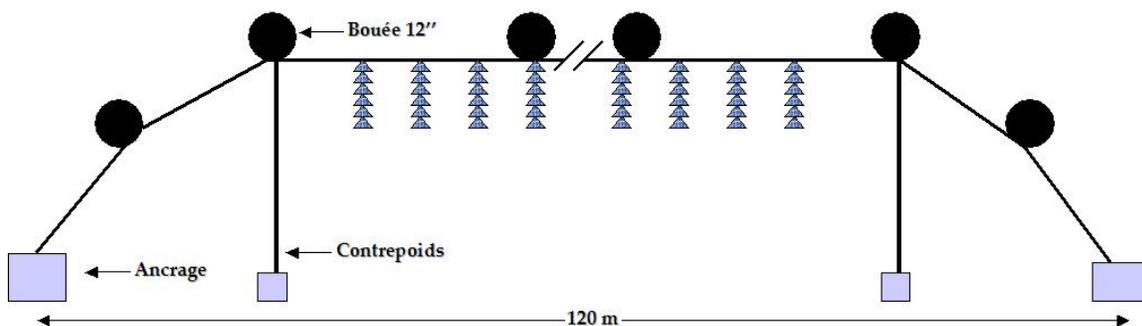


Figure 17. Schéma d'une filière de paniers d'élevage.

Sur chaque filière, 120 paniers d'élevage pyramidaux de 0.3 ou 0.7 cm sont disposés en groupe de 6 paniers attachés verticalement. Ces groupes sont normalement séparés de 2 m. Lorsque les paniers sont situés à proximité des contrepoids, ils sont séparés de 4 m. La densité de pétoncle mis en panier de 0.3 cm à 13 mois est de 240 individus. Une



expérience mesurant l'effet de la densité sur la croissance et la survie de pétoncles d'Islande en Minganie réalisée entre 2001 et 2002 suggérait qu'une densité équivalente à 240 individus/panier pouvait représenter un choix intéressant (Guay, 2004). La densité mise en panier de 0.7 cm est de 100 pétoncles. Ce choix est basé sur des suivis de croissance et de survie sur une période de près de deux ans et visant à mesurer la croissance et la survie de plusieurs lots de pétoncles de 1.5 cm de taille moyenne à une densité de 100 individus/panier.

En ce qui concerne le temps requis pour la mise en charge des paniers d'élevage une fois le pétoncle trié des capteurs, un travailleur peut faire 12 paniers en une heure. Pour la mise en charge de paniers de 0.7 cm à partir de paniers de 0.3 cm, on compte plutôt 5 paniers en une heure par employé. Une fois les paniers chargés, un employé peut installer sur une filière 25 paniers par heure et le temps de récupération de ces mêmes 25 paniers est d'une heure également.

Les travaux sont réalisés pour la plupart à deux employés au salaire de 15,60 \$/heure incluant les charges de l'employeur. Le temps de déplacement du quai de débarquement au site de production est évalué à 1 heure aller-retour et est déjà pris en considération dans les estimations des coûts pour chaque poste de dépense des salaires.

3. Comparaison économique

La comparaison économique des deux scénarios de prélevage du pétoncle d'Islande a été estimée à partir d'une production de près de 2 100 livres de pétoncle entier. Cette production tient compte uniquement du travail découlant de cette production et non d'opération se rapportant à d'autres lots en croissance.

L'intégration des paramètres au modèle informatique élaboré dans cette étude nécessite un investissement en immobilisation de 6 400 \$ pour le scénario prévoyant l'utilisation de paniers de 0.3 cm par rapport à 4 450 \$ pour le scénario de prélevage en capteur (Tableau 2). La différence est essentiellement due au nombre plus élevé de filière résultant de l'utilisation des paniers de 0.3 cm. L'investissement au niveau des opérations est de l'ordre de près de 5 730 \$ pour le scénario de 13 mois et de 2 800 \$ pour le scénario de 25 mois.

En ce qui a trait au coût de production, le scénario de 25 mois en capteur revient à 1,32\$/lb alors qu'il est de 2,70 \$/lb dans celui du scénario avec transfert à 13 mois, soit une différence de plus de 50 % (Tableau 3). Il faut rappeler que les investissements en immobilisation ne sont pas considérés dans le coût de production. La différence entre les coûts de production s'explique principalement en raison du temps de tri plus long des capteurs à 13 mois que ceux de 25 mois et aussi du temps supplémentaire dû à la mise en charge des paniers de 0.7 cm à partir des paniers de 0.3 cm.



