

Les
publications
de la Direction de l'innovation
et des technologies

Rapport de recherche-développement

N° 153

**Distribution de *Mytilus edulis*
et de *Mytilus trossolus* dans
les régions maritimes de l'Est
du Québec et des Maritimes
entre 1999 et 2001**

Valérie Moreau
Benoit Thomas
Réjean Tremblay

Québec 

**Distribution de *Mytilus edulis*
et de *Mytilus trossulus* dans
les régions maritimes de l'Est
du Québec et des Maritimes
entre 1999-2001**

Rapport de recherche-développement
n° 153

Valérie Moreau
Benoit Thomas
Réjean Tremblay

Réalisation

Marc Veillet, responsable du bureau d'édition
Nancy Godin, agente de secrétariat du bureau d'édition

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Bureau d'édition - DIT
96, montée de Sandy Beach, bureau 2.05
Gaspé (Québec) G4X 2V6
publications.dit@mapaq.gouv.qc.ca

Pour une version gratuite (fichier pdf) de ce document, visitez notre site Internet à l'adresse suivante :
<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Peche/md/Publications/>

ISBN-13 (version imprimée) : 978-2-550-47795-2
ISBN-10 (version imprimée) : 2-550-47795-2
ISBN-13 (version PDF) : 978-2-550-47796-9
ISBN-10 (version PDF) : 2-550-47796-0

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2006
Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Canada, 2006

Distribution de *Mytilus edulis* et de *Mytilus trossulus* dans les régions maritimes de l'Est du Québec et des Maritimes entre 1999-2001

Valérie Moreau¹, Benoit Thomas², Réjean Tremblay¹

1. Entente MAPAQ-UQAR, Grande-Rivière

2. MAPAQ, CAMGR, Grande-Rivière

On doit citer ce document comme suit : Moreau, V., B. Thomas, R. Tremblay. 2006. Distribution de *Mytilus edulis* et de *Mytilus trossulus* dans les régions maritimes de l'Est du Québec et des Maritimes entre 1999-2001. MAPAQ, DIT, Rapport de recherche-développement n° 153, 13 p.

Sommaire

L'objectif de cette étude est de déterminer la distribution des deux espèces de moules dans le golfe du Saint-Laurent le long des côtes du Québec, ainsi que d'évaluer le patron de fluctuation bisannuelle à certains sites. Suite à l'échantillonnage des moules récoltées près de la côte en 1996, nous avons débuté la récolte du naissain fixé sur des collecteurs artificiels immergés à huit sites le long des 460 km de côte de la Gaspésie et à cinq sites le long de 1 000 km de la Côte-Nord. Un échantillonnage bisannuel a été réalisé à ces sites à partir de 1997. À tous les sites, les collecteurs et thermographes étaient immergés à deux mètres de la surface (fond marin à environ 18 m) et échantillonnés à la mi-octobre de la même année. Le mois de juin suivant, un échantillonnage a aussi été réalisé sur la Côte-Nord, où la croissance du naissain s'est avérée faible la première saison et les sites difficilement accessibles. En 1996 et 1997, les analyses ont été réalisées par électrophorèse du mannose phosphate isomérase (MPI) et par diagnostic du marqueur d'ADN (GLU-5) pour les autres années. Selon les suivis, *M. trossulus* est dominante dans les sites du nord de la Gaspésie et de l'extrême est de la Côte-Nord. Les meilleurs sites pour la présence de *M. edulis* étaient situés dans la région centrale de la péninsule de la Gaspésie et dans les sites à l'ouest de la Côte-Nord. Les résultats démontrent que certains sites affichent des fluctuations annuelles. Ces changements annuels à certains sites et la stabilité à d'autres permettront aux producteurs de mieux planifier le choix de la zone de captage; si l'on accepte, pour le moment, l'hypothèse que la valeur commerciale de *M. trossulus* est inférieure.

Mots-clés

GLU-5
génétique
fluctuation annuelle
procédure Genmod
thermographe

Abstract

This study evaluates the distribution of two species of blue mussels in the Gulf of St. Lawrence along the Quebec coastline as well as the biannual fluctuation pattern at some of the sites. Following the 1996 sampling of natural mussels along coastal sites, subsequent sampling was done on mussel spat attached to artificial collectors immersed at eight sites along the Gaspé coast and at five sites along 1000 km of the North Shore coastline. Biannual sampling was carried out at those sites between 1997 and 2001. At all those sites, collectors and thermographs were immersed at 2 m depths (site bottom depth at ~ 18 m) and sampled in mid-October of the same year. Sampling during the following June on the North Shore, where growth is slower the first season and sites less accessible. In 1996 and 1997, genetic analysis was carried out using the mannose phosphate isomerase (MPI) method. The DNA marker (GLU-5) was used during the other sampling years. Depending on the year, *M. trossulus* was found to be predominant in the northern Gaspé sites and in the far East of the North Shore. The best sites for *M. edulis* were found to be in the sites of the central region of the Gaspé Peninsula and in the Western sites of the North Shore. Results show annual fluctuation at some sites while others were more stable. These results will help producers to optimize collector immersion to select for *M. edulis* at pre-selected sites accepting, for now, the lower commercial value of *M. trossulus*.

Key words

GLU-5
genetic
yearly fluctuations
Genmod procedure
thermograph

Table des matières

Liste des tableaux.....	V
Liste des figures	VI
Liste des annexes.....	VII
Introduction.....	1
Objectifs.....	1
Méthodologie.....	1
Immersion des collecteurs.....	1
Analyses génétiques.....	1
Analyses statistiques.....	2
Résultats.....	2
Discussion.....	7
Remerciements.....	8
Bibliographie.....	8

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison de la fréquence de <i>M. edulis</i> de l'automne par rapport à celle du printemps pour les stations de la Côte-Nord	2
Tableau 2 : Caractéristiques des lots de moules analysées en fonction de la provenance et de l'année d'échantillonnage	3
Tableau 3 : Résultats de la procédure Genmod examinant les effets de l'année d'échantillonnage (1999, 2001) et des Stations (Belles-Amours, Chevery, Grande-Rivière, Havre-St-Pierre, Miguasha, Natashquan, New-Richmond, Penouille, Port-Daniel, Rivière-au-Renard, Sept-Îles, St-Augustin, St-Georges) sur les fréquences de <i>M. edulis</i>	5
Tableau 4 : Résultats des comparaisons multiples des fréquences relatives de <i>M. edulis</i> entre les années (1999 et 2001) pour chacune des stations	5
Tableau 5 : Groupes de stations formés à partir des fréquences de <i>M. edulis</i> dans l'ordre décroissant pour les deux années à l'étude (1999 et 2001).....	5

Liste des figures

Figure 1 : Carte de la Gaspésie et de la Côte-Nord présentant les stations à l'étude.	2
Figure 2 : Fréquences relatives de <i>M. edulis</i> , les individus hybrides et <i>M. trossolus</i> à chacune des stations échantillonnées pour les années 1999 et 2001	4
Figure 3 : Carte des regroupements en fonction des positions géographiques des stations pour l'année 1999.	6
Figure 4 : Carte des regroupements en fonction des positions géographiques des stations pour l'année 2001.	6

Liste des annexes

Annexe 1 : Fréquences brutes de <i>M. edulis</i> , individus hybrides et <i>M. trossolus</i> et effectif total en fonction de chacun des sites et de l'année d'échantillonnage.....	9
Annexe 2 : Données des thermographes en Gaspésie pour l'année 1999.....	10
Annexe 3 : Données des thermographes en Gaspésie pour l'année 2001.....	11
Annexe 4 : Données des thermographes sur la Côte-Nord pour l'année 1999.....	12
Annexe 5 : Données des thermographes sur la Côte-Nord pour l'année 2001.....	13

Introduction

Le genre *Mytilus* se distribue dans la zone marine intertidale des eaux boréales et tempérées du globe (Gosling, 1992). La présence de deux groupes génétiquement distincts du genre *Mytilus* dans le golfe du Saint-Laurent a été démontrée au cours des années 80 (Koehn *et al.*, 1984; Varvio *et al.*, 1988). La région nord du golfe est identifiée comme étant la zone d'hybridation entre les deux espèces (Koehn, 1991; McDonald *et al.*, 1991). *M. edulis* est décrite comme une espèce d'eau plus tempérée et *M. trossolus* comme ayant une distribution plus nordique. Cette dernière est spécifique à l'hémisphère nord et semblerait bien adaptée aux environnements tant marins (35 ppm) que saumâtres (jusqu'à 6 et 7 ppm) (Gosling, 1992). Alors que pour certains, ces deux groupes méritent le statut d'espèce (Koehn *et al.*, 1984; Varvio *et al.*, 1988; Koehn, 1991; McDonald *et al.*, 1991), d'autres (Johannesson *et al.*, 1990; Tedengren *et al.*, 1990) n'y voient qu'une sélection différentielle de caractères morphologiques et physiologiques sous différentes conditions environnementales qui ne doivent pas être utilisés comme des indicateurs au plan taxonomique.

Certains marqueurs génétiques et morphologiques ont été développés afin de comparer et d'identifier de façon plus fiable ces espèces. Ainsi, l'électrophorèse de protéines avec la mannose-6-phosphate isomérase (Mpi) était considérée comme un marqueur diagnostique des deux espèces (McDonald *et al.*, 1991; Gosling, 1992; Mallet et Carver, 1995). La distinction des deux espèces à partir de caractères morphométriques de la coquille a aussi été réalisée avec succès chez des moules adultes. Dans la baie de Lunenburg en Nouvelle-Écosse, l'utilisation de sept caractères a été suffisante à Mallet et Carver (1995) pour procéder à la séparation des deux espèces avec une marge d'erreur de 5 % alors qu'à plus grande échelle, la distinction des deux espèces utilisait 18 critères morphométriques (McDonald *et al.*, 1991). Cependant, le même type de mesure donna des résultats peu concluants sur des populations de moules de la Gaspésie et des Îles-de-la-Madeleine (Myrand et Mallet, données non publiées). Selon, Gosling (1992b), la variabilité dans les mesures des caractères morphométriques à l'intérieur de populations allopatriques d'une même espèce peut être importante et reliée aux variations induites par l'environnement sur certains facteurs (âge, densité, niveau de marée et type d'habitat). Ainsi, si l'on prélève des spécimens de plusieurs régions ayant des conditions environnementales différentes, la discrimination des espèces sur la seule base de leurs caractéristiques morphométriques peut devenir difficile en raison de la plasticité de certains phénotypes. Récemment, Penney et Hart (1999) ont pu associer significativement des variations morphométriques intraspécifiques à des variations de fréquence des différents locus d'allèles. Selon ces auteurs, les variations morphométriques intraspécifiques de la coquille ne sont pas aléatoires mais pourraient être reliées à un certain nombre de génotypes que les auteurs ont groupés par classes. Néanmoins, le développement très récent de marqueurs moléculaires utilisant l'ADN permet une discrimination interspécifique encore plus précise (Rawson *et al.*, 1996).

Les travaux de Mallet et Carver (1995) estiment que la valeur commerciale de *Mytilus edulis* est 1,7 fois plus élevée que celle de *M. trossolus*. En effet, *M. trossolus* semble avoir une coquille plus petite (Mallet et Carver, 1995; Innes et Bates, 1999), plus fragile et un poids de chair plus faible que *M. edulis* (Mallet et Carver, 1995). L'aquaculture de moules au Québec et dans les provinces maritimes dépend du captage dans le milieu naturel.

Ainsi, en relation avec les travaux de Mallet et Carver (1995), l'approvisionnement en naissain pourrait être amélioré en favorisant une proportion maximale de *M. edulis* à l'intérieur d'un élevage commercial. Il est donc important d'évaluer la présence de ces deux espèces dans les différents sites qui offrent un certain potentiel de production de moules. Encouragé par la demande de quelques producteurs, une étude a été entreprise afin d'évaluer la distribution de ces deux espèces de moules dans les différentes régions maritimes du Québec. Les résultats se veulent un complément à d'autres travaux sur la distribution de ces espèces dans les provinces atlantiques (Varvio *et al.*, 1988; Bates et Innes, 1995; Mallet et Carver, 1995; Mallet et Carver, 1999; Penney et Hart, 1999).

Ce document couvre une région peu ou pas documentée dans les études publiées sur la situation de la côte est de l'Amérique du Nord ou des provinces maritimes (Koehn *et al.*, 1984; Varvio *et al.*, 1988; Bates et Innes, 1995; Mallet et Carver, 1995; Tremblay et Pellerin-Massicotte, 1997; Innes *et al.*, 1999; Mallet et Carver, 1999; Penney et Hart, 1999). Ainsi, bien que la présence des deux espèces de moules sur la côte est ait été documentée par certains auteurs, il y a peu de données précises sur leur distribution le long des côtes québécoises. En effet, on ne retrouve souvent que trois ou quatre points d'échantillonnage qui sont cités dans des ouvrages plus généraux (Koehn, 1991; McDonald *et al.*, 1991; Gosling, 1992) ou dans une problématique propre à un petit territoire du Québec, soit les Îles-de-la-Madeleine (Tremblay *et al.*, 1998). Finalement, ce cahier d'information complète les résultats présentés dans le cahier d'information n° 138 (Thomas *et al.*, 2002).

Objectifs

L'objectif de cette étude est donc de documenter la variabilité de la distribution des deux espèces de moules le long des côtes québécoises du golfe du Saint-Laurent. On suggère ainsi une réponse à la jeune industrie mytilicole du Québec qui tente de déterminer les meilleurs sites de captage de naissain de *M. edulis* pour sa production aquacole ce qui lui fera profiter d'une meilleure valeur économique.

Méthodologie

Immersion des collecteurs

Des collecteurs de moules ont été immergés en juin en Gaspésie et sur la Côte-Nord en 1999 et 2001 (Figure 1) en employant le même dispositif et le même type de structures tels que décrits dans le cahier d'information n° 138 (Thomas *et al.*, 2002). Les cartes à petite échelle de chacune des stations sont aussi présentées dans cette publication.

Dans le cas des stations de la Côte-Nord, les collecteurs ont été placés en juin à chacun des endroits. Un premier échantillon a été prélevé à l'automne, après six mois de croissance, et un second a été récupéré au printemps suivant, immédiatement après le dégel. Les échantillons comptaient 60 moules et ont été conservés dans le but d'en déterminer l'espèce.

Analyses génétiques

Puisqu'il est impossible de distinguer précisément les deux espèces par des analyses morphologiques, l'identification s'est réalisée à l'aide du marqueur Glu-5 par la méthode de Rawson (1996) qui permet de distinguer *M. edulis*, *M. trossolus* ainsi que

les individus hybrides. Cette méthode est plus sensible que les allozymes et requiert peu de matériel biologique (Rawson *et al.* 1996). L'extraction d'ADN a été faite avec les minicolonnes QIAGEN® (QIAGEN® DNeasy tm Tissue Kit) et 50 ng d'ADN par réaction a été utilisé. Le thermocycleur utilisé (Techne, Genius) était réglé selon les paramètres suivants : 94,4 °C pendant 2 minutes et 30 cycles de 94,4 °C pendant 45 s, 45,5 °C pendant 45 s et 72,5 °C pendant 1 min 5 s.

Analyses statistiques

Les fréquences des deux espèces de moules ainsi que leur hybrides ont été analysés par la procédure Genmod du logiciel SAS (SAS Institute). On teste tout d'abord les patrons d'individus hybrides. Si le nombre d'hybrides parmi les échantillons est insuffisant pour que le logiciel y calcule des probabilités, on peut établir que les statistiques calculées sur les proportions de *M. edulis* sont le reflet miroir de celles de *M. trossolus* (Gaetan Daigle, comm. pers.). Dans ce cas, seules les fréquences de *M. edulis* seront considérées dans l'analyse statistique.

On détermine ensuite s'il y a un effet de la saison, c'est-à-dire si on peut observer des différences significatives dans les proportions de *M. edulis* entre les collecteurs qui ont été récupérés à l'automne par rapport à ceux qui ont été récupérés au printemps suivant. Cette portion d'analyse concerne uniquement les stations de la Côte-Nord. Ensuite, toutes les stations (Gaspésie et Côte-Nord) sont incluses dans l'analyse statistique pour les deux années. Finalement, une série de comparaisons multiples sont effectuées afin de déterminer les différences fines entre les stations et les années d'échantillonnage. Le seuil de signification des comparaisons multiples est ajusté par la méthode de Bonferroni séquentielle (Rice, 1989).