D'un point de vue économique, il est donc largement plus profitable, pour une entreprise désirant faire l'élevage du pétoncle d'Islande, de laisser les capteurs à l'eau 25 mois comparativement à 13 mois. Ce scénario nécessite moins de coûts de main d'œuvre et également moins de frais d'achat d'équipement. Considérant la longueur du cycle de production, la valeur (0.55 \$ la livre entier) et l'abondance des spécimens capturés via la pêche traditionnelle, l'élevage commerciale à grande échelle du pétoncle d'Islande n'est pas, à ce jour, une entreprise rentable. La recherche de stratégies pouvant réduire le coût d'élevage, comme le prélevage en sac de collecte, permettrait éventuellement l'opération durable de fermes d'élevage.



Tableau 3: Comparaison des deux méthodes de prélevage du pétoncle d'Islande

Activités de collecte	13 mois		25 mois	
	Nombre/temps	Coût	Nombre/temps	Coût
Chandelle				
Nombre de chandelle	10		6	
Installation	2,00	31,20 \$	2,00	31,20 \$
Entretien	0,40	6,24 \$	0,40	6,24 \$
Essence bateau	2,40	4,80 \$	2,40	4,80 \$
		42,24 \$		42,24 \$
Transfert à 13 mois				
Récupération des capteurs	4,00	62,40 \$		
Tri des capteurs (nombre)	200			
Heures de tri	100,00	1 560,00 \$		
Pétoncle à mettre en panier	63 000			
Nombre de panier	263	367,50 \$		
HMOD - Mise en panier	21,88	341,25 \$		
HMOD - Installation	10,50	163,80 \$		
Essence bateau	10,50	21,00 \$		
		2 515,95 \$		
Récupération - 25 mois				
Nombre de panier	263			
HMOD - Récupération	10,50	163,80 \$		
Essence bateau	10,50	21,00 \$		
		184,80 \$		
Transfert à 25 mois				
Récupération des capteurs			4,00 \$	62,40 \$
Nombre de capteur/panier	263		120	
Heures de tri			40,00	624,00 \$
Pétoncle à mettre en panier	50 400		50 400	
Nombre de panier	504	705,60 \$	504	705,60 \$
HMOD - Mise en panier	100,80	1 572,48 \$	42	655,20 \$
HMOD - Installation	20,16	314,50 \$	20,16	314,50 \$
Essence bateau	20,16	40,32 \$	20,16	40,32 \$
		2 632,90 \$		2 402,02 \$
Récupération				
Nombre de panier	504		504	
HMOD - Récupération	20,16	314,50 \$	20,16	314,50 \$
Essence bateau	20,16	40,32 \$	20,16	40,32 \$
		354,82 \$		354,82 \$
Coût total de production :		5 730,70 \$		2 799,07 \$
Production				
Pétoncle en production	50 400		50 400	
Taux de survie	80%		80%	
		40 320		40 320
Nombre d'unité par livre		19,00		19,00
Livre de production		2 122		2 122
Coût de production par livre		2,70 \$		1,32 \$



REMERCIEMENTS

Nous remercions la Société de développement de l'industrie maricole, Développement économique Canada et Pêches et Océans Canada pour leur soutien financier à la réalisation du projet. Un merci également à Isabel Calderón de la Société de développement de l'industrie maricole pour ses judicieux commentaires.