Tableau 1 : Comparaison de la fréquence *M. edulis* de l'automne par rapport à celle du printemps pour les stations de la Côte-Nord. * Seuil de signification : 0,05

Année	Station	Valeur de p
1999	Belles-Amours	manquant
	Chevery	manquant
	Havre-St-Pierre	0,9998
	Natashquan	0,2697
	Sept-Îles	0,9475
	St-Augustin	manquant
2001	Belles-Amours	manquant
	Chevery	0,1819
	Havre-St-Pierre	0,1655
	Natashquan	0,907
	Sept-Îles	manquant
	St-Augustin	0,0001*

Résultats

La procédure Genmod de SAS ne permet pas de calculer un modèle pour la distribution des individus hybrides. Ainsi, toutes les analyses statistiques ont été effectuées sur les fréquences de *M. edulis*. Aux stations de la Côte-Nord, on dénote une interaction significative de la saison et des stations pour les deux années d'échantillonnage ($p > 0,0384$ et $p > 0,0008$). Cependant, lorsque l'on compare les deux saisons à chacune des stations, l'effet d'interaction disparaît (Tableau 1). L'effet signifi-

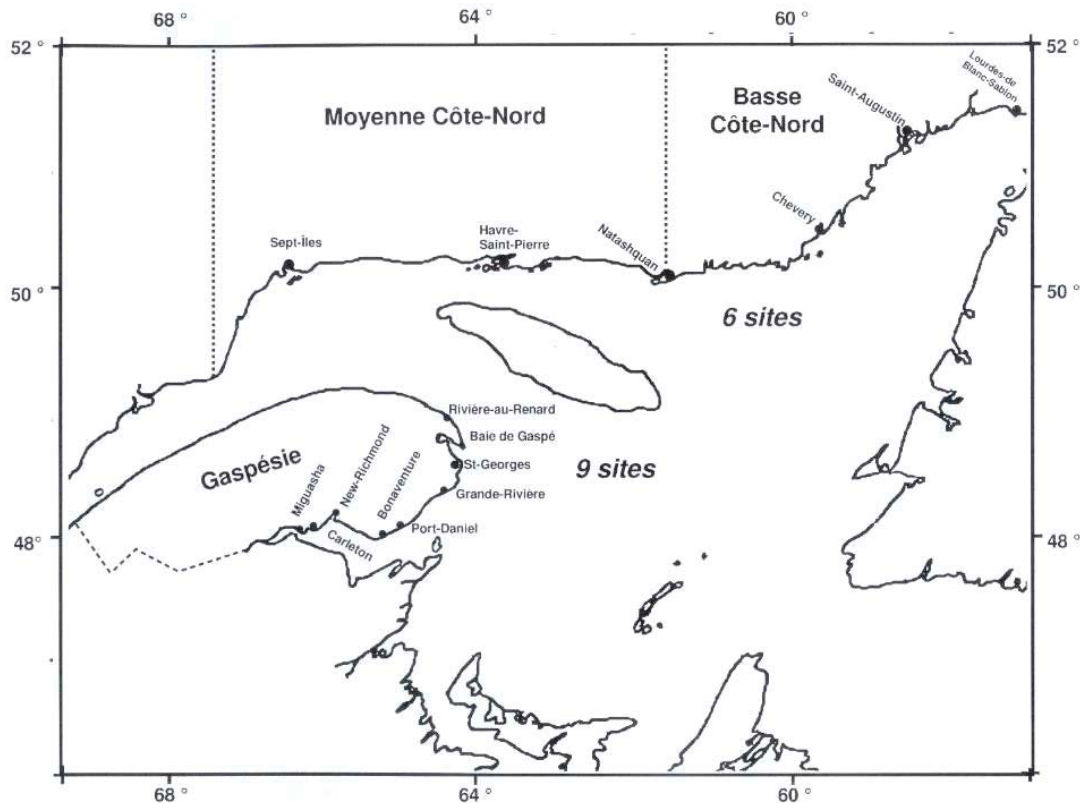


Figure 1 : Carte de la Gaspésie et de la Côte-Nord présentant les stations à l'étude.

Tableau 2 : Caractéristiques des lots de moules analysées en fonction de la provenance et de l'année d'échantillonnage.

Station	Année	Région	Coordonnées géographiques	Nombre par échantillon	Longueur moyenne
Belles-Amours	1999	Côte-Nord	51°28'37" N	32	8,28
	2001		57°26'59" O	32	4,58
Bonaventure	1999	Gaspésie	48°01'12" N	27	9,80
	2001		65°30'15" O	Manquant	Manquant
Carleton	1999	Gaspésie	Chez le Producteur	56	20,91
	2001			Manquant	Manquant
Chevery	1999	Côte-Nord	50°20'50" N	40	8,76
	2001		59°51'25" O	100	8,54
Grande-Rivière	1999	Gaspésie	48°23'31" N	84	8,13
	2001		64°29'02" O	49	13,88
Havre-St-Pierre	1999	Côte-Nord	Non disponible	49	6,28
	2001			79	12,84
Miguasha	1999	Gaspésie	48°05'35" N	85	16,92
	2001		66°21'36" O	50	13,74
Natashquan	1999	Côte-Nord	Non disponible	105	7,44
	2001			76	14,00
New-Richmond	1999	Gaspésie	48°07'39" N	30	22,53
	2001		65°54'10" O	49	13,05
Penouille	1999	Gaspésie	48°50'54" N	36	Manquant
	2001		64°26'22" O	50	16,33
Port-Daniel	1999	Gaspésie	48°10'21" N	39	Manquant
	2001		64°55'59" O	48	12,37
Rivière-au-Renard	1999	Gaspésie	48°59'49" N	59	14,11
	2001		64°22'36" O	50	16,88
Sept-Îles	1999	Côte-Nord	50°09'19" N	118	30,45
	2001		66°19'29" O	50	11,46
St-Augustin	1999	Côte-Nord	51°19'48" N	18	5,38
	2001		58°17'36" O	68	7,74
St-Georges	1999	Gaspésie	48°37'06" N	Manquant	Manquant
	2001		64°12'27" O	46	11,98

catif dans la comparaison des saisons pour l'année 2001 à la station St-Augustin est ignoré vu le faible nombre de moules dans l'échantillon du printemps (n=17). Voyant l'absence d'effet significatif de la saison aux stations de la Côte-Nord, les fréquences brutes des échantillons de la Côte-Nord ont été additionnées ce qui a pour seul effet d'augmenter l'effectif par échantillon.

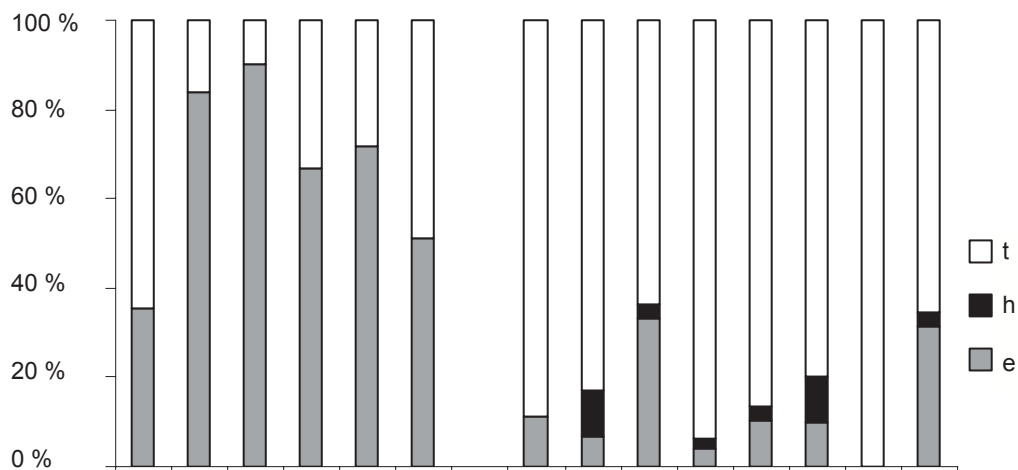
À titre informatif, le tableau 2 présente le nombre de moules analysées par échantillon ainsi que la moyenne des longueurs des moules analysées pour les deux années d'échantillonnage. La figure 2 présente les fréquences relatives des deux espèces à chacune des stations pour les deux années à l'étude. Les plus fortes fréquences de *M. edulis* sont observées à l'intérieur de la baie des Chaleurs, c'est-à-dire, aux stations de Bonaventure, Carleton, Miguasha, New-Richmond et Port-Daniel alors que les plus fortes fréquences de *M. trossolus* ont été recensées dans les régions de la Côte-Nord (Belles-Amours, Chevery, Havre-St-Pierre, Natashquan, St-Augustin) et à l'extrême est de la péninsule gaspésienne (Penouille, Rivière-au-Renard).

Pour l'analyse globale, la procédure Genmod inclut les deux années d'échantillonnage et l'ensemble des stations de la

Gaspésie et de la Côte-Nord (Tableau 3). L'analyse statistique indique une interaction significative des années et des stations (Tableau 3). Ainsi, la décomposition de l'interaction pour en faire l'interprétation s'est faite de la façon suivante : comparaison des années à chacune des stations (Tableau 4) et comparaison entre les stations pour chacune des années (Tableau 5).

Les stations de Grande-Rivière, Havre-St-Pierre, Miguasha, New-Richmond, Port-Daniel et St-Augustin présentent des différences significatives entre les années 1999 et 2001 (Tableau 4). Les écarts de pourcentages des stations présentant des différences significatives varient de 11 à 45 %. Cependant, les tendances évoluent dans les deux sens soit à la hausse ou à la baisse, dépendamment des stations.

a)



b)

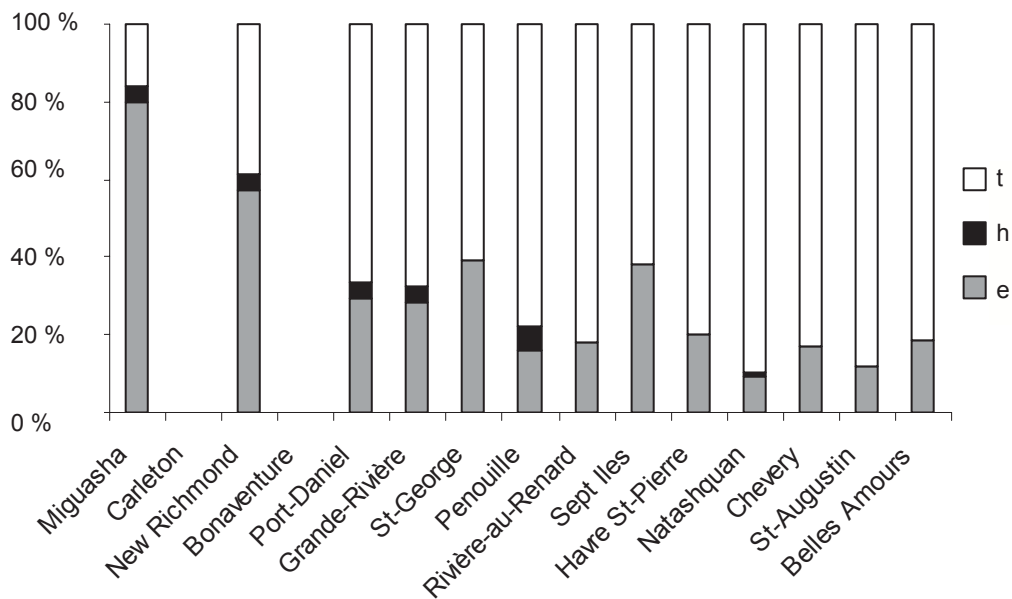


Figure 2 : Fréquences relatives de *M. edulis* (e), les individus hybrides (h) et *M. trossolus* (t) à chacune des stations échantillonnées pour les années (a) 1999 et (b) 2001.

Tableau 3 : Résultats de la procédure Genmod examinant les effets de l'année d'échantillonnage (1999, 2001) et des Stations (Belles-Amours, Chevery, Grande-Rivière, Havre-St-Pierre, Miguasha, Natashquan, New-Richmond, Penouille, Port-Daniel, Rivière-au-Renard, Sept-Îles, St-Augustin, St-Georges) sur les fréquences de *M. edulis*. Différences significatives : * $p \leq 0,05$

Source de variation	d.l.	Chi-carré	Pr > X ²
Année	1	2,29	0,1306
Station	14	336,51	< 0,0001 *
Année X Station	11	77,96	< 0,0001 *

Tableau 4 : Résultats des comparaisons multiples des fréquences relatives de *M. edulis* entre les années (1999 et 2001) pour chacune des stations. *Différences significatives : $p > 0,05$.

Station	Valeur (% <i>M. edulis</i>)		Valeur de p
	1999	2001	
Belles-Amours	31	18	0,2523
Bonaventure	66	Manquant	Manquant
Carleton	84	Manquant	Manquant
Chevery	10	17	0,3003
Grande-Rivière	51	29	0,0121*
Havre-St-Pierre	4	20	0,0211*
Miguasha	35	80	0,0001*
Natashquan	10	9	0,7790
New-Richmond	90	57	0,0046*
Penouille	11	16	0,5207
Port-Daniel	71	29	0,0001*
Rivière-au-Renard	6	18	0,0821
Sept-Îles	33	38	0,5376
St-Augustin	0	11	0,0001*
St-Georges	Manquant	39	Manquant

Tableau 5 : Groupes de stations formés à partir des fréquences de *M. edulis* dans l'ordre décroissant pour les deux années à l'étude 1999 et 2001. Seuil de signification corrigé avec la méthode de Bonferroni séquentielle $p < 0,05$.

Année	Stations
1999	<u>NR CA PD BO MI GR SI BA PE NA CH RR HSP SA</u>
2001	<u>MI NR SG SI PD GR HSP BA RR CH PE SA NA</u>

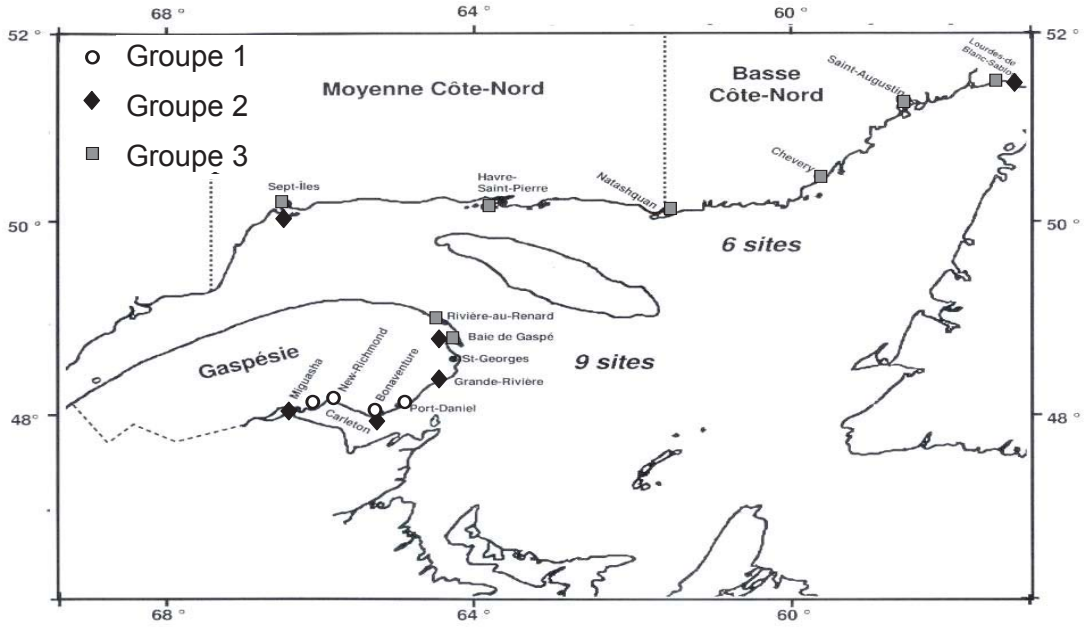


Figure 3 : Carte des regroupements en fonction des positions géographiques des stations pour l'année 1999.