Nous sommes redevables à Yves Barriault, Madeleine Beaudoin, Marc Dionne, Linda Girard, Myriam Lachance-Bernard, Richard Labbé, Cindy Noël, Bernard Picard, Frédéric Landry, Daniel Cormier, Stéphane Parisé, Karine Turquetil et Andoni Zuazo pour leur aide en mer et au laboratoire. Merci à Gaétan Daigle pour l'estimation de la fonction d'autoréduction. Merci également à Jean-Pierre Colette pour sa contribution majeure à la comparaison économique des scénarios de prélevage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alunno-Bruscia, M., Petraitis, P.S., Bourget, E., Fréchette, M., 2000. Body size-density relationships for *Mytilus edulis* in an experimental food-regulated situation. *Oikos* 90, 28-42.
- Bi, H., 2004. Stochastic frontier analysis of a classic self-thinning experiment. *Aust. Ecol.* 29, 408-417.
- Bi, H., Wan, G., Turvey, N.D., 2000. Estimating the self-thinning boundary line as a density-dependent stochastic biomass frontier. *Ecology* 81, 1477-1483.
- Birch, D.A., Young, W.R., Franks, P.J.S., 2009. Plankton layer profiles as determined by shearing, sinking, and swimming. *Limnol. Oceanogr.* 54, 397-399.
- Brand, A.R., Paul, J.D., Hoogesteger, J.N., 1980. Spat settlement of the scallops *Chlamys opercularis* (L.) and *Pecten maximus* (L.) on artificial collectors. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 60, 379-390.
- Bull, M.F., 1994. Enhancement and management of New Zealand's "Southern Scallop" fishery. In: Bourne, N.F., Bunting, B.L., Townsend, L.D. (Eds.), 9th International Pectinid Workshop, Nanaimo, B.C., Canada, April 22-27, 1993, pp. 131-136.
- Claereboudt, M.R., Bureau, D., Côté, J., Himmelman, J.H., 1994. Fouling development and its effect on the growth of juvenile giant scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. *Aquaculture* 121, 327-342.
- Franks, P.J.S., 1992. Sink or swim: Accumulation of biomass at fronts. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 82, 1-12.
- Fréchette, M., 1996. Prélevage du pétoncle dans les sacs de collecte de naissain : présentation d'une approche permettant d'éviter la surpopulation., *Compte rendu de la 4^e Réunion annuelle de transfert de technologie. Programme REPERE.* Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Gaspé, pp. 87-93.
- Fréchette, M., Daigle, G., 2002. Reduced growth of Iceland scallops *Chlamys islandica* (O.F. Müller) cultured near the bottom: a modelling study of alternative hypotheses. *J. Shellfish Res.* 21, 87-91.