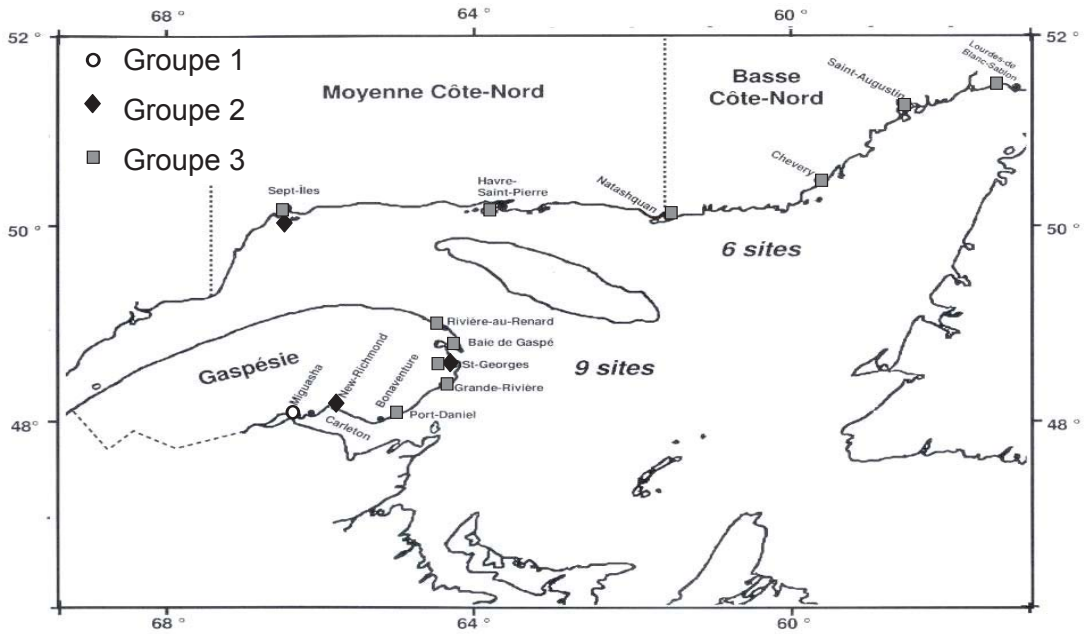


Figure 4 : Carte des regroupements en fonction des positions géographiques des stations pour l'année 2001.

Les comparaisons multiples effectuées sur les stations en 1999 mettent en relief trois groupes (Tableau 5). Le premier groupe est composé des stations présentant une forte proportion de *M. edulis* soit plus de 66 %. Il comprend dans l'ordre les stations New-Richmond (NR), Carleton (CA), Port-Daniel (PD) et Bonaventure (BO). La station Bonaventure est aussi incluse dans le second groupe (66 à 11 % de *M. edulis*) avec les stations Miguasha (MI), Grande-Rivière (GR), Sept-Îles (SI), Belles-Amours (BA) et Penouille (PE). Enfin, le troisième groupe de station (moins de 33 % de *M. edulis*) comprend aussi les stations Sept-Îles, Belles-Amours et Penouille ainsi que les stations Natashquan (NA), Chevery (CH), Rivière-au-Renard (RR), Havre-St-Pierre (HSP) et St-Augustin (SA). Pour l'année 1999, la station St-Georges est manquante, donc exclue de l'analyse.

En ce qui concerne les comparaisons multiples effectuées sur les stations pour l'année 2001, on assiste encore à la formation de trois groupes dont le premier est composé uniquement de la station Miguasha (80 % de *M. edulis*; Tableau 5). Le second groupe (51 à 30 %) comprend les stations New-Richmond, St-Georges et Sept-Îles alors que le troisième groupe (moins de 39 % de *M. edulis*) inclut aussi les stations de St-Georges et Sept-Îles et toutes les autres soit, dans l'ordre : Port-Daniel, Grande-Rivière, Havre-St-Pierre, Belles-Amours, Rivière-au-Renard, Chevery, Penouille, St-Augustin et Natashquan. Les stations de Carleton et de Bonaventure sont exclues de l'analyse de 2001, puisqu'elles sont manquantes. Les figures 3 et 4 présentent les regroupements en fonction des positions géographiques des stations.

Discussion

Les faibles proportions d'individus hybrides recensés aux différentes stations ne présentent pas de patron de distribution particulier. On les retrouve toujours en proportion de moins de 10 % et, à certaines stations, ils sont tout simplement inexistant. Toutefois, il est intéressant de noter que l'utilisation d'un seul marqueur moléculaire sous-estime le nombre réel d'hybride (Rawson *et al.*, 2001).

L'absence de différences significatives entre les fréquences de *M. edulis* des collecteurs récupérés à l'automne par rapport à ceux qui ont été laissés dans l'eau tout l'hiver laisse croire que les conditions hivernales n'occasionnent pas de mortalité différentielle. Cependant, il s'agissait de collecteurs placés dans des régions où on retrouve habituellement de fortes proportions de *M. trossolus* et très peu de variabilité interannuelle (Thomas *et al.*, 2002). Cela peut avoir eu pour conséquence d'amoindrir les forces de sélection si celle-ci existe. D'autres travaux seraient nécessaires afin de déterminer s'il y a mortalité différentielle des espèces sur des collecteurs hivernés en mer par rapport à d'autres récupérés à l'automne et ce, à des stations où on retrouve des populations d'égaux proportions.

De façon plus générale, les fréquences de *M. edulis* sont plus élevées à l'intérieur de la baie des Chaleurs que partout ailleurs. Ce phénomène qui semble se répéter à travers les années est en accord avec ce qui a déjà été documenté (Moreau *et al.* 2001; Thomas *et al.*, 2002). Aussi, la région de la Côte-Nord est caractérisée par des populations à fortes proportions en *M. trossolus* qui semblent plutôt stables annuellement. En effet, les écarts de proportions de *M. edulis* ne dépassent pas 15 % entre 1999 et 2001 pour chacune des stations de cette région. Puisque *M. trossolus* semblerait avoir des *optima* physiologiques à des températures plus basses et à des salinités plus élevées

(Gosling, 1992) alors que c'est le contraire chez *M. edulis*, le passage de courants froids, c'est-à-dire du courant de Gaspé sur la rive nord de la Gaspésie (El-Sabh, 1976) et du courant du Labrador dont une portion passe dans le détroit de Belle Isle concordent en partie avec les populations à prédominance de *M. trossolus*. Les facteurs environnementaux semblent donc déterminer en partie les patrons de distribution observés à grande échelle dans la présente étude. Toutefois, la caractérisation des populations sur les côtes de Terre-Neuve ont révélé de fortes proportions de *M. edulis* le long des côtes de la péninsule du Nord (Bates et Innes, 1995; Penney et Hart, 1999).

Parmi la série de comparaisons multiples visant à comparer les fréquences entre les deux années à chacune des stations, on doit rejeter l'effet significatif de l'année sur la station de St-Augustin. L'échantillon de 1999 ne comprend que 18 individus dont aucun *M. edulis*, ce qui a pu entraîner un biais dans le calcul des probabilités. Nonobstant le grand nombre d'échantillon manquant en Gaspésie (Bonaventure, Carleton, St-Georges), toutes les stations à l'intérieur de la baie de Chaleurs montrent une variabilité interannuelle significative (Miguasha, New-Richmond, Port-Daniel, Grande-Rivière) alors que les stations situées à l'extrême est de la péninsule (Penouille, Rivière-au-Renard) sont demeurées stables pour les deux années d'échantillonnage. Aussi, toutes les stations de la Côte-Nord, à l'exception de Havre-St-Pierre, ne présentent pas de variabilité interannuelle. Encore une fois, la stabilité interannuelle des populations semble concorder avec la présence des courants froids tels que décrits plus haut alors que les stations situées dans une zone présumée plus chaude présentent de la variabilité.

La série de comparaison des stations pour l'année 1999 mène à la formation de trois groupes. Le groupe 1 comprend les stations à l'intérieur de la baie des Chaleurs, à l'exception de Miguasha. Ces stations comptent les plus fortes proportions de *M. edulis*. Le groupe 2 comprend les autres stations de la Gaspésie, à l'exception de Rivière-au-Renard, ainsi que les stations aux extrêmes du transept de la Côte-Nord (Sept-Îles, Belles-Amours). Le groupe 3 s'étend à toutes les stations de la Côte-Nord et aux deux stations de l'extrême est de la Gaspésie. Par contre, en 2001, Miguasha est la station qui compte la plus grande proportion de *M. edulis* et c'est seule station à faire partie du groupe 1. Le groupe 2 est réparti dans les stations de New-Richmond, St-Georges et Sept-Îles. Les stations de Carleton et Bonaventure sont manquantes dans l'analyse de 2001 alors on ne peut savoir lequel des groupe 1 ou 2 compterait plus de stations dans ses rangs. Le groupe 3 est beaucoup plus étendu qu'en 1999 puisqu'en plus de compter toutes les stations de la Côte-Nord, il inclut les stations de la Gaspésie jusqu'à Port-Daniel.

On peut émettre une série d'hypothèses sur les causes de tels patrons de distribution. Sachant que le groupe 1 est circonscrit à l'intérieur de la baie des Chaleurs, que les températures de l'eau de cette zone sont parmi les plus chaudes durant l'été (Habbane *et al.*, 1997) et que *M. edulis* semble préférer les températures plus chaudes (Lutz et Kennish, 1992), on peut penser que les fortes proportions de *M. edulis* dans cette région sont dues à des pressions de sélection causées par les facteurs environnementaux. Le raisonnement est identique pour les populations retrouvées sur la Côte-Nord : leur position plus nordique, les conditions environnementales d'apparence plus froides et la présence d'une espèce qui semble physiologiquement mieux adaptée à ce type d'environnement (Lutz et Kennish, 1992). Il faut cependant user de prudence puisque la caractérisation

complète des conditions physico-chimiques et hydrodynamiques des stations et les forces influençant la croissance et la survie de ces animaux restent à faire.

Bien qu'il semble se dégager des patrons à grande échelle avec les population à forte proportion en *M. edulis* à l'intérieur de la baie des Chaleurs et des populations stables à prédominance de *M. trossolus* sur la Côte-Nord, on ne peut identifier clairement les facteurs qui influencent cette distribution. On peut émettre l'hypothèse que ces patrons sont en partie causés par les pressions des facteurs environnementaux par la présence de courant froids ou de zone d'eau plus chaude. Finalement, une meilleure connaissance des phénomènes de transport larvaire dans ces régions et de l'influence des facteurs environnementaux est essentielle à la meilleure compréhension de la distribution de ces deux espèces qui cohabitent. Localement, la variabilité de *M. edulis* sur un site où l'abondance larvaire des deux espèces est similaire, comme certains sites de la Gaspésie, pourrait être modulée par la salinité. En effet, les travaux de Qiu et ses collaborateurs (2001) ont démontrés que les larves de *M. edulis* survivent difficilement à des salinités sous les 25 ppm alors que les larves de *M. trossolus* résistent nettement mieux. À ce titre, les eaux de ruissellement faisant suite à des pluies importantes, aux sites situés à l'embouchure de sources d'eau douces, par exemple à Miguasha, pendant les périodes de fixation larvaires peuvent être une cause majeure de pression de sélection favorisant *M. trossolus*.

Remerciements

Nous remercions Réal Joncas, Jean-Guy Cloutier et Albert Desroches, car sans eux la mise à l'eau et l'échantillonnage des collecteurs de 1999 et 2001 n'auraient pu se faire. Les échantillons de la Côte-Nord ont été prélevés par Sébastien Dupuis, Jean Côté et Frank Collier. Nous remercions aussi Suzanne Bourget, Johanie Cauvier et Marie-Pierre Turcotte pour leur participation aux échantillonnages.