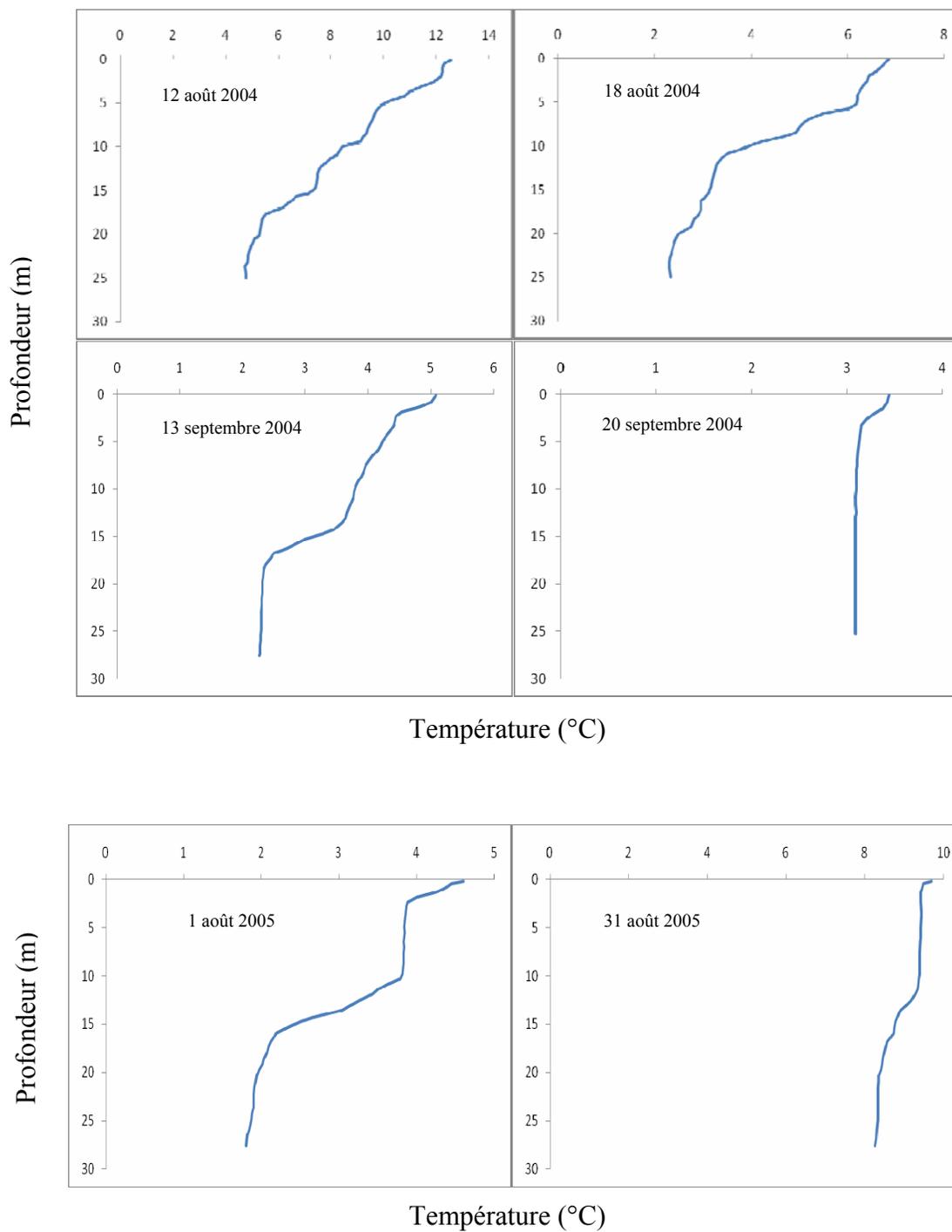


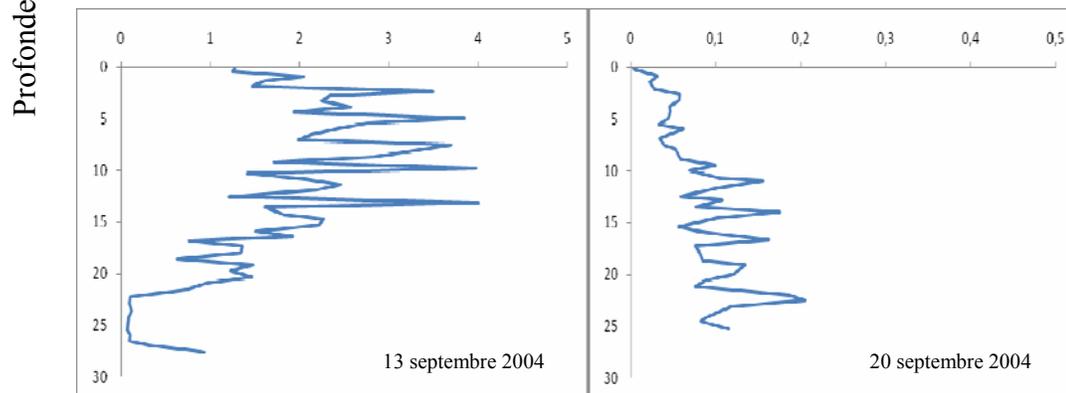
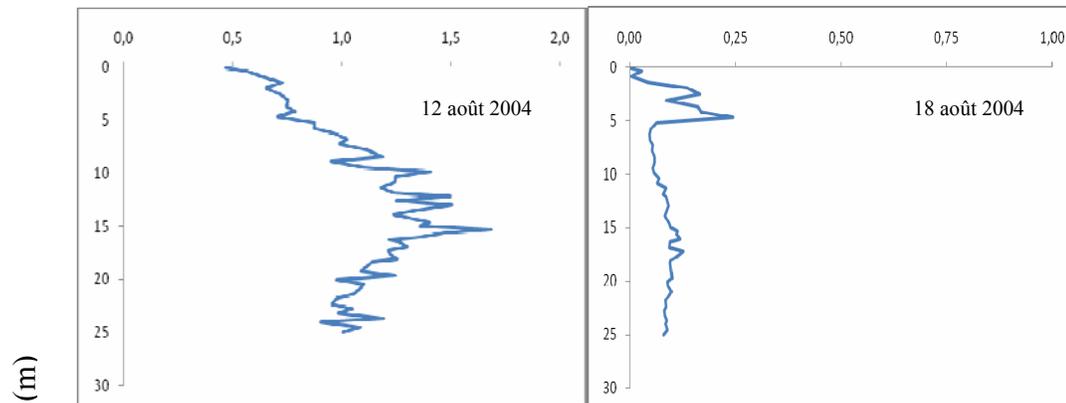
- Fréchette, M., Gaudet, M., Vigneau, S., 2000. Estimating optimal population density for intermediate culture of scallops in spat collector bags. *Aquaculture* 183, 105-124.
- Giguère, M., Brulotte, S., Miller, R., 1995. Distribution, croissance, et mortalité du pétoncle d'Islande et du pétoncle géant entre Kégaska et Vieux-Fort sur la Basse Côte-Nord du Québec en 1993. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2033, viii + 27.
- Grant, W.D., Williams, A.J.I., Glenn, S.M., 1984. Bottom stress estimates and their prediction on the Northern California continental shelf during CODE-1: the importance of wave-current interaction. *J. Phys. Oceanogr.* 14, 506-527.
- Guay, M., 2004. Projet d'élevage du pétoncle d'Islande. Rapport final. 36
- Guay, M., 2005. Suivi de captage et de croissance du pétoncle d'Islande en Minganie. MLQ-001, 10
- Harvey, M., Bourget, E., 1997. Recruitment of marine invertebrates onto arborescent epibenthic structures: active and passive processes acting at different spatial scales. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 153, 203-215.
- Harvey, M., Bourget, E., Ingram, R.G., 1995. Experimental evidence of passive accumulation of marine bivalve larvae on filamentous epibenthic structures. *Limnol. Oceanogr.* 40, 94-104.
- Legendre, L., Demers, S., 1985. Auxiliary energy, ergoclines and aquatic biological production. *Naturaliste Can.* 112, 5-14.
- Pfister, C.A., Stevens, F.R., 2002. The genesis of size variability in plants and animals. *Ecology* 83, 59-72.
- Pingree, R.D., Griffiths, D.K., 1980. A numerical model of the M₂ tide in the Gulf of St. Lawrence. *Oceanologica Acta* 3, 221-225.
- Reynolds, J.H., Ford, E.D., 2005. Improving competition representation in theoretical models of self-thinning: a critical review. *J. Ecol.* 93, 362-372.
- Sinclair, M., 1978. Summer phytoplankton variability in the Lower St. Lawrence Estuary. *J. Fish. Res. Board Can.* 35, 1171-1185.
- Thorarinsdóttir, G.G., 1991. The Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) in Breidafjörður, west Iceland. I. Spat collection and growth during the first year. *Aquaculture* 97, 13-23.
- Tremblay, M.J., Sinclair, M., 1988. The vertical and horizontal distribution of sea scallop (*Placopecten magellanicus*) larvae in the Bay of Fundy in 1984 and 1985. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 8, 43-53.
- Vahl, O., 1980. Seasonal variations in seston and in the growth rate of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) from Balsfjord, 70°N. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 48, 195-204.
- Vahl, O., 1981. Energy transformations by the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller), from 70° N. II. The population energy budget. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 53, 297-303.
- Wallace, J.C., 1982. The culture of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller). I. Spat collection and growth during the first year. *Aquaculture* 26, 311-320.