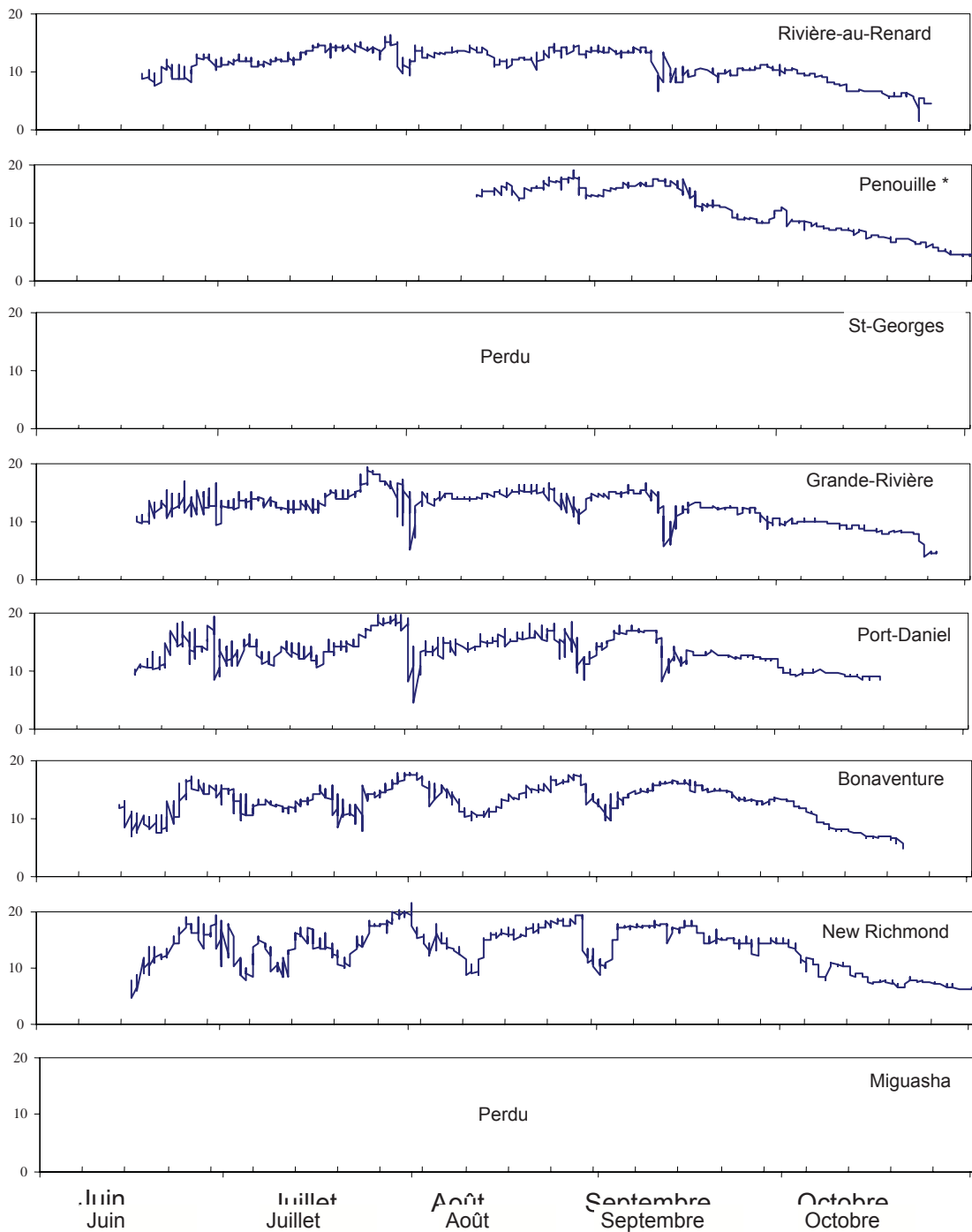
Bibliographie

- Bates, J. A., D. J. Innes. 1995. Genetic variation among populations of *Mytilus* spp. in eastern Newfoundland. *Marine Biology* 124: 417-424.
- El-Sabh, M. 1976. Surface circulation pattern in the Gulf of St. Lawrence. *Journal of Fisheries Resources Board of Canada* 33: 124-138.
- Gosling, E. M. 1992. Systematic and geographic distribution of *Mytilus*. The mussel *Mytilus*: ecology, physiology, genetics and culture. E. M. Gosling. New York, Elsevier. 25: 1-17.
- Habbane, M., M. I. El-Sabh, J.-M. Dubois. 1997. Potentiel aquacole par télédétection passive et SIG: application aux eaux côtières de la baie des Chaleurs (est du Canada). *International Journal of Remote Sensing* 18(16): 3439-3457.
- Innes, D. J., J. A. Bates. 1999. Morphological variation of *Mytilus edulis* and *Mytilus trossolus* in eastern Newfoundland. *Marine Biology* 133(4): 691-699.
- Innes, D. J., A. S. Comesana, J. E. Toro, R. J. Thompson. 1999. The distribution of *Mytilus edulis* and *M. trossolus* at spat collection sites in Newfoundland. *Bulletin of Aquaculture Association of Canada* 99(3): 22-23.
- Johannesson, K., N. Kautsky, M. Tedengren. 1990. Genotypic and phenotypic differences between Baltic and North Sea populations of *Mytilus edulis* evaluated through reciprocal transplantations. II. Genetic variation. *Marine Ecology Progress Series* 59: 211-219.
- Koehn, R. K. 1991. The genetics and taxonomy of species in the genus *Mytilus*. *Aquaculture* 94: 125-145.
- Koehn, R. K., J. G. Hall, D. J. Innes, A. J. Zera. 1984. Genetic differentiation of *Mytilus* in eastern North America. *Marine Biology* 79: 117-126.
- Lutz, R. A., M. J. Kennish. 1992. Ecology and morphology of larval and early postlarval mussels. The mussel *Mytilus*: ecology, physiology, genetics and culture. E. M. Gosling. New York, Elsevier. 25: 53-80.
- Mallet, A. L., C. E. Carver. 1995. Comparative growth and survival patterns of *Mytilus trossolus* and *Mytilus edulis* in Atlantic Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52(9): 1873-1880.
- Mallet, A. L., C. E. Carver. 1999. Maritime distribution and commercial production performance of *Mytilus edulis* and *Mytilus trossolus*. *Bulletin of Aquaculture Association of Canada* 99(3): 7-13.
- McDonald, J. H., R. Seed, R. K. Koehn. 1991. Allozymes and morphometric characters of three species of *Mytilus* in the northern and southern hemispheres. *Marine Biology* 111: 323-333.
- Moreau, V., R. Tremblay, E. Bourget. 2001. Variabilité à petite et à grande échelle dans la distribution de deux espèces de moules (*Mytilus edulis*, *M. trossolus*) en Gaspésie., MAPAQ, DIT, doc. rech. 2002-11.
- Penney, R., M. Hart. 1999. Distribution, genetic structure, and morphometry of *Mytilus edulis* and *M. trossolus* within a mixed species zone. *Journal of Shellfish Research* 18(2): 367 - 374.
- Qiu, J. W., R. Tremblay, E. Bourget. 2001. Ontogenic changes in hyposaline tolerance in the mussels *Mytilus edulis* and *M. trossolus*: implications for distribution. *Marine Ecology Progress, Series* 228: 143-152.
- Rawson, P. D., S. Hayhurst, B. Vanscoyoc. 2001. Species composition of blue mussel population in the northeastern gulf of Maine. *Journal of Shellfish Research* 20(1): 31-38.
- Rawson, P. D., K. L. Joyner, K. Meetze, T. J. Hilbish. 1996. Evidence of intragenic recombination within a novel genetic marker that distinguishes mussels in the *Mytilus edulis* species complex. *Heredity* 77(6): 599-607.
- Rice, W. R. (1989). Analyzing tables of statistical tests. *Evolution* 43(1): 223-225.
- Tedengren, M., C. André, K. Johannesson, N. Kautsky. 1990. Genotypic and phenotypic differences between Baltic and North Sea populations of *Mytilus edulis* evaluated through reciprocal transplantations. III. Physiology. *Marine Ecology Progress Series* 59: 221-227.
- Thomas, B., R. Tremblay, M.-P. Turcotte. 2002. Distribution de *Mytilus edulis* et de *M. trossolus* dans les régions maritimes de l'Est du Québec et des Maritimes entre 1996-1998. MAPAQ, DIT, cahier d'information n° 138, 74 p.
- Tremblay, R., B. Myrand, J.-M. Sevigny, P. Blier, H. Guderley. 1998. Bioenergetic and genetic parameters in relation to susceptibility of blue mussels, *Mytilus edulis* (L.) to summer mortality. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 221: 27-58.
- Tremblay, R., J. Pellerin-Massicotte. 1997. Effect of the tidal cycle on lysosomal membrane stability in the digestive gland *Mya arenaria* and *Mytilus edulis* L. *Comparative Biochemistry and Physiology* 117A(1): 99-104.
- Varvio, S.-L., R. K. Koehn, R. Väinölä. 1988. Evolutionary genetics of the *Mytilus edulis* complex in the North Atlantic region. *Marine Biology* 98: 51-60.

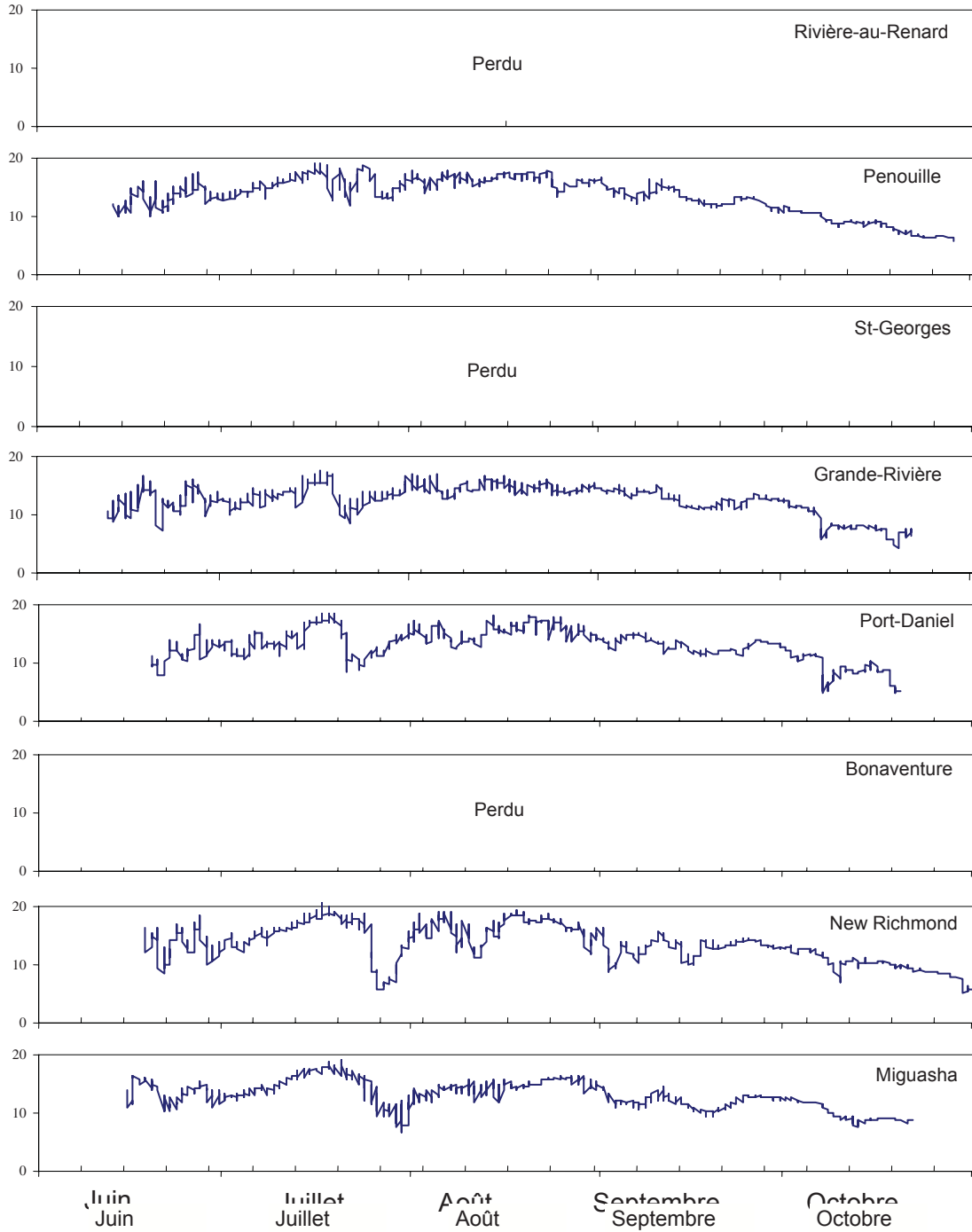
Annexe 1 : Fréquences brutes de *M. edulis*, individus hybrides et *M. trossolus* et effectif total en fonction de chacun des sites et de l'année d'échantillonnage.

Site	Année	M. edulis	Hybride	M. trossolus	Total
Miguasha	1999	30	0	55	85
	2001	40	2	8	50
Carleton	1999	47	0	9	56
	2001	0	0	0	0
New-Richmond	1999	27	0	3	30
	2001	28	2	19	49
Bonaventure	1999	18	0	9	27
	2001	0	0	0	0
Port-Daniel	1999	28	0	11	39
	2001	14	2	32	48
Grande-Rivière	1999	43	0	41	84
	2001	14	2	33	49
St-Georges	1999	0	0	0	0
	2001	18	0	28	46
Penouille	1999	4	0	32	36
	2001	8	3	39	50
Rivière-au-Renard	1999	4	6	49	59
	2001	9	0	41	50
Sept-Îles	1999	39	4	75	118
	2001	19	0	31	50
Havre-St-Pierre	1999	2	1	46	49
	2001	16	0	63	79
Natashquan	1999	11	3	91	105
	2001	7	1	68	76
Chevery	1999	4	4	32	40
	2001	17	0	83	100
St-Augustin	1999	0	0	18	18
	2001	8	0	60	68
Belles-Amours	1999	10	1	21	32
	2001	6	0	26	32

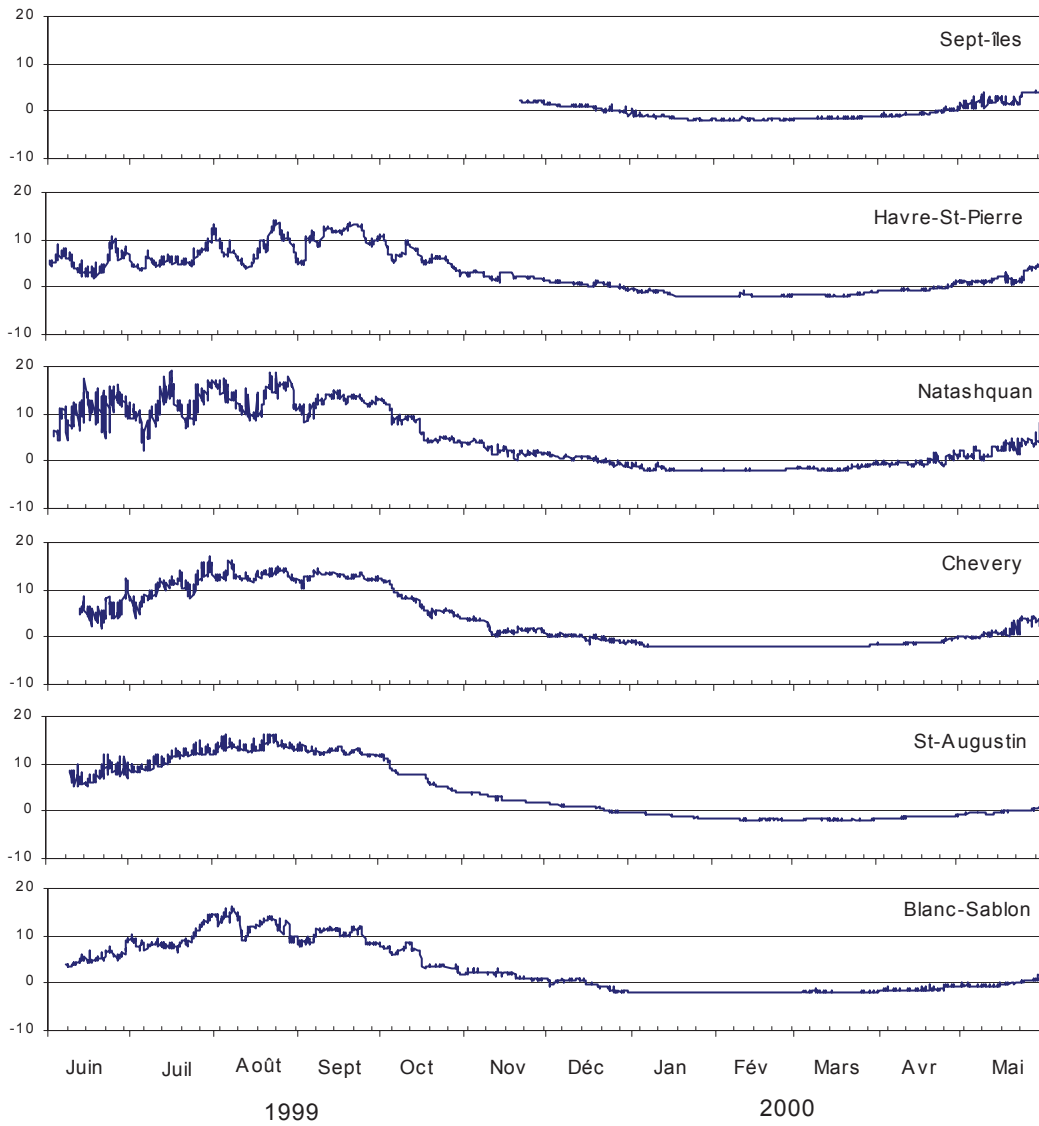
Annexe 2 : Données des thermographes en Gaspésie pour l'année 1999.



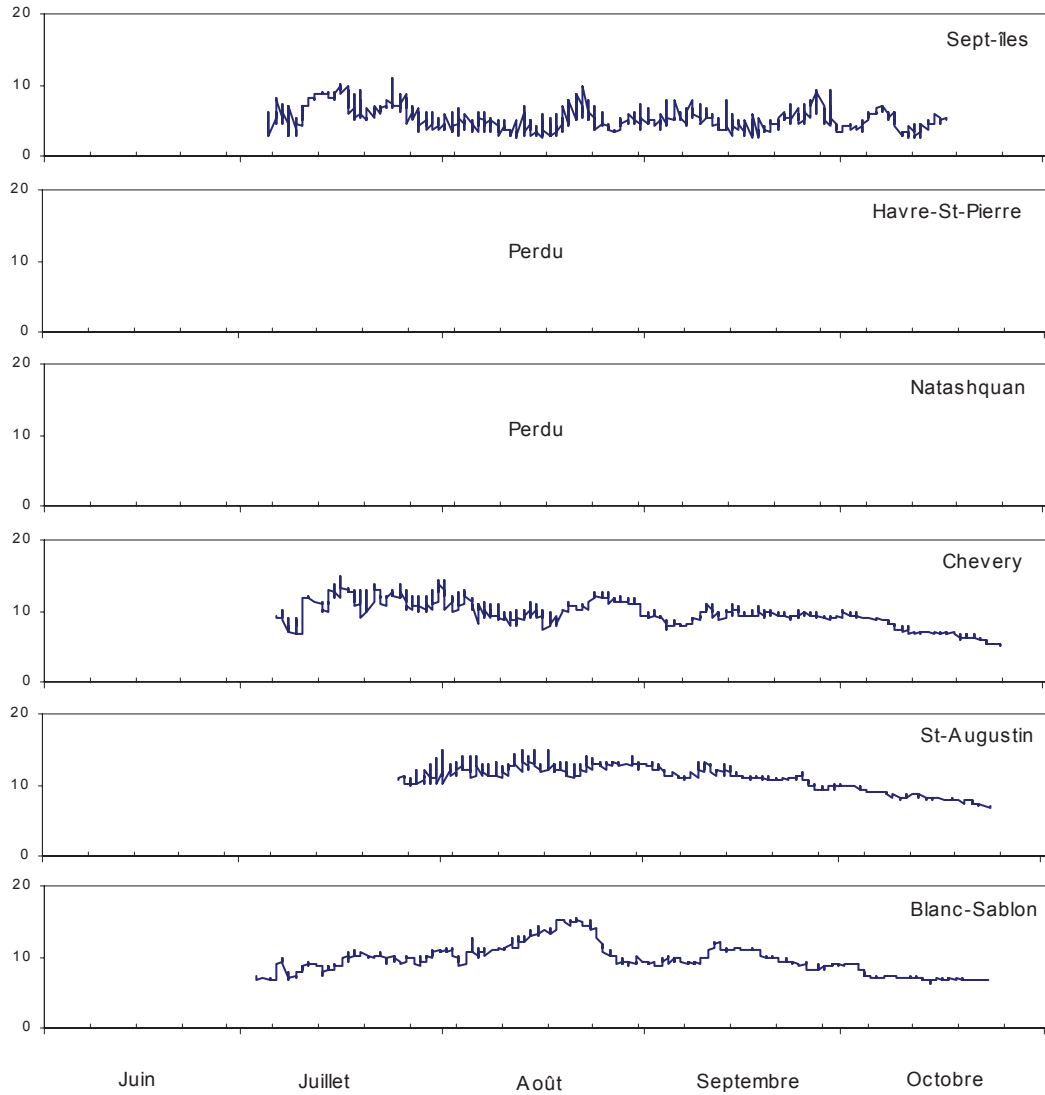
Annexe 3 : Données des thermographes en Gaspésie pour l'année 2001.



Annexe 4 : Données des thermographes sur la Côte-Nord pour l'année 1999.



Annexe 5 : Données des thermographes sur la Côte-Nord pour l'année 2001.





**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec 

06-0180