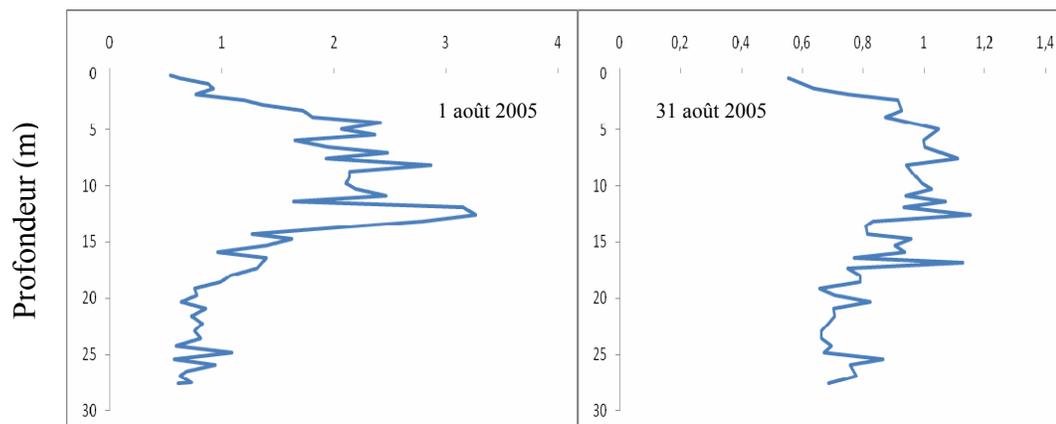
ANNEXE. Profils de température et de fluorescence au site de la Grosse Île au Marteau.

Grosse Île au Marteau





Fluorescence (unités relatives)



Fluorescence (unités relatives